

土木研究所資料

維持・管理作業の自動化に関する研究

平成4年12月

建設省土木研究所
機械施工部機械研究室

Copyright © (1992) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

維持・管理作業の自動化に関する研究

機械研究室	室	長	杉	山	篤
	主任研究員		村	松	敏光*
	主任研究員		野	村	まさ正 ^し 之 ^じ 司
	研究員		高	津	知司
	研究員		梶	田	洋規**
			米	村	克己

*現中部地方建設局道路部機械課長

**現近畿地方建設局和歌山工事事務所機械課機械係長

要旨

社会資本の整備充実に伴い、その維持管理の重要性が増大している。また、建設産業における労働者の高齢化の進展、若年労働者の入職の減少、高度化する技術への対応等が求められている。そこで本研究では、河川及び道路構造物の維持・管理作業と除雪作業について、生産性の向上・安全性の向上・苦労性の解消の観点から、作業機械の自動化・ロボット化の方策を検討した。

キーワード：維持管理、河川維持工、道路維持工、道路除雪、機械化施工、自動化、建設ロボット、定量評価

ま え が き

我が国の河川・道路などの公共施設をはじめとした住宅・社会資本の整備は戦後急速に進んだものの、欧米先進諸国と比較してまだその整備水準は低く、建設事業に期待されている社会資本整備に対する国民のニーズもますます多様化・高度化してきている。

また、建設業界では、労働人口の減少、熟練労働者の高齢化が他産業よりハイペースで進展するものと予想されており、将来優良な労働力の確保や技術水準の維持が困難になる可能性が大きく、技術的な対応が求められている。さらに、建設事業における労働災害の発生状況に鑑み安全性の向上も重要な課題となっている。

一方、我が国の建設産業は、GNPの約2割に相当する重要な産業分野であるにもかかわらず、建設産業における技術開発投資を見ると、売上高に対する研究比率が、全産業に比較して低い水準にとどまっている。このような現状を踏まえると、今後建設産業の振興、建設事業の省力化、安全性の向上、作業環境の改善及び生産性の向上を図るための技術研究開発の推進が不可欠である。

そこで、本研究では、河川・道路の維持・管理作業及び道路除雪作業に着目して、その作業の人力作業から機械化作業への転換、機械作業の自動化、さらには機械化・自動化を進めることによって従来できなかった作業を行うなど、国民のニーズの多様化・高度化や労働者の不足に対応した維持・管理作業のあり方について研究を行ったものである。

平成2年度は、本研究の初年度として、河川・道路の維持管理作業を実際に行っている各機関にアンケート調査を行い、自動化の開発目標を検討した。

平成3年度は、平成2年度において抽出した改善項目について、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の観点から詳細調査を行い、各項目を定量的に評価し、開発目標のイメージを提案した。

平成4年度は、平成2年度より平成3年度まで検討した、作業の現状や改善項目等の検討を基に、維持管理作業の改善前後の状態を定量的に比較することにより自動化の方向性を明らかにした。

本研究は、維持管理作業の自動化を進める上で定量的にその導入効果を予測評価した試みである。この手法を一つの踏み台として、建設作業の定量的予測評価手法を開発改良していくことが必要である。

なお、本研究は、平成2年度より平成4年度まで建設省技術研究発表会の指定課題『維持・管理作業の自動化に関する研究』として実施された成果を取りまとめたものであり、担当者の氏名を示すとともにその貢献を明らかにするものである。

目 次

まえがき

1. 研究目的	1
2. 全体計画	3
2.1 研究内容	3
2.2 研究の体制と計画	3
3. 河川維持管理	7
3.1 検討方針	7
3.2 アンケート調査	8
3.2.1 アンケート調査対象	8
3.2.2 アンケート状況	9
3.3 点検作業	10
3.3.1 点検作業の概要	10
3.3.2 問題点の抽出	13
3.3.3 開発目標の方向性	14
3.3.4 作業の詳細調査	15
3.3.5 定量的評価による改善すべき工程の選出	15
3.3.6 開発目標及び改善案	19
3.3.7 既存技術の調査	20
3.3.8 条件整備	21
3.3.9 開発構想	22
3.3.10 改善項目の設定	25
3.3.11 改善効果	25
3.3.12 実用化・運用体制の提案	33
3.3.13 まとめ	34
3.4 維持作業	35
3.4.1 維持作業の概要	35
3.4.2 問題点の抽出	36
3.4.3 開発目標の方向性	40
3.4.4 作業の詳細調査	43

3.4.5	定量的評価による改善すべき工程の選出	46
3.4.6	開発目標及び改善案	48
3.4.7	既存技術の調査	49
3.4.8	条件整備	51
3.4.9	開発構想	51
3.4.10	改善項目の設定	53
3.4.11	改善効果	55
3.4.12	実用化・運用体制の提案	57
3.4.13	まとめ	59
3.5	清掃作業	60
3.5.1	清掃作業の概要	60
3.5.2	問題点の抽出	62
3.5.3	開発目標の方向性	63
3.5.4	作業の詳細調査	64
3.5.5	定量的評価による改善すべき工程の選出	69
3.5.6	開発目標及び改善案	71
3.5.7	既存技術の調査	71
3.5.8	条件整備	75
3.5.9	開発構想	76
3.5.10	改善項目の設定	76
3.5.11	改善効果	77
3.5.12	実用化・運用体制の提案	87
3.5.13	まとめ	89
3.6	河川維持管理と自動化の方向性	89
4.	道路維持管理	90
4.1	検討方針	90
4.2	アンケート調査	91
4.2.1	アンケート調査対象	91
4.2.2	アンケート状況	92
4.3	点検作業	93
4.3.1	点検作業の概要	93
4.3.2	問題点の抽出	93
4.3.3	開発目標の方向性	97
4.3.4	作業の詳細調査	98

4.3.5	定量的評価による改善すべき工程の選出	100
4.3.6	開発目標及び改善案	102
4.3.7	既存技術の調査	103
4.3.8	条件整備	105
4.3.9	開発構想	106
4.3.10	改善項目の設定	107
4.3.11	改善効果	111
4.3.12	実用化・運用体制の提案	115
4.3.13	まとめ	116
4.4	工事	117
4.4.1	維持作業の概要	117
4.4.2	問題点の抽出	118
4.4.3	開発目標の方向性	121
4.4.4	作業の詳細調査	123
4.4.5	定量的評価による改善すべき工程の選出	124
4.4.6	開発目標及び改善案	128
4.4.7	既存技術の調査	128
4.4.8	条件整備	129
4.4.9	開発構想	129
4.4.10	改善項目の設定	131
4.4.11	改善効果	132
4.4.12	実用化・運用体制の提案	139
4.4.13	まとめ	140
4.5	清掃作業	141
4.5.1	清掃作業の概要	141
4.5.2	問題点の抽出	141
4.5.3	開発目標の方向性	143
4.5.4	作業の詳細調査	144
4.5.5	定量的評価による改善すべき工程の選出	147
4.5.6	開発目標及び改善案	148
4.5.7	既存技術の調査	151
4.5.8	条件整備	152
4.5.9	開発構想	152
4.5.10	改善項目の設定	153
4.5.11	改善効果	158

4.5.12 実用化・運用体制の提案	162
4.5.13 まとめ	164
4.6 道路維持管理と自動化の方向性	164
5 道路除雪	166
5.1 検討方針	166
5.2 アンケート調査	167
5.2.1 アンケート調査方法	167
5.2.2 調査結果概要	167
5.3 作業の概要	168
5.4 問題点の抽出	174
5.5 開発目標	186
5.6 作業の詳細調査	193
5.7 開発目標及び改善案	195
5.8 既存技術の調査	206
5.9 開発構想	213
5.10 改善項目の設定	216
5.11 改善効果	231
5.12 実用化・運用体制の提案	240
5.13 道路除雪と自動化の方向性	244

あとがき

参考文献

- [1] 国土交通省道路局 1995
- [2] 国土交通省道路局 1995
- [3] 国土交通省道路局 1995
- [4] 国土交通省道路局 1995
- [5] 国土交通省道路局 1995
- [6] 国土交通省道路局 1995
- [7] 国土交通省道路局 1995
- [8] 国土交通省道路局 1995
- [9] 国土交通省道路局 1995
- [10] 国土交通省道路局 1995
- [11] 国土交通省道路局 1995
- [12] 国土交通省道路局 1995
- [13] 国土交通省道路局 1995
- [14] 国土交通省道路局 1995
- [15] 国土交通省道路局 1995
- [16] 国土交通省道路局 1995
- [17] 国土交通省道路局 1995
- [18] 国土交通省道路局 1995
- [19] 国土交通省道路局 1995
- [20] 国土交通省道路局 1995
- [21] 国土交通省道路局 1995
- [22] 国土交通省道路局 1995
- [23] 国土交通省道路局 1995
- [24] 国土交通省道路局 1995
- [25] 国土交通省道路局 1995
- [26] 国土交通省道路局 1995
- [27] 国土交通省道路局 1995
- [28] 国土交通省道路局 1995
- [29] 国土交通省道路局 1995
- [30] 国土交通省道路局 1995
- [31] 国土交通省道路局 1995
- [32] 国土交通省道路局 1995
- [33] 国土交通省道路局 1995
- [34] 国土交通省道路局 1995
- [35] 国土交通省道路局 1995
- [36] 国土交通省道路局 1995
- [37] 国土交通省道路局 1995
- [38] 国土交通省道路局 1995
- [39] 国土交通省道路局 1995
- [40] 国土交通省道路局 1995
- [41] 国土交通省道路局 1995
- [42] 国土交通省道路局 1995
- [43] 国土交通省道路局 1995
- [44] 国土交通省道路局 1995
- [45] 国土交通省道路局 1995
- [46] 国土交通省道路局 1995
- [47] 国土交通省道路局 1995
- [48] 国土交通省道路局 1995
- [49] 国土交通省道路局 1995
- [50] 国土交通省道路局 1995
- [51] 国土交通省道路局 1995
- [52] 国土交通省道路局 1995
- [53] 国土交通省道路局 1995
- [54] 国土交通省道路局 1995
- [55] 国土交通省道路局 1995
- [56] 国土交通省道路局 1995
- [57] 国土交通省道路局 1995
- [58] 国土交通省道路局 1995
- [59] 国土交通省道路局 1995
- [60] 国土交通省道路局 1995
- [61] 国土交通省道路局 1995
- [62] 国土交通省道路局 1995
- [63] 国土交通省道路局 1995
- [64] 国土交通省道路局 1995
- [65] 国土交通省道路局 1995
- [66] 国土交通省道路局 1995
- [67] 国土交通省道路局 1995
- [68] 国土交通省道路局 1995
- [69] 国土交通省道路局 1995
- [70] 国土交通省道路局 1995
- [71] 国土交通省道路局 1995
- [72] 国土交通省道路局 1995
- [73] 国土交通省道路局 1995
- [74] 国土交通省道路局 1995
- [75] 国土交通省道路局 1995
- [76] 国土交通省道路局 1995
- [77] 国土交通省道路局 1995
- [78] 国土交通省道路局 1995
- [79] 国土交通省道路局 1995
- [80] 国土交通省道路局 1995
- [81] 国土交通省道路局 1995
- [82] 国土交通省道路局 1995
- [83] 国土交通省道路局 1995
- [84] 国土交通省道路局 1995
- [85] 国土交通省道路局 1995
- [86] 国土交通省道路局 1995
- [87] 国土交通省道路局 1995
- [88] 国土交通省道路局 1995
- [89] 国土交通省道路局 1995
- [90] 国土交通省道路局 1995
- [91] 国土交通省道路局 1995
- [92] 国土交通省道路局 1995
- [93] 国土交通省道路局 1995
- [94] 国土交通省道路局 1995
- [95] 国土交通省道路局 1995
- [96] 国土交通省道路局 1995
- [97] 国土交通省道路局 1995
- [98] 国土交通省道路局 1995
- [99] 国土交通省道路局 1995
- [100] 国土交通省道路局 1995

1. 研究目的

我が国の戦後における経済成長と共に、道路や河川堤防などの社会資本の建設が進められ、膨大なストックを持つに至った。また、近年の内需主導による経済の活発化や産業構造の変化、少量多品種生産に代表される社会ニーズの多様化、平均寿命の急速な伸びによる社会構造の変化、さらに情報化が進み社会生活が高度化してきた。これらの変化に伴い社会資本に求められる機能も変化し、道路の高規格化、スーパー堤防などの社会資本の高性能化や親しみのある水環境、道路環境が求められてきている。

しかしその反面、建設事業を遂行する上で種々の問題が生じてきている。例えば、建設現場における若年労働者の減少、就業者の高齢化、労働生産性の低下等の問題である。また、建設現場の与えるイメージも「3K」（きつい、汚い、危険）と言われるように決して良いものではないのが現状である。

ここで、建設事業の現状を概観すると、近年における建設投資額の推移は昭和61年までは建設投資が続き、昭和62年、円高不況によりさらに建設投資が伸びることとなった。一方、建設業に就業する人口は平成2年が558万人であり、年々減少する傾向にある。建設投資規模はここ5年で1.6倍になっているのに対し、就業者数は1.1倍にとどまっているのが現状である。また、労働生産性の向上については、製造業に関しては1.5倍となっているが、建設業においては1.2倍にすぎない。さらに、建設技能労働者不足の推移をみると、昭和59年度においては0.1%とごくわずかであったが、年々不足率が高まり、平成2年度では4.2%となっている。このようにして、建設業における労働者不足が進展している。

また、平成2年度の建設労働者の平均年齢は、全国平均で47.1歳であるが年々増加している傾向がある。これは、学卒者入職率の低下が原因となっており、建設業における就業者数は産業全体の9%であるのに対し、入職率は5%にとどまっているため高齢化しているといえ、今後ますます進展するものと思われる。建設労働者の平均年齢を地域別にみると、若年層が多い沖縄地区（39.8歳）と高齢者が多い北陸地区（49.3歳）とでは9.5歳の差がみられる。あるアンケート調査結果によれば、建設業を希望しない理由として、「休日が少ない」、「肉体労働・汚れ作業など格好が悪い」、「労働時間が長い」等があげられていた。これよりも世間一般の建設業に対するイメージが必ずしも良くないということがわかり、建設労働者の高齢化を助長しているといえる。

さらに「3K」について、まず「危険」という意味では、労働災害が多発している。建設業における就業者数は全産業の9%であるにもかかわらず、労働災害死亡件数は全体の約半数を占めており、災害件数は減少しているもののその割合については減少していないというのが現状である。これは、閉所作業や高所作業等の建設現場特有の悪条件のためであり、災害発生工事種別では、道路工事、上下水道工事に死亡事故が多く、災害発生原因については、機械等の操作に関するもの、高所からの墜落が多くなっている。次に、建設業の作業環境についてみると、屋外労働、振動・騒音が伴う重労働である事に加え、建設業は現地生産・受注生産が特徴であるため、景気変動や季節変動が激しく、さらに週休二日制が広がるなかで他産業に比較して休日が少なく「きつい、汚い」というイメージを助長している。

このような問題に対する解決策として、自動化技術が注目されており、各種研究が行われるようになって

た。製造業の分野では、1970年代後半以来、自動化に設備投資を行いF A (Factory Automation) 化による生産性の効率化を進め、労働生産性の向上を図ってきた。一方、建設産業の分野では近年の労働生産性の低迷、工事量の急速な増大、若年労働者の建設産業離れ等の面から、自動化の推進による高度システム化に大きな期待がかけられている。そのため、建設施工に関する自動化技術の開発に拍車がかかってきている。

しかし、建設現場における自動化技術の導入は他分野に比較して遅れており、生産性の面で格差が開く一因になっている。この原因として次の様な阻害要因があげられる。

- ①建設現場の特徴の一つとして、作業環境が絶えず変化し、対象が変わるたびに設計が異なり、大量生産が望めない。
- ②施工手順が多様性に富むため、複雑な作業条件に対応できる自動化技術の開発が困難である。
- ③研究開発のための投資額が大きく、現状の労務費と比較して高くなる。
- ④建設現場ごとの使用条件が異なる場合が多く、同一機種汎用性が低く、償却が難しい。
- ⑤建設作業は、他産業に比較して劣悪な作業環境であるため、耐久性の高いものが求められる。
- ⑥作業現場内の目的物に対して、作業機側で移動しなければならない、さらに重量物のハンドリングが必要不可欠の要素であるため開発が困難である。

以上のように、建設事業の自動化に関する制限は種々あるが、すでに述べたように若年労働者の減少、労働生産性の低下、就業者の高齢化、悪条件での作業等の生産性・苦渋性・安全性の諸問題を解決するために建設作業の自動化の研究は必要不可欠であるという認識が高まり、さらに、今後の社会資本の整備を効率的に実施する上で作業の自動化の推進は急務の課題となっている。

このため本研究では、このような背景のもと、社会経済活動の基盤である道路及び主に防災の機能をもつ河川構造物を対象に、それらの維持・管理及び除雪の合理化、効率化をめざし、作業の機械化、自動化、高速化を図ることによって、社会資本のより一層の高度利用と経済社会活動の基盤整備に資することを目的としている。

2. 全体計画

2.1 研究の内容

本研究においては、まず、維持・管理作業の内容・量や問題点さらに合理化の有効性の評価を行うためにアンケート調査を行った。作業内容から問題点を定性的に把握でき、作業量から問題点にウエイトづけを行い取り組む問題点を選定した。問題点をどのように合理化するのか、すなわち高速化、作業の機械化、自動化等を合理化の有効性の評価を参考に決定する。合理化を行うために、材料部材の形状と重量、作業エリアの形状と広さ等の詳細な内容を調査し、合理化のための条件整備を行う。既開発技術を調査し、応用できるものを取り入れて、維持・管理作業の合理化の提案を行った。さらに、合理化された作業の運用体制を提案した。

研究内容を大きく分けると、以下の4点に大別される。

(1) 維持・管理作業のうち改善すべき作業の抽出

維持・管理作業の内容・量と問題点及び合理化の有効性の評価を把握するためにアンケート調査を行う。また、人力依存の度合いを評価するために、機械経費率、人権費率を調査する。作業内容と人力依存の度合いより各問題点の質を、作業量より各問題点の依存量が把握できる。そこで、質と量より各問題点に優先順位づけができ、最優先で解決すべき問題点すなわち開発目標の設定ができた。

(2) 維持・管理作業の合理化の条件整備

開発目標と作業内容及び合理化の有効性の評価からどのような合理化、すなわち自動化であるのか高速化であるのか等を決定する。さらに、合理化のためには、材料部材の形状と重量、作業エリアの形状と広さ等の詳細な内容が必要なので、詳細な作業条件の調査を行う。作業条件の調査結果より合理化に不都合な条件が明らかになるので、それらを克服する条件・技術の検討を行った。

(3) 維持・管理の合理化の提案

整備された条件下での自動化機械等の作業などの、どの部分をどのように合理化するかという要求機能等を決定し、合理化案を提示した。合理化案を試験施工やシミュレーションを行うことにより、合理化案の問題点を把握した。

(4) 開発課題と運用方法

合理化案の問題点にどのように取り組むべきか、すなわち開発課題を決定した。また、想定される自動化機械等の出動基準、編成、作業頻度等の作業体制、契約方法（出来高払、時間清算、距離清算等）などの合理化された維持・管理作業の運用体制に対して提案を行った。

2.2 研究の体制と計画

本研究は、建設経済局建設機械課を主務として、土木研究所機械研究室が中心となり、河川局、道路局の関係部局の意見を踏まえつつ、各地方建設局等と共同して行ったものである。

研究方針の策定、調査項目の決定及び全体取りまとめは土木研究所機械研究室が行い、個別調査及び事

項別取りまとめは、各地方建設局等が行った。本研究の年次計画は表-2-2-1、図-2-2-1に示すとおりである。また、担当は表2-2-2 に示すとおりである。

(1) アンケート

アンケートは、維持・管理作業の改善を求められる工程を抽出及びその原因を明らかにするために行った。

また、以下の事項を明らかにするように、アンケートを設計した。

- ① 改善に対して、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上という視点を設定して、各視点の重要度を把握する。
- ② 改善が求められている問題点とその原因を把握する。
- ③ 改善が求められている作業とその内容・特徴を把握する。
- ④ 問題点の位置づけ及び改善の優先順位をつけるために、工事量を把握する。
- ⑤ 自動化等の合理化について、それらの有効性を評価する。

また、維持・管理作業における問題点を客観的に把握するために、地域性を考慮して広くアンケート調査対象工種を設定した。すなわち、河川維持管理、道路維持管理の全般、道路除雪においては交通確保作業の生産性を左右する機械除雪、凍結防止、人力除雪を対象とした。ここで、アンケート調査対象は現場での問題点を取り上げるために、工事事務所、出張所の実務担当者及び建設業関連団体とした。

さらに、人力依存の度合いを評価するために、機械経費率、人件費率を調査した。

(2) 開発目標の設定

作業内容と人力依存の度合いよりアンケートで明らかになった各問題点の質、作業量より各問題点の存在量が把握できる。そこで、各問題点をその存在量でウェイトづけを行い問題点に優先順位をつけ、最優先で解決すべき問題点すなわち開発目標の設定を行った。

さらに、開発目標を達成するために、機械化、自動化、高速化等が考えられるが、例えば機械作業における生産性の問題に対しては高速化のように作業内容、問題点の原因さらにアンケートでの合理化の有効性の評価等を考慮して選定した。

(3) 詳細調査・自動化のための条件整備

開発目標に沿った合理化を行うためには選定した合理化に必要な条件整備をしなければならない。そこで、材料部材の形状と重量、作業エリアの形状と広さ等の詳細な条件整備の内容を調査した。現在の作業内容で作業条件が明らかになり、合理化を進めるに際し不都合な条件が明らかになる。そこで材料部材の変更等の合理化に適した条件整備の検討を行う。例えば、人力による作業なので作業対象が小さいが、機械化のためには作業対象をある程度大きくする等の条件整備の検討を行った。

(4) 開発の基本方針

合理化のための条件整備を行う際に明らかになった合理化すべき部分と整備された条件の基で、作業をどのように合理化していくのか、例えば開発する機械の仕様を決定した。また、関連する既開発技術の仕様及び使用状態の調査を行い、今回整備した作業条件に改良することにより応用できるものは応用した。そのとき、既存技術を応用するための改良項目を決定した。また、既開発技術がない場合、新規開発の提

案を行うこととした。

(5) 提案の評価

新規開発や既開発技術の改良の提案に対し、試験施工が行えるものに関しては試験施工を行った。また、試験施工が行えないものに関しては、開発される機械等を想定したシミュレーションを行った。それらの試験施工やシミュレーションの結果を基に、開発を実施する上で効果予測を行った。

(6) 開発に関する取りまとめ・開発課題の提案

試験施工やシミュレーションで明らかになった、合理化のネックとなる技術、開発案の不都合な点等の解決を含めた具体的な開発課題を決定した。

(7) 実用化、運用体制の提案

合理化された維持・管理作業の実用化のために、想定される自動化機械等の出動基準、編成、作業頻度等の作業体制、契約方法（出来高払、時間清算、距離清算等）などの運用体制の問題点に関する概略の考察等を行った。

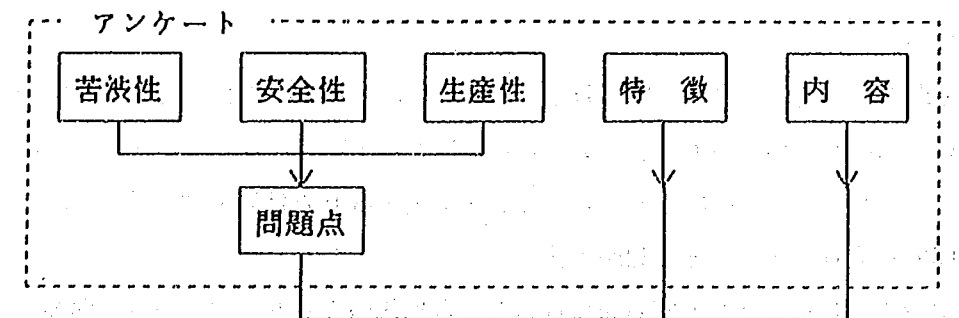
表-2-2-1 本研究の実施計画

研 究 項 目	H 2	H 3	H 4
(1)維持・管理作業のうち改善すべき作業の抽出			
①アンケートによる維持・管理作業の実態等の調査			
②開発目標の提示			
(2)維持・管理作業の合理化の条件整備			
①改善案の提示			
②作業の詳細調査			
③合理化のための条件整備の検討			
(3)維持・管理の合理化の提案			
①開発のコンセプトの作成			
②新規開発・既開発技術			
③シミュレーション・試験施工			
(4)開発課題と運用体制			
①開発課題の提案			
②実用化、運用体制の提案			

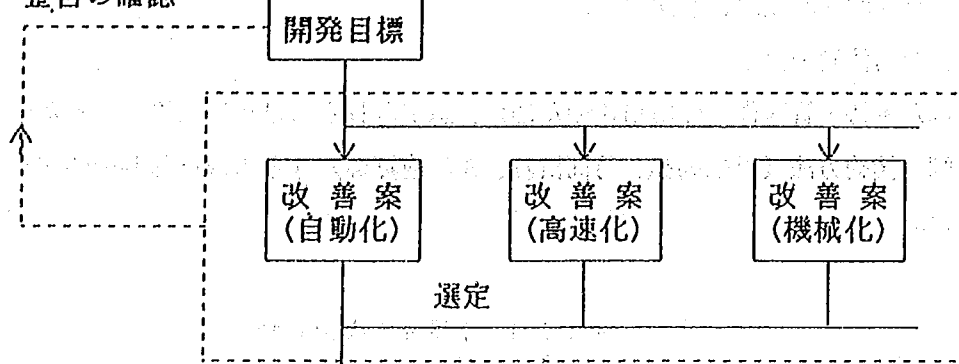
表-2-2-2 個別テーマの担当

研 究 課 題	担 当 地 域 地 建 等	土木研究所
河川維持管理作業の合理化	関東地建、中部地建、四国地建	機械研究室
道路維持管理作業の合理化	近畿地建、四国地建、九州地建、沖縄総合事務局	
道路除雪作業の合理化	東北地建、北陸地建、北海道開発局	

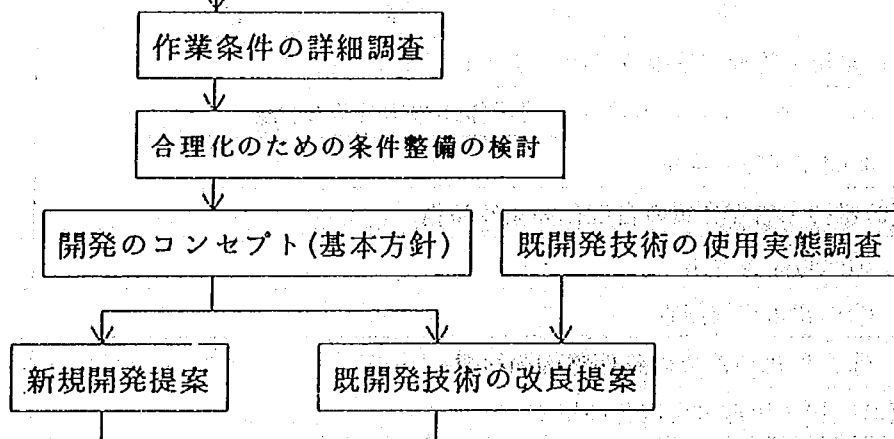
平成2年度



整合の確認



平成3年度



平成4年度

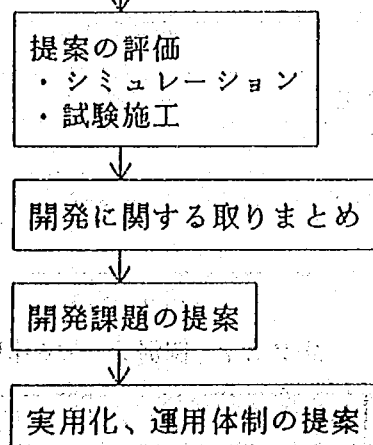


図-2-2-1 全体計画フロー

3. 河川維持管理

3.1 検討方針

河川の維持・管理作業は、表-3-1-1に示すように「点検作業」「維持作業」「清掃作業」に大別される。

平成2年度は、河川管理者及び作業員を対象としてアンケート調査を実施し、作業概要及び作業上の問題点を明らかにした。また、今後の開発目標として、各作業の機械化、自動化、高速化の必要性を確認した。

平成3年度は、前年度に抽出した問題点に対して、土木構造物を変えることなく、「安全性」「苦渋性」「生産性」の独立した三つの観点から詳細調査を行い、各問題点の質や量によってウエイト付けを行うことにより定量的に評価した。その結果を基に、最優先で解決すべき問題点の把握あるいは合理化が可能な問題点と不可能な問題点の選定など、合理化に適した条件整備を行った。また、開発目標に関連する既開発技術の開発状況や仕様を調査した。そして、今後の開発の構想として、近未来的及び遠未来的開発機械のイメージを検討し、概略仕様と使用方法についてまとめた。

平成4年度は、近未来的及び遠未来的に想定した開発機械に対し、既開発技術を改良することにより応用できるものについては応用し、応用できない場合は新規開発技術を提案した。次にこれらの新規開発技術や既開発技術の提案に対し、試験施工が行えるものに関しては試験施工を、行えないものに関しては開発機械を想定したシミュレーションによって、合理化のネックとなる技術や開発機械の不都合な点について整理した。そして、これらの解決を含めた具体的な開発課題を提案した。また、想定される開発機械の出動基準、編成、作業頻度の作業体制、契約方法などの運用体制を提案した。

表-3-3-1 調査対象工種

作業区分	工 種 区 分	
点 検 作 業	通常巡回点検	河川巡視、構造物点検
	異常巡回点検	河川巡視、構造物点検
維 持 作 業	除草、補修、伐木除根、土砂除去、グラウト	
清 掃 作 業	河川水面清掃、河川岸清掃	
	湖沼水面清掃、湖岸清掃	

3.2 アンケート調査

調査は、現在の河川維持管理作業について、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上を図ることを目的とし、アンケートを全地建に実施し、その結果から問題点を明らかにし、改善の具体策を提案するものである。

3.2.1 アンケート調査対象

アンケートは、河川維持管理作業を大きく3つの作業に分け、また、それらの中で工種に分けて、全体的には、3作業13工種について行った。

表-3-2-1 アンケート対象工種

作業区分	工 種 区 分	
点 検	通常巡回点検	河川巡視、構造物点検
	異常時巡回点検	河川巡視、構造物点検
作 業	除 草、補 修、伐木除根、 土 砂 除 去、グ ラ ウ ト	
清 掃	河川水面清掃、河川岸清掃 湖沼水面清掃、湖岸清掃	

アンケートでは、

① 作業量、作業頻度に関して

② 作業方法に関して

③ 作業環境に関して

④ 作業の困難、煩わしさに関して

設問して、内在している問題点を意識づけて

⑤ 作業の施工改善、作業改善に関して

⑥ 施工機械の自動化、新規開発に関して

設問して開発の方向性をみいだすように試みた。

また、アンケート調査先は、9地建等の各河川関係事務所計81事務所に依頼した。アンケートの回答は、調査内容に応じ工事事務所担当者、出張所担当者、請負業者とした。アンケート調査表は、3様式とし、記入区分等は以下のとおりである。

(1) 様式概要

1) 基本調査表

各工種ごとの現状における問題点や作業状況、今後の方向性等の動向を把握するものである。

設問1～3を各々、点検、作業、水面清掃に分類した。

2) 工事量調査表

平成元年度分の事務所における年間施工工事量を全該当工種・区分ごとに把握するものである。

3) 工程分析調査表

各工種・各区分ごとの該当工事における具体的な作業の工程分析を行い、問題点の抽出と作業内容等を把握するものである。

(2) 工程別提出様式

表-3-2-2 工程別提出様式一覧表

	点	検	作	業	水	面	清	掃
提出様式名	基本調査表	設問－1	基本調査表	設問－2	基本調査表	設問－3		
	工事量調査表	様式－1	工事量調査表	様式－1	工事量調査表	様式－1		
	工程分析調査表	様式－2	工程分析調査表	様式－2	工程分析調査表	様式－2		
	〃	〃 3	〃	〃 3	〃	〃 3		

(3) 記入者区分

表-3-2-3 記入者区分

調査様式			事務所 担当課	出張所	請負者 現場代理人
基本調査表	設問－1	点検	○	○	○
	設問－2	作業	○	○	○
	設問－3	水面清掃	○	○	○
工事量調査表	様式－1	事務所工事概要調書	○		
工程分析調査表	様式－2	工事概要調査表			○
	様式－3	作業工程調査表			○

3.2.2 アンケート状況

アンケートの依頼及び回収数は、表-3-2-4の通りである。

表-3-2-4 アンケート集約数

	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	計
依頼事務所数	10	11	12	6	9	9	9	6	9	81
回答事務所数	10	11	12	6	9	9	9	6	9	81
回 答 件 数	31	57	78	32	47	27	42	14	32	360

(注) 回答件数は、回答者数で、集計した。

アンケート回答数としては、360件であった。

なお、アンケート調査による各工種ごとの結果については、以下に示す各作業の概要の項で記すものとする。

3.3 点検作業

3.3.1 点検作業の概要

河川管理者は、通常巡回点検として、巡視区域、巡視回数を定め、①河川管理施設（堤防・護岸・根固め等）の保全状況、②許可工作物（樋門・樋管・堰等）の維持管理状況、③土地の占用、工作物の設置、土砂の採取掘削等の行為の状況を把握している。また、台風、豪雨、地震等の発生時には異常時点検として、堤防・高水敷・護岸・床固・堰・樋門・樋管等の状況を把握し、適切な措置を講ずるための情報及び資料の収集を行っている。

ここでは、各地方建設局、北海道開発局に対し点検作業の施工実態並びに問題点を把握するためにアンケート調査を行い、その結果をもとに点検作業の概要について整理を行った。

(1) 点検頻度

河川維持管理の基本作業の一つである河川巡視の点検頻度の実態を表-3-3-1に示す。

表-3-3-1 点検頻度

区 分	内 容	年回数、平均	月回数、平均	走行、歩行距離	点 検 人 数
通常巡回点検	河川巡視	235 (回)	18 (回)	59 (km)	1.5 (人)
	構造物点検	180	13	40	2.0
異常時巡回点検	河川巡視	6	—	35	2.5
	構造物点検	2	—	30	3.0

(2) 点検内容

点検内容は、点検する河川管理施設によって異なるが、各点検区分毎に重要度の高い順を図-3-3-1に示す。

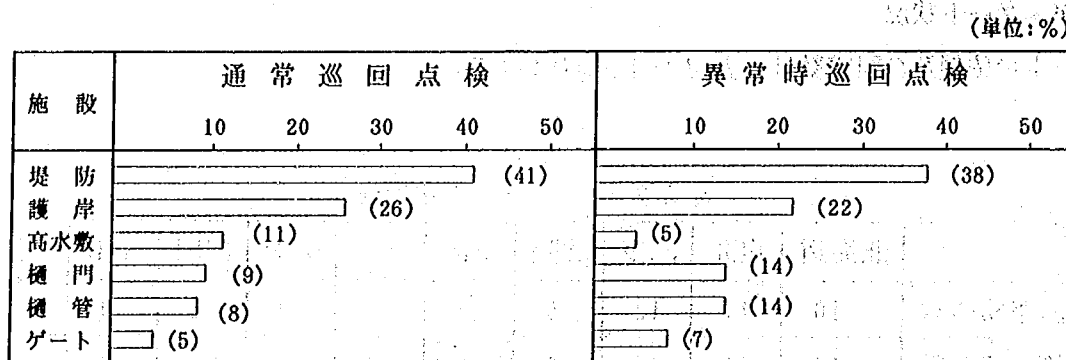


図-3-3-1 点検内容と重要度

(3) 点検作業の方法

点検作業の方法を図-3-3-2に示す。

各施設とも目視による点検が43%以上になっている。

また、現在実施している点検方法についての評価は図-3-3-3のとおりである。

(単位：％)

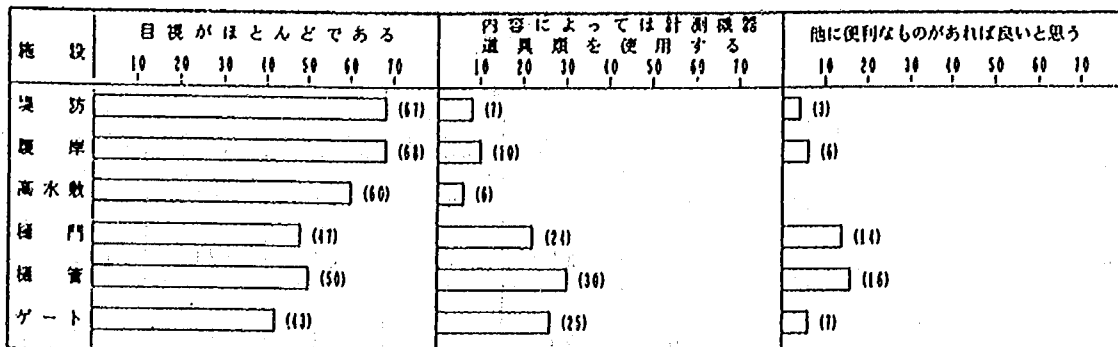


図-3-3-2 点検作業の方法

(単位：％)

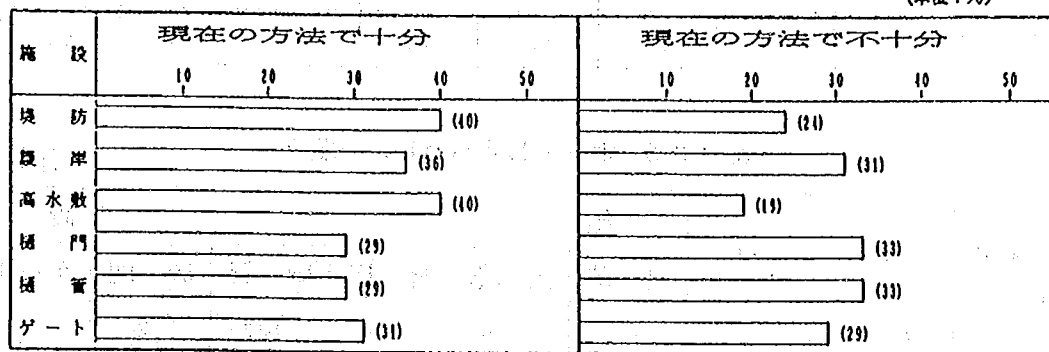


図-3-3-3 点検方法の評価

(4) 河川巡視の点検記録方法

河川巡視の点検記録方法を、図-3-3-4に示す。

規定の記録用紙に手書きが49%、カメラ、ビデオによる記録が24%となっている。なお、点検場所と事象とが連動記録できる機器等を69%が望んでいる。

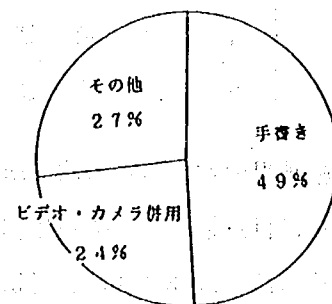


図-3-3-4 河川巡視点検記録方法

(5) 点検時の環境

河川管理施設点検時の環境（苦渋性・安全性）についてまとめると表-3-3-2のとおりである。表-3-3-2は、6施設について苦渋性の解消、安全性の向上、生産性の向上等に係わる各項目についてアンケートした結果である。

護岸は、広範囲を徒歩で点検することから疲労が多く、苦渋性の解消を要望していると考えられる。樋門、樋管、ゲートは安全性の向上を要望している。特に、樋管は現場での作業時間が長く、生産性の向上を要望していると考えられる。

表-3-3-3は、各点検項目で困難・わずらわしさについての順位を整理したものである。困難・わずらわ

しきの順位を全施設で見ると、水漏れ、亀裂、陥没、崩壊、投棄物確認の順となっている。各施設ごとに
見ると、堤防では亀裂、陥没、水漏れ、崩壊等の度合いが高くなっている。

表-3-3-2 点検時の環境

(件数)

項 目	苦渋性	安全性	施 設					
			堤 防	高水敷	護 岸	樋 管	樋 門	ゲート
a. 疲労が多い	116	11	88	85	91	32	43	34
b. 危険が多い	9	130	34	12	64	121	113	103
c. 排気ガスなどで衛生 管理上の問題がある	37	10	29	4	8	19	16	10
d. 時間がかかりすぎる	111	8	68	48	74	95	84	83
e. 特に問題はない	57	73	80	79	72	64	62	66

表-3-3-3 困難・わずらわしさの順位

(件数)

順位	項 目	施 設					
		堤 防	高水敷	護 岸	樋 管	樋 門	ゲート
1	水 漏 れ	167	10	44	132	112	116
2	亀 裂 状 況	182	65	128	96	76	35
3	陥 没 状 況	178	54	102	28	24	3
4	崩 壊 状 況	150	80	136	20	20	8
5	投 棄 確 認	112	210	46	11	12	12

(6) 点検結果の報告処理方法 (緊急時)

異常時には点検結果を関係機関等へ緊急報告、緊急措置指示が重要である。これについて図-3-3-5に緊急の連絡方法、図-3-3-6に現場状況報告方法を示す。なお、連絡所要時間は約7分であった。

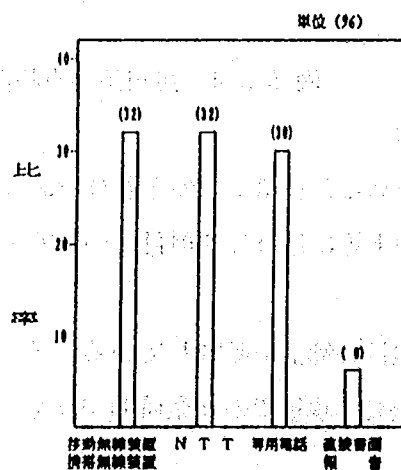


図-3-3-5 緊急時の連絡方法

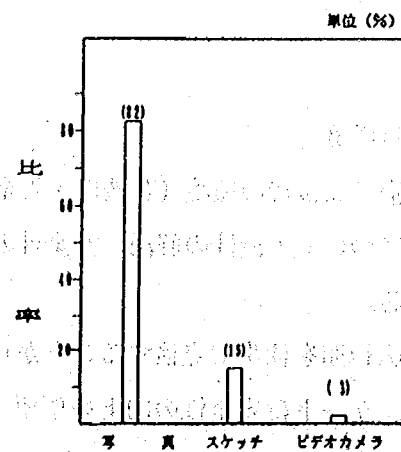


図-3-3-6 現場状況報告方法

(7) 点検作業の発生状況

河川巡視は河川管理施設の保全状況、許可工作物の維持管理状況等を把握するため、無線装置付きのパトロールカー等により実施している。

巡視業務は職員が行うのが望ましいが、最近では業務量の増大等により業務委託を行う場合も増えている。

平成元年度、各地建における年間発注件数は、通常巡回点検 135 件、契約額 100,925 万円、異常時巡回点検 71 件、契約額 6,457 万円であった。

一件当たり平均では、通常巡回点検が 747 万円、異常時巡回点検で 91 万円であった。

3.3.2 問題点の抽出

(1) 点検作業方法の問題点

各施設の点検項目、現在の点検方法及び主な問題点を表-3-3-4に示す。

表-3-3-4 点検作業方法の問題点

施設	点検項目	点検方法	問題点
堤防	亀裂 法崩れ 陥没 漏水	巡視点検は 目視 (パトロール カー 徒歩)	・堤防の漏水が発見しにくい ・雑草が繁殖しており亀裂、陥没等の発見がしにくい ・ほとんど目視のみで行われており、また時間的制約からパトロールカーから走行中の目視が主で細かな点検までには至っていない ・法面歩行のため疲労度が大きい ・延長が長く、全ての点検に時間がかかる
護岸	亀裂 陥没 洗掘	“ “	・水中部分の状況確認困難 ・護岸ブロックの下に空洞があったとしても目視等ではクラックや沈下が生じないとよくわからない ・徒歩の作業が多くなり、人員と時間を要する
高水敷	河岸決壊 塵芥不法 投棄 不法占用	“ “	・歩行点検で実際に現場の状況を体感できるが、疲労、危険が多く時間がかかる ・点検方法は良いと思うが、職員の数が少なく対応しきれなくなっている ・車でいけない所が多く、対岸からの目視だけでは不十分である
樋管	亀裂 漏水 沈下 樋管内部 クラック	“ ビデオカメラ ロボットカメラ	・樋管内の陥没及び変形、亀裂状況が目視では困難 ・樋管断面が小さく、また水中の為、点検できない ・内部点検は時間と器具が必要である
樋門	亀裂 漏水 操作機能 保守状況	“ ビデオカメラ	・目視により、外面点検はできるが内空面まではわからない ・不等沈下、空洞化が外見からわからない
ゲート (水密性)	操作状況 開閉の確認 保守状況	“ ポータブル リフト	・ゲート部が大部分水中に没しているため水密性の確認が困難 ・ゲート操作に時間がかかる ・機械の専門的な点検ができない ・通常状態で水密性の有無が目視で確認できない

河川巡視点検は、パトロールカー、バイク、徒歩の併用で行っている。

通常は、平均5.9kmの距離を走行し、堤防、護岸、高水敷、樋門、樋管、ゲート等のそれぞれの点検項目について、主に目視により実施している。点検作業方法の問題点としては、特に堤防点検では雑草等の繁殖状況により、亀裂、陥没等の発見がしにくい。護岸では、護岸ブロック裏側の空洞化、水中部の目視点検が困難、また、樋門、樋管等では、水中の状態や小口径の樋管のため、内部の陥没及び変形、亀裂、空洞化等の点検が行いにくく、またその判断が難しい。

(2) 点検作業の改善要望

点検作業の改善要望は図-3-3-7のとおりである。

各施設の点検作業は、現在目視による点検が43～68%である。また、点検方法の評価は、現在の方法で十分が29～40%、現在の方法で不十分が19～33%という結果となっているが、更に各施設ごとについて見ると、堤防、護岸、高水敷では苦渋性の解消、樋門・樋管、ゲートでは、安全性の向上が多く、これについて、生産性の向上がほぼ同率となっている。

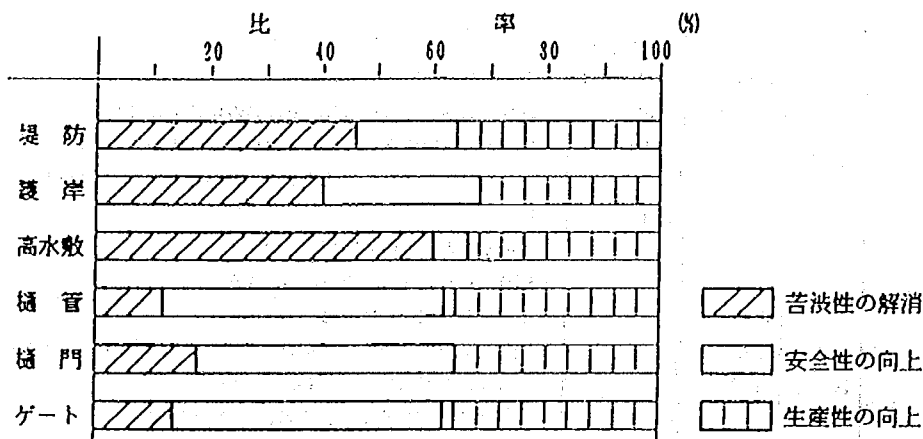


図-3-3-7 点検作業の改善要望

3.3.3 開発目標の方向性

(1) 点検作業の自動化の要望

各施設の点検は、各種の計測機器、道具類が使用されている。しかし、依然として目視点検に頼っている施設も数多い。作業の合理化、ニーズの高度化に対応するためには、点検作業についても自動化、高度化、安全化が要望されるようになってきた。

また、応急対策事業で、樋門、樋管等の安全性に関する点検として現在までに①樋門下空洞化 ②樋管内部のクラック ③止水矢板の浸透水等について実施してきたところである。

これらの点検作業に対して有効な機器が無く、図-3-3-8に示す機器の新規開発要望がだされている。上記の外に、堤防の空洞探査7件、護岸の空洞探査4件、堤防の漏水探査3件の開発要望が提案された。

(2) 開発目標の方向性

河川管理施設の点検作業について、その実態と要望を把握できた。現在の点検方法は目視で行うことと

なっているが、樋門、樋管等の空洞、漏水、亀裂探査は目視では不可能であり、この問題解決のため要望の多い上記機器の開発について検討する。

機 器 名	仕 様 概 要	要 望 件 数 (件)					対象施設名
		10	20	30	40	50	
樋門空洞探査装置	電磁波等で空洞を調べる					(50)	樋門、樋管
漏水探査装置	物理的に調べる				(32)		"
亀裂探査装置	亀裂の深さを調べる				(31)		"
小口径内部探査装置	撮影して調べる				(22)		"

図-3-3-8 点検作業の開発要望

3.3.4 作業の詳細調査

(1) 詳細調査の目的

詳細調査は、具体的な問題点を定量的に把握して各施設における点検作業の合理化のための機械化及び自動化をはかり、作業における安全性の向上と、苦渋性の解消並びに生産性の向上をはかる事を目的として行った。

(2) 詳細調査の方法

樋門・樋管と堤防について表-3-3-5に示す方法でアンケートを実施した。

表-3-3-5 アンケート調査方法

調 査 対 象		調 査 内 容
樋門・樋管	地盤沈下地帯とし、地方建設局と北海道開発局の9ブロックにつきブロック当たり30件を依頼	a. 実態調査 b. 作業状況 c. 点検結果 d. 現場条件 e. 状況に対する問題点
堤 防	全国の河川出張所	a. 実態調査 b. 作業状況 c. 現場条件 d. 状況に対する問題点

3.3.5 定量的評価による改善すべき工程の選出

詳細調査の結果をもとに、樋門・樋管および堤防点検作業の問題点の定量的評価に基づき、改善すべき工程の選出を行った。

(1) 樋門・樋管

調査表の回収結果は依頼総数270件中221件であった。

詳細調査の結果から変状項目と変状規模についてその割合を示すと図-3-3-9のとおりである。

調査結果を安全性、生産性、苦渋性の3つに区分し、各区分ごとに作業の問題点の項目とその回答割合を図-3-3-10 (1)~(3)に示す。

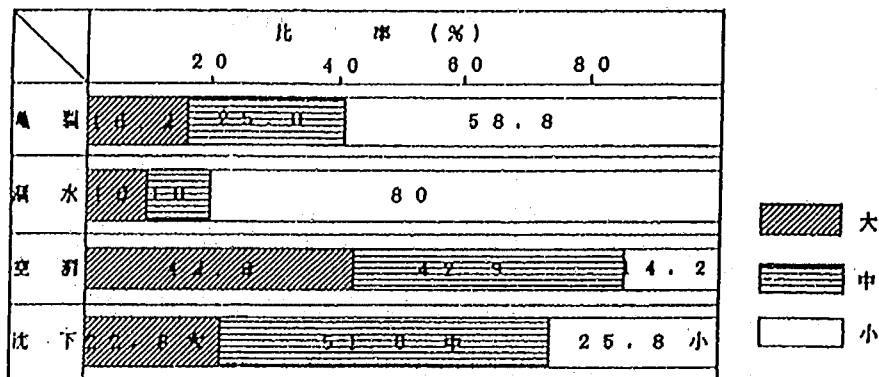


図-3-3-9 変状項目と変状の割合

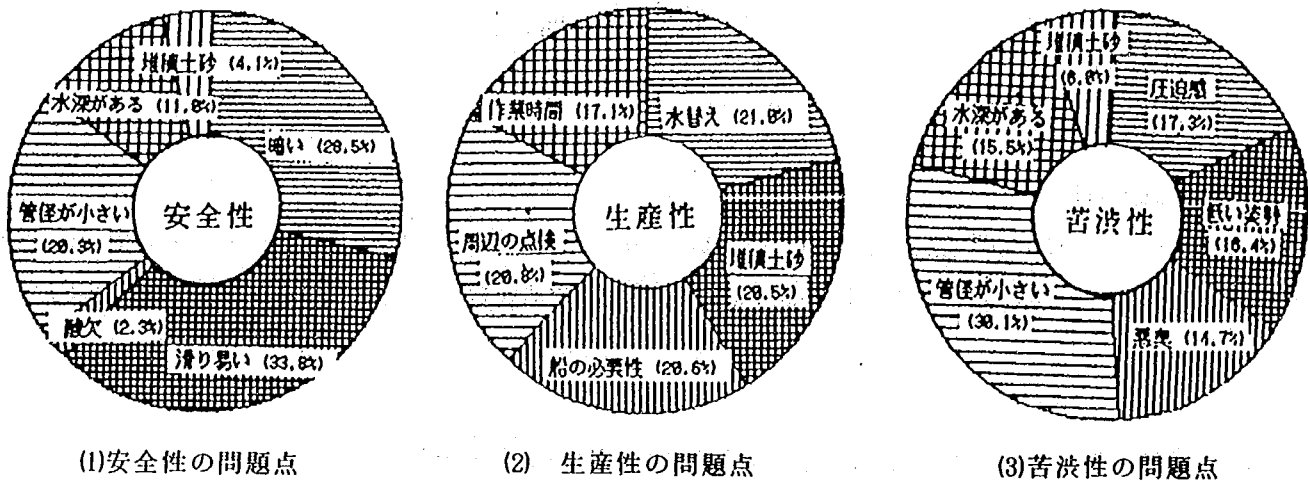


図-3-3-10 作業の問題点とその回答割合

さらに、これらの問題点について、表-3-3-6(1)~(3)に示すように、重要度・問題の度合いに応じた点数・件数などを乗じ、各問題点の重み付けをし、定量的評価を行った。その結果、安全性については「水深がある」、生産性については「水替え」、苦渋性については「管径が小さい」がそれぞれ高い評価点となった。これらが重点的に改善すべき項目と考えられる。

表-3-3-6 樋門・樋管点検作業の問題点の定量的評価

(1) 安全性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い		点数 b	件数 c	総合点 a x b x c	備 考 (点数の根拠など)
暗い	0.03	照度 (明るさ)	0~30ルクス	0.6	37	0.774	管渠の寸法と長さの関係 30ルクスでは懐中電灯が必要
			30~60ルクス	0.3	12		
			60ルクス以上	0.1	0		
滑り易い	0.15	摩擦係数	0~0.3	0.7	2	0.21	管の種類 (BOX と円形及び設置した 年数)
			0.3~0.6	0.3	2		
			0.6以上	0	56		
融欠	0.4	融 凍 率	19 %	0	0	0.48	酸素濃度測定器では18%で危険を示 すブザーが鳴るものがある。 通常は21%である
			10~18 %	0.3	4		
			0~9 %	0.7	0		
管径が小さい	0.07	管渠の 寸法	2.0m以上	0.05	0	1.589	管渠の寸法は、高さ及び幅のどちら かのうちの最小寸法で区分 1.0m未満では管渠内へ入るのは困難 膝下程度であればなんとか歩けるが 胸以上では不可
			1.0~2.0m	0.25	4		
			1.0m未満	0.7	31		
水深がある	0.3	水深	1 m 以上	0.75	19	4.275	
			0.5~1m	0.2	0		
			0.5m未満	0.05	0		
堆積土砂	0.05	堆積土砂 の占有率	40~100%	0.7	0	0.0375	ヘドロ状のものと土砂状のものでは 困難の度合いが違うが、20% 程度で あれば何とか管渠内へ入る
			20~40%	0.25	2		
			0~20%	0.05	5		

表-3-3-6 樋門・樋管点検作業の問題点の定量的評価

(2) 生産性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い		点 数 b	件 数 c	総 合 点 a × b × c	備 考 (点数の根拠 など)
水替え	0.3	水深	1m 以上	0.7	40	15.36	膝下程度であればなんとか歩けるが 0.5m 以上では仮締切りが必要
			0.5~1.0m	0.2	61		
			0.5m 未満	0.1	110		
堆積土砂の状況	0.3	堆積土砂 の占有率	40~100%	0.7	23	12.12	ヘドロ状のものと土砂状のものでは 困難の度合いが違うが、20% 程度で あれば何とか管渠内へ入れる
			20~40%	0.2	59		
			0~20%	0.1	125		
船の必要性	0.05	船の使用 頻度	50~100%	0.6	16	1.54	船の使用回数 = 頻度 点検作業回数
			20~50%	0.3	10		
			0~20%	0.1	182		
周辺の点検	0.05	点検頻度	50%以上	0.6	154	5.235	周辺の点検回数 = 頻度 点検作業回数
			20~50%	0.3	34		
			20%未満	0.1	21		
作業時間	0.3	1人当り の 作業時間	2時間以上	0.7	19	10.35	アンケート回答による区分
			1~2時間	0.2	59		
			1時間未満	0.1	94		

(3) 苦渋性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い		点 数 b	件 数 c	総 合 点 a × b × c	備 考 (点数の根拠 など)
圧迫感	0.18	管渠の寸法	2m 以上	0.05	6	1.008	管渠の寸法は、高さ及び幅のどちらかのうちの最小寸法で区分 2m 以上では圧迫感は薄れる
			1.0~2.0m	0.25	10		
			1.0m 未満	0.7	4		
低い姿勢	0.18	管渠の寸法	2m 以上	0.05	1	1.224	管渠の寸法は、高さ及び幅のどちらかのうちの最小寸法で区分 1.0m未満では非常に窮屈
			1.0~2.0m	0.25	13		
			1.0m 未満	0.7	5		
悪臭	0.18	臭気強度	4~5	0.8	1	0.432	悪臭防止法による規制基準 調査師による嗅覚を基礎とする6段階表示法
			2~3	0.15	8		
			0~1	0.05	8		
管径が小さい	0.18	管渠の寸法	2m 以上	0.05	0	4.086	管渠の寸法は、高さ及び幅のどちらかのうちの最小寸法で区分
			1.0~2.0m	0.25	4		
			1.0m 未満	0.7	31		
水深がある	0.18	水深	1 m 以上	0.75	19	2.565	膝下程度であればなんとか歩けるが 胸以上では不可
			0.5~1m	0.2	0		
			0.5m未満	0.05	0		
堆積土砂	0.10	堆積土砂の占有率	40~100%	0.7	0	0.175	ヘドロ状のものと土砂状のものでは困難の度合いが違うが、20% 程度であれば何とか管渠内へ入れる
			20~40%	0.25	2		
			0~20%	0.05	5		

(2) 堤防

堤防点検に関するアンケートの回収結果は239件であった。

詳細調査の結果から点検種別による変状項目の割合を図-3-3-11に示す。

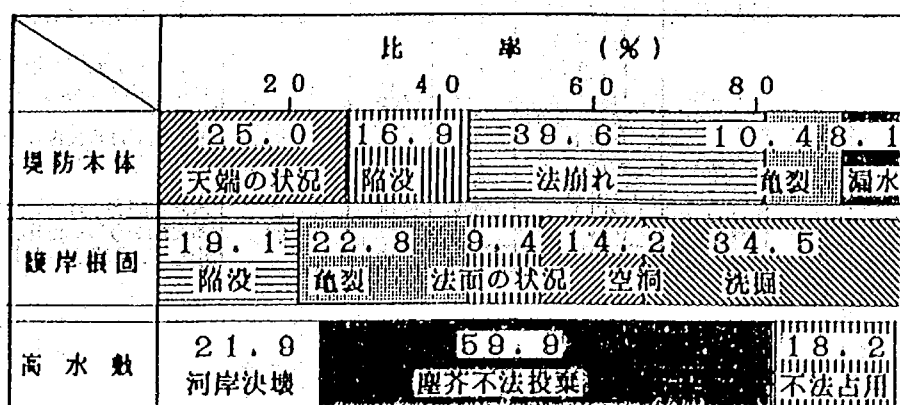
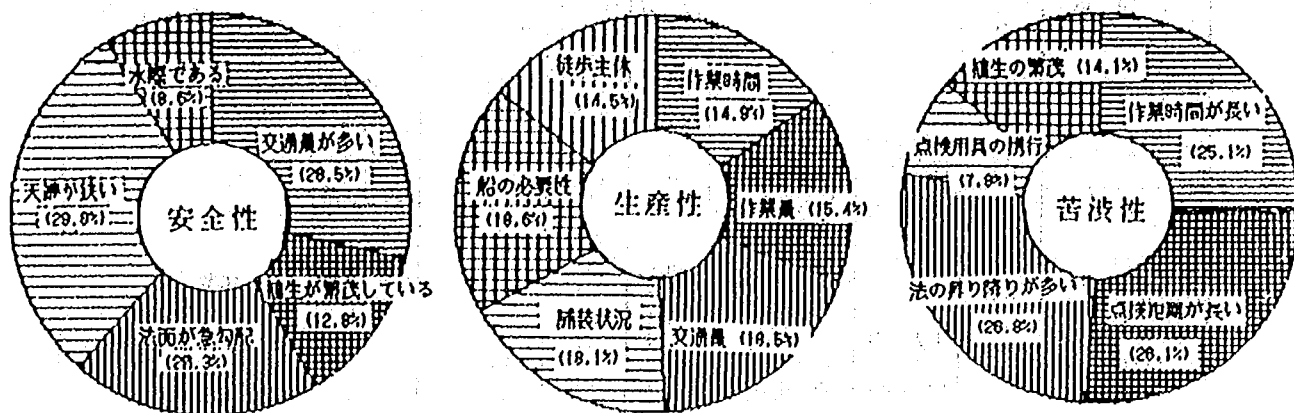


図-3-3-11 点検種別による変状項目の割合

調査結果を安全性、生産性、苦渋性の3つに区分し、各区分ごとに作業の問題点の項目とその回答割合を図-3-3-12 (1)~(3)に示す。



(1)安全性の問題点

(2) 生産性の問題点

(3)苦渋性の問題点

図-3-3-12 作業の問題点とその回答割合

さらに、これらの問題点について、表-3-3-7(1)~(3)に示すように、重要度・問題の度合いに応じた点数・件数などを乗じ、各問題点の重み付けをし、定量的評価を行った。その結果、安全性については、「法面が急勾配」、生産性については「作業時間」、苦渋性については「法の昇り降りが多い」がそれぞれ高い評価点となった。これらが重点的に改善すべき項目と考えられる。

なお、出水中における点検作業の問題点としては、安全性に関して突風を受ける、視界が悪い、急激な増水が、生産性に関しては作業人数が少ない、苦渋性に関しては雨具の着用などが挙げられている。

表-3-3-7 堤防点検作業の問題点の定量的評価

(1) 安全性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 a × b × c	備考 (点数の根拠など)
交通量が多い	0.1	6000台以上	0.6	72	8.63	兼用道路の場合の計画交通量に準拠 交通量が多いと駐車の際に危険である
		1000~6000台	0.3	139		
		1000台未満	0.1	14		
植生が繁茂している	0.2	1m以上	0.6	0	6.06	膝位の高さでは何とか歩けるが、胸 以上だと困難である。
		0.5~1.0m	0.3	101		
		0.5m未満	0.1	0		
法面が急勾配	0.3	1:2.0以上	0.2	5	15.75	アンケート回答の標準断面図を区分 1:1.0未満の勾配では非常に危険
		1:1.0~2.0	0.3	130		
		1:1.0未満	0.5	25		
天端が狭い	0.1	7m以上	0.2	76	7.37	5m未満では点検停車時に他の車両の 妨げとなり非常に危険
		5~7m	0.3	105		
		5m未満	0.5	54		
水深である	0.3	2m以上	0.6	13	6.69	水利根拠の点検時に水深が2m以上あ ると細かな確認は出来ず、身を乗り 出して、竿などを使用する為危険
		1~2m	0.3	45		
		1m未満	0.1	10		

表-3-3-7 堤防点検作業の問題点の定量的評価

(2) 生産性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 a × b × c	備考 (点数の根拠など)
作業時間	0.25	1日当りの 作業時間	7時間以上	0.5	121	1日の労働時間(7時間)以上では 苦渋を感じる、3時間程度であれば 勤務時間内に帰所出来る。 アンケート回答による区分
			3~6時間	0.3	54	
			3時間未満	0.2	6	
作業量	0.25	1日当り 作業量	20km以上	0.5	33	
			10~20km	0.3	57	
			10km未満	0.2	98	
交通量が多い	0.05	1日の 交通量	6000台以上	0.6	72	
			1000~6000台	0.3	139	
			1000台未満	0.1	14	
天端の舗装状況	0.05	舗装率	70%以上	0.2	74	
			40~70%	0.3	41	
			40%未満	0.5	105	
船の必要性	0.1	船の使用 頻度	50~100%	0.6	10	船の使用回数 =頻度 点検作業回数
			20~50%	0.3	27	
			0~20%	0.1	189	
徒歩主体	0.3	徒歩での 作業量	10km以上	0.6	14	アンケート回答による区分 点検作業で5km歩くには約2時間程 度かかる
			5~10km	0.3	62	
			5km未満	0.1	101	

(3) 苦渋性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 a × b × c	備考 (点数の根拠など)
作業時間	0.1	1日当りの 作業時間	7時間以上	0.5	121	1日の労働時間(7時間)以上では 苦渋を感じる、3時間程度であれば 勤務時間内に帰所出来る。 アンケート回答による区分 点検作業で5km歩くには約2時間程 度かかる
			3~6時間	0.3	54	
			3時間未満	0.2	6	
点検距離が長い	0.2	1日当り 作業量	20km以上	0.5	33	
			10~20km	0.3	57	
			10km未満	0.2	98	
法の昇り降りが 多い	0.35	堤防断面 の距離 (長さ)	40m以上	0.6	63	
			20~40m	0.3	86	
			20m未満	0.1	44	
点検用具の携行	0.1	用具の重 さ	10kg以上	0.6	0	片手で3kg以上の重さだと、苦渋を 感じる。10kg以上だと肩に担がない と歩き回れない。
			3~10kg	0.3	0	
			3kg未満	0.1	57	
植生が繁茂して いる	0.25	植生の高 さ	1m以上	0.6	0	膝位の高さでは何とか歩けるが、胸 以上だと困難である。
			0.5~1.0m	0.3	101	
			0.5m未満	0.1	0	

3.3.6 開発目標および改善案

(1) 樋門・樋管

樋門・樋管の現在の点検方法としては、改善要望の多い安全性や生産性の向上に対して有効な機器が少なく、依然として目視主体の点検である。従って、目に見えない部分の変状、特に管渠回りの空洞などを非破壊で発見できる検査機器の開発が必要である。そこで、開発目標としては、ロボットカメラと電磁波等による空洞探査装置を組み合わせたものがイメージされる。

改善案としては、改善要望の最も多い安全性の向上をはかる必要がある。安全性に係わる問題点としては、最も評価点の高い「水深がある」を筆頭に「管径が小さい」、「暗い」、「酸欠」などが挙げられることから、作業員が管渠内へ入らなくても作業ができるような点検方法を開発し、自動化を推進する必要がある。

(2) 堤防

堤防の点検方法は目視が主体であり、計測に用いる補助器具は、スケールやハンマー程度である。点検作業用の機器としては皆無の状況で、特に法面や高水敷などでは徒歩主体の目視点検作業となり、苦渋性の解消が望まれている。

空洞・亀裂・漏水・陥没などの変状を探索する手段としては、表面に現れた変状に対しては目視が可能であるが、空洞のような地下の変状に対してはハンマーなどによる打撃音を聞いて判定する方法で対応している。

開発目標としては、天端上を走行しながら空洞化等の点検が可能なもの、また法面走行にも対応できるような探索装置の開発が必要である。

改善案としては、改善要望の多い苦渋性の解消をはかることである。苦渋性に係わる問題点としては、定量的評価による評価点が最も高い「作業時間が長い」をはじめ、「点検距離が長い」、「法の昇り降りが多い」などが挙げられる。これらを解消するためには、徒歩主体の点検作業を機械化することと、変状の発見を簡単にできるような計測器具の自動化を図ることである。

3.3.7 既存技術の調査

(1) 樋門・樋管

樋門・樋管の点検機器に应用が考えられる既存技術は、表-3-3-8に示すように、電磁波、打診音解析、超音波、熱赤外線等がある。

表-3-3-8 樋門・樋管点検機器に应用が考えられる既存技術

番 号	技 術 名 称	適用可能な 点検項目	技 術 の 概 要
①	管内点検車	亀裂、漏水	照明灯とカラーTVカメラを搭載した点検車を遠隔操縦で管内を走行させる。φ250～1000mmに適用。
②	水中探索装置	亀裂	遠隔操縦によるハイテク水中TVカメラ。目視にかえて管内の状態を点検する。
③	レーザスキャン	亀裂、漏水	レーザ光線を樋門・樋管内面に照射し、その反射光を捕らえて画像処理する。鉄道単線トンネルにて5km/h走行し約3mmの対象物を識別した。
④	レーザレベル	沈下	水準測量器。従前の光学的水準器と同じだが、暗くても測量可能。
⑤	打診音解析装置	空洞	壁面をハンマーで叩き、その音をマイクで集音解析して空洞の有無を判定する。厚さ30cm以上になると判定が難しい。解析結果と変状状況（劣化、空洞規模、厚さ不足）の関係が明確でない。
⑥	熱赤外線	空洞、漏水	熱赤外線カメラにより樋門・樋管内面の温度分布状況を撮影し、その状況から欠陥部分を検出する。対象部分に装置感度で検出可能な温度差が生じている必要がある。
⑦	超音波	覆工厚、空洞	対象物に送受波探触子を押当て超音波（横波）の複合波の反射を利用して、厚さ、空洞を測定する。法面覆工で測定例あり。
⑧	小型の埋用検査システム（地中レーザ）	空洞	樋門・樋管内面から地中に向けて電磁波パルスを発射し、その反射波を解析して空洞の状況を定量的に把握する。60cm厚の覆工厚を10%以内の誤差で測定。現状では鉄筋があると測定不可能。

これらのうち、電磁波応用技術は、建設省においても道路下面の空洞探査に実用されている他、60cmのトンネル覆工コンクリート厚さを10%以内の誤差で測定可能とする報告もあり、かなり有望と考えられる。しかし、樋門・樋管のように鉄筋を介しての空洞探査は、電磁波が鉄筋部を透過できないため現状では困難であり、今後の技術開発を待たなければならない。

打診音解析法は、鉄筋の有無には影響されない反面、コンクリートの厚さが30cm以上になると、空洞等の異常箇所であるかどうかの判定が難しくなる。

その他の検査手法も、樋門・樋管背面の空洞探査への応用は困難と考えられる。

(2) 堤 防

堤防の高含水比領域や護岸背面の空洞の探査に応用が考えられる既存技術には、表-3-3-9に示すように電磁波、熱赤外線、弾性波トモグラフィ等の地盤探査技術がある。

電磁波、熱赤外線は建設省北陸技術事務所において既に「空洞探査マニュアル(案)」としてまとめられているように、実用の域に達しつつあると考えられる。

弾性波トモグラフィは、大量な測定点の配置や膨大なデータ処理が必要になるなど、実用性の点で問題が多い。

表-3-3-9 堤防点検機器に応用が考えられる既存技術

番 号	技 術 名 称	適用可能な 点検項目	技 術 の 概 要
①	路面下空洞 探査車	空洞	20km/h程度の速度で走行しながら、電磁波により地下空洞や埋設物探査を行う。探査可能深度1.2～2.5m。
②	熱赤外線	漏水、高含水 比領域	高空より堤防の熱赤外線映像を撮影・解析し、不安定箇所を抽出する。映像中に、温度差に基づく濃淡分布が出力されるためには、対象物に装置感度で検出可能な温度差があることが条件。30cm程度の草丈の場合は草刈不要の報告あり。
③	弾性波トモグラフィ	空洞	弾性波を発信し、対象領域を透過した初動部分の走時を測定する。逆解析手法を前提とし、大量のデータを処理し2次元で表す。
④	比抵抗トモグラフィ	漏水、空洞	大地に電流を流して比抵抗分布を測定し、変質帯や断層帯の透水性等を把握する。逆解析手法を前提とし、大量データを処理し2次元表示。
⑤	地中前方探査システム	空洞	山岳トンネルの切羽前方地盤に振動を与え、発生するレーリー波を捕らえ、解析して地盤状況を把握する。

3.3.8 条件整備

(1) 樋門・樋管

点検作業の詳細調査に基づく問題点の定量的評価により、「水深がある」ことが最も安全性を妨げていることが示されている。「水深がある」ことは、作業員の危険性が増したり、作業が困難または不可能であったり、仮締切りが必要となったりすることなどの問題を含んでいると考えられる。

従って、合理化への条件としては、①作業員が管渠内に入らなくても点検作業が可能である、②水中でも探査が可能である、③水没の状況によっては作業員が管渠内へ入れるので携行可能な機器、④表面に表れない変状に対して有効な探査能力を有するもの、⑤管渠断面が大きくても探査できることなどが挙げら

れる。

(2) 堤 防

点検作業の詳細調査に基づく問題点の定量的評価により、「法の昇り降りが多い」ことが苦渋性を訴える一番の原因となっていることが示されている。「法の昇り降りが多い」ことは、点検作業が徒歩主体のため、作業員の疲労度が大きく、また法面などでは不安定な姿勢での歩行及び点検作業となり、危険でもある。さらに、雑草や立木などが繁茂しているため、変状の発見が困難となったり、作業時間が長くなるなどの問題を含んでいると考えられる。

従って、合理化への条件としては、①徒歩主体の点検作業を緩和すること、②法面や高水敷など不陸な場所でも走行可能なもの、③点検パトロールカーなどに点検装置を搭載、または装備したもの、④表面に表れない変状に対して、有効な探査能力を有するもの、⑤法面が整備されていることなどが挙げられる。

3.3.9 開発構想

点検作業の合理化のための開発コンセプトは、3～5年で実現可能と考えられるものを近未来イメージとし、実現には5～10年以上を要すると考えられるものを遠未来イメージとして検討した。

3.3.9.1 近未来のコンセプト

(1) 樋門・樋管

既存技術を樋門・樋管背面の空洞探査に応用する場合、いずれも水中での使用は困難であることから、前述の条件整備は次のように緩和して検討する。すなわち、樋門・樋管の内部に水は無いこと及び堆積土砂は排除してあることとする。また、近未来においては、点検のために樋門・樋管の内部に作業員が入るのも止むを得ない、ただし、照明は十分に配慮することとする。

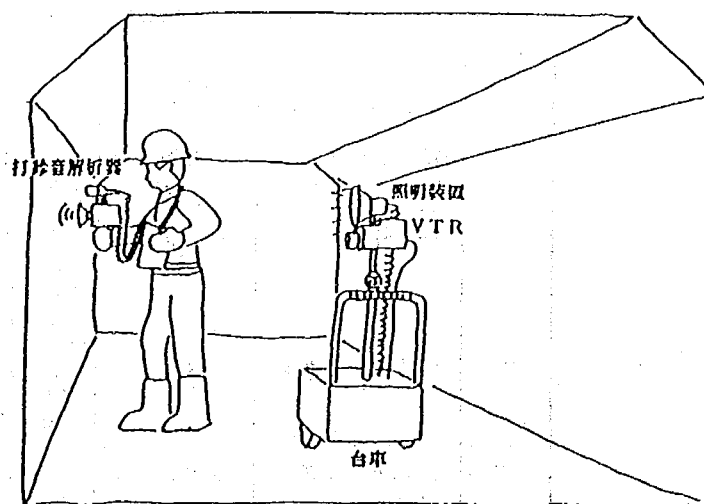


図-3-3-13 樋門・樋管点検の近未来イメージ

近未来の開発コンセプトに基づく樋門・樋管点検作業状況を図-3-3-13 に、その装備機器の概略諸元を表-3-3-10 に示す。

表-3-3-10 樋門・樋管点検機器の概略諸元

機 器 名	諸 元	
打 診 音 解 析 装 置	重量	4 k g
	寸法	180W*120H*220L
照 明 装 置	重量	1 0 k g
	寸法	150W*200H*400L

近未来の点検作業のイメージは次のとおりである。

- ・ 点検用機器は、亀裂、漏水の点検にC DカメラとV T Rを用い、空洞探査用に鉄筋の有無に対する影響が小さい打診音解析器を用いる。

- ・ 点検用機器は、測定距離を出力できる手押し台車に載せて運搬する。
- ・ 手押し台車には、照明灯およびVTR用の電源を搭載する。
- ・ VTRには走行距離データを記録する。打診音解析器による点検も、点検位置の座標は手押し台車を基準とする。
- ・ 樋門・樋管内では測定のみ行い、データの解析は別途に行う。

(2) 堤 防

堤防点検は、広範囲を効率的に点検する「概査」と、「概査」の結果抽出される異常箇所を詳しく点検する「精査」に分けて行う。

現状では、法面状況のうち法崩れ、洗掘、亀裂といった堤防の表面に表れた変状は、その場所まで移動する手段があれば目視により点検できるが、堤防の高含水比領域や護岸背面の空洞等の内部の変状は点検できない。しかし、堤防表面に変状の起き易い場所は、過去の出水の記録や点検記録から推定可能である。従って、近未来の開発コンセプトとしては、堤防内部の空洞、高含水比領域の探知を目的としたシステムとする。

近未来の開発コンセプトに基づく堤防点検の作業状況を図-3-3-14 に、その装備機器の概略諸元を表-3-3-11 に示す。

近未来の堤防点検作業のイメージは次のとおりである。

- ・ 点検用機器は、概査用に広い範囲を効率的に点検できる熱赤外線映像システム、精査用に電磁波地中レーダを用いる。
- ・ 堤防表面の雑草は、熱赤外線映像による堤防の温度分布計測例によると、草丈が30 cm程度までなら解析できるとされていることから、点検前に刈り取ってある場合に当該機器を使用する。
- ・ 概査の移動装置に無線操縦ヘリコプター（ラジコンヘリ）を使用し、熱赤外線撮像カメラを搭載する。
- ・ ラジコンヘリからのデータは、地上のデータ収録・処理装置で受信する。
- ・ 精査は、電磁波地中レーダー式を搭載した履帯式走行装置で移動し、異常箇所を中心とする一定範囲について空洞等変状の有無を検査する。

表-3-3-11 堤防点検機器の概略諸元

用 途	機 器 名	諸 元	
概 査	ラジコンヘリ	重 量	1 6 k g
		搭載重量	1 2 k g
	熱赤外線カメラ	重 量	4 k g
		寸 法	800W*110H*350L
	カメラ制御器	重 量	7 k g
		寸 法	300W*50H*350L
精 査	履帯走行装置	方 式	デジタル
		重 量	カメラ制御器に組込
		装 備	地中レーダー式
		重 量	1 8 0 0 k g
		寸 法	1500W*900H*2500L

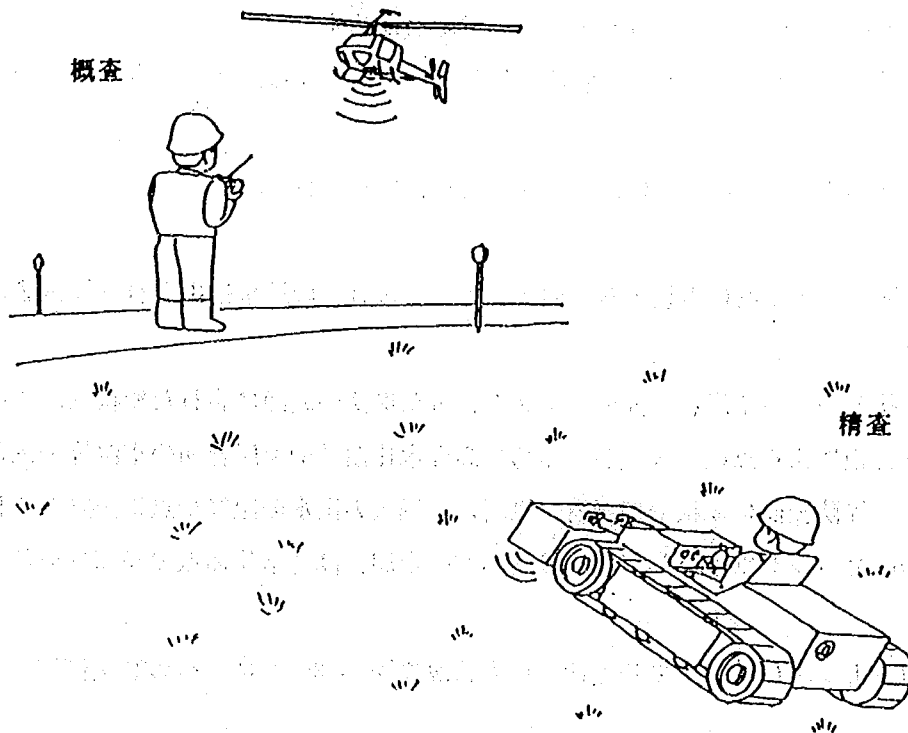


図-3-3-14 堤防点検の近未来イメージ

3.3.9.2 遠未来のコンセプト

(1) 樋門・樋管

遠未来の点検は、安全性、苦渋性の改善を図るために点検機器の移動も自動化し、樋門・樋管の内部に作業員は入らないで作業可能なこととする必要がある。

また、点検用機器は、近未来イメージで取り上げた打診音解析器では連続測定に不向きであるため、将来的には電磁波を用いた地中レーダを鉄筋コンク

リートにも対応できるよう改良する必要がある。スレーブ（樋門・樋管内）

制御はマスター・スレーブ方式として、点検機器の操縦は樋門・樋管から離れた位置に止めた計測車内から行う。亀裂、漏水等の変状は、点検機器に設置したカメラによる視覚情報を操縦者が直接把握する。

遠未来の開発コンセプトに基づく点検作業状況を図-3-3-15 に示す。

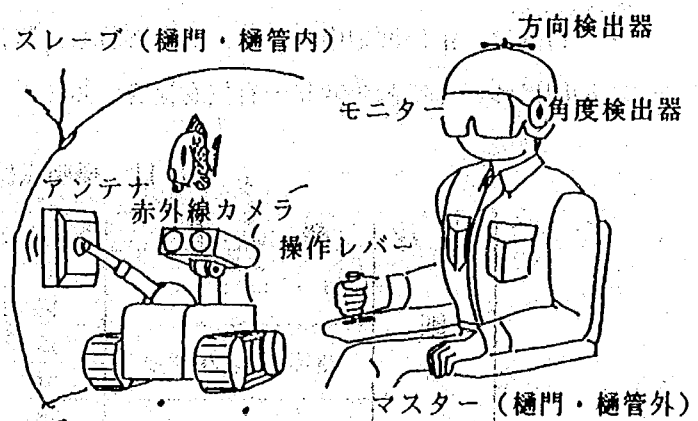


図-3-3-15 樋門・樋管点検の遠未来イメージ

(2) 堤 防

遠未来の開発コンセプトは、点検を概査と精査に分けて行うことは近未来のイメージと同じであるが、点検内容は近未来イメージで設定しなかった法崩れ、洗掘、亀裂といった法面状況の点検にも対応できる堤防点検専用車を導入し、苦渋性の解消を図ることとする。堤防点検専用車は点検システム一式を搭載し、超低接地圧の自走式で、基本的には移動・点検とも有人とし、無人にも対応可能なものとする。点検車の位置認識はGPSを利用することにより測量等の作業を合理化する。

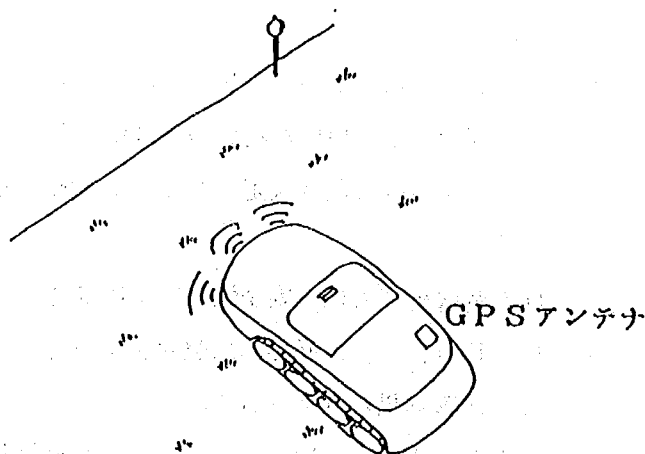


図-3-3-16 堤防点検専用車（遠未来）

遠未来のコンセプトに基づく堤防点検専用車を図-3-3-16 に示す。

3.3.10 改善項目の設定

改善項目は、前述の3.3.5 定量的評価による改善すべき工種の抽出において、安全性および生産性の向上、苦渋性の解消の観点から整理した問題点の項目とする。

問題点の定量的評価の結果は表-3-3-6(1)～(3)、表-3-3-7(1)～(3)に示したとおりであるので、ここでは同表の問題点すなわち改善項目としての項目のみ示す。

1) 樋門・樋管点検作業の改善項目

安全性：暗い、滑り易い、酸欠、管径が小さい、水深がある、堆積土砂

生産性：水替え、堆積土砂、船の必要性、周辺の点検、作業時間

苦渋性：圧迫感、低い姿勢、悪臭、管径が小さい、水深がある、堆積土砂

2) 堤防点検作業の改善項目

安全性：交通量が多い、植生が繁茂している、法面が急勾配、天端が狭い、水際である

生産性：作業時間、作業量、交通量が多い、天端の舗装状況、船の必要性、徒歩主体

苦渋性：作業時間、点検距離が長い、法の昇り降りが多い、点検用具を携行、植生繁茂している

3.3.11 改善効果

3.3.11.1 改善効果の測定

ここでは、近未来のコンセプトに基づき提案した点検機器が開発された場合の点検作業の改善効果について、シミュレーションをもとに定量的な評価を行った。

改善効果の測定は、樋門・樋管については前述の表-3-3-6(1)～(3)、堤防については同表-3-3-7(1)～(3)で示した各問題点の総合点を改善前の改善指数（改善前の改善比率）とし、開発機器を導入した後の改善指数（改善後の改善比率）をシミュレーションにより求めて、両者の比較として行った。シミュレーション

は、開発機器を用いた場合の点検作業の問題点の改善割合、あるいは作業環境条件への対応改善の程度等を予測したものである。

(1) 樋門・樋管

樋門・樋管点検の近未来のコンセプトに基づくシミュレーションは、点検機器にCCDカメラ、打診音解析装置、手押し台車を用いた場合の改善効果を定量的に推定したものである。

導入機器類による改善割合設定にあたっての考え方は次のとおりである。

1) 安全性

- ・ 打診音解析装置は、安全性の向上には特に貢献しない。
- ・ CCDカメラは、必然的に照明装置を持ち込むことから、「暗い」、「滑り易い」といった項目に対し改善効果が期待される。
- ・ 手押し台車は、「暗い」に対して、台車無しに比べると照明用の容量の大きな電源を搭載できることから若干効果的と考えられる。また、「滑り易い」ことに対しては、つかまる場所が確保できるため効果的といえる。
- ・ 手押し台車は「管径が小さい」ことに対し、 $\phi 1\text{ m}$ 未満のように小径管になると、むしろ取り回しに支障を来すことが考えられるが、安全性の視点からは特に点数は付けない。
- ・ 改善項目のうち、「水深がある」、「土砂の堆積がある」については、前提条件として何らかの手段により排除した後に点検することとしたので、導入機器による改善はないものとした。

2) 生産性

- ・ 改善項目のうち「水替えの必要」、「土砂の堆積がある」、「船の必要性」については、前提条件により改善効果の算定はしない。
- ・ 導入機器は「周辺の点検」の生産性向上に対して効果が期待される。
- ・ CCDカメラは、亀裂、漏水検査を対象とし、打診音解析装置は空洞探査を対象とする。
- ・ CCDカメラによる検査の場合、検査員は、樋門・樋管の変状調査に関する経験は無くても、ビデオ機器の取扱いさえ習得しておれば良い。即ち、ビデオテープを事務所に持ち帰り、解析はベテラン技術者が行うことができる。反面、変状の有無判定は、従来は現地で直ちに可能であったのに対し、この方式では解析のための時間を別に必要とする。
- ・ 打診音解析装置の導入効果については、空洞の有無検査を従来は検査員の聴感によるかボーリング調査によっていたことに対応させて評価する。
- ・ 打診音解析装置による空洞の検査は、空洞の有無は探知できるが、その大きさの推定は困難であるところから、大幅な改善効果は望めない。
- ・ 手押し台車は、従来用いることのなかった検査機器を運搬する必要から導入するものであるから、生産性向上への寄与はあまり大きく評価できない。

3) 苦労性

- ・ 改善項目のうち「水深がある」、「土砂の堆積がある」については前提条件により、改善効果としては算定しない。また、「悪臭」については近未来イメージとして導入する機器による効果は期

待できない。

- ・ 打診音解析装置の使用は、苦渋性の解消に関して改善効果は期待できない。
- ・ CCDカメラの使用により改善される項目は「低い姿勢」である。点検のための姿勢としては、目視のみの検査より若干自由度が大きくなると考えられる。
- ・ 手押し台車の使用は、狭小空間へある大きさの装置を持ち込み、これを作業員が扱うことから「圧迫感」、「低い姿勢」、「管径が小さい」といった項目に対しては苦渋性を助長する傾向となることが考えられる。

近未来のコンセプトに基づき樋門・樋管点検作業にCCDカメラ、打診音解析装置、手押し台を導入した場合の改善効果の測定結果を表-3-3-12 (1)～(3)に示す。また、これらの点検機器導入前後の改善比率の比較を図-3-3-17 (1)～(3)に示す。

近未来のコンセプトに基づき提案した樋門・樋管の点検作業は、既存技術の水中での使用が困難であるところから、改善効果は多くは期待できず「安全性」が108%、「生産性」が114%、「苦渋性」が108%となった。しかし、点検用機器に新方式を導入したことにより、従来不可能であった空洞点検がある程度可能になる。

表-3-3-12 樋門・樋管点検作業の改善効果の測定結果

(1) 安全性の改善効果

改善項目	暗い			滑り易い			酸欠			管径が小さい			水深がある			堆積土砂		
a 重要度	0.03			0.15			0.4			0.07			0.3			0.05		
問題点の度合い	明るさ(1/klx)			摩擦係数			酸素濃度(%)			管渠寸法(m)			水深(m)			土砂占有率(%)		
	0~30	30~60	60以上	0~0.3	0.3~0.6	0.6以上	19	10~18	0~9	2.0以上	1.0~2.0	1.0未満	1.0以上	0.5~1.0	0.5未満	40~100	20~40	0~20
b 点数	0.6	0.3	0.1	0.7	0.3	0	0	0.3	0.7	0.05	0.25	0.7	0.75	0.2	0.05	0.7	0.25	0.05
c 件数	37	12	0	2	2	56	0	4	0	0	4	31	19	0	0	0	2	5
d 改善指数 =a*b*c	0.666	0.108	0	0.210	0.090	0	0	0.480	0	0	0.070	1.519	4.275	0	0	0	0.025	0.013
	0.774			0.300			0.480			1.589			4.275			0.038		
CCDカメラ	e 改善割合	0.8	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5											
	f (1-e)	0.2	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5											
	g 分担割合	0.8			0.3													
	h (d*f/g)	0.107	0.043	0.000	0.032	0.014	0											
打診音解析装置	e 改善割合																	
	f (1-e)																	
	g 分担割合																	
	h (d*f/g)																	
手押し台車	e 改善割合	0.2	0.2	0.2	0.6	0.3	0.2											
	f (1-e)	0.8	0.8	0.8	0.4	0.7	0.8											
	g 分担割合	0.2			0.7													
	h (d*f/g)	0.107	0.017	0.000	0.059	0.044	0											
改善前の改善指数 d	0.666	0.108	0	0.210	0.090	0	0	0.480	0	0	0.070	1.519	4.275	0	0	0	0.025	0.013
(改善前の改善比率)	0.774(10.4%)			0.300(4.0%)			0.480(6.4%)			1.589(21.3%)			4.275(57.3%)			0.038(0.6%)		
改善後の改善指数 d	0.214	0.060	0	0.091	0.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(改善後の改善比率)	0.274(17.1%)			0.149(6.0%)			0.480(6.4%)			1.589(21.3%)			4.275(57.3%)			0.038(0.6%)		

表-3-3-12 樋門・樋管点検作業の改善効果の測定結果

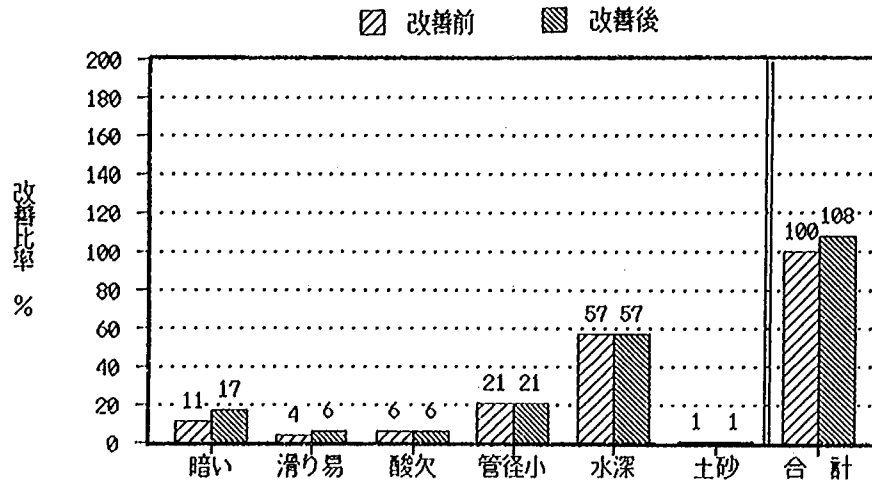
(2) 生産性の改善効果

改善項目		水替え			堆積土砂			船の必要性			周辺の点検			作業時間		
a 重要度		0.3			0.3			0.05			0.05			0.3		
問題点の度合い		水深(m)			土砂占有率(X)			船の使用頻度(X)			点検頻度(X)			1人当たり作業時間(h)		
		1.0以上	0.5~1.0	0.5未満	40~100	20~40	0~20	50~100	20~50	0~20	50以上	20~50	20未満	2以上	1~2	1未満
b 点数		0.7	0.2	0.1	0.7	0.2	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.7	0.2	0.1
c 件数		40	61	110	23	59	125	16	10	182	154	34	21	19	59	94
d 改善指数 =a*b*c		8.400	3.660	3.300	4.830	3.540	3.750	0.480	0.150	0.910	4.620	0.510	0.105	3.390	3.540	2.820
		15.360			12.120			1.540			5.235			10.350		
CCDカメラ	e 改善割合										0.5	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1
	f (1-e)										0.5	0.6	0.8	0.7	0.8	0.9
	g 分担割合										0.2			0.3		
	h (d*f/g)										0.462	0.061	0.017	0.838	0.850	0.761
打診音解析装置	e 改善割合										0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.3
	f (1-e)										0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.7
	g 分担割合										0.6			0.5		
	h (d*f/g)										0.832	0.092	0.032	0.798	0.885	0.987
手押し台車	e 改善割合										0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
	f (1-e)										0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8
	g 分担割合										0.2			0.2		
	h (d*f/g)										0.647	0.071	0.019	0.638	0.568	0.451
改善前の改善指数 d		8.400	3.660	3.300	4.830	3.540	3.750	0.480	0.150	0.910	4.620	0.510	0.105	3.390	3.540	2.820
(改善前の改善比率)		15.360(34.4%)			12.120(27.2%)			1.540(3.5%)			5.235(11.7%)			10.350(23.2%)		
改善後の改善指数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.941	0.224	0.068	2.274	2.301	2.199
(改善後の改善比率)		15.360(34.4%)			12.120(27.2%)			1.540(3.5%)			2.233(18.5%)			6.774(31.2%)		

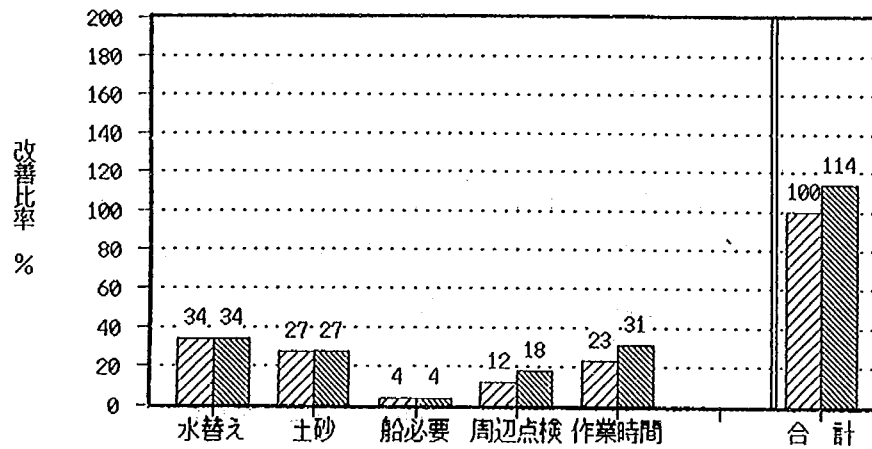
(3) 苦渋性の改善効果

改善項目		圧迫感			低い姿勢			悪臭			管径が小さい			水深がある			堆積土砂		
a 重要度		0.18			0.18			0.18			0.18			0.18			0.1		
問題点の度合い		管渠寸法(m)			管渠寸法(m)			臭気強度			管渠寸法(m)			水深(m)			土砂占有率(X)		
		2.0以上	1.0~2.0	1.0未満	2.0以上	1.0~2.0	1.0未満	4~5	2~3	0~1	2.0以上	1.0~2.0	1.0未満	1.0以上	0.5~1.0	0.5未満	40~100	20~40	0~20
b 点数		0.05	0.25	0.7	0.05	0.25	0.7	0.8	0.15	0.05	0.05	0.25	0.7	0.75	0.2	0.05	0.7	0.25	0.05
c 件数		6	10	4	1	13	5	1	8	8	0	4	31	19	0	0	0	2	5
d 改善指数 =a*b*c		0.054	0.450	0.504	0.009	0.585	0.630	0.144	0.216	0.072	0	0.180	3.906	2.565	0	0	0	0.050	0.025
		1.008			1.224			0.432			4.086			2.565			0.075		
CCDカメラ	e 改善割合				0.1	0.4	0.8												
	f (1-e)				0.9	0.6	0.2												
	g 分担割合				1														
	h (d*f/g)				0.008	0.351	0.125												
打診音解析装置	e 改善割合																		
	f (1-e)																		
	g 分担割合																		
	h (d*f/g)																		
手押し台車	e 改善割合	0	-0.1	0															
	f (1-e)	1	1.1	1															
	g 分担割合	1																	
	h (d*f/g)	0.054	0.495	0.504															
改善前の改善指数 d		0.054	0.450	0.504	0.009	0.585	0.630	0.144	0.216	0.072	0	0.180	3.906	2.565	0	0	0	0.050	0.025
(改善前の改善比率)		1.008(10.7%)			1.224(13.0%)			0.432(4.6%)			4.086(43.5%)			2.565(27.3%)			0.075(0.8%)		
改善後の改善指数		0.054	0.495	0.504	0.008	0.351	0.126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(改善後の改善比率)		1.053(10.2%)			0.485(20.9%)			0.432(4.6%)			4.086(43.5%)			2.565(27.3%)			0.075(0.8%)		

(1) 安全性の改善比率の比較



(2) 生産性の改善比率の比較



(3) 苦渋性の改善比率の比較

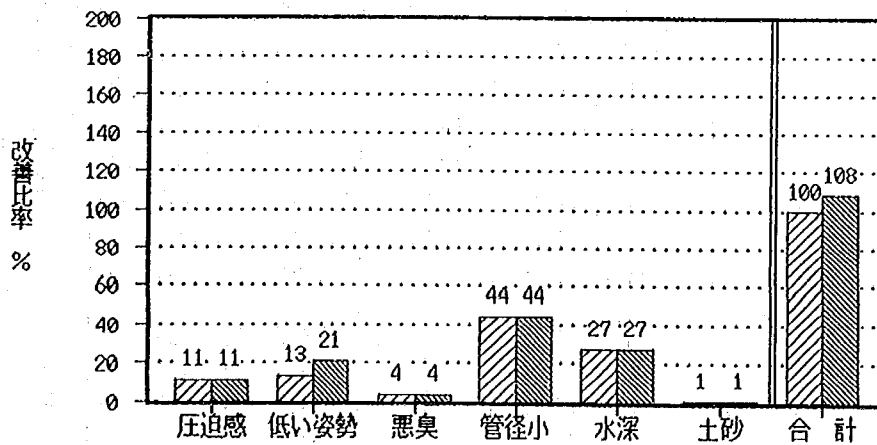


図-3-3-17 樋門・樋管点検作業の改善比率の比較

(2) 堤 防

堤防点検作業のシミュレーションは、点検機器に熱赤外線映像システム、電磁波地中レーダ、ラジコンヘリ、履帯式走行装置を用いた場合の改善効果を推定したものである。

導入機器による改善割合設定にあたっての考え方は次のとおりである。

1) 安全性

- ・ 前提条件により、改善項目の「植生が繁茂している」、「水際である」は評価に加えない。
- ・ 改善項目「交通量が多い」、「天端が狭い」については、概査を行うに際して交通との干渉があるかどうかという基準で考える。したがって、ラジコンヘリ・熱赤外線映像システムの導入による改善効果が大いに期待できる。
- ・ 「法面が急勾配」については、「概査」、「精査」とともに徒歩主体の点検から解放された方法となるので、安全性の向上が期待できる。

2) 生産性

- ・ 前提条件より「船の必要性」は評価に加えない。
- ・ 「概査」は無線操縦により、「精査」は履带式走行装置により行うため作業性は大幅に改善される。

3) 苦渋性

- ・ 前提条件より、「植生が繁茂している」は評価に加えない。
- ・ 苦渋性についても生産性とほぼ同じ評価となる。

近未来のコンセプトに基づき堤防点検作業に熱赤外線映像システム、電磁波地中レーダ、ラジコンヘリ、有人の履带式走行装置を導入した場合の改善効果の測定結果を表-3-3-13 (1)~(3)に示す。また、これらの点検機器導入前後の改善比率の比較を図-3-3-18 (1)~(3)に示す。

表-3-3-13 堤防点検作業の改善効果の測定結果

(1) 安全性の改善効果

改善項目	交通量が多い			植生が繁茂している			法面が急勾配			天端が狭い			水際である			
a 重要度	0.1			0.2			0.3			0.1			0.3			
問題点の度合い	1日の交通量(台)			植生の高さ(m)			法勾配			天端幅(m)			水深(m)			
	8千以上	千~8千	千未満	1.0以上	0.5~1.0	0.5未満	1:2.0<	1:1~2	1:1.0>	7以上	5~7	5未満	2.0以上	1~2	1未満	
b 点数	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.5	0.6	0.3	0.1	
c 件数	72	139	14	0	101	0	5	130	25	76	105	54	13	45	10	
d 改善指数	4.320	4.170	0.140	0	6.060	0	0.300	11.700	3.750	1.520	3.160	2.700	2.340	4.050	0.300	
=a×b×c	8.630			6.060			15.750			7.370			8.690			
熱赤外線映像システム	e 改善割合	0.8	0.7	0.6			0.3	0.3	0.2	0.8	0.8	0.9				
	f (1-e)	0.2	0.3	0.4			0.7	0.7	0.8	0.2	0.2	0.1				
	g 分担割合	0.5						0.2			0.5					
	h (d×f×g)	0.432	0.626	0.028			0.042	1.638	0.600	0.162	0.315	0.135				
電磁波地中レーダ	e 改善割合						0.7	0.5	0.2							
	f (1-e)						0.3	0.5	0.8							
	g 分担割合						0.2									
	h (d×f×g)						0.018	1.170	0.600							
ラジコンヘリ	e 改善割合	0.8	0.7	0.6			0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9				
	f (1-e)	0.2	0.3	0.4			0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1				
	g 分担割合	0.5					0.3			0.5						
	h (d×f×g)	0.432	0.626	0.028			0.036	1.053	0.225	0.162	0.315	0.135				
履带式走行装置	e 改善割合						0.8	0.7	0.5							
	f (1-e)						0.2	0.3	0.5							
	g 分担割合						0.3									
	h (d×f×g)						0.018	1.053	0.663							
改善前の改善指数 d	4.320	4.170	0.140	0	6.060	0	0.300	11.700	3.750	1.520	3.160	2.700	2.340	4.050	0.300	
(改善前の改善比率)	8.630(18.4%)			6.060(13.6%)			15.750(35.4%)			7.370(16.6%)			8.690(16.0%)			
改善後の改善指数	0.864	1.252	0.056	0	0	0	0.114	4.914	1.888	0.304	0.63	0.27	0	0	0	
(改善後の改善比率)	2.172(33.8%)			6.060(13.6%)			7.018(55.0%)			1.204(30.4%)			8.690(15.0%)			

表-3-3-13 堤防点検作業の改善効果の測定結果

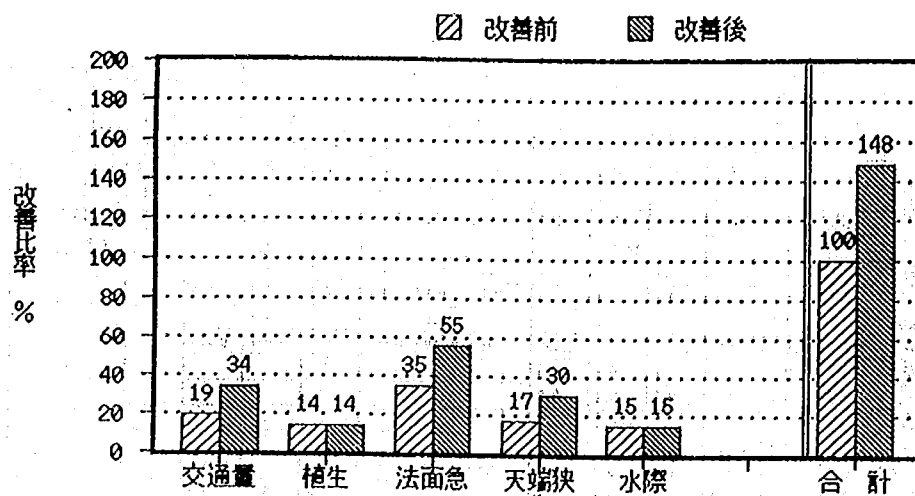
(2) 生産性の改善効果

改善項目	作業時間			作業量			交通量が多い			天候の悪化状況			船の必要性			徒歩主体			
a 重要度	0.25			0.25			0.05			0.05			0.1			0.3			
問題点の度合い	1日当り作業時間(h)			1日当り作業量(kg)			1日の交通量(台)			傾斜率(%)			船の使用頻度(%)			徒歩での作業量(kg)			
	7以上	3~6	3未満	20以上	10~20	10未満	8千以上	千~8千	千未満	70以上	40~70	40未満	50~100	20~50	0~20	10以上	5~10	5未満	
b 点数	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.8	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	
c 件数	121	54	8	33	57	98	72	139	14	74	41	105	10	27	189	14	82	101	
d 改善指数 =a×b×c	15.125	4.050	0.300	4.125	4.275	4.900	2.160	2.085	0.070	0.740	0.615	2.630	0.600	0.810	1.890	2.520	5.580	3.030	
	13.475			13.300			4.315			3.985			3.300			11.130			
熱赤外線映像システム	e 改善割合	0.7	0.8	0.5	0.7	0.6	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7							
	f (1-e)	0.3	0.2	0.5	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3							
	g 分担割合	0.3			0.3			0.5			0.5								
	h (d×f×g)	1.391	0.488	0.045	0.371	0.613	0.735	0.216	0.208	0.007	0.074	0.061	0.395						
電磁波地中レーダ	e 改善割合	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5												
	f (1-e)	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5												
	g 分担割合	0.2			0.2														
	h (d×f×g)	0.908	0.324	0.030	0.248	0.342	0.490												
ラジコンヘリ	e 改善割合	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7				0.5	0.6	0.7	
	f (1-e)	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3				0.5	0.4	0.3	
	g 分担割合	0.3			0.3			0.5			0.5						0.6		
	h (d×f×g)	0.907	0.365	0.036	0.371	0.513	0.735	0.216	0.208	0.007	0.074	0.061	0.395			0.756	1.339	0.545	
順形式走行装置	e 改善割合	0.8	0.5	0.4	0.8	0.5	0.4									0.3	0.4	0.5	
	f (1-e)	0.2	0.5	0.6	0.2	0.5	0.6									0.7	0.6	0.5	
	g 分担割合	0.2			0.2												0.4		
	h (d×f×g)	1.210	0.405	0.036	0.330	0.428	0.588									0.706	1.339	0.605	
改善前の改善指数	d	15.125	4.050	0.300	4.125	4.275	4.900	2.160	2.085	0.070	0.740	0.615	2.630	0.600	0.810	1.890	2.520	5.580	3.030
(改善前の改善比率)		19.475(35.1%)			13.300(24.0%)			4.315(7.8%)			3.985(7.2%)			3.300(6.0%)			11.130(20.1%)		
改善後の改善指数		4.386	1.580	0.147	1.320	1.798	2.548	0.432	0.416	0.014	0.148	0.122	0.790	0	0	0	1.462	2.678	1.151
(改善後の改善比率)		6.113(59.2%)			5.684(37.7%)			0.652(14.0%)			1.080(12.5%)			3.300(6.0%)			5.291(30.6%)		

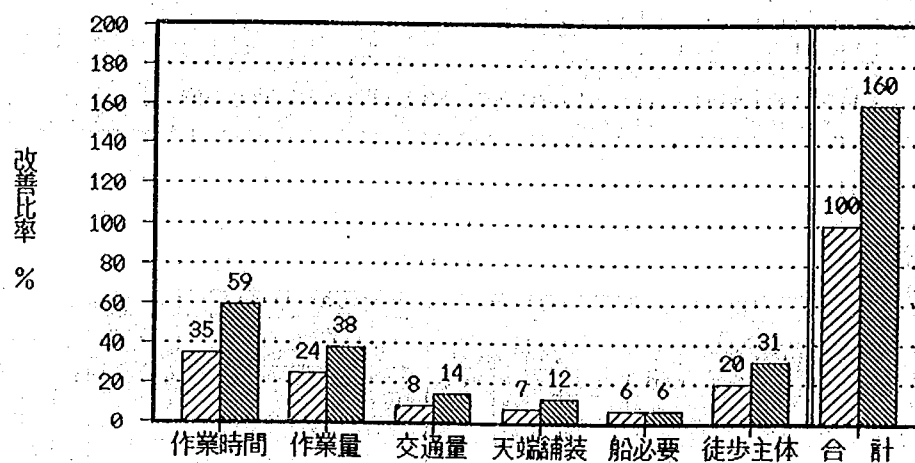
(3) 苦渋性の改善効果

改善項目	作業時間			点検距離が長い			法の昇り降りが多い			点検用具の携行			植生が繁茂している			
a 重要度	0.1			0.2			0.35			0.1			0.25			
問題点の度合い	1日当り作業時間(h)			1日当り作業量(kg)			堤防断面長さ(m)			用具の重さ(kg)			植生の高さ(m)			
	7以上	3~6	3未満	20以上	10~20	10未満	40以上	20~40	20未満	10以上	3~10	3未満	1.0以上	0.5~1.0	0.5未満	
b 点数	0.6	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	
c 件数	121	54	8	33	57	98	63	86	44	0	0	57	0	101	0	
d 改善指数	6.050	1.620	0.120	3.300	3.420	3.920	13.230	9.030	1.540	0	0	0.570	0	7.575	0	
=a×b×c	7.790			10.640			23.800			0.570			7.575			
熱赤外線映像システム	e 改善割合	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5			
	f (1-e)	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5			
	g 分担割合	0.3			0.3			0.3			0.3					
	h (d×f×g)	0.545	0.194	0.018	0.297	0.410	0.588	1.191	1.084	0.231	0.000	0.000	0.088			
電磁波地中レーダ	e 改善割合	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5			
	f (1-e)	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5			
	g 分担割合	0.2			0.2			0.1			0.2					
	h (d×f×g)	0.363	0.130	0.012	0.198	0.274	0.392	0.397	0.361	0.077	0.000	0.000	0.057			
ラジコンヘリ	e 改善割合	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5			
	f (1-e)	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5			
	g 分担割合	0.3			0.3			0.3			0.3					
	h (d×f×g)	0.363	0.146	0.014	0.297	0.410	0.588	1.191	1.084	0.231	0.000	0.000	0.088			
順形式走行装置	e 改善割合	0.8	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5			
	f (1-e)	0.2	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5			
	g 分担割合	0.2			0.2			0.3			0.2					
	h (d×f×g)	0.484	0.182	0.014	0.284	0.342	0.470	0.784	0.813	0.185	0.000	0.000	0.057			
改善前の改善指数	d	6.050	1.620	0.120	3.300	3.420	3.920	13.230	9.030	1.540	0	0	0.570	0	7.575	0
改善前の改善比率		7.790(15.5%)			10.640(21.1%)			23.800(47.3%)			0.570(1.1%)			7.575(15.0%)		
改善後の改善指数		1.765	0.632	0.058	1.056	1.436	2.038	3.573	3.342	0.724	0	0	0.288	0	0	0
改善後の改善比率		2.445(28.1%)			4.530(33.3%)			7.639(79.3%)			0.288(1.7%)			7.575(16.0%)		

(1) 安全性の改善比率の比較



(2) 生産性の改善比率の比較



(3) 苦渋性の改善比率の比較

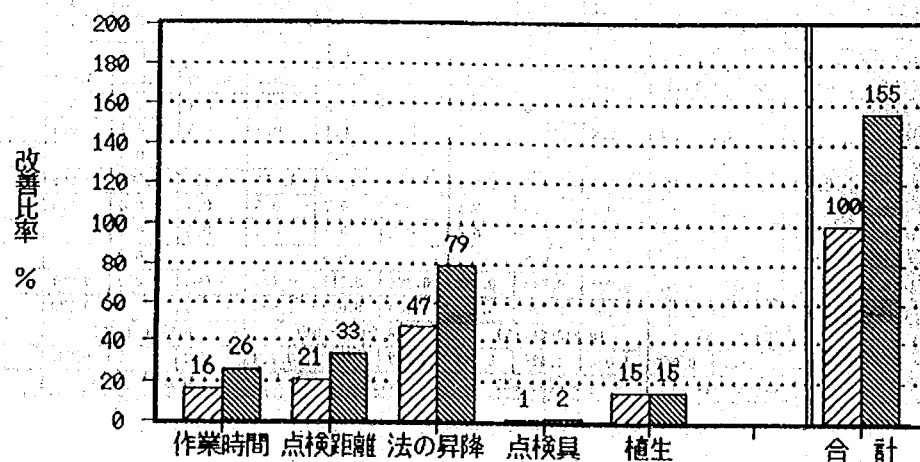


図-3-3-18 堤防点検作業の改善比率の比較

以上のことから、開発機器を導入した堤防点検では、従来の点検方式に比べて「安全性」が148%、「生産性」が160%、「苦渋性」が155%と、いずれの項目に対しても大きな改善効果が期待できることが分かる。特に、熱赤外線映像システムを搭載したラジコンヘリは、堤防上の交通には全く無関係に点検できるため、生産性の改善効果が大い。

3.3.11.2 改善上の問題点

(1) 樋門・樋管

近未来のコンセプトに示した点検システムは、既存技術の応用から機器の持ち運び、水が無いこと等の前提条件があり、問題点の大幅な改善にはつながらない。したがって、できるだけ早期に、遠未来のコンセプトのように、樋門・樋管に人が入らずに点検機器を自動的に運行するシステムの実現に向けての技術開発を推進する必要がある。

(2) 堤 防

堤防点検においては、最も苦渋性の高い「法の昇り降りが多い」と「点検距離が長い」を解消するための走行車の開発、および点検機器を自動的に運行するシステムの技術開発を推進する必要がある。

3.3.12 実用化・運用体制の提案

3.3.12.1 実用化の提案

(1) 樋門・樋管

近未来のコンセプトに基づく点検作業は、樋門・樋管内に作業員が入るため自動化には至らないが、打診音解析器を用いることにより、従来不可能であった空洞探査がある程度可能になる。また、樋門・樋管内部の変状箇所をVTRに記録することにより、問題箇所を多くの技術者に検討依頼することもできる。したがって、これらの技術は点検作業の質の向上に寄与するものと考えられるので、実用化を提案する。

(2) 堤 防

近未来のコンセプトで示したような、熱赤外線撮像カメラを用いて高空から堤防を撮影し、画面上の温度分布から異常箇所を推定する手法は、建設省において既に試みられているものである。ただ、熱赤外線撮像カメラの運行に通常のヘリコプターを用いているため、このままでは点検に要する経費が高額となり、頻繁に点検を計画することには無理がある。そこで、ラジコンヘリを利用して比較的容易に広範囲を点検することを提案する。また、カメラは、熱赤外線画像と同時に可視画像も撮影できるものが開発されているので、このような考え方を援用することにより異常箇所の特定はさらに容易になるものと考えられる。

3.3.12.2 運用体制の提案

運用体制については次のように提案する。

(1) 樋門・樋管の点検機器

- 1) 実施工に関する運用について検討する。
- 2) 保有方法について検討する。（官側が保有し、改善を推進し、地方自治体にもPRする。）
- 3) 機器の配置計画について検討する。
- 4) メンテナンスの方法について定める。

5) 調査方法についてマニュアルを作成する。

6) データベース化を図る。

(2) 堤防の点検機器

1) 実施工に関する運用について検討する。

2) 官側が保有し改善を推進する。(近未来、遠未来について各々検討する。)

3) 機器の配置計画について検討する。

4) メンテナンスの方法について定める。

5) 調査方法についてマニュアルを作成する。(運営要領)

6) 堤防走行車両及びラジコンヘリの運行管理について定める。

7) データベース化を図る。

3.3.13 まとめ

河川管理施設の点検作業の合理化、効率化について、平成2年度から平成4年度までの3年間で研究を実施した。

平成2年度の研究では、河川管理者を対象に点検作業の頻度、方法、作業時の環境条件等の実態に関する調査を行い問題点を整理し、点検作業の自動化への要望についても意見を聴取して開発目標の方向性について検討した。その結果、樋門・樋管については安全性の向上及び樋門・樋管背面の空洞探査装置の必要性を、堤防については苦渋性の解消及び亀裂等の変状発見に有効な機器の開発が求められていることを把握した。

平成3年度の研究では、樋門・樋管、堤防の点検作業条件をさらに詳細に調査し、問題点を「安全性」、「生産性」、「苦渋性」の3つに区分して問題点の重要度等を勘案した重み付けを行うことにより定量的な評価を行った。その結果、樋門・樋管の点検作業では、安全性について「水深がある」、生産性について「水替え」、苦渋性について「管径が小さい」が、また、堤防の点検作業では、安全性について「法面が急勾配」、生産性について「作業時間」、苦渋性について「法の昇り降りが多い」が改善すべき内容として最も重要であることを把握した。さらに、これらの問題点を解決するために必要な、合理化のための条件整理を行って開発のコンセプトを設定した。

平成4年度は、開発イメージをより明確にし、樋門・樋管点検について図-3-3-13に、堤防点検について図-3-3-14に示すような実用化の提案を行った。また、これらの開発機器を導入した場合の改善効果をシミュレーションにより検討した。その結果は次のとおりであった。

樋門・樋管の点検は、新技術の導入により従来不可能であった空洞点検の可能性が示されたものの、全体としての改善効果は僅かであった。さらに改善効果を高めるためには樋門等内部に作業員が入ることなく、点検機器を自動的に運行するシステムの開発が必要であることが明かとなった。また、堤防点検については、「安全性」、「生産性」、「苦渋性」の何れの面からも高い改善効果が期待できることが分かった。

ここで示した開発イメージは、部分的には今後の技術開発を待つ必要があるが、昨今の新材料、電子機器類等の加速度的な進歩を考慮すれば実用化が可能と考えられる。

3.4 維持作業

3.4.1 維持作業の概要

(1) 除草

堤防法面、河川敷の除草で、その集草、焼却までを含んだ一連の作業となっている。法面除草は、1 : 1.8以上の勾配の法面及び平地では大型自走式の機械が使われる。大型自走式が使えなくまた、1 : 1.9以上の勾配の法面ではハンドガイド式が使用される。また、構造物付近等自走式、ハンドガイド式が使用できないところでは肩掛式を用いるか、人力で施工される。

刈った草は、法面上に集められ、その場で焼却するか、他の安全な場所に運搬して焼却される。

(2) 堤防天端補修

堤防天端または小段にある未舗装管理用道路の凹凸、不陸整正の作業で、最初にモータグレーダ（3.1 m級）により路端及び中央部に片寄った碎石土を低部、凹部に集土する。なお不足の場合は補修材をモータグレーダで敷き込む。その後、平坦性を出すためタイヤローラ（8 ～20 t級）で締め固めるものである。

(3) 堆積土砂除去

樋門、樋管の出入口、排水機場沈砂池などに堆積した土砂を除去するものである。

この作業は現在まだ確立された機械工法もないことからケースバイケースで行われている。

(4) 伐木除根

河川敷中洲に繁茂する樹の伐木、除根及び整地作業である。

作業は下草刈から始まり、伐木はチェーンソーなどを用いて行い、平地における除根及び整地はブルドーザ（15 t級）を用いて行われる。

除去された樹木、根は安全な近くの場所に運んで焼却する。

(5) グラウト

河川構造物周辺に生じている空洞にセメントベントナイトを注入するもので、上面側面の空洞には堤体上から注入ロッドを介して注入し（ロッド工法）、底面下の空洞には構造内面低部から注入する（パッカ工法）作業である。

注入に必要な孔をあけるためのボーリングマシンによる孔あけ作業、グラウトポンプによるベントナイト注入作業が行われる。

表-3-4-1は、各種作業の各地建における年間の工事状況を示したものである。

表-3-4-1 各種作業の年間工事状況

	工種区分	全国合計	比率(%)
年間工事 件数 (件)	除 草	3 2 3	3 7 . 1
	補 修	3 9 7	4 5 . 6
	伐木除根	1 1 1	1 2 . 8
	土砂除去	3 2	3 . 7
	グラウト	7	0 . 8
	計	8 7 0	1 0 0
年間工事 契約額 (億円)	除 草	8 2	4 4 . 9
	補 修	8 6	4 7 . 2
	伐木除根	9	4 . 7
	土砂除去	3	1 . 5
	グラウト	3	1 . 6
	計	1 8 3	1 0 0

上表の年間工事状況を図示化して、図-3-4-1に示す。

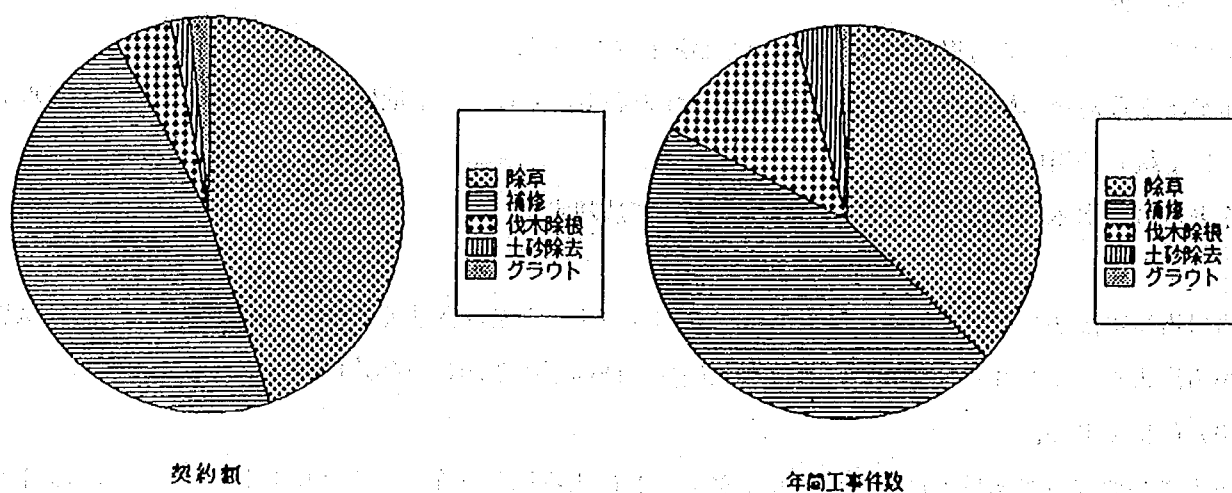


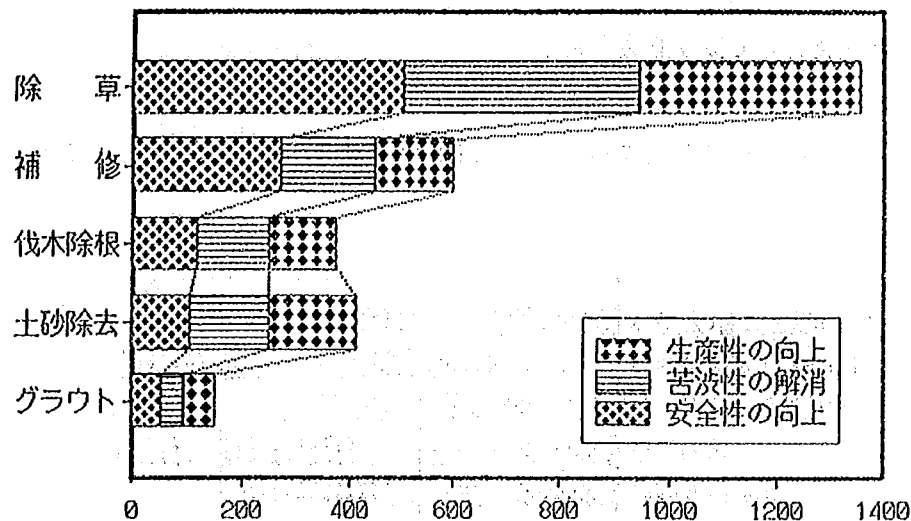
図-3-4-1 年間工事契約額と年間工事件数

河川維持作業は、表-3-4-1及び図-3-4-1から件数では、補修、除草、伐木除根の順に多く、土砂除去、グラウトは、少ない工種である。

また、契約額では補修、除草が多くこの2工種で全体の90%強を占めており、他の伐木除根、土砂除去、グラウトは少ない。

3.4.2 問題点の抽出

図-3-4-2に、現在の維持作業で改善（作業方法、使用機械）を、要望している度合とその内容を示したものである。



(注) 図の度数は、各工種の各工程毎に要望の示されたものを合計した数値である。

図-3-4-2 工種別改善項目

図-3-4-2から解することは、どの工種も現在の工法で満足しているものではなく、何らかの改善を要望していることである。

その順位は除草、補修、土砂除去の順となっており、その中でも早くから機械化施工の定着したと思われる除草については、その改善項目が多く、安全性に不安をもち、作業がきつく能率も低いことを示している。

アンケートで寄せられている主な問題点をいくつかあげると次のとおりである。

(1) 除草

- ① 肩掛式の長時間作業はきつい。
- ② 集草は人力作業できつく、機械化を望みたい。
- ③ 焼却の時、煙がでて近隣から苦情がでる。
- ④ 集草焼却の機械化が望まれる。
- ⑤ 法面の傾斜がきつくて可能な自走式が望まれる。
- ⑥ 焼却の際、火災を起こす危険性がある。
- ⑦ 炎天下での草刈作業はきつい。

(2) 補修

- ① 堤防天端は狭く、グレーダの方向転換ができなく、バックするケースが多く運転に気を使うし、効率が悪い。
- ② 天端が狭く作業の安全と他の車両等の安全に気を使う。

(3) 土砂除去

- ① 地形的に機械の搬入ができないところが多い。
- ② ヘドロの中で人力作業をすることが多い。

③ 堆積土の中には危険物があって危険。

④ 捨て土は産廃物として扱う必要がある。

なお、他の工種には特段の意見はなかった。

図-3-4-3は、図-3-4-2における改善要望を、更に工程別に細分化して示したものである。

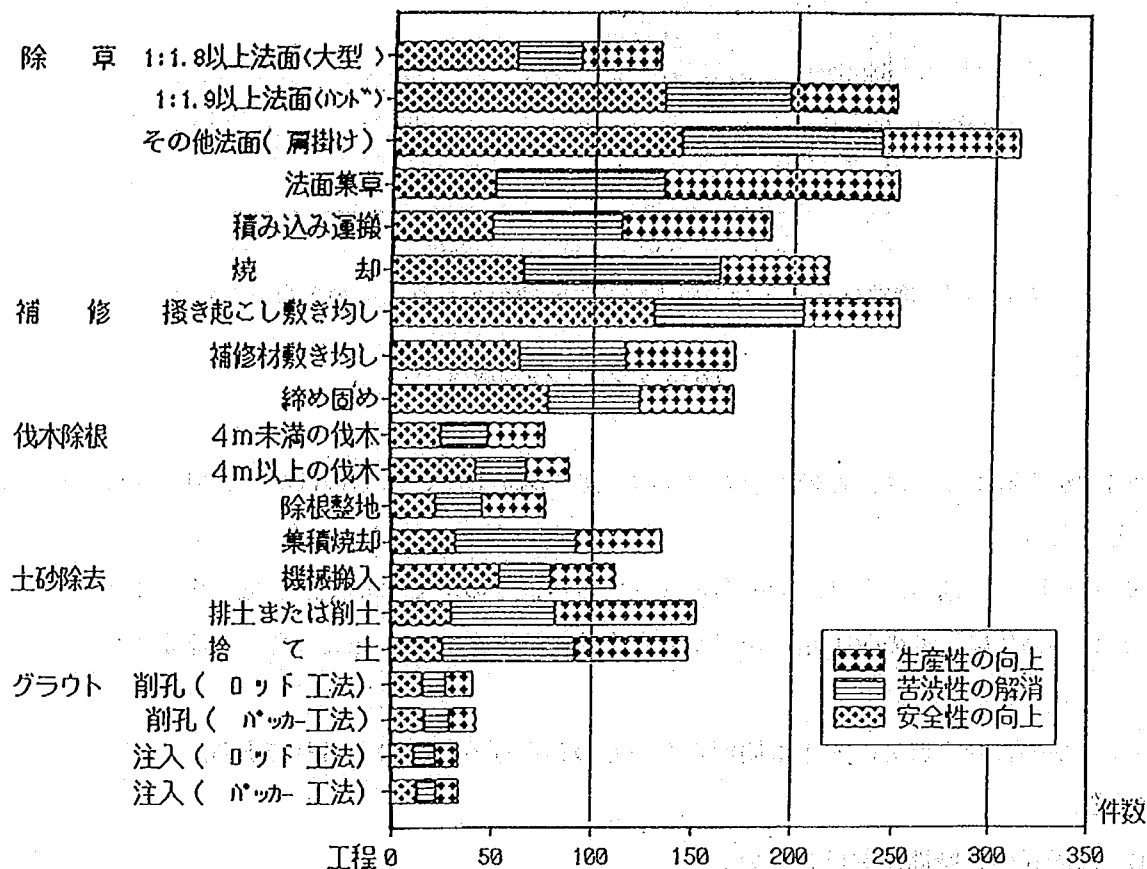


図-3-4-3 工程別改善要望

図-3-4-3では、各工種のどの工程に改善を希望しているかを表しているものである。

ここでも要望上位順位は除草、補修、土砂除去となっており、いずれの工程にも高い要望を示している。

続いて伐木除根、グラウトとなるが、工事件数も少ないこともあって改善要望件数は少ない。伐木除根では、集積焼却に改善要望が高く示され、グラウトでは、どの工程も平均化しており件数も少ないが、注入管挿入のための削孔に改善要望が高い。

また、その内容別にみると、全体的には安全性、苦労性、生産性ともほぼ同じ程度といえるが、安全性の向上については除草の1:1.9以上の法面(ハンドガイド式)、その他法面(肩掛式)、補修の掻き起こし敷き均しが特に要望が高い。

表-3-4-2に、改善が必要となる原因・背景を数字で示す。

表-3-4-2 改善の原因、背景

工 種	原因、背景 工 程	安 全 性		苦 労 性			生 産 性		そ の 他
		危 険 な 環 境	事 故 ・ 災 害 が す い	疲 労 が 多 い	粉 塵 ・ 排 気	ガ ス な ど 衛 生 上 の 問 題 あ り	作 業 に 時 間 が か か る	夜 間 作 業 が と も な う	
除 草	1:1.8以上法面 (大型自走式)	2 4	3 0	1 7	1 6		5	0	8
	1:1.9以上法面 (ハット'ガ'付'式)	5 7	5 8	7 6	3 5		1 4	0	4
	そ の 他 法 面 (肩掛式)	8 2	8 5	1 6 6	3 3		7 0	0	7
	法 面 集 草	1 1	1 1	8 2	2 0		1 1 7	1	1
	積み込み運搬	2 2	2 1	5 5	1 9		6 5	1	0
	焼 却	4 4	6 6	2 3	8 9		4 6	1	1 0
補 修	かき起し敷均し (モ-タ'レ-ダ')	1 6	1 1	1 2	2 9		2 2	1	0
	補修材敷均し (モ-タ'レ-ダ')	1 1	1 1	9	1 5		2 0	1	0
	締 固 め (タイヤローラ)	1 5	2 1	2	5		7	3	0
伐 木 除 根	4 m未満の伐木	1 0	4	2 2	4		1 0	0	3
	4 m以上の伐木	5 1	3 1	4 1	5		2 1	0	3
	除 根 ・ 整 地	3	2	1 3	1		4 3	0	1
	集 積 ・ 焼 却	1 1	1 4	3 4	3 8		5 8	4	1
堆 積 土 砂 除 去	機 械 搬 入	1 8	2 2	3	8		2 2	1	0
	排土または削土	1 7	1 6	3 6	1 7		4 2	3	0
	捨 土	5	6	1 7	8		9	2	6
グ ラ ウ ト	削 孔 (ロッド工法)	6	5	4	1 0		7	4	0
	削 孔 (パッカ工法)	5	3	4	7		6	4	0
	注 入 (ロッド工法)	8	2	2	5		8	5	0
	注 入 (パッカ工法)	2	0	2	5		7	5	0

表-3-4-2は、図-3-4-3に示す工程別改善要望に、更に、その原因・背景を示したものである。

例えば、除草について図-3-4-3では、その他の法面（肩掛式）の改善要望が最も多いが、表-3-4-3でその原因・背景を見ると“疲労が多い”、“事故災害が発生しやすい”、“危険な環境”、“作業に時間がかかる”などがあげられている。

また、除草の各工程は“疲労が多い”作業であることも示している。

他の工種の工程についても同じ見方をし、■印を付けたものがその工程における原因・背景の多いものを示している。

図-3-4-4に、作業に使用する施工機械の自動化、高速化、及び新規開発の必要性について示している。

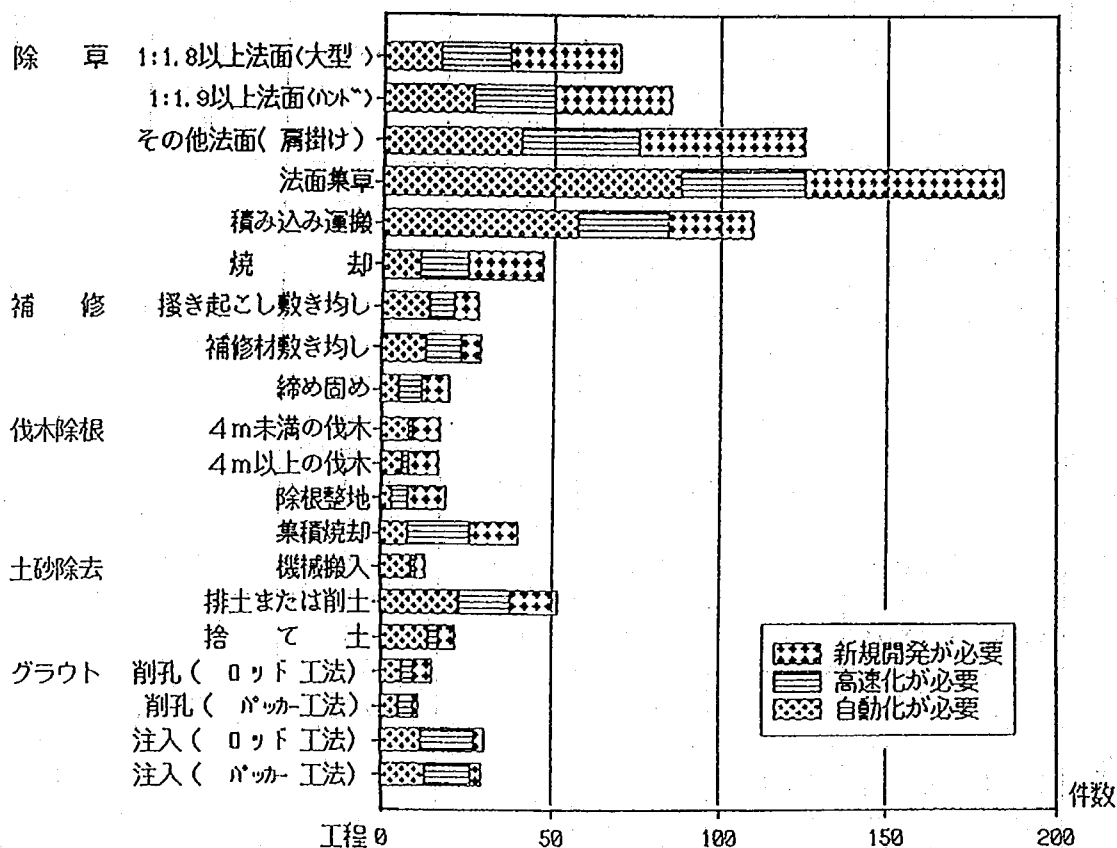


図-3-4-4 工程別改善必要度

図-3-4-4は、現在使用している機械の自動化、高速化と新しい構想に基づいた新規機械の開発の要望の割合を示したものである。

図-3-4-4から解ることは、除草が他の工種に比べて非常に要望が高くまた、いずれの工程についても高い要望が出されていることである。

3.4.3 開発目標の方向性

現在行われている河川維持作業の各地建の年間工事状況は、表-3-4-1に示すとおりであるが、それらを

工事件数の多い順及び、契約額の多い順に並べると表-3-4-3及び、表-3-4-4のとおりである。

表-3-4-3 年間工事件数順位

順 位	1. 補 修	2. 除 草	3. 伐木除根	4. 土砂除去	5. グラウト
件 数	3 9 7	3 2 3	1 1 1	3 2	7

表-3-4-4 年間契約額順位

順 位	1. 補 修	2. 除 草	3. 伐木除根	4. グラウト	5. 土砂除去
契約額 (億円)	8 6	8 2	9	3	3

また、現在行われている河川維持作業については、どの工種とも作業方法、使用機械を含めて改善余地ありとしているがその順位は次のとおりである。(図-3-4-2より)

表-3-4-5 改善要望順位

順 位	1. 除 草	2. 補 修	3. 土砂除去	4. 伐木除根	5. グラウト
件 数	1 3 5 0	6 0 0	4 0 0	3 8 0	1 5 0

これら表-3-4-3、表-3-4-4、表-3-4-5を総合すると改善を検討してゆくうえで、どの工種から着手したらよいかをその作業の重要度から判断することができる。



写真-3-4-1 ハンドガイド式草刈機



写真-3-4-2 肩掛式草刈機

次に、各工種の各工程に焦点を当てた場合、どの工程に改善要望が多く出されているかを見ると、次のとおりである。(図-3-4-3より)

表-3-4-6 工種工程別改善順位

工程順位 工種	除 草 (件数)	補 修 (件数)	土砂除去 (件数)	伐木除根 (件数)	グラウト (件数)
1	その他法面 (肩掛式) (315)	かき起し敷均し (254)	排土または 削土 (152)	集積・焼却 (135)	削 孔 (ハッパ-工法) (42)
2	1:1.9以上法面 (ハット工式) (251)	補修材敷均し (172)	捨 土 (148)	4m以上の伐木 (88)	削 孔 (ハット工法) (40)
3	法面集草 (253)	締 固 め (171)	機械搬入 (113)	4m未満の伐木 (76)	注 入 (ハット工法) (33)
4	焼 却 (219)			除根・整地 (76)	注 入 (ハッパ-工法) (33)
5	積み込み運搬 (190)				
6	1:1.8以上法面 (大型自走式) (133)				

即ち、除草については“その他法面（肩掛式）”について、補修については“かき起し敷均し（モータグレーダ）”、土砂除去では“排土または削土”、伐木除根では“集積・焼却”、グラウトでは“削孔”と言うように、それらの工程に最も改善要望が高いことを示している。

そして、それらの改善を検討するうえで参考となるのが、表-3-4-2の改善が必要となる原因・背景である。

改善重要度の最も大きい除草についてみれば、順位1の工程“その他法面（肩掛式）”では表を横にみて疲労が多い（苦渋性）、危険な環境、事故災害が発生しやすい（安全性）、作業に時間がかかる（生産性）が特に指摘されている。また、焼却では、事故、災害が発生しやすい（安全性）、粉塵、排気ガスなど衛生上の問題有り（苦渋性）が高く指摘されている。

また、表を縦にみると、除草の各工程とも疲労が多い（苦渋性）、作業に時間がかかる（生産性）、事故災害が発生しやすい（安全性）と指摘されており、除草は全体的にきつい作業で、危険性もあり、能率が悪いという評価となろう。

次に改善重要度の高い補修についてみれば、“かき起し敷均し”の工程で粉塵による問題があり、また作業に時間がかかるなどである。

つぎに、使用機械に焦点を当てた、図-3-4-4を見ると顕著に除草の機械の改善・開発の要望が高い。その中でも、法面の集草が最も高い。現在の土木工事標準歩掛でも、除草における集草は人力を標準にしている。また、その他法面（肩掛式）作業にも自動化、新規開発の要望が高いことを示している。同じように除草の各工程は自動化、高速化及び新規開発を強く要望している。

以上を総合して、開発目標の方向性を示すと、河川維持作業では事業量が大きく、また、改善・開発要望も高い除草、補修に焦点を当てるべきものと考え。そして、そのなかでもなお、一つに選択すれば除草作業であると考え。堤防は広大な面積をもち洪水に耐える堤防にするにも、除草は重要な作業であり、なお、最近の作業不足を考慮した場合、改善を行う必要性は極めて高いといえる。

この場合、一つの工程のみの改善・開発をするのではなく、各工程毎に検討を加えてまたそれらを総合して作業全体で、安全性・生産性を高め、かつ苦労性から開放した作業方法及び使用機械の改善開発を図るべきものと考え。

3.4.4 作業の詳細調査

(1) 除草

調査結果図-3-4-2によれば、維持作業のうち年間工事件数、契約額が多くかつ、改善要望度の高い除草作業に焦点をあてるものとした。

除草作業における問題としては、各工程とも、疲労が多い（苦労性）、作業に時間がかかる（生産性）、事故災害が発生しやすい（安全性）と指摘されている。

除草作業工程での改善要望度の大きいものを、拾い出すと図-3-4-5より、その他法面（肩掛式）、1:1.9以上法面（ハンドガイド）、法面集草に要望が多かった。

また、使用機械に焦点をあ

てた各工程での機械の改善開発要望では、図-3-4-6より法面集草が多かった。図-3-4-9に除草作業における一般的作業の工程を示す。

そこで除草作業における、工程のどこに施工改善の的をあてるべきか調査した。図-3-4-7、図-3-4-8にそれぞれ示す。

この結果を見ると、除草では機械が使用され、集草・運搬では人力によるためと考えられる。

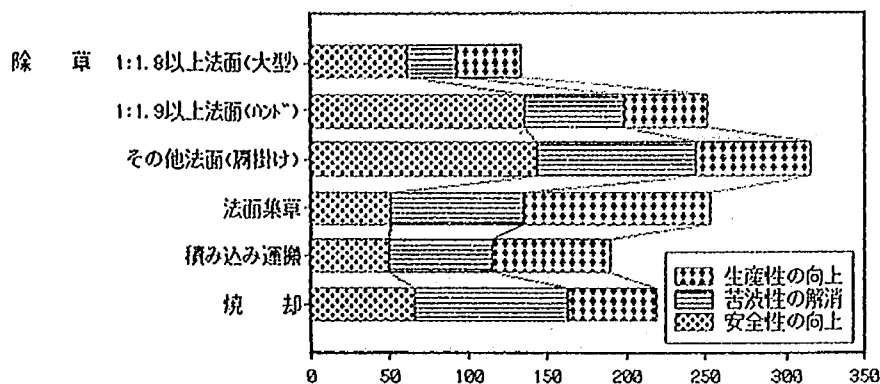


図-3-4-5 工程別改善要望（件）

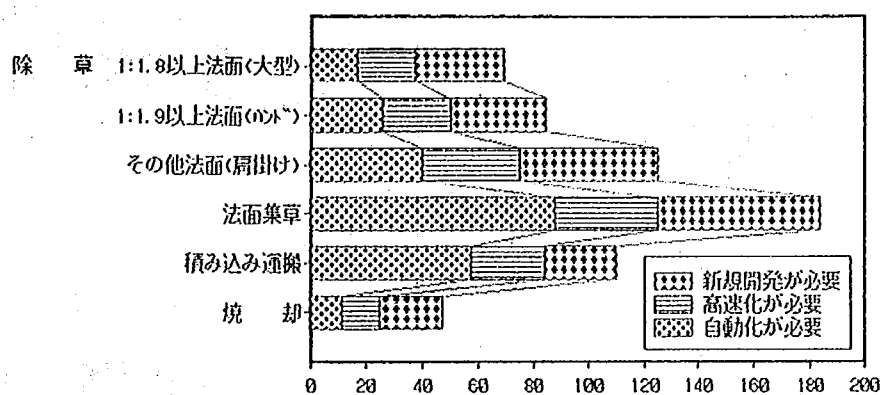


図-3-4-6 工程別改善必要度（件）

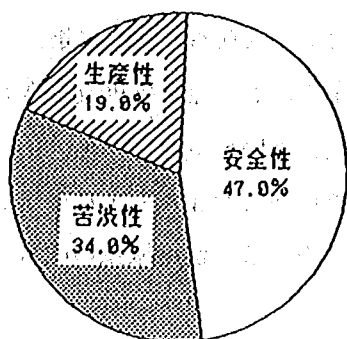


図-3-4-7 安全性、苦渋性、生産性の割合

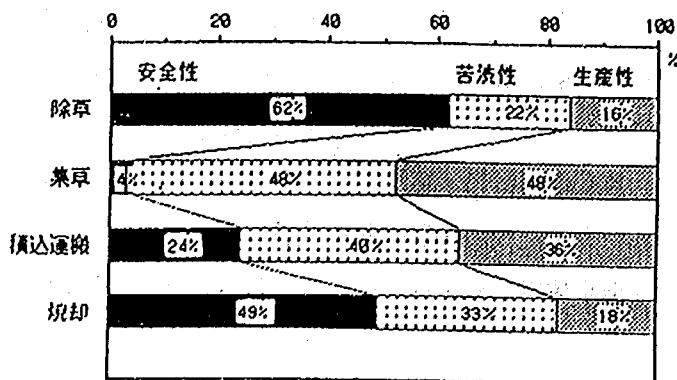


図-3-4-8 工程別の割合

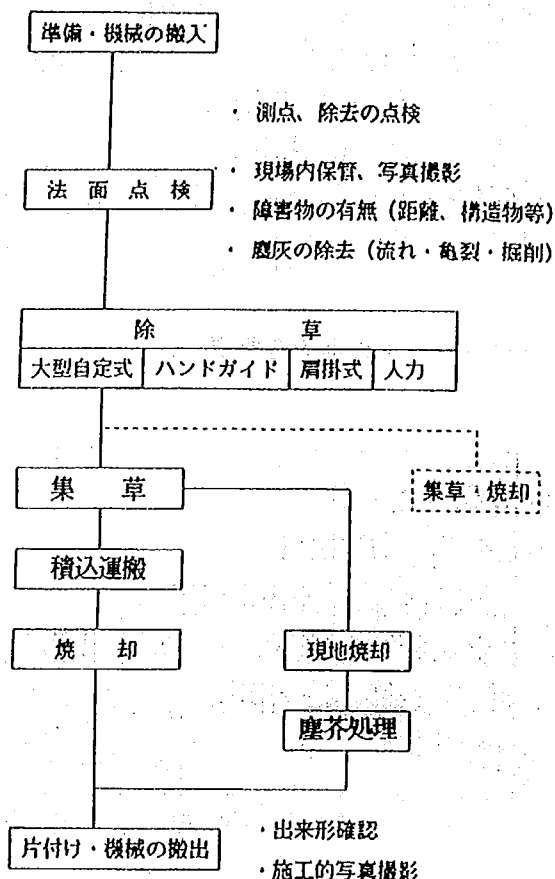


図-3-4-9 除草作業の一般的工程



写真-3-4-3 集草風景

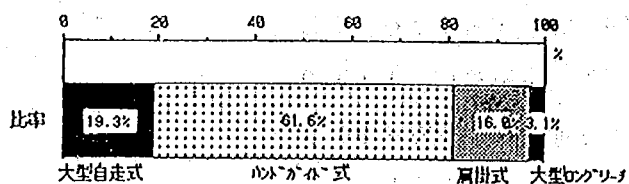


図-3-4-10 施工法別対象面積の割合

(2) 各工程の状況

1) 除草作業

全国で実施されている除草対象面積は約2億1400万㎡であり、これらを条件により1回刈～5回刈（平均2回）を大型自走式、ハンドガイド式、肩掛式等で実施している。

なお、除草作業における作業機種別施工状況を全国16事務所を代表として抽出した結果まとめると図-3-4-10のとおりである。

2) 集 草

基本的に除草したところは、どの除草工法においても集草を行なっている。

なお、集草に対する考え方を図-3-4-11 に、集草を行う理由として図-3-4-12 に示す。

3) 積込運搬

積込運搬は、主に人力でダンプトラック（2 t）への積込が主として行なわれているが、積込運搬は除草したものを全て、積込運搬している訳ではない。

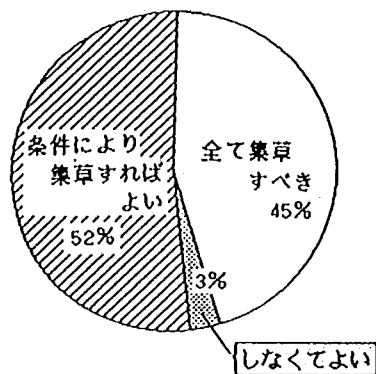


図-3-4-11 集草の考え方

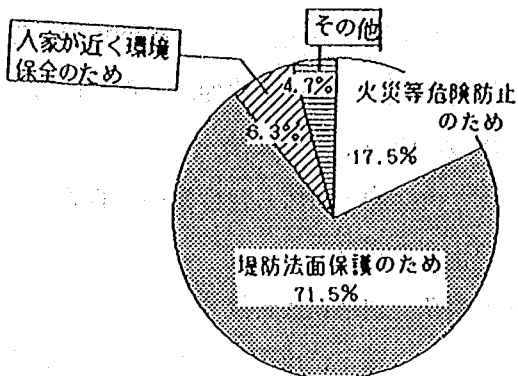


図-3-4-12 集草理由

4) 焼 却

除草後の草の処理方法は、ほとんどが現場焼却処分である。（図-3-4-13 参照）

(3) 就業者年齢構成

最近の一般的な傾向として、若年労働力の減少と高令化が進んでいると言われているが、図-3-4-14 に示した結果においても50才代が一番多く次いで40才代となっている。

また、除草作業における機労材の費用の割合は機械・材料に比べ労務費の占める割合が多くなっている。

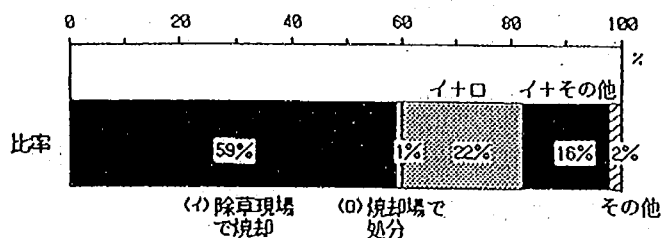


図-3-4-13 処理方法

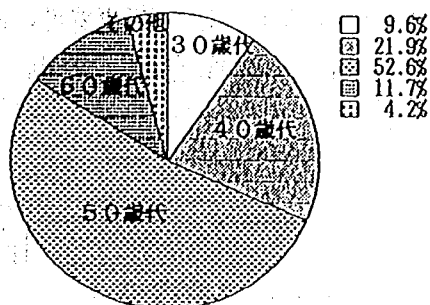


図-3-4-14 作業員の年齢構成

従って、改善すべき工程としては以下のように決定した。

除草については、安全性の向上を図ることとし、実作業の多いハンドガイド式を対象とする。

集草は、人力で行なわれていること、社会的な高令化を考慮し、苦渋性の解消、生産性の向上を図るものとする。

3.4.5 定量的評価による改善すべき工程の選出

(1) 目的

改善要望をもとに、詳細調査を実施し、具体的な問題点を定量的に把握し、各作業工程における合理化のため、機械化を図り、作業における安全性の向上と、苦渋性の解消並びに、生産性の向上をはかる事を目的として行うものである。

(2) 改善をするための項目（調査項目）

1) 除草

- ① 除草対象物：種類、草木、植性状況、作業量、回数
- ② 対象場所：場所、法勾配、作業面積
- ③ 作業方法：使用機械
- ④ 障害物：当該した作業の障害物（立木、玉石、等）
- ⑤ 改善案の意見

2) 法面集草、積込運搬、焼却

- ① 方法：使用機器、人員、工法、対象場所、対象面積
- ② 理由：行う理由
- ③ 作業に障害になる事項
- ④ 各工程に対する意見

(3) 詳細調査の方法

北海道開発局及び8地建に調査票を発送し、関係事務所に調査を依頼した。

(4) 詳細調査の結果

調査票の回収結果は、16事務所62出張所分であった。詳細調査の結果、明らかになった安全性、苦渋性、生産性の問題点を示す。（図-3-4-15～図-3-4-19）

更に、これらの問題点について重要度、問題点の度合に対する点数、件数などを掛け合わせて、各問題点の重み付けをし、定量的な評価を行なった。（表-3-4-7～表-3-4-11）

1) 除草（ハンドガイド式）

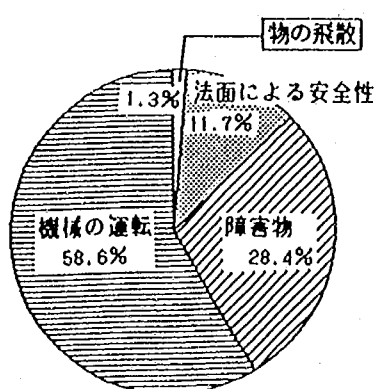


図-3-4-15 安全性の問題点

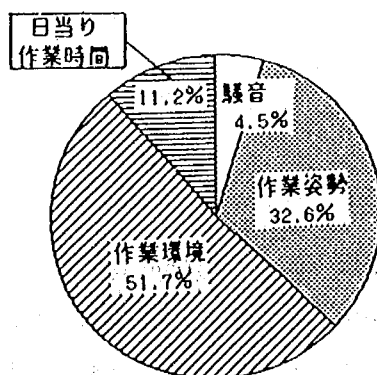


図-3-4-16 苦渋性の問題点

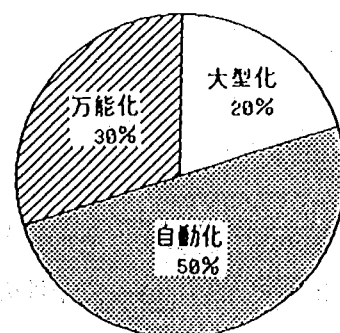


図-3-4-17 生産性の問題点

表-3-4-7 安全性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問題点の度合	点 数 b	件 数 c	総 合 点 a × b × c	備 考
物 の 飛 散	0.3	と ぶ とばない	1.0 0	8 0	2.4	碎石等
法面による 安 定 性 (法勾配)	0.4	1.8以上 1.8未満 平 場	0.3 0.6 0.1	56 6 11	8.6	積算基準の分類
障 害 物	0.1	0～30cm 30～70cm 70cm以上	0.6 0.3 0.1	76 43 58	6.52	常にかくれている 通常多い(2回刈の時) ほとんど見える
機械の操作 (熟練度)	0.2	1年未満 3年未満 3年以上	0.7 0.2 0.1	18 60 288	10.68	初心者 経験者 熟練者

表-3-4-8 苦渋性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問題点の度合	点 数 b	件 数 c	総 合 点 a × b × c	備 考
騒 音	0.3	76dB超える 70～76dB 70dB以下	0.6 0.3 0.1	8 2 0	1.62	建設機械の騒音基準を 準用
作 業 姿 勢 (バランス)	0.3	1.8未満 1.8以上 平 場	0.6 0.3 0.1	6 56 11	6.45	勾配
作 業 環 境	0.2	5～6月 7～9月 10～11月	0.2 0.6 0.2	45 26 45	6.72	季節による日照・気温 を考慮
日 当 り 作 業 時 間	0.2	6h以上 4～5h 4h未満	0.6 0.3 0.1	2 21 2	1.54	積算基準の分類

表-3-4-9 生産性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問題点の度合	点 数 b	件 数 c	総 合 点 a × b × c	備 考
大 型 化	0.4	1000㎡超える 600～1000㎡ 600㎡以下	0.6 0.3 0.1	2 0 0	0.48	積算基準の分類 履带式1000㎡ ハンドガイド600㎡
自 動 化	0.3	自動化 遠隔化 万能化	0.6 0.2 0.2	2 2 1	0.54	
万 能 形	0.3	1.6m以下 1.6～1.8m 1.8m以上	0.6 0.4 0	1 2 0	0.42	刈り幅

2) 集 草

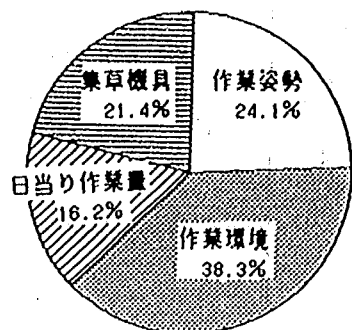


図-3-4-18 苦渋性の問題点

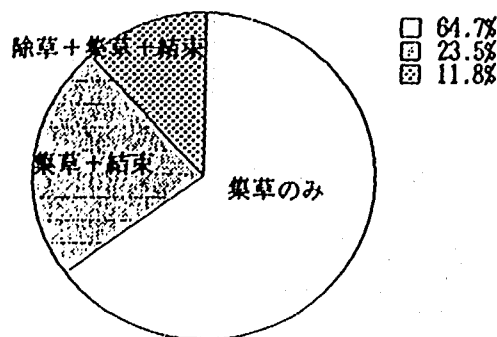


図-3-4-19 生産性の問題点

表-3-4-10 苦渋性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問題点の度合	点 数 b	件 数 c	総合点 a × b × c	備 考
作業姿勢 (バランス)	0.3	1.8未満 1.8~3.0 平 場	0.6 0.3 0.1	6 56 11	6.45	勾配基準
作業環境	0.2	5~6月 7~9月 10~11月	0.2 0.6 0.2	45 26 45	6.72	日照・気温
日当り作業量	0.4	1700㎡以上 1000~1700㎡ 1000㎡以下	0.6 0.3 0.1	11 17 21	5.52	積算基準の分類
集草器具	0.1	重い 普通 軽い	0.6 0.3 0.1	25 0 40	1.9	重量によるあつかいや すさ 1kg以上、未満で区分 フォークレーキ1.5kg 熊手(竹0.5金属0.8kg)

表-3-4-11 生産性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問題点の度合	点 数 b	件 数 c	総合点 a × b × c	備 考
機 械 化	1.0	集草のみ 集草+結束 除草+集草+結束	0.6 0.3 0.1	11 4 2	0.8	

3.4.6 開発目標及び改善案

(1) 開発要望

1) 除 草

堤防の除草作業は、大型自走式、ハンドガイド式、肩掛式等で行なわれており、非常に危険で苦渋な作業であるため、これらの改善が望まれている。その中でも特にハンドガイド式の改善が望まれている

2) 集 草

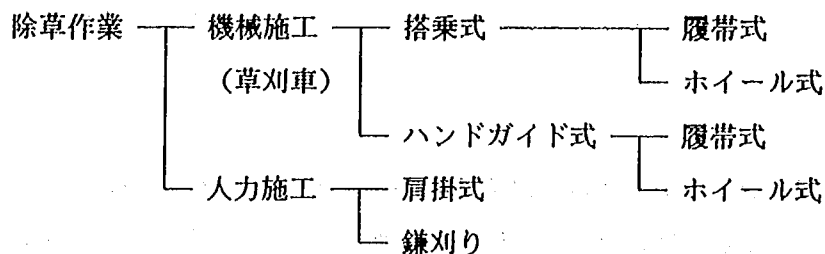
集草は除草後に行う作業であり、ほとんどが人力でそれも夏期の暑い時期に行なわれており、非常に苦渋性、生産性の改善が望まれている。このため、機械化が望まれている。

3) 既存技術

前項の開発要望に対する既存技術は次のとおりである。

現在、河川においては、疎通断面の確保、堤防の保護等のため、雑草の除去を実施しており、のり面自走式、アーム式、ハンドガイド式、肩掛式等の除草機械を法勾配、のり長、のり面性状等の現場条件により使い分けている。

① 除草作業の施工法による分類



② 草刈車の除草装置による分類

ドラム軸に多数のハンマナイフを取付け垂直方向に回転させるハンマナイフ式、バリカン式、および円板式に分類される。

③ 現 状

各社、種々の草刈装置が製作されており、最近では無線操縦式のもの（北陸技術開発）も出されている（写真-3-4-4参照）。



写真-3-4-4 草刈機（小型遠隔操縦式）

(2) 開発目標

1) 除 草

物が飛ばない機能をもち、法面上における安全性が高く、大型化をとり入れたものを開発する。

2) 集 草

現在、人力で行なわれているので、機械化を目標とする。

3.4.7 既存技術の調査

(1) 除 草

除草作業の改善に応用可能な既存技術の開発状況は次のとおりである。

[操縦方式]

1) 無線操縦式

運転者が無線送信機によって草刈車を操縦する方式で機械から離れて作業が出来るため、3K回避に有効であるが省力化（省人化）にはならない。

2) シャイロ誘導方式

ジャイロセンサで方位を検出し、直進工程は自律誘導で走行し、ターン部は無線操縦で制御する半自動方式である。運転者の操縦負担は軽減され、熟練の必要性が小さい。

3) レーザ誘導方式

レーザ光をガイダンスとする外部支援型の制御方式で、作業区画内に複数のレーザ発光装置を置き、草刈車には受光装置を置き位置と方位を計測する。

また、旋回のパターンを決め、次工程へ移行する方式により全自動化することも可能であるが、無線操縦で必要時に割り込む事もできる。

4) 倣い制御方式

無線操縦で長方形区画の外周をティーチングし、次工程からは倣いセンサにより既刈りと未刈りの境界を検出して、それに沿って走行する。倣いセンサとしては、接触センサ、光センサ、画像処理方式等がある。

5) GPS誘導方式

衛星からの信号を受信し、絶対位置を計測し、その情報に基づき自動走行する方式。

[カッティング方式]

6) レシプロカッタ方式

バリカンのように上刃と下刃を相対往復運動させて刈る方式であり、物の飛散を防止するのに有効である。

7) バーナ方式

草を直接バーナで焼く方式であり、物の飛散防止に有効であり、障害物にも対応しやすい。

8) ワイヤカッタ方式

ナイロンワイヤ等を高速回転させて刈る方式であり、物の飛散防止に有効であり障害物にも強い。

[その他]

その他既存の草刈車に装備可能な技術として「キャビンの装着」、「防音・消音機構の採用」が考えられる。また、低重心や車体幅拡大による改善技術も考えられる。

(2) 集 草

集草作業の改善に応用可能な既存技術のうち、操縦に関する技術は前述の除草と同様に考えられる。従ってこれ以外の技術で、集草作業及び刈草の処理の機械化に応用可能な既存技術の開発状況は次のとおりである。

1) 掻き寄せ方式

ベルト等に掻き寄せ用のタインを多数取り付け、地面を掃くように回転させる装置で走行車体（トラクタ等）に装着される。回転させながら走行して刈草を片側に筋状に掻き寄せてゆく方式である。

2) 箱詰め方式

回転ブラシまたは、タインとブローアの組合せにより刈草を拾い上げ、連続して集草箱に送り込む装置であり、平場での作業に活用されている。

3) 結束方式

回転タイン等で掻き寄せられた刈草をロール状に結束する装置であるが、現状は刈草が短かったり掻き寄せられていないと十分な性能が発揮できない。

4) 焼却装置

各種の焼却炉が既存技術として存在するが、石油燃料や高カロリー助燃材を使用して未乾燥の草を焼却する装置もある。

5) 堆肥化装置

刈草を堆肥にする装置であるが、現状では時間がかかることと臭気が問題である。バイオテクノロジーによりそれらの解決を図る研究も進んでいる。

6) マルチング処理

草を非常に細く裁断して集草しないで済ます方式である。

3.4.8 条件整備

(1) 除 草

詳細調査の結果から、安全性に対して、物の飛散、法面による安全性、障害物に対する配慮、機械の運転に関することが抽出された。

これは、勾配のあるところで、草の中にかくれた障害物に気を使いながら人間が作業していることによるものと考えられる。

従って、合理化への条件として、物の飛散しない機構を備え、法面上における安全性の高い機械であることが挙げられる。

(2) 集 草

集草においては、苦渋性、生産性が望まれている。これは、人力によることが起因していると考えられる。合理化の条件としては、人力にかわる集草機械が挙げられる。

3.4.9 開発構想

3.4.9.1 近未来のコンセプト

(1) 除 草

除草時、物が飛ばない、法面上における安全性の高い大型化を取り入れたもの。

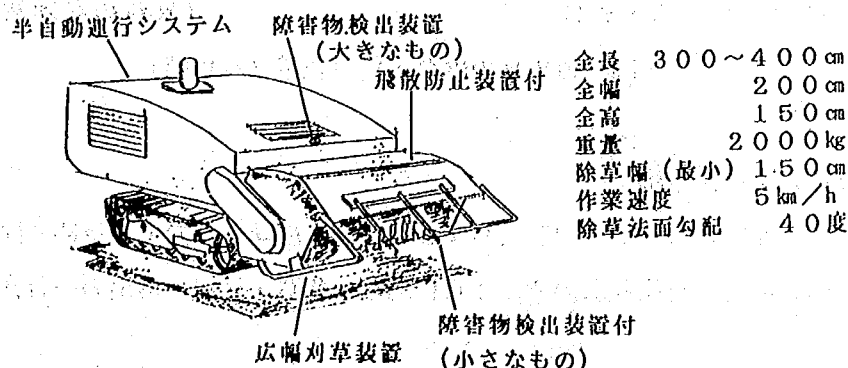


図 近未来の除草機械 (構想図)

(2) 集 草

人力から機械化したもの。

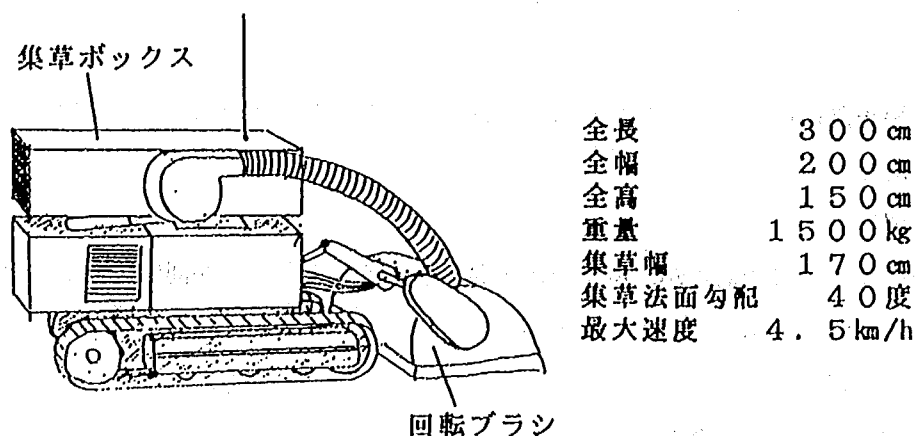


図 近未来の集草車（構想図）

3.4.9.2 遠未来のコンセプト

遠未来的には除草においては、刈草、集草、処理（バクテリアまたは焼却）、排出（肥料）まで一連で処理できる作業機械であることが望まれる。

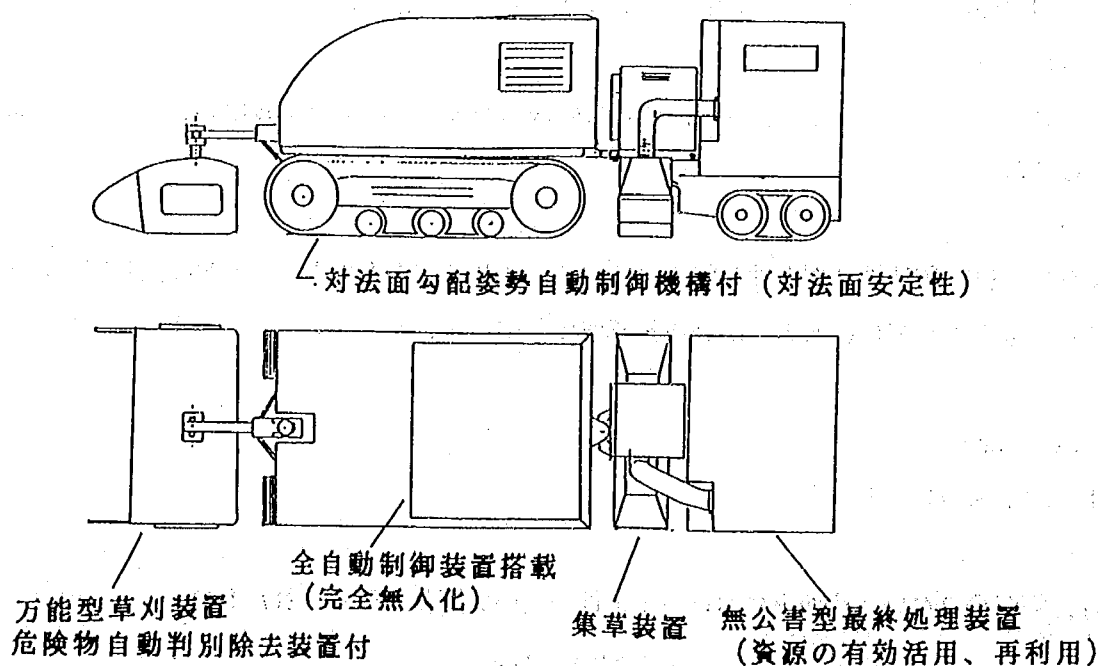


図 遠未来の除草・集草機械（構想図）

(1) 開発機器の仕様および使用法

除草作業において、作業員の苦渋性の解消および安全性と生産性の向上が望める除草機械でありまた、あらゆる斜面（法面）に対応可能なもので、さらに刈草・集草・処理・排出の一貫作業の行える大型化の完全自動化機械。

3.4.10 改善項目の設定

(1) 改善項目の現状

アンケート調査結果より、今後の開発目標の方向性として、まず除草作業をとりあげ、安全性の向上、苦渋性の改善、生産性の向上を図る必要性があることがわかった。その理由は、除草は河川維持作業の中では事業量が大きく、しかも改善・開発要望が最も高いためである。また、一つの工程のみの改善・開発ではなく、作業全体で安全性・生産性を高め、苦渋性から解放した作業方法及び機械の改善・開発を図るべきであると提案した。

詳細調査による定量的評価結果から、安全性・生産性の向上、苦渋性の解消を図るための条件整備を行ったその結果は表-3-4-12 に示す。

表-3-4-12 改善項目の現状

工 程	除 草	集 草
安 全 性	物の飛散、法面による安全性、障害物に対する配慮、機械の運転（熟練度）に関し、問題がある。	_____
苦 渋 性	炎天下で作業姿勢が悪く、騒音等にさらされた長時間の作業で、苦渋性が高い。	炎天下等作業環境が悪く、作業姿勢もよくない。重い器具で長時間作業するので苦渋性が高い。
生 産 性	大型または自動化、それに色々な条件に適用できる万能形が望まれている。	人手作業のため能率が悪い。

(2) 改善項目の絞り込み

表-3-4-13 と表-3-4-14 に除草及び集草作業の問題点と改善方法の関係を示す。これらの方法の改善効果を測定・評価するために、改善方法の有効性・実現性などを考慮して項目を絞り込んだ。

1) 除 草

レスプロカッタ方式は障害物に極端に弱く現実的でない。また、バーナ方式は刈りあとが非常に悪く問題が大きい。ワイヤカッタ方式は切削力が弱く堤防除草には適さない。従って、除草の方式は従来のハンマナイフ式とし、ここでは安全性、苦渋性、生産性の改善に最も有効と考えられる操縦方式の技術を取り上げた。しかし、GPS誘導方式は、現在数m～数十mの精度であるため、除草作業車の走行制御に使用すると刈残しが発生する。

そこで、最も手軽に3K回避ができると思われる無線操縦式、半自動方式として可能性の高いジャイロ誘導方式、将来自動化しやすい微制御方式及びレーザ方式に絞り込む。

2) 集 草

焼却装置は移動させながら使用するには安全性等にまだ多くの問題をかかえており、堆肥化は時間がかかり今回の応用に適さない。

マルチング処理は、刈り回数との相関関係が具体化しておらず、集草の機械化という観点からも少し外れるので、ここでは検討から除外する。

表-3-4-13 問題点と改善方式の関係（除草）

改 善 方 法	安 全 性				苦 労 性				生 産 性		
	物の飛散	法面安定性	障害物	機械の操作	騒音	作業姿勢	作業環境	日当り作業	大型化	自動化	万能型
カッター部保護カバー	○		○				○				
キャビン（エアコン付）	○	○			○		○				
低重心・幅広型		○	○								
無線操縦式（遠隔操作）	○	○	○	○	○	○	○				
ジャイロ式（直進自動）				○				○	○	○	○
做い式（ティーチング）				○				○	○	○	○
レーザー式（全自動）				○				○	○	○	○
防音・消音機構					○						
早朝作業（工法）					○		○				
レスプロカッタ方式	○										
バーナ方式	○										
ワイヤカッタ方式	○										

表-3-4-14 問題点と改善方式の関係（集草）

改 善 方 式	苦 労 性				生産性
	作業姿勢	作業環境	日当り作業	集草器具	機械化
無線操縦方式（遠隔操作）	○	○			
キャビン（エアコン付）		○			
ジャイロ式（直進自動）			○		
做い式（ティーチング）			○		
レーザー式（全自動）			○		
揺き寄せ装置			○	○	○
箱積み装置			○	○	○
結束装置			○	○	○

3.4.11 改善効果

3.4.11.1 改善効果の測定

(1) 測定方法

改善効果の測定方法は、同一条件での試験データがないため画一的に行うことが難しい。ここでは過去に行った試験施工及び走行実験事例と、各問題点の定量的評価の結果から改善前後の改善割合を算出し、その結果をグラフ化して効果を評価する。表-3-4-15 に除草作業の苦渋性についての改善比率表を一例として示すが、安全性及び生産性についても同様の評価計算を実施した。また、集草作業については苦渋性と生産性の改善について評価計算を行った。尚、表中で問題点に対する改善評価が重複するものについては、改善指数の一番大きい値（※印）を代表として採用した。

表-3-4-15 改善比率表（除草作業の苦渋性の場合）

項 目		苦 渋 性																																			
問題点 (改善項目)		騒音			作業姿勢 (バランス)			作業環境			日当り作業時間																										
重要度 a		0.3			0.3			0.2			0.2																										
問題点の度合		76 dB 超	70 / 76 dB	70 dB 以下	1.8 未 満	1.8 以 上	平 場	5 / 6 月	7 / 9 月	10 / 11 月	6 hh 以上	4 / 5 hh	4 hh 未 満																								
点数 b		0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.2	0.6	0.2	0.6	0.3	0.1																								
件数 c		8	2	0	6	56	11	45	26	45	2	21	2																								
総合点		改善指数		d																																	
a × b × c		1.44			0.18			0			1.08			5.04			0.33			1.80			3.12			1.80			0.24			1.26			0.04		
		1.62			6.45			6.72			1.54																										
非 塔 乗 式	無線操縦式 (遠隔操作)	e 改善割合 (%)		70	70	70	98	96	90	53	46	53																									
		f (100 - e)		30	30	30	2	4	10	47	54	47																									
		g 分担割合		100			100			100																											
		h ₁ (d × f × g)		0.432	0.054	0	0.022	0.202	0.033	0.846	1.685	0.846																									
	ジャイロ式 (直進自動)	e 改善割合 (%)											80	70	60																						
		f (100 - e)											20	30	40																						
		g 分担割合											40																								
		h ₂ (d × f × g)											0.019	0.151	0.006																						
	微い式 (ティーチング)	e 改善割合 (%)											80	70	60																						
		f (100 - e)											20	30	40																						
		g 分担割合											※40																								
		h ₄ (d × f × g)											0.019	0.151	0.006																						
	レーザ式 (全自動)	e 改善割合 (%)											80	70	60																						
		f (100 - e)											20	30	40																						
		g 分担割合											20																								
		h ₃ (d × f × g)											0.010	0.076	0.003																						
装置改善前の改善指数 d		1.440	0.180	0	1.080	5.040	0.330	1.800	3.120	1.800	0.240	1.260	0.040																								
装置改善前の改善比率		1.620 (9.9%)			6.450 (39.5%)			6.720 (41.2%)			1.540 (9.4%)																										
装置改善後の改善指数 d		0.432	0.054	0	0.022	0.202	0.033	0.846	1.685	0.846	0.019	0.151	0.006																								
装置改善後の改善比率		0.486 (16.8%)			0.257 (77.4%)			3.377 (61.7%)			0.176 (17.7%)																										

(2) 測定結果

1) 除 草

開発機による除草作業の改善効果を図-3-4-20 に示す。グラフより、安全性、苦渋性、生産性ともかなりの改善がなされることがわかる。

2) 集草

開発機による集草作業の改善効果を図-3-4-21 に示す。グラフより、集草作業の苦渋性解消及び生産性向上に非常に大きな改善効果があることがわかる。

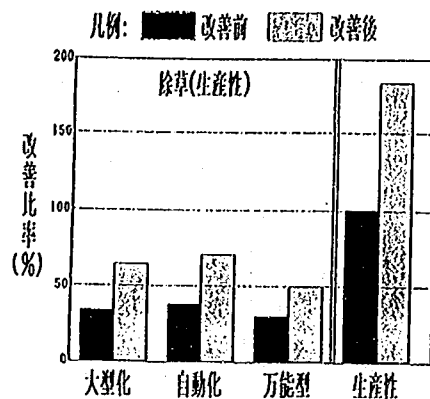
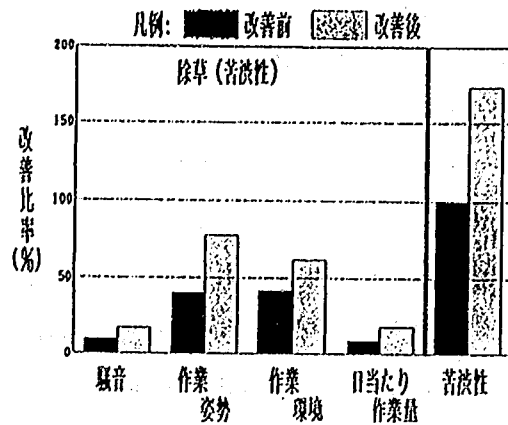
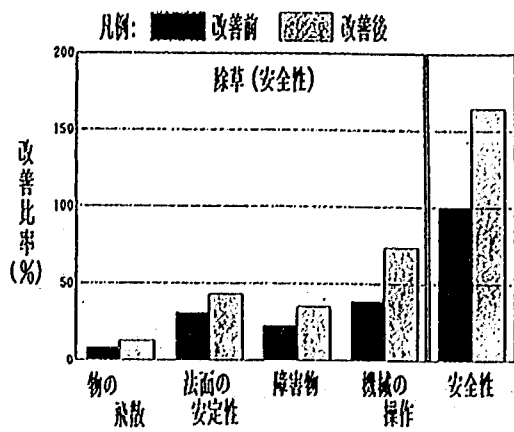


図-3-4-20 除草作業の改善効果

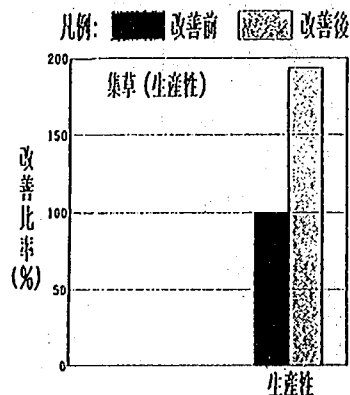
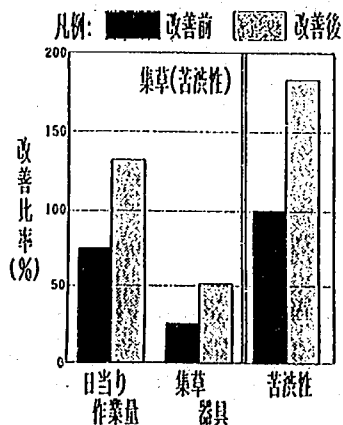


図-3-4-21 集草作業の改善効果

3.4.11.2 改善上の問題点

河川堤防は、勾配の程度、法面の凹凸、障害物の状況等、現場条件がまちまちで自動走行作業車の実用化はなかなか難しい。堤防表面の補修、障害物の除去等、作業現場の整備が伴わないと自動機械の実用化は現実的でない。

非乗用で走行させる方式として、①無線操縦式、②ジャイロ誘導方式、③レーザ誘導方式、④倣い制御方式を取り上げたが、①は3K回避にはなるが省人化にはならない。②は精度があまり良くなく、運転者

の関与がかなり必要となる。③は精度は良いが、設備が大げさになり高くつく。④は草が均一に生えていないと安定しない等の問題が残る。

集草の機械化として、①掻き寄せ方式、②箱詰め方式、③結束方式を取り上げたが、いずれの方式も無線走行か自動走行車体と結合しなければ安全上の問題が残る。また、②は機械重心が高くなり、③は刈草の長さが短いと性能が発揮できない等の問題点がある。

3. 4. 12 実用化・運用体制の提案

3. 4. 12. 1 実用化の提案

(1) 除 草

近未来の開発イメージ図を図-3-4-22 に、スペックを表-3-4-16 に示す。

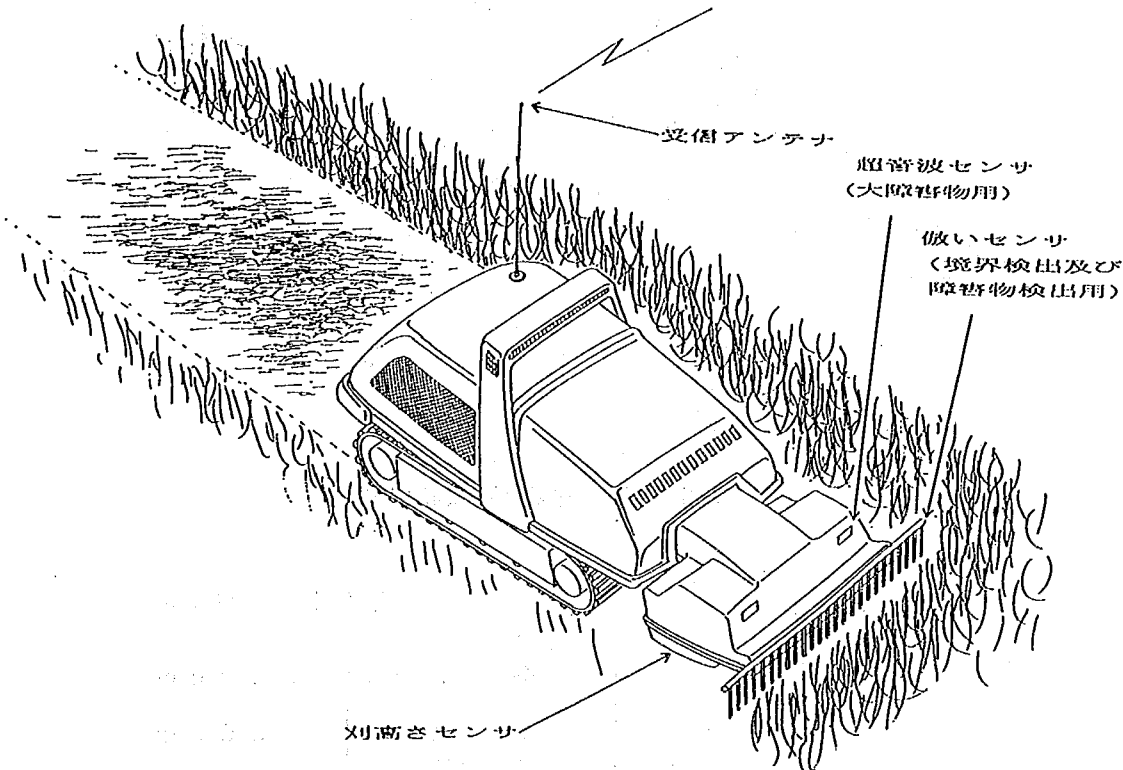


図-3-4-22 近未来の除草機械

傾いセンサによって境界を検出し、それに沿って自動走行する。障害物は、接触検出と超音波による検出を行い、刈高さは対地高さを検出しながら自動制御する。方向変換はパターンを決めて自動的に行うが、運転者が無線で割り込み補正する。

表-3-4-16 諸元表

全 長	3 0 0 ～ 4 0 0 c m
全 幅	2 0 0 c m
全 高	1 5 0 c m
重 量	2 0 0 0 k g f
除 草 幅	2 0 0 c m
作業速度	3 . 5 k m / h (最大)
除草法面角度	4 0 ° (最大)

(2) 集 草

近未来の開発イメージ図を図-3-4-23 に、スペックを表-3-4-17 に示す。

また、遠未来は除草、集草、処理まで一連の作業ができる自動機械が望まれ、そのイメージ図を図-3-4-24 に示す。

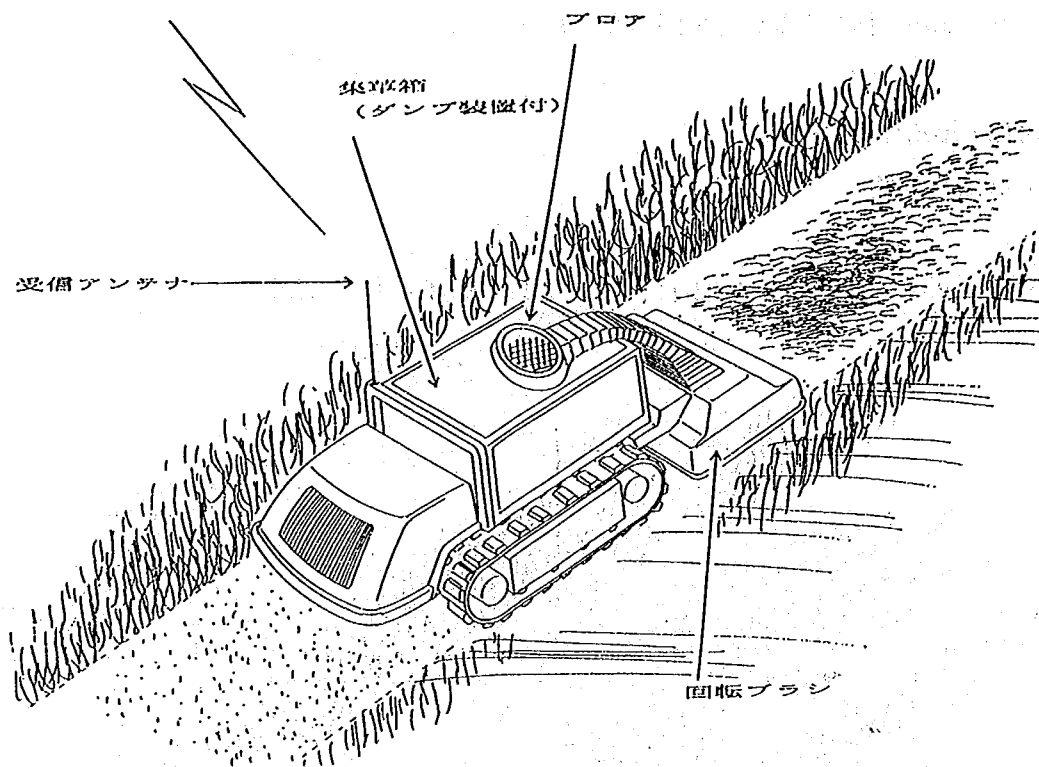


図-3-4-23 近未来の集草機械

回転ブラシにより掻き上げられ、ブローアによって吸い込まれた刈草は、連続的に集草箱に収納される。集草箱は、ダンプ機構によって中味をトラックに移し換える事ができる。車体は無線操作で運転する。

表-3-4-17 諸元表

全 長	3 5 0 c m
全 幅	2 3 0 c m
全 高	1 8 0 c m
重 量	1 8 0 0 k g f
集 草 幅	1 8 0 c m
作業速度	3 k m / h (最大)
集草法面角度	3 5 ° (最大)

除草しながら刈草は
ブローによって吸い上
げられ、コンベアによ
って後方の焼却装置へ移
送される。障害物は、
超音波センサとビジョ
ンセンサで検出する。
刈高さの制御の他に、
負荷に応じて作業速度
が自動的に設定され、
位置は衛星からの信号
で計算され自動走行する。

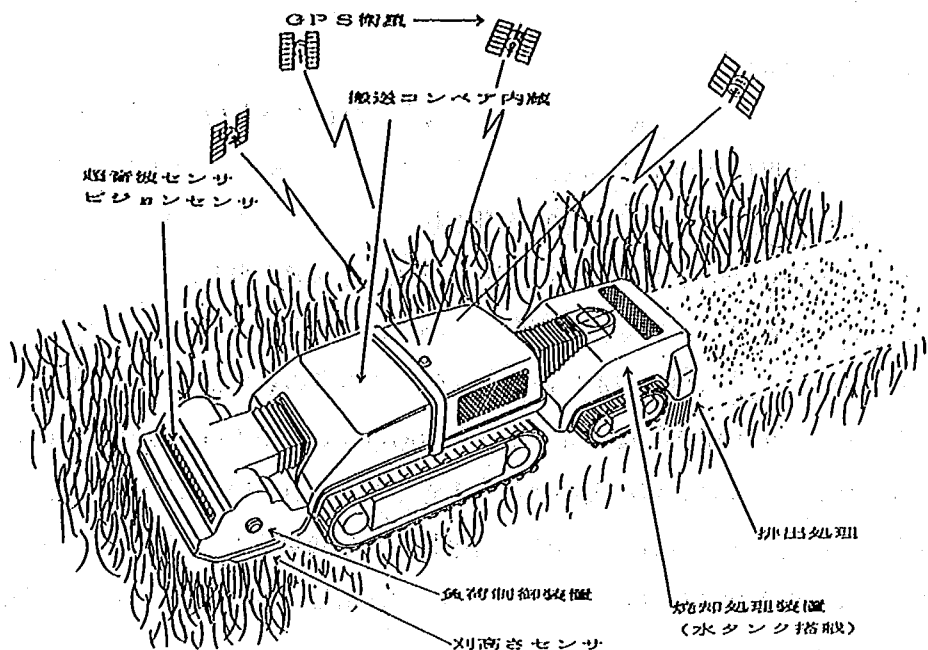


図-3-4-24 遠未来の除草機械

3.4.12.2 運用体制の提案

運用体制について、行政的側面、技術的側面から現運用体制を参考にしながら、次の様に提案する。

- 1) 安全性向上、苦渋性解消技術のコストを適正評価し、新たな積算基準を確立する。
- 2) 普及を促進するための指導方策を検討し、実施する。
- 3) 法面整備、障害物除去等、除草自動化のための現場条件整備を進める。
- 4) メンテナンス費用の負担方法も検討する。
- 5) 更新基準を検討する。
- 6) 集草後の処理基準を検討する。
- 7) 自動化作業に適した検査基準を検討する。

3.4.13 まとめ

維持作業の自動化に関する研究を平成2年度から進めてきた。平成2年度のアンケート調査からまず除草作業の安全性向上、苦渋性の改善、生産性の向上が急務な課題であることがわかった。

平成3年度は、詳細調査により最優先で解決すべき作業の具体的な問題点を把握し、その解決方向としての開発のコンセプトを作成した。

平成4年度は、開発機械を想定した検討を行い、図-3-4-20 に示した様に改善前の改善比率を100%としたとき、除草作業の安全性が164%、苦渋性が174%、生産性が184%に各々増加し、現在の作業がかなりの面で改善されることがわかった。同様に図-3-4-21 に示した様に集草作業は苦渋性が184%、生産性が195%に各々増加し、現在の作業が大きく改善されることがわかった。その開発機械の実用化の提案として、図-3-4-22 ～図-3-4-24 に近未来及び遠未来の開発イメージを示した。

今後の技術開発及び作業現場の条件整備がなされれば、これらの実用化は可能であると思量される。

3.5 清掃

3.5.1 作業の概要

平成2年度のアンケート調査によると、調査した74工事事務所（北海道開発局の場合は開発建設部）のうち、平成元年度に河川及び湖沼において当該作業を実施したのは25工事事務所で、年間工事件数は合計52件、工事契約額合計は約280,000千円であって、当該作業の実施率は34%、1工事事務所当りの年間工事費は平均で約11,200千円、一件当たり平均では約5,400千円であった。すなわち、当該作業は他の維持管理作業に比べて実施率が低く、工事規模も小さいと言える。

しかしながら、工事事務所別にみると、年間工事費の最大は45,000千円で30,000千円以上が4工事事務所ある反面、1,000千円未満が5工事事務所あるなどその差は大きい。これは、当該作業がそれぞれの河川がおかれている地域の環境条件により大きく左右されているためである。

当該作業を現在実施されている処理対象物から分類すると、塵芥処理、ホテイアオイ除去、アオコ処理に分類でき、塵芥処理はさらに作業場所から水面清掃と河（湖）岸清掃に分類できる。

(1) 塵芥処理

河川や湖沼では、自然の草木や人為的な投棄物等あらゆる塵芥が浮遊し、美観を損なうのみならず、有機物質は自然に沈下して水質の富栄養化を招き水質汚濁の原因となる。

都市河川における清掃の目的は主として美観の維持であり、そのため清掃頻度も高く、ほぼ毎日実施している所もあるが、1回当りの塵芥量としては少ない。これに対して地方部（主として湖沼）の清掃は、主として出水時に流入した塵芥を処理するもので清掃頻度は少ないが1回当りの塵芥量はかなり多い。流入した塵芥は水面に浮遊しているだけでなく、水位の変動等により河岸や湖岸に付着したり堆積するほか、スクラップ類など川底に沈澱しているものもある。

水面清掃は、清掃頻度の高いところや塵芥の多い所では、腹部に集塵かごを持った水面清掃船が用いられているが、護岸部等清掃船では清掃困難な場所もあり人力との併用作業が多い。

写真-3-5-1は、水面清掃船を用いた都市河川の清掃状況を示す。

集められた塵芥は、水切り後選別して、可燃物は焼却場に運搬し処理している。

一方、河（湖）岸清掃は、現在のところ全て人力に頼っているのが現状で、作業船上から岸部の塵芥をかき取ったり、陸上部からかき揚げて集積し、選別後処理している。

(2) ホテイアオイ除去

河川及び湖沼における水草の発生は、水質の富栄養化によるものであるが、その主なものにはホテイアオイがある。



写真-3-5-1 水面清掃船による水面清掃状況

ホテイアオイは、水質浄化作用があると言われるが、草丈が60～70にもなり、繁殖力が強いいため春から夏にかけての高温時に異常発生すると、流水を阻害すると共に、水門等河川構造物の周辺に流下堆積して、その維持管理に支障を与える。このホテイアオイの除去には各種の方法が取られているが、代表的な例としては、ホテイアオイの除去を目的として製作された水面清掃船を用いる方法と、人力を中心に汎用の和船とバックホウ等の組合せによる方法がある。

前者は、九州地建において製作導入している水面清掃船「ちくすい」に代表されるように、ホテイアオイのかき寄せ装置とコンベヤ等を装備した作業船で、採集したホテイアオイは別の運搬船等により運び陸揚げして処理するものである。

後者は、網場を利用して流下をせき止めたホテイアオイを、和船により人力で陸揚げ場所に導き、バックホウにより陸揚げ処理するものである。すなわち、前者は機械採集で、後者は人力採集と言える。

写真-3-5-2は、人力採集によるホテイアオイの処理状況を示す。

(3) アオコ処理

アオコは、植物性プランクトンで、その発生原因はホテイアオイと同様水質の富栄養化にある。アオコは、昭和48年に霞ヶ浦で大量発生し、上下水道用水として水質への影響が懸念されたり、アオコ特有の悪臭があたり一面に立ちこめるなど、環境保全の面から処理が行われるようになった。霞ヶ浦に発生するアオコのうち問題となっているのは、夏期に湖面に大量発生するコナランソウと呼ばれるものである。コナランソウは葉緑素を核とする2～3ミクロンの球状で、1個1個がゼラチン状物質で覆われており、更に数百個の細胞がこのゼラチン状物質を介して凝集し、球状、楕円状等さまざまな群体を形成している。

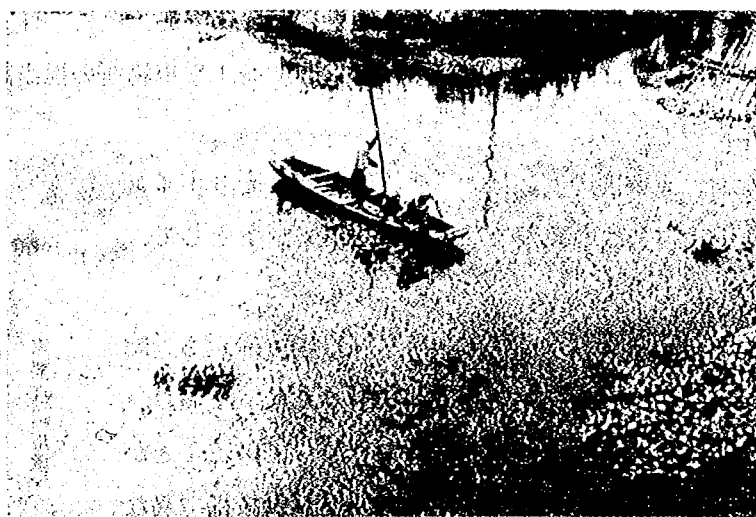


写真-3-5-2 人力採集によるホテイアオイ処理状況

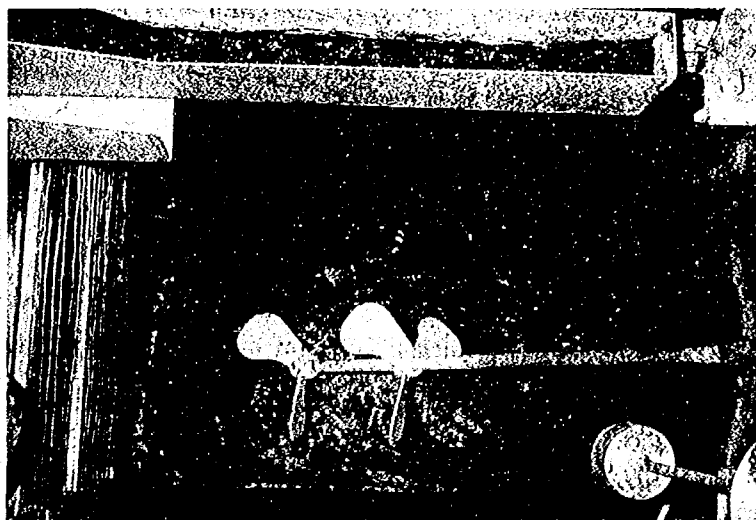


写真-3-5-3 脱水処理したアオコ

このようなアオコを回収するのは容易ではなく、専用の水面清掃船を開発し、幾多の改良を加えながら実施している。現在は、アオコを湖水から回収する水面清掃船と、回収したアオコを焼却処理する焼却炉船の組合せで作業を実施している。写真-3-5-3は、処理中のアオコを示す。

3.5.2 問題点の抽出

当該作業は、このように処理対象物によって作業方法も大きく変わってくる。特にホテイアオイやアオコについては、地域の環境が大きく左右し、大量発生した地域においてはその対策のための研究や開発が長年にわたって実施されてきており、その成果もあがっている。したがって、本研究では、各河川に比較的共通した作業である塵芥処理を中心にその問題点を抽出する。

塵芥処理作業は対象場所により河川水面、湖沼水面、河岸、湖岸に分類でき、また、都市部の清掃と地方部の清掃ではその作業状況も多少異なってくるが、大きく分けると水面清掃と河（湖）岸清掃になる。

図-3-5-1は、今回のアンケート調査において、施工改善、作業改善、自動化を行う上で、安全の向上、苦渋の解消、能率の向上の各項目の重要度を工事事務所の担当課、出張所、請負業者に聞いた結果をまとめたものである。

なお、重要度の度数は、「極めて重要」を3ポイントとし、「あまり重要でない」を1ポイントとして、評価したものである。

これによると、水面清掃、河（湖）岸清掃とも「能率の向上」を重要とする回答が最も多くなっており、現状の作業方法が非能率的なものとなっていることがうかがえる。また、水面清掃と河（湖）岸清掃で異なるのは、水面清掃が「苦渋の解消」よりも「安全の向上」をより重要視しているのに対し、河（湖）岸清掃は「苦渋の解消」にかなり高い度数を示している。

これは、水面清掃が清掃船より身を乗り出しながら作業することなどから、安全への要望が高くなり、河（湖）岸清掃は人力依存度が非常に高いことから苦渋の解消を要望していると考えられる。

次に、安全面で最も改善を必要とする工種についての問いでは、水面清掃が32件、河（湖）岸清掃が24件となっていて、先の回答結果と同様安全面に対する要望は、水面清掃の方が強い。図-3-5-2は、水面清掃、河（湖）岸清掃の具体的問題点についてまとめたものである。

なお、図中の度数は、アンケートにおいて「特に問題がある」としたものを「2」、「問題がある」を「1」として評価したものである。まず、水面清掃においては、最も度数が大きいのが、「作業に時間がかかる」であって、ついで「危険な環境」と「事故、災害が発生しやすい」であるが、後の2項目を合わせると度数が70になり、水面清掃作業の中での大きな問題点であると言える。河（湖）岸清掃の場合は、

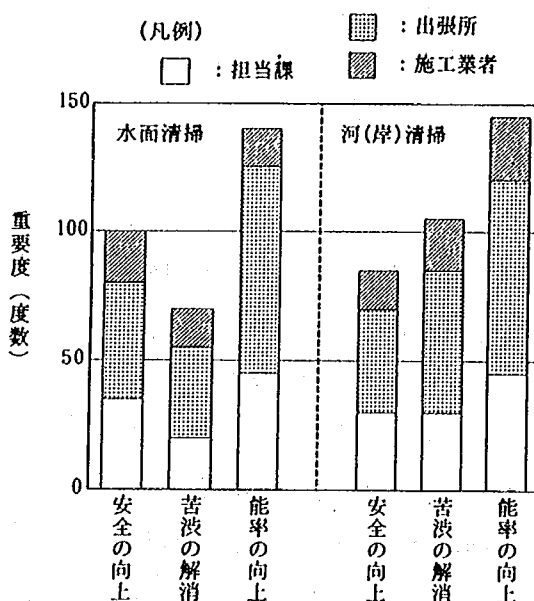


図-3-5-1 施工改善、自動化を行う上での各項目の重要度

最も度数の大きいのは水面清掃と同様に「作業に時間がかかる」であるが、2番目は、「疲労が多い」であり、作業が人力中心であることがうかがえる。

次いで「危険な環境」、「事故、災害が発生しやすい」と続くが水面清掃に比べるとその度数は低い。これらの結果から、水面清掃と河（湖）岸清掃に関する問題点を整理し、その原因について考えると次のとおりとなる。

(1) 水面清掃

- 1) 作業環境が悪く、作業に時間がかかる。
①一般に集塵かごを持った双胴型の水面清掃船を用いている場合が多いが、集塵量が増えた場合や、護岸部では人力による補助作業が必要である。
②川岸や湖岸近くの浅瀬には清掃船が近寄れないため人力となる。
③潮の干潮等水位変動によって中洲に堆積した塵芥は、人力作業により除去している。
- 2) 事故や災害の発生しやすい危険な環境での作業である。補助作業を行う場合、清掃船から身を乗り出して行うなど転落の危険性がある。
- 3) 疲労が多く、苦渋な作業である。清掃船の補助作業や人力によらなければならない作業（浅瀬、中洲、浮遊しないスクラップ類の除去）も多い。

(2) 河（湖）岸清掃

- 1) 作業能率が悪く、作業に時間がかかる。
①河（湖）岸清掃は、作業船を用いて水面上から除去する場合と岸側から除去する場合があるが、いずれもすべて人力作業である。
②護岸部に付着した塵芥は、除去に手間がかかる。
③堤防法面等に投棄された塵芥は、人力により拾い集めている。
- 2) 疲労が多く、苦渋な作業である。塵芥のかき寄せ、搬出等すべての人力作業であると共に、足場条件の悪い傾斜地での作業が多い。

3.5.3 開発目標の方向性

図-3-5-3は、水面清掃と河（湖）岸清掃について、施工用機械の自動化、高速化、新規開発の必要性についてアンケートした結果をまとめたものである。

平成2年度のアンケート調査において、当該作業に関し、何等かの回答を寄せた件

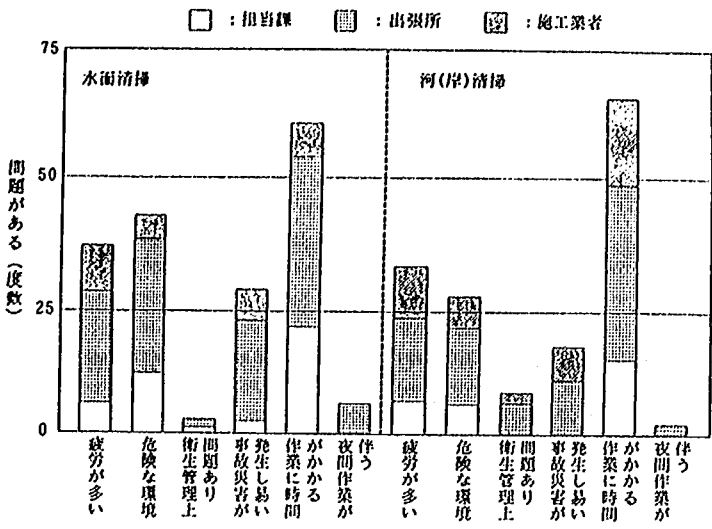


図-3-5-2 具体的な問題点作業

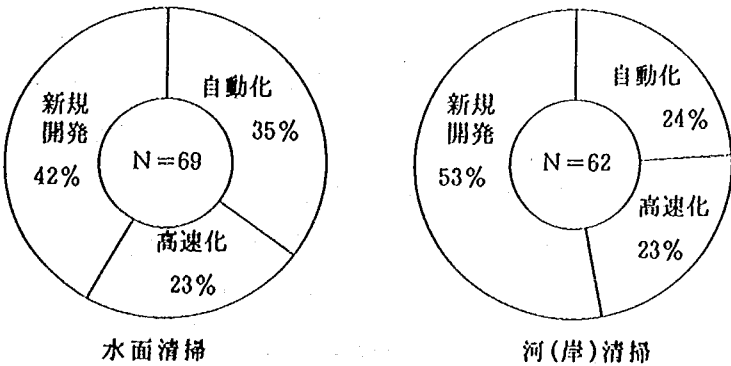


図-3-5-3 施工機械の自動化等の必要性

数は全部で89件（工事事務所担当課、出張所、施工業者の合計）あったが、そのうち水面清掃に関して自動化、高速化、新規開発の必要性があると回答した者は69件、河（湖）岸清掃では62件あり、かなり高い率でその必要性を認めている。

水面清掃は、水面清掃船を用いるなど、河（湖）岸清掃に比べてかなり機械化されているが、それでも新規開発を要望する比率が最も高く、42%になっている。これは、現在の清掃船では人力による補助作業もかなりあり、新規に人力に頼っている作業の機械化を要望していると解釈できる。

河（湖）岸清掃は、新規開発が53%で過半数あり、すべて人力に依存している現在の作業の改善を強く望んでいるものと考えられる。

この結果と3.5.2で抽出した問題点から、水面清掃、河（湖）岸清掃の今後の開発目標の方向性について検討すると次のとおりである。

(1) 水面清掃

- 1) 集塵性能を向上させ、作業速度のアップを図る。
- 2) 護岸部の人力による補助作業や、浅瀬等における人力作業を解消するための作業機構等について検討する。
- 3) 作業は全て操舵室から行えることを基本とし、作業の安全性を向上させる。

(2) 河（湖）岸清掃

作業能率の向上及び苦渋の解消を図るため、人力作業に代わる河（湖）岸清掃の開発について検討する。

3.5.4 作業の詳細調査

(1) 詳細調査の目的

河川の維持・管理の需要の増大及び高度化の要望に対し、本調査は河川及び河岸ならびに湖沼を対象に、維持管理の合理化、効率化を目指し、作業の機械化、自動化、高速化を図るために行ったものである。

平成2年度に「工種概要」及び「作業工程」について調査を行い、河川清掃作業の実施状況及び問題点等について、掌握することができた。

平成3年度は、合理化のための環境条件を定量的に整理し、開発構想に資するため、作業の詳細調査を行った。

(2) 改善するための項目

水面清掃、河（湖）岸清掃、ホテイアオイ除去作業について、それぞれ次の項目により調査した。

- 1) 作業工程の細分析、人力作業を伴う工種の選定等
- 2) 処理対象塵芥の種類、大きさ、重量、作業量、作業日数、浮遊面積、浮遊状態等
- 3) 作業船の型式、規格、積込み方法、収納容量等
- 4) 人力補助作業の内容、使用器具、作業人員、作業時間等
- 5) 塵芥の陸揚げ方法と揚陸後の処理
- 6) 開発機械についての要望、意見

(3) 詳細調査の方法

水面清掃、河（湖）岸清掃、ホテイアオイ除去についてアンケート調査表を作成し、北海道開発局及び8地建に調査票を発送し、関係事務所に調査を依頼した。

(4) 詳細調査の結果

調査箇所は、水面清掃作業11箇所、河（湖）岸清掃作業27箇所、ホテイアオイ除去作業4箇所で合計42箇所であった。

これらの問題点について重要度、問題点の度合に対する点数、件数などを掛け合わせて、各問題点の重み付けをし、定量的な評価を行った。

その結果を図-3-5-4～12及び表-3-5-1～9に示す。

1) 水面清掃

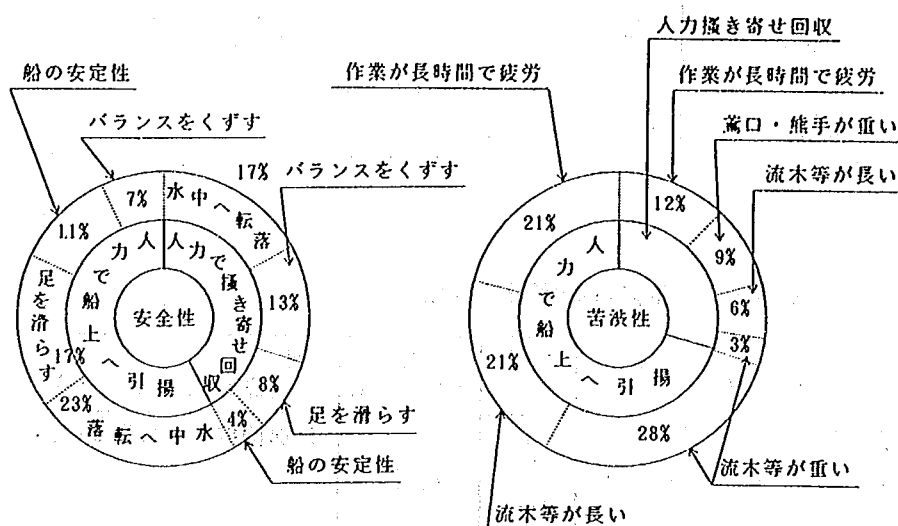


図-3-5-4 安全性の問題

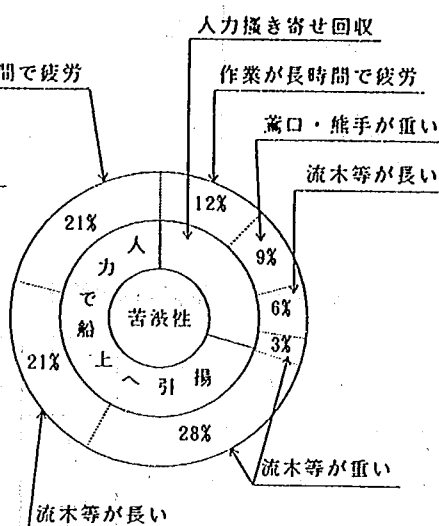


図-3-5-5 苦労性の問題

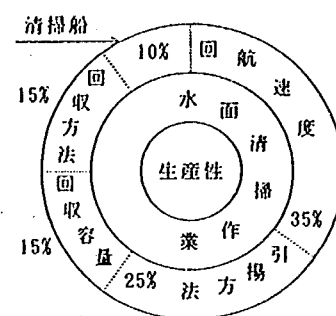


図-3-5-6 生産性の問題

表-3-5-1 安全性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い		点 数 b	件 数 c	総合点 a×b×c	備 考 (点数の根拠など)
水 中 へ 転 落	0.4	前 傾 90°		0.6	2	1.000	前傾90° は転落の危険も 高くRMRの近似値を参考。
		前 傾 45°		0.3	4		
		直 立		0.1	1		
バランスを崩す	0.2	熊手の長さ 5m		0.5	3	0.520	熊手の長さが5mの操作は 安定性が悪い。アンケート による回答区分。
		" 4m		0.3	3		
		" 3m		0.2	1		
足 を 滑 ら す	0.25	摩 擦 係 数	0~0.3	0.6	2	0.625	係数0.3では支障ないが、 姿勢と用具を持つと条件は 悪い。
			0.3~0.6	0.3	4		
			0.6~	0.1	1		
船 の 安 定 性	0.15	和 船		0.7	1	0.225	船の長さ5.0m以上安定性は 良く和船はローリングがあ る。
		鋼製 5.0m以下		0.2	2		
		鋼製 5.0m以上		0.1	4		

表-3-5-2 苦渋性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 a×b×c	備考 (点数の根拠など)
嚙口・熊手が 重	0.10	3kg×5m	0.45	3	0.225	用具は全体重量で考え坑道 歩行時の荷物重量を適用し RMRを参考。
		2kg×1m	0.35	2		
		1kg×3m	0.20	1		
作業が長時間で 疲	0.3	4h/日～	0.45	1	0.405	坑道歩行時の荷物重量を考 え、連続歩行とみなした。
		3～4	0.35	2		
		0～3	0.20	1		
流木等が重い	0.3	100kg～	0.50	3	0.780	製造業にみられる鋼材運搬 時のRMRを参考とする。
		50～100	0.30	1		
		0～50	0.20	4		
流木等が長い	0.3	4m～	0.50	4	1.110	上記に同じ。
		2～4	0.30	5		
		0～2	0.20	1		

表-3-5-3 生産性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 a×b×c	備考 (点数の根拠など)
清 掃 船	0.1	手こぎ	0.7	1	0.130	推進機構による作業範囲
		スクリュース式	0.2	1		
		ハイドロジェット	0.1	4		
回 航 速 度	0.35	1km/h未満	0.5	5	1.120	時間短縮の有意性
		1～4km/h	0.3	1		
		4km/h以上	0.2	2		
回 収 容 量	0.15	0～1	0.5	1	0.345	日当り作業回数(帰港回数)
		1～3m	0.3	4		
		3m以上	0.2	3		
回 収 方 法	0.15	人力・熊手	0.6	1	0.300	回収能力のランク付け
		掻きよせ装置	0.3	4		
		自航吸込	0.1	2		
引 揚 方 法	0.25	人力	0.7	1	0.250	人力の負担割合
		クレーン装置等	0.2	1		
		自動かき上げ	0.1	5		

2) 河（湖）岸清掃

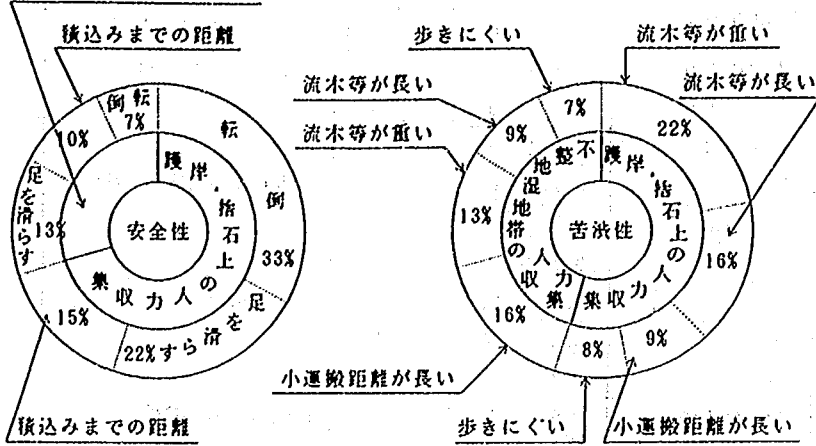
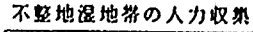


図-3-5-7 安全性の問題

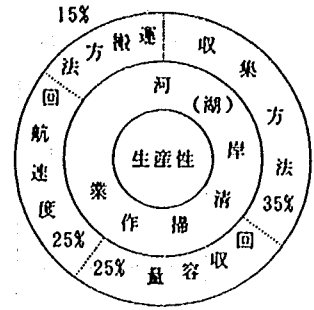


図-3-5-9 生産性の問題

表-3-5-4 安全性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い		点 数 b	件 数 c	総合点 a × b × c	備 考 (点数の根拠など)
転 倒	0.4	段差0.6m～		0.45	15	8.740	階段の上げ高さ0.15～0.2m を標準と考えた。
		段差0.4m～0.6m		0.35	22		
		段差0.2m～0.4m		0.2	37		
足を滑らす	0.2	摩 擦 係 数	0～0.3	0.6	22	9.030	係数0.3 では支障はないが 姿勢と用具を持つと条件は 悪い。
			0.3～0.6	0.3	37		
			0.6～	0.1	15		
積込みまでの 距	0.25	30m 以上		0.7	23	6.550	坑道内での台車運搬時の距 離によるRMRを参考とする。
		30m 以下		0.2	21		
		10m 以下		0.1	24		

表-3-5-5 苦渋性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 $a \times b \times c$	備考 (点数の根拠など)
流木等が重い	0.35	100kg～	0.5	6	3.150	製造業にみられる鋼材運搬時のRMRを参考とする。
		50～100	0.3	12		
		0～50	0.2	12		
流木等が長い	0.25	4m～	0.5	3	1.825	上記に同じ。
		2～4	0.3	6		
		0～2	0.2	20		
小運搬距離が長い	0.25	300m～	0.6	15	5.250	坑道内での台車運搬時の距離によるRMRを参考とする。
		100m～300m	0.3	30		
		0m～100m	0.1	30		
歩みにくい	0.15	段差がある	0.4	4	0.060	坑道内歩行時の坑道条件によるRMRを参考とする。
		堆泥により埋まる	0.3	6		
		草等がある	0.3	10		

表-3-5-6 生産性の定量的評価

問題点	重要度 a	問題点の度合い	点数 b	件数 c	総合点 a×b×c	備考 (点数の根拠など)
収集方法	0.35	人力による	0.6	5	1.610	収集能力のランク付け
		装置による	0.3	3		
		自航回収	0.1	7		
回収容量	0.25	0～1	0.5	11	1.575	日当り作業回数(帰港回数)
		1～3m ³	0.3	2		
		3m ³ 以上	0.2	1		
運搬方法	0.15	人力	0.6	22	2.370	運搬方法のランク付け
		船	0.2	2		
		トラック	0.2	11		
回航速度	0.25	1km/h未満	0.5	33	5.025	時間短縮の有意性
		1～4km/h	0.3	10		
		4km/h以上	0.2	3		

3) ホテアオイ除去

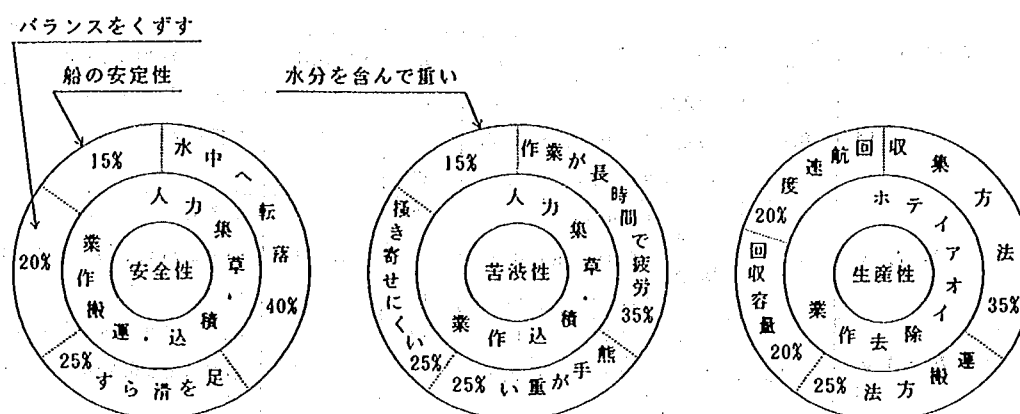


図-3-5-10 安全性の問題 図-3-5-11 苦労性の問題 図-3-5-12 生産性の問題

表-3-5-7 安全性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い		点 数 b	件 数 c	総合点 a×b×c	備 考 (点数の根拠など)
水 中 へ 転 落	0.4	前 傾 90°		0.6	2	0.640	前傾90° は転落の危険も高くRMRの近似値を参考。
		前 傾 45°		0.3	1		
		直 立		0.1	1		
バランスを崩す	0.2	熊手の長さ 5m		0.5	1	0.260	熊手の長さが5mの操作は安定性が悪い。アンケートによる回答区分。
		" 4m		0.3	2		
		" 3m		0.2	1		
足を滑らす	0.25	摩 擦 係 数	0～0.3	0.6	1	0.325	係数0.3では支障ないが、姿勢と用具を持つと条件は悪い。
			0.3～0.6	0.3	2		
			0.6～	0.1	1		
船 の 安 定 性	0.15	和 船		0.7	1	0.165	船の大きさによる安定度の有利性
		鋼製 5.0m以下		0.2	1		
		鋼製 5.0m以上		0.1	2		

表-3-5-8 苦渋性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い	点 数 b	件 数 c	総合点 a × b × c	備 考 (点数の根拠など)
熊 手 が 重 い	0.25	3kg×5m	0.45	2	0.225	用具は全重量で考え坑道歩行時の荷物重量を適用しRMRを参考。
		2kg×4m	0.35	1		
		1kg×3m	0.20	1		
作業が長時間で疲	0.35	4h/日～	0.45	1	0.350	坑道歩行時の荷物重量を考え、連続歩行とみなした。
		3 ～ 4	0.35	1		
		0 ～ 3	0.20	1		
水分を含んでい	0.15	10kg～	0.50	1	0.195	製造業にみられる鋼材運搬時のRMRを参考とする。
		5kg～10kg	0.30	2		
		0 ～ 5kg	0.20	1		
掻き寄せにくい	0.25	絡み合ってほぐしにくい	0.45	2	0.363	運材夫の木寄せのRMRを参考とする。
		やや絡み合う	0.30	1		
		ほぐしやすい	0.25	1		

表-3-5-9 生産性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合い	点 数 b	件 数 c	総合点 a × b × c	備 考 (点数の根拠など)
収 集 方 法	0.35	人力による	0.6	1	0.350	収集能力のランク付け
		装置による	0.3	1		
		自航回収	0.1	1		
回 収 容 量	0.20	0 ～ 1	0.5	1	0.260	日当り作業回数(帰港回数)
		1 ～ 3	0.3	2		
		3m以上	0.2	1		
運 搬 方 法	0.25	人力	0.6	2	0.400	運搬方法のランク付け
		船	0.2	1		
		トラック	0.2	1		
回 航 速 度	0.20	1km/h未満	0.5	1	0.240	時間短縮の有意性
		1～ 4km/h	0.3	1		
		4km/h以上	0.2	2		

3.5.5 定量的評価による改善すべき工程の選出

(1) 水面清掃

平成2年度の調査結果より、水面清掃に関する問題点を整理すると、1 一般に双胴型の水面清掃船（写真-3-5-4）が用いられているが、護岸部や河岸付近の浅瀬部には清掃船が近寄れないため人力による補助作業（写真-3-5-5）が必要となり、作業環境が悪く、作業に時間がかかる。2 事故や災害の発生しやすい危険な環境での作業である。3 人力補助作業が多く苦渋な作業である。等が判明した。又、水面清掃機械の自動化、高速化、新規開発の必要性については、89件のうち69件が「ある」という回答であった。平成3年度は、人力補助作業について詳細調査を行った。

1) 作業工程

水面清掃の作業工程を分析すると1 準備、2 塵芥の回収・船上への積込・運搬、3 塵芥の揚陸、4 揚陸後の処理となる。

2) 危険又は苦渋を伴う作業

調査の結果より、作業工程のうち最も危険または苦渋を伴う作業は、

「①人力で掻き寄せ回収する。②人力で船上へ引揚げ。③人力で揚陸する。」であり、このうち人力作業の占める割合の多い「掻き寄せ作業」と「引揚げ作業」について、問題点を抽出して定量化の分析を行う。

(2) 河（湖）岸清掃

平成2年度の調査結果より、河（湖）岸清掃はすべて人力作業で行われており、1作業能率が悪く、作業に時間がかかる。2塵芥の掻き寄せ、搬出等の人力作業が、足場条件の悪い傾斜地での作業が多く、危険で苦渋な作業である。等の問題点が判明した。次にこれらの「人力作業」について問題点を抽出して定量化の分析を行う。

(3) ホテイアオイ除去作業

ホテイアオイは繁殖力が強く、春から夏にかけて高温時に異常発生すると、流水の阻害または水門等河川構造物の周辺に流下堆積して、その維持管理に支障を与える。ホテイアオイ除去方法としては、水面清掃船を用いる方法と、人力を中心に汎用の和船とバックホウ等の組合せ（写真-3-5-6）による方法とがとられている。平成3年度の調査によると、作業工程のうち、人力による集草・積込作業が危険及び苦渋を伴う作業となっている。これらの問題点を抽出し、定量化の分析を行う。

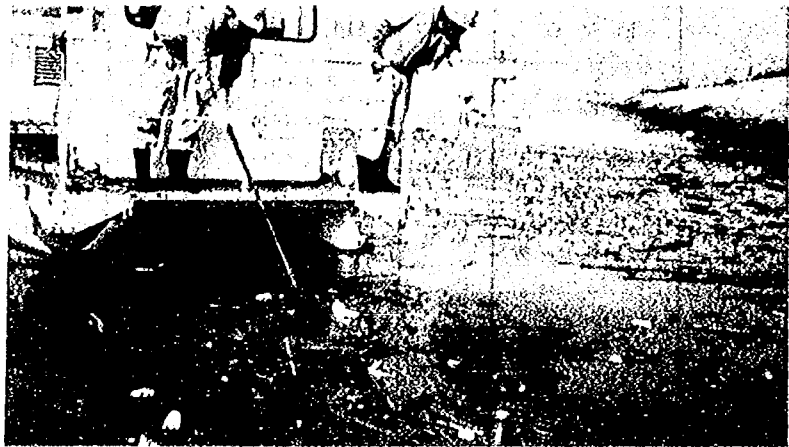


写真-3-5-4 水面浮遊塵埃掻き寄せ作業

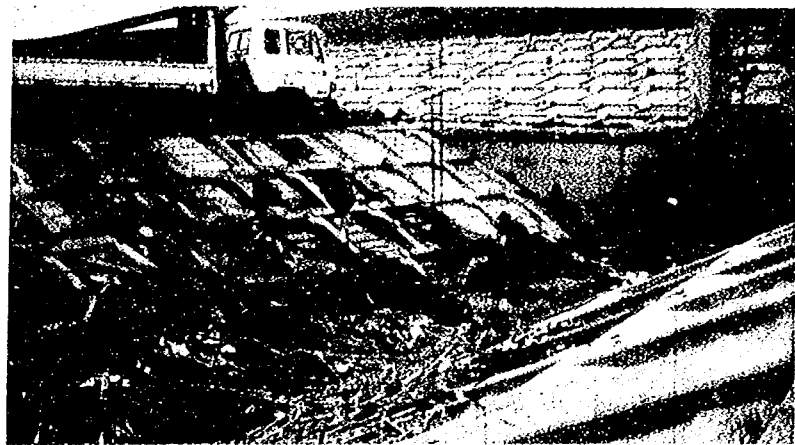


写真-3-5-5 樋門周辺の堆積状況



写真-3-5-6 ホテイアオイ発生状況

3.5.6 開発目標及び改善案

(1) 水面清掃

1) 開発要望

水面清掃における浮遊物の掻き寄せ作業は、約50%が人力作業でおこなわれており、非常に危険で苦渋な作業であり、効率的で安全な機械の開発が強く望まれている。

又、塵芥のうち、流木、木ぎれ等の重量物(100kg以上)及び長大物(長さ3～5m)がある。これらを、船上へ引き揚げ回収する作業が人力で行われており(約57%)、非常に危険で苦渋な作業であり、機械の開発が望まれている。

2) 開発目標及び改善案

既存技術を改善して、掻き寄せ・引揚・揚陸装置をすべて装備し、回航速度、作業速度をアップした水面清掃船の開発。

(2) 河(湖)岸清掃

1) 開発要望

河(湖)岸清掃作業において、河岸付近の浅瀬部及び不整地・湿地帯に点在する塵芥の収集・小運搬・積込作業は、約50～60%が人力で行われており、非能率的で苦渋な作業となっている。不整地・湿地帯及び浅瀬部を走行しながら収集・運搬を行う機械の開発が望まれている。

2) 開発目標及び改善案

不整地・湿地帯・河岸付近の浅瀬部を自走して塵芥の収集・運搬を行う水陸両用清掃船の開発。

(3) ホテイアオイ除去

1) 開発要望

ホテイアオイ除去作業において、船上への引揚げ及び陸揚げ作業が約30%人力で行われており、非能率的で苦渋な作業となっている。ホテイアオイ専用の清掃船の開発が望まれている。

2) 開発目標及び改善案

ホテイアオイの収集・引揚げ・処理装置をすべて船上に装備した専用船の開発。

3.5.7 既存技術の調査

3.5.6で述べた水面清掃における浮遊物の掻き寄せ・収集作業等の合理化(安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上)に関連する既存技術の仕様及び使用状態の調査を行い、合理化に応用できるものは応用することとする。調査結果は、表-3-5-10～12に示す。

表-3-5-10 既存技術の開発一覧表

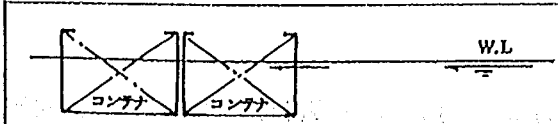
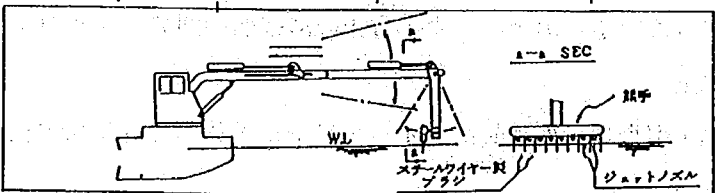
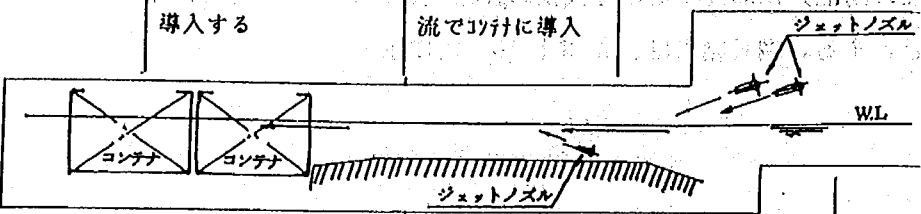
改善項目	適用技術	適用技術概要	選択の理由	現在の技術レベル	備考
浮遊塵芥の収集方式 (苦液性)	コシ方式	底面、側面、後面が、金網状のもので構成されたコシを半水没させて流入してくる浮遊塵芥をコシ内に捕集する	船体を前進させることにより浮遊塵芥をコシに導入する最も簡単な方法	水面清掃船の塵芥コシとして多数の実績がある	船体が停止しているときは人力によるかき寄せが必要
浮遊塵芥の導入方式 (苦液性)					
	ディスクローター付き水面清掃船	ディスクローターを回転させることにより、水面付近にローターに吸い寄せられる水流が発生し、浮遊ゴミがコシに導入	河岸、湖岸に溜まった浮遊塵芥を水流で自動的コシに導入する方法	光工業㈱にて開発され、福岡市港湾局にて運用されている	流木が吸い込まれるとディスクローターに噛み込み、故障の原因となる
	かき寄せレーキ付き清掃船	かき寄せレーキを操舵室より操作して、伸縮、回転により浮遊ゴミがコシに導入される	河岸、湖岸に溜まった浮遊塵芥を水流でコシに導入する方法	建設省九州地方建設局にて行われ採用として運用されている	浮遊ゴミのかき寄せの自動化が必要
ジェットノズル方式					
	操舵室より7-Aを操作し、伸縮、回転させ、ジェットノズルより水を噴射して浮遊ゴミをコシに導入する	法面、小段、護岸に溜まった塵芥、河岸、湖岸に溜まった浮遊塵芥を水流でコシに導入	上記かき寄せレーキと併用した構造の水面清掃船が開発されている。	水の噴射方法は、水中と空中の2種類がある	
					

表-3-5-11 既存技術の開発一覧表

改善項目	適用技術	適用技術概要	選択の理由	現在の技術レベル	備考
流木の収集方式 (苦労性)	立木処理装置	流木を掴み、チェーンソーにて切断し、細い枝は噛みきりコンテナに収集	最も苦労性の大きな流木の処理に適している	中国地方建設局にて開発され、河川の河道内に自生する雑木除去作業に使用されている。	流木等の処理は、現在人手で行っているが、長く、重たいので重労働で且つ転落の危険を伴う作業である
杉竹材の収集方式 (苦労性)	爪付バケット方式	杉竹材を爪付バケットにて掻き揚げ、搬送してコンテナに導入する	絡み合った杉竹材の掻き揚げに適している	杉竹材清掃船の積込装置として運用されている	杉竹材のかき寄せ装置と併用されている
滑り防止方式 (安全性)	凹凸加工滑り止め方式	甲板上に金刚砂を塗布する方法	金刚砂の塗布は、エポキシ樹脂等で簡単にできる	工場内の階段等に粘着材付きのシートが使用されている	甲板が濡れていると滑りやすく、転落の恐れがある
焼却トイレ方式 (苦労性)	電気炉式排泄物焼却トイレ	排泄物を電気ヒータで焼却する	排泄物をトイレの中で焼却し、灰だけが残らないので衛生的である	キャンプ場等で使用されている	清掃船は出港すると、長時間水上で作業するため
休息時間の快適化 (苦労性)	冷暖房設置 テレビ設置等	家庭用電気機器の使用	湖沼清掃時の休息時間に、基地まで帰らないで、現場待機により回送時間と燃料を節約する	AC100Vの発電機を登載すれば、家庭用の電気機器が使用できる	同上

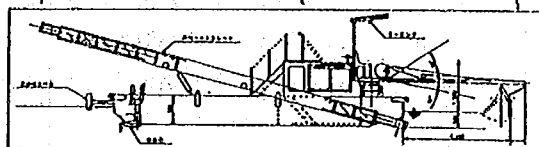
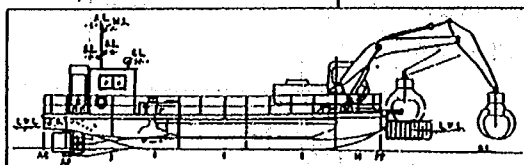
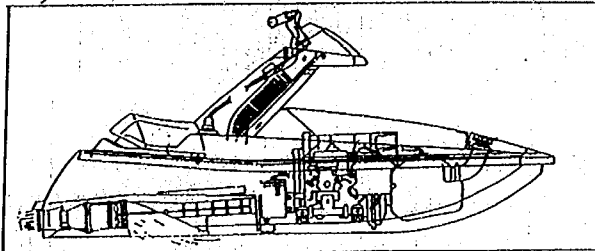
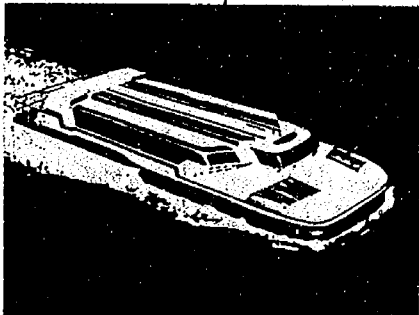


表-3-5-12 既存技術の開発一覧表

改善項目	適用技術	適用技術概要	選択の理由	現在の技術レベル	備考
浅瀬や流木によるスクリューの破損 (推進方式)	水上オートバイにみられるようなウォータージェット技術を応用した推進方法	船底の水をインテーク外よりインテークハブ内に導入し、インテークを回転させ船尾のノズルより噴射し推進する	インテークが船内インテークハブ内にあるため浅瀬や流木にて破損の恐れが少ない	ヤマハ発動機の水 上オートバイに採用されている	長い水草や紐等を吸い込むとインテークに巻き付き推進不能となる恐れがある
					
	ホバーcraftに見られるようなブロー推進技術を応用した推進方法	船尾に設置したブローを高速回転させ、空気の反動により推進する	ブローが船上にあるため浅瀬や流木にて破損することはない	基本的には単発のブロー飛行機と同じで、ホバーcraftの推進用に採用されている	ブローを高速回転させるため騒音が大きく且つ、燃費が悪い
超電導伝推進船「ヤマト1」に見られるような超電導電磁推進技術を応用した推進方法					
	「フミンガ」の左手の法則」を応用し、船底に超電導磁石を設置し、海中で垂直方向に発生した磁場に直交するように電流を流すと推進力が得られる	推進力の発生装置に可動部がないため浅瀬や流木にて破損することはない	リッパ・アット・オーション財団が開発に着手し、三菱重工神戸造船所で実験船がほぼ完成している	1992年6月のテストでは、超電導電磁コイルの異常により実験を中止した	
					

3.5.8 条件整備

(1) 水面清掃

水面清掃における人力作業を機械化して、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図るための条件整備を次のとおり行う。

表-3-5-13 水面清掃の条件整備

工 種	人力掻き寄せ作業	船上へ引揚げ作業
安 全 性	船上から熊手又は蕭口等で浮遊物を掻き寄せる作業で、特に流木等の場合前傾90度の姿勢となり、転落等の危険がある。	掻き寄せた浮遊物を熊手又は蕭口等で船上の塵芥槽へ引揚げる作業で、足を滑らす・転落・手足損傷等の危険がある。
苦 渋 性	浮遊物の掻き寄せ、特に流木等の重量物又は長大物の引寄せ作業が、苦渋な作業である。	浮遊物の引揚げ、特に流木等の重量物又は長大物の引揚げ作業が、苦渋な作業である。
生 産 性	人力作業のため、時間がかかり作業能率が悪い。	人力作業のため、時間がかかり作業能率が悪い。

(2) 河（湖）岸清掃

河（湖）岸清掃における人力作業を機械化して、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図るための条件整備を、次のとおり行う。

表-3-5-14 河（湖）岸清掃の条件整備

工 種	人力収集・運搬・積み込み作業 ・護岸上・樋門樋管周辺 ・階段その他構造物周辺	人力収集・運搬・積み込み作業 ・不整地・湿地帯 ・河岸付近の浅瀬部
安 全 性	この箇所の塵芥収集は、陸側より行う場合と、清掃船により川側から行う場合がある。 70%以上が人力作業となっており、護岸・階段・捨石上等の塵芥収集は、足を滑らせて転倒等の危険作業である。	この箇所の塵芥は、広範囲に点在しており、人力で収集小運搬が行われている。
苦 渋 性	塵芥のうち、特に流木等の重量物又は長大物の収集が苦渋な作業である。	塵芥のうち、特に流木等の重量物又は長大物の収集が苦渋な作業である。
生 産 性	人力作業のため、時間がかかり作業能率が悪い。	広範囲を人力収集するため、時間がかかり作業能率が悪い。

(3) ホテイアオイ除去

ホテイアオイ除去における人力作業を機械化して、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図るための条件整備を次のとおり行う。

表-3-5-14 河（湖）岸清掃の条件整備

工 種	人力収集・引揚げ作業
安 全 性	ホテイアオイを船上から、熊手・レーキ等で掻き寄せ船上へ引揚げる作業で、足を滑らす・転落等の危険を伴う。
苦 渋 性	ホテイアオイは水分を含み、これの引揚げはむりな姿勢による筋力作業で、苦渋性が高い。
生 産 性	人力作業のため、時間がかかり作業能率が悪い。

3.5.9 開発構想

(1) 水面清掃

1) 近未来的開発

(a) ディスフロータ装置、熊手型塵芥掻き寄せ装置（ジェット噴水及びクレーン装置併用）により、掻き寄せ、引揚げ作業が可能な双胴型自航式水面清掃船の開発

(b) 船が近寄れない箇所である不整地・湿地帯・河岸付近の浅瀬部を自走しながら機械装置により、塵芥処理・引揚げ作業が可能な水陸両用清掃船の開発。

2) 遠未来的開発

水面及び河岸等に浮遊する塵芥を収集して、船内で選別、剪断、破碎、焼却、灰処理まで一連装置で処理する船上処理型の双胴型自航式水面清掃船の開発

(2) 河（湖）岸清掃

開発のコンセプトは、水面清掃と同じである。

(3) ホテイアオイ除去

水面上に繁茂したホテイアオイをほぐし積込み機能を装備し、脱水機構と水分の処理装置等、船上搭載して一環作業でホテイアオイの除去を行う。開発のコンセプトは、水面清掃と同じである。

3.5.10 改善項目の設定

3.5.8の項で条件整備を行なったので、その結果より、改善項目の絞り込みを行なった。

(1) 水面清掃

1) 人力掻き寄せ作業の機械化、自動化

熊手掻き寄せ装置は、出雲工事に試験施工を実施した結果、操作が難しく自動化に向けての課題が多いことがわかったため、操作が簡単で将来自動化しやすい回転円盤方式及び水ジェット方式に絞り込む。

2) 人力引き揚げ作業の機械化、自動化

掻き寄せ作業で、コンテナへの導入が不可能な長い流木はクレーンの先端に取り付けたチェーンソウ付グラブを利用して切断する。また大きな流木の根は直接グラブでつかみ、船上へ引き揚げる。

3) 推進方式の改善

スクルー方式の代用として、浅瀬や流木による破損の恐れが少ないウオータゼット推進方式を近未来とし、「フレミングの左手の法則」を応用し、船底に超電導磁石を設置し、海中で垂直方向に発生した磁場に直交するように電流を流して推進力を得る超電導電磁推進方式を遠未来とする。

(2) 河（湖）岸清掃

河（湖）岸清掃の問題点は、塵芥が護岸、階段、捨石、湿地、浅瀬等の広範囲に散在しているため、人力による収集・運搬・積込み作業を強いられていることである。従って、水面からの作業には、限界があるため、水陸両用清掃機の開発により、収集・運搬・積込み作業を全て機械化、自動化することにより安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図ることとする。

(3) ホテイアオイの除去

ホテイアオイの除去作業における塵芥の収集及び引揚げ作業のほとんどが水面清掃作業と類似していることから、機械化、自動化に当たっては水面清掃作業に代表させるものとする。

3.5.11 改善効果

3.5.11.1 改善効果の測定

(1) 測定方法

改善効果の測定方法は、清掃作業の事例が極端に少ないことと、現地の作業条件がそれぞれ異なることから、画一的な測定方法は難しい。ここでは大田川工事及び出雲工事において、開発機を想定したシミュレーションを行い、清掃作業員から改善割合と分担割合について聞き取り調査を行った。その結果を統一様式に記入し、前年度に実施した各問題点の重要度、問題点の度合いに対する点数、件数などを掛け合わせて重み付けをした定量的評価の結果を加味しながら、改善前後の改善比率を算出した。改善効果比較図は、開発機による改善効果を評価するために、改善比率表における装置改善前後の改善比率をグラフ化したものである。各グラフの右端に、改善前の改善比率を100%としたときの改善後の改善比率を示す。

(2) 測定結果

1) 水面清掃

開発機による水面清掃作業の改善効果の測定結果を表-3-5-16~18、図-3-5-13~15に示す。これによると、安全性は 173%に、苦渋性は 180%に、生産性は 175%に各々増加しており、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図ることが出来、現在の作業がかなりの面で改善されることがわかる。

2) 河（湖）岸清掃（清掃船使用の場合）

開発機による河（湖）岸清掃作業の改善効果の測定結果を表-3-5-19 ~21、図-3-5-16~18に示す。

これによると、安全性は 171%に、苦渋性は 195%に、生産性は 159%に各々増加しており、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図ることが出来、現在の作業がかなりの面で改善されることがわかる。

3) 河（湖）岸清掃（水陸両用機使用の場合）

開発機による河（湖）岸清掃作業の改善効果の測定結果を表-3-5-22~24、図-3-5-19~21に示す。

これによると、安全性は 170%に、苦渋性は 187%に、生産性は 188%に各々増加しており、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図ることが出来、現在の作業がかなりの面で改善されることがわかる。

3.5.11.2 改善上の問題点

河川の場合は、流速、水深、護岸の状況、浮遊塵芥の種類（流木や発砲スチロール等）など、いわゆる現場条件が、まちまちであることから、他の維持管理作業のような画一的な機械化、自動化は難しく、各河川の特性にマッチした主装置をそなえた清掃船の開発を必要とする。

次に、清掃船を推進させる方式として、主に①スクルー方式、②ウオークジェット方式、③超電導電磁方

式があるが、①は浅瀬や流木によって、スクリーンを破損したり、ロープ等を巻き込み回転不能となるなどの問題が残る。③は、浅瀬には適するが、速度が出にくく効率が悪いことと、浮遊物等を吸い込み、インペラが摩耗したり、破損したりする問題が残る。③は、実験船による試験航行が開始されたばかりの方式であるが、将来実用化されれば、清掃船への適用も可能であり、①及び②の問題は解消されるものと思われる。

表-3-5-16 改善比率表（水面清掃の場合）

項 目		安 全 性											
問 題 点 (改善項目)		水中へ転落			バランスをくずす			足を滑らす			船の安定性		
重 要 度 a		0.40			0.20			0.25			0.15		
問 題 点 の 度 合		前 傾 90°	前 傾 45°	直 立	船 手 の 長 さ 5 m	船 手 の 長 さ 4 m	船 手 の 長 さ 3 m	摩 擦 係 数 0 0.3 0.6 ↓ ↓ ↓ 0.3 0.6 ↓			和 船	鋼 船 5.0 m 以下	鋼 船 5.0 m 以上
点 数 b		0.6	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.7	0.2	0.1
件 数 c		2	4	1	3	3	1	2	4	1	1	2	4
総 合 点 (改善指数 a×b×c) d		0.48	0.48	0.04	0.3	0.18	0.04	0.3	0.3	0.025	0.105	0.06	0.06
		1.000			0.520			0.625			0.225		
浮遊塵芥	e 改善割合 (%)	75	85	95	70	80	90	70	80	90			
	f (100-e)	25	15	5	30	20	10	30	20	10			
引き寄せ導入装置 (回転円盤方式)	g 分担割合	25			25			30					
	h1 (d×f×g)	0.030	0.018	0.001	0.023	0.008	0.001	0.027	0.018	0.001			
水ジェット方式	e 改善割合 (%)	75	85	95	70	80	90	75	85	95			
	f (100-e)	25	15	5	30	20	10	25	15	5			
塵芥引き寄せ装置	g 分担割合	40			50			50					
	h2 (d×f×g)	0.048	0.029	0.001	0.045	0.018	0.002	0.038	0.023	0.001			
クレーン	e 改善割合 (%)	70	85	95	70	80	90	75	85	85			
	f (100-e)	30	15	5	30	20	10	25	15	5			
吊上積込み装置	g 分担割合	35			20			20					
	h3 (d×f×g)	0.050	0.025	0.001	0.018	0.007	0.001	0.015	0.009	0.000			
船 体	e 改善割合 (%)	20	20	20	10	10	10	10	10	10	90	90	90
	f (100-e)	80	80	80	90	90	90	90	90	90	10	10	10
双胴形13~15m	g 分担割合	10			10			10			90		
	h4 (d×f×g)	0.038	0.038	0.003	0.027	0.016	0.004	0.027	0.027	0.002	0.009	0.005	0.005
ウォータージェット		0.038	0.038	0.003	0.027	0.016	0.004	0.027	0.027	0.002	0.009	0.005	0.005
装置改善前の改善指数 d (装置改善前の改善比率)		0.480	0.480	0.040	0.300	0.180	0.040	0.300	0.300	0.025	0.105	0.060	0.060
		1.000(42.2%)			0.520(21.9%)			0.625(26.4%)			0.225(9.5%)		
装置改善後の改善指数 (装置改善後の改善比率)		0.166	0.110	0.006	0.113	0.050	0.008	0.107	0.077	0.004	0.009	0.005	0.005
		0.282(72.5%)			0.171(36.6%)			0.188(44.9%)			0.019(18.2%)		

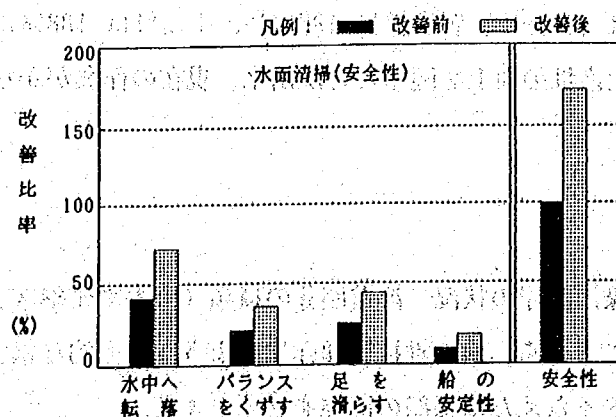


図-3-5-13 改善効果比較図（水面清掃の場合）

表-3-5-17 改善比率表（水面清掃の場合）

項 目		苦 労 性											
問 題 点（改善項目）		肩口・熊手が重い			作業が長時間で疲労			流木等が重い			流木等が長い		
重 要 度 a		0.10			0.30			0.30			0.30		
問 題 点 の 度 合		3kg	2	1	4	3	0	100	50	0	4	2	0
		×	×	×	h/日	×	×	×	×	×	×	×	×
		5m	4	3	×	4	3	×	100	50	×	4	2
点 数 b		0.45	0.35	0.2	0.45	0.35	0.2	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
件 数 c		3	2	1	1	2	1	3	1	4	4	5	1
総 合 点		0.135			0.135			0.45			0.6		
改善指数 a×b×c d		0.225			0.405			0.780			1.110		
浮遊塵芥	e 改善割合 (%)	60	75	85	55	65	75	50	50	50	50	50	50
	f (100-e)	40	25	15	45	35	25	50	50	50	50	50	50
	g 分担割合	20			25			20			20		
引き寄せ導入装置 (回転円版方式)	h1 (d×f×g)	0.011	0.004	0.001	0.015	0.018	0.004	0.045	0.009	0.024	0.060	0.045	0.006
	e 改善割合 (%)	75	85	95	60	70	80	50	50	50	50	50	50
	f (100-e)	25	15	5	40	30	20	50	50	50	50	50	50
水ジェット方式	g 分担割合	50			45			20			20		
	h2 (d×f×g)	0.017	0.005	0.001	0.024	0.028	0.005	0.045	0.009	0.024	0.060	0.045	0.006
	e 改善割合 (%)	60	75	85	65	75	85	85	90	90	80	85	90
クレーン	f (100-e)	40	25	15	35	25	15	15	10	10	20	15	10
	g 分担割合	30			30			80			70		
	h3 (d×f×g)	0.016	0.005	0.001	0.014	0.016	0.003	0.054	0.007	0.019	0.084	0.016	0.004
吊上積み装置	e 改善割合 (%)	10	10	10	50	50	50	80	80	80	70	70	70
	f (100-e)	90	90	90	50	50	50	20	20	20	30	30	30
	g 分担割合	10			20			20			30		
船 体	h4 (d×f×g)	0.012	0.006	0.002	0.014	0.021	0.006	0.018	0.004	0.010	0.054	0.041	0.005
	e 改善割合 (%)	10	10	10	50	50	50	80	80	80	70	70	70
	f (100-e)	90	90	90	50	50	50	20	20	20	30	30	30
双胴形13～15m	g 分担割合	10			20			20			30		
	h4 (d×f×g)	0.012	0.006	0.002	0.014	0.021	0.006	0.018	0.004	0.010	0.054	0.041	0.005
	e 改善割合 (%)	10	10	10	50	50	50	80	80	80	70	70	70
ウォータージェット	f (100-e)	90	90	90	50	50	50	20	20	20	30	30	30
	g 分担割合	10			20			20			30		
	h4 (d×f×g)	0.012	0.006	0.002	0.014	0.021	0.006	0.018	0.004	0.010	0.054	0.041	0.005
装置改善前の改善指数 d		0.135	0.070	0.020	0.135	0.210	0.060	0.450	0.090	0.240	0.600	0.450	0.060
装置改善前の改善比率		0.225 (8.9%)			0.405 (16.1%)			0.780 (31.0%)			1.110 (44.0%)		
装置改善後の改善指数		0.056	0.020	0.005	0.067	0.083	0.018	0.162	0.029	0.077	0.258	0.147	0.021
装置改善後の改善比率		0.081 (14.6%)			0.168 (25.5%)			0.268 (51.3%)			0.426 (71.1%)		

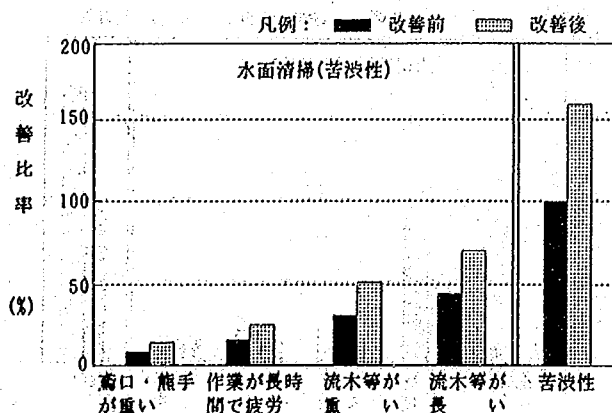


図-3-5-14 改善効果比較図（水面清掃の場合）

表-3-5-18 改善比率表（水面清掃の場合）

項 目		生 産 性														
問 題 点 (改善項目)		推進方式			回航速度			回収容量			回収方法			引揚方法		
重 要 度 a		0.10			0.35			0.15			0.15			0.25		
問 題 点 の 度 合		手 こ ぎ	スク リ ュー 式	ハ イ ド ロ ン ジ ェ ツ ト	0 1 4 km/h km/h km/h 以上	0 1 4 km/h km/h 以上	0 1 4 km/h km/h 以上	0 1 4 km/h km/h 以上	0 1 4 km/h km/h 以上	0 1 4 km/h km/h 以上	人 力 ・ 熊 手	操 業 せ 装 置	自 航 吸 込	人 力	ク レ ー ン 機 等	自 動 か き 上 げ
点 数 b		0.7	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.7	0.2	0.1
件 数 c		1	1	4	5	1	2	1	4	3	1	4	2	1	1	5
総 合 点		0.07			0.02			0.04			0.875			0.105		
改善指数 $a \times b \times c$ d		0.130			1.120			0.345			0.300			0.350		
浮遊塵芥	e 改善割合 (%)										60	60	70	60	40	30
	f (100-e)										40	40	30	40	60	70
引き寄せ導入装置 (回転円版方式)	g 分担割合										30				50	
	h1 (d×f×g)										0.011	0.022	0.003	0.035	0.015	0.044
水ジェット方式	e 改善割合 (%)										70	60	10	70	50	40
	f (100-e)										30	40	90	30	50	60
塵芥掻き寄せ装置	g 分担割合										50				50	
	h2 (d×f×g)										0.014	0.036	0.014	0.026	0.013	0.038
クレーン	e 改善割合 (%)										70	0	10	80	55	25
	f (100-e)										30	100	90	20	45	75
吊上積込み装置	g 分担割合										20				80	
	h3 (d×f×g)										0.005	0.036	0.005	0.032	0.020	0.084
船 体	e 改善割合 (%)	90	70	50	80	80	80	80	90	90						
	f (100-e)	10	30	50	20	20	20	10	10	10						
双胴形13~15m	g 分担割合				70			70								
	h4 (d×f×g)				0.123	0.015	0.020	0.005	0.013	0.006						
装置改善前の改善指数 (装置改善前の改善比率)		0.070	0.020	0.040	0.875	0.105	0.140	0.075	0.180	0.090	0.090	0.180	0.030	0.175	0.050	0.125
装置改善後の改善指数 (装置改善後の改善比率)		0.005	0.004	0.014	0.123	0.015	0.020	0.005	0.013	0.006	0.030	0.094	0.022	0.093	0.048	0.166
		0.130(5.8%)			1.120(49.9%)			0.345(15.3%)			0.300(13.4%)			0.350(15.6%)		
		0.023(10.6%)			0.158(92.8%)			0.024(29.5%)			0.146(20.3%)			0.307(17.5%)		

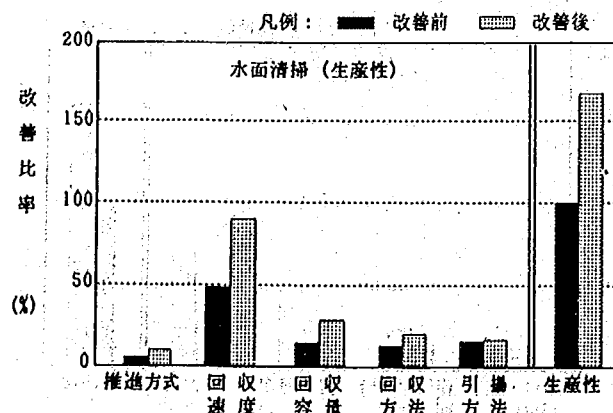


図-3-5-15 改善効果比較図（水面清掃の場合）

表-3-5-19 改善比率表（河（湖）岸清掃の場合）

項 目		安 全 性								
問 題 点 (改善項目)		転 倒			足を滑らす			積み込みまでの距離		
重 要 度 a		0.40			0.35			0.25		
問 題 点 の 度 合		段差 0.6m ↓ 0.6	段差 0.4 ↓ 0.4	段差 0.2 ↓ 0.4	摩 擦 係 数 0 ↓ 0.3 ↓ 0.6			30m 以上	30m 以下	10m 以下
点 数 b		0.45	0.35	0.2	0.6	0.3	0.1	0.7	0.2	0.1
件 数 c		15	22	37	22	37	15	28	21	24
総 合 点 (改善指数 $a \times b \times c$) d		2.70	3.08	2.96	4.620	3.885	0.525	4.90	1.05	0.60
		8.740			9.030			6.550		
浮遊塵芥 引き寄せ導入装置 (回転円版方式)	e 改善割合 (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	f (100-e)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	g 分担割合	30			30			30		
	h1 (d×f×g)	0.648	0.739	0.710	1.109	0.932	0.126	1.176	0.252	0.144
水ジェット方式 塵芥引き寄せ装置	e 改善割合 (%)	30	30	30	30	30	30	20	20	20
	f (100-e)	70	70	70	70	70	70	80	80	80
	g 分担割合	40			40			40		
	h2 (d×f×g)	0.756	0.862	0.828	1.294	1.088	0.147	1.568	0.336	0.192
クレーン 吊上積み装置	e 改善割合 (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	f (100-e)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	g 分担割合	20			20			20		
	h3 (d×f×g)	0.432	0.493	0.474	0.739	0.622	0.084	0.784	0.168	0.096
船 体 双胴形13~15m ウォータジェット	e 改善割合 (%)				10	10	10	10	10	10
	f (100-e)				90	90	90	90	90	90
	g 分担割合				10			10		
	h4 (d×f×g)				0.416	0.350	0.047	0.441	0.095	0.054
装置改善前の改善指数 d		2.70	3.08	2.96	4.620	3.885	0.525	4.90	1.05	0.60
(装置改善前の改善比率)		8.74(35.9%)			9.03(37.1%)			6.55(26.9%)		
装置改善後の改善指数 d		1.836	2.094	2.013	3.558	2.892	0.404	3.968	0.851	0.486
(装置改善後の改善比率)		5.943(47.4%)			6.954(45.6%)			5.306(32.0%)		

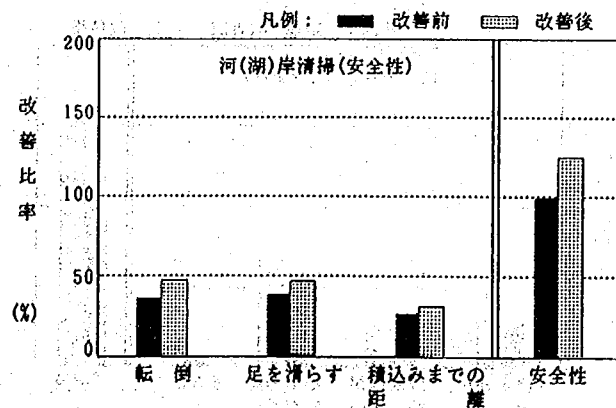


図-3-5-16 改善効果比較図（河（湖）岸清掃の場合）

表-3-5-20 改善比率表（河（湖）岸清掃の場合）

項 目		苦 渋 性											
問 題 点 (改善項目)		流水等が重い			流水等が長い			小運搬距離が長い			歩きにくい		
重 要 度 a		0.35			0.25			0.25			0.15		
問 題 点 の 度 合		100 kg 5	50 kg 5	0 kg 5	4m 5 4	2 5 4	0 5 2	300m 5	100 5	0 5	段 差 が あ る	堆 泥 に 埋 ま り る	草 等 が あ る
点 数 b		0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.4	0.3	0.3
件 数 c		6	12	12	3	6	20	15	30	30	4	6	10
総 合 点	改善指数 a×b×c d	1.05	1.26	0.84	0.375	0.45	1.00	2.25	2.25	0.75	0.24	0.27	0.45
		3.150			1.825			5.250			0.960		
浮遊塵芥 引き寄せ導入装置 (回転円版方式)	e 改善割合 (%)	50	50	50	50	50	50	20	20	20	10	10	10
	f (100-e)	50	50	50	50	50	50	80	80	80	90	90	90
	g 分担割合	20			20			20			20		
	h1 (d×f×g)	0.105	0.126	0.084	0.038	0.045	0.100	0.360	0.360	0.120	0.043	0.049	0.081
水ジェット方式 塵芥掻き寄せ装置	e 改善割合 (%)	50	50	50	50	50	50	20	20	20	10	10	10
	f (100-e)	50	50	50	50	50	50	80	80	80	90	90	90
	g 分担割合	20			20			20			20		
	h2 (d×f×g)	0.105	0.126	0.084	0.038	0.045	0.100	0.360	0.360	0.120	0.043	0.049	0.081
クレーン 吊上積込み装置	e 改善割合 (%)	90	90	90	80	80	80	20	20	20	10	10	10
	f (100-e)	10	10	10	20	20	20	80	80	80	90	90	90
	g 分担割合	80			70			20			20		
	h3 (d×f×g)	0.084	0.101	0.067	0.053	0.063	0.140	0.360	0.360	0.120	0.043	0.049	0.081
船 体 双胴形13~15m ウォータージェット	e 改善割合 (%)	80	80	80	70	70	70	10	10	10	10	10	10
	f (100-e)	20	20	20	30	30	30	90	90	90	90	90	90
	g 分担割合	20			30			10			10		
	h4 (d×f×g)	0.042	0.050	0.034	0.034	0.041	0.090	0.203	0.203	0.068	0.022	0.024	0.041
装置改善前の改善指数 (装置改善前の改善比率)		1.05	1.26	0.84	0.375	0.450	1.000	2.25	2.25	0.75	0.24	0.27	0.45
		3.15 (28.2%)			1.825 (16.3%)			5.25 (46.9%)			0.96 (8.6%)		
装置改善後の改善指数 (装置改善後の改善比率)		0.336	0.403	0.269	0.163	0.184	0.430	1.283	1.283	0.428	0.151	0.171	0.284
		1.008 (47.4%)			0.787 (25.6%)			2.994 (67.1%)			0.606 (11.8%)		

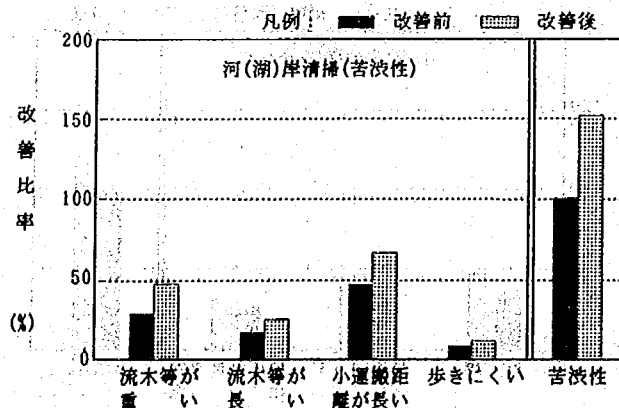


図-3-5-17 改善効果比較図（河（湖）岸清掃の場合）

表-3-5-21 改善比率表（河（湖）岸清掃の場合）

項 目		生 産 性											
問 題 点 (改善項目)		収 集 方 法			回 収 容 量			運 搬 方 法			回 航 速 度		
重 要 度 a		0.35			0.25			0.15			0.25		
問 題 点 の 度 合		人 力 に よ る	装 置 に よ る	自 航 回 数	0 5 1 未 満	1 3m 3m	3m 以 上	人 力	船	トラ ック	0 5 1 未 満	1 3 4km/h	4km/h 以 上
点 数 b		0.6	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2	0.6	0.2	0.2	0.5	0.3	0.2
件 数 c		5	3	7	11	2	1	22	2	11	33	10	3
総 合 点	改善指数 a × b × c d	1.05	0.315	0.245	1.375	0.15	0.05	1.98	0.06	0.33	4.125	0.75	0.15
		1.610			1.575			2.370			5.025		
浮遊塵芥 引き寄せ導入装置 (回転円版方式)	e 改善割合 (%)	20	20	70									
	f (100-e)	80	80	30									
	g 分担割合	30											
	h1 (d×f×g)	0.252	0.076	0.022									
水ジェット方式 塵芥引き寄せ装置	e 改善割合 (%)	80	50	0									
	f (100-e)	20	50	100									
	g 分担割合	50											
	h2 (d×f×g)	0.105	0.079	0.123									
クレーン 吊上積み装置	e 改善割合 (%)	60	30	0				70	50	20			
	f (100-e)	40	70	100				30	50	80			
	g 分担割合	20						20					
	h3 (d×f×g)	0.084	0.044	0.049				0.119	0.006	0.053			
船 体 双胴形13~15m ウォータージェット	e 改善割合 (%)				90	90	90				80	80	80
	f (100-e)				10	10	10				20	20	20
	g 分担割合				80						80		
	h4 (d×f×g)				0.110	0.012	0.004				0.660	0.120	0.024
装置改善前の改善指数 d (装置改善前の改善比率)		1.050	0.315	0.245	1.375	0.150	0.050	1.98	0.06	0.33	4.125	0.750	0.150
		1.610 (15.2%)			1.575 (14.9%)			2.370 (22.4%)			5.025 (47.5%)		
装置改善後の改善指数 (装置改善後の改善比率)		0.441	0.199	0.194	0.110	0.012	0.004	0.119	0.006	0.053	0.660	0.120	0.024
		0.834 (22.5%)			0.126 (28.6%)			0.178 (43.1%)			0.804 (87.4%)		

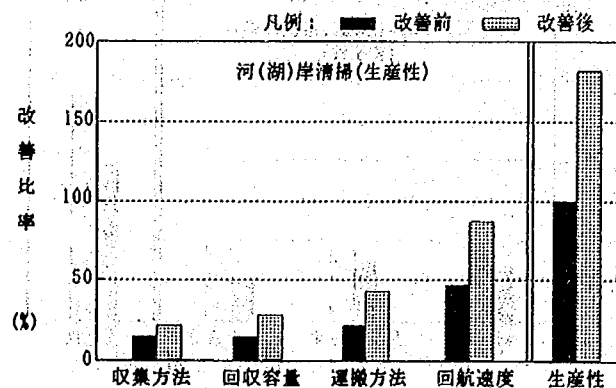


図-3-5-18 改善効果比較図（河（湖）岸清掃の場合）

表-3-5-22 改善比率表 河（湖）岸清掃（水陸両用機の場合）

項 目		安 全 性								
問 題 点（改善項目）		転 倒			足を滑らす			積込みまでの距離		
重 要 度 a		0.40			0.35			0.25		
問 題 点 の 度 合		段差	段差	段差	摩 擦 係 数			30m 以 上	30m 以 下	10m 以 下
		0.6m	0.4	0.2	0	0.3	0.6			
		〃	〃	〃	〃	〃	〃			
点 数 b		0.45	0.35	0.2	0.6	0.3	0.1	0.7	0.2	0.1
件 数 c		15	22	37	22	37	15	28	21	24
総 合 点 $\left(\begin{array}{c} \text{改善指数} \\ a \times b \times c \end{array} \right)$ d		2.70	3.08	2.96	4.620	3.885	0.525	4.90	1.05	0.60
		8.740			9.030			6.550		
塵芥捕収装置 浅瀬及び湿地帯 に点在する塵芥 を自走して捕収・ 収納する。	e 改善割合 (%)	50	65	80	50	65	80	90	80	70
	f (100-e)	50	35	20	50	35	20	10	20	30
	g 分担割合	70			70			70		
	h1 (d×f×g)	0.945	0.755	0.414	1.617	0.952	0.074	0.343	0.147	0.126
塵芥吊込装置 クレーン装置に より重量物を吊 上げ湿地帯走行	e 改善割合 (%)	50	65	80	50	65	80	80	80	70
	f (100-e)	50	35	20	50	35	20	10	20	30
	g 分担割合	30			30			30		
	h2 (d×f×g)	0.405	0.323	0.178	0.693	0.408	0.032	0.147	0.063	0.054
水陸両用走行装置 エンドレス履帯 で水深1m。 湿地帯走行。	e 改善割合 (%)	50	65	80	50	65	80	90	90	80
	f (100-e)	50	35	20	50	35	20	10	10	10
	g 分担割合	90			90			90		
	h3 (d×f×g)	1.215	0.970	0.533	2.079	1.224	0.095	0.441	0.095	0.054
	e 改善割合 (%)									
	f (100-e)									
	g 分担割合									
	h4 (d×f×g)									
装置改善前の改善指数 d		2.70	3.08	2.96	4.620	3.885	0.525	4.90	1.05	0.60
(装置改善前の改善比率)		8.74(35.9%)			9.03(37.1%)			6.55(26.9%)		
装置改善後の改善指数 d		2.565	2.048	1.125	4.389	2.584	0.201	0.931	0.305	0.234
(装置改善後の改善比率)		5.738(48.2%)			7.174(44.7%)			1.470(47.8%)		

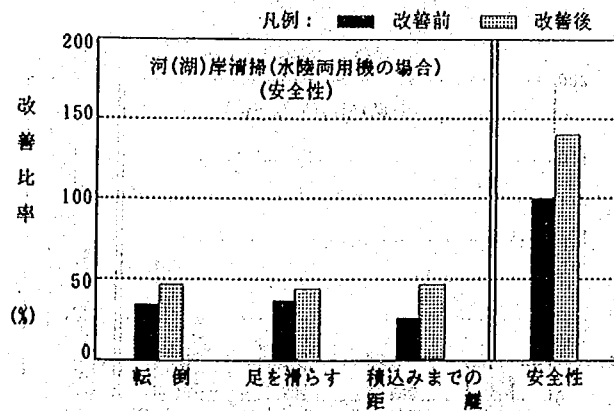


図-3-5-19 改善効果比較図 河（湖）岸清掃（水陸両用機の場合）

表-3-5-23 改善比率表 河(湖)岸清掃(水陸両用機の場合)

項 目		苦 渋 性											
問 題 点 (改善項目)		流木等が重い			流木等が長い			小運搬距離が長い			歩きにくい		
重 要 度 a		0.35			0.25			0.25			0.15		
問 題 点 の 度 合		100 kg 5	50 kg 5	0 kg 5	4m 5 4	2 5 4	0 5 2	300m 5	100 5	0 5	段差がある	堆泥により 埋まる	草等がある
点 数 b		0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.4	0.3	0.3
件 数 c		6	12	12	3	6	20	15	30	30	4	6	10
総 合 点	改善指数 $a \times b \times c$ d	1.05	1.26	0.84	0.375	0.45	1.00	2.25	2.25	0.75	0.24	0.27	0.45
		3.150			1.825			5.250			0.960		
塵芥捕収装置 浅瀬及び湿地帯 に点在する塵芥 を自走して捕収・ 収納する。	e 改善割合 (%)	60	70	80	60	80	90	80	90	90	70	80	60
	f (100-e)	40	30	20	40	20	10	20	10	10	30	20	40
	g 分担割合	30			30			60			60		
	h1 (d×f×g)	0.126	0.113	0.050	0.045	0.027	0.030	0.270	0.135	0.045	0.043	0.032	0.108
塵芥吊込装置 クレーン装置に より重量物を吊 上げ湿地帯走行	e 改善割合 (%)	60	70	80	60	80	90	80	90	90	70	80	60
	f (100-e)	40	30	20	40	20	10	20	10	10	30	20	40
	g 分担割合	60			60			30			30		
	h2 (d×f×g)	0.252	0.227	0.101	0.090	0.054	0.060	0.135	0.068	0.023	0.022	0.016	0.054
水陸両用走行装置 エンドレス履帯 で水深1m。 湿地帯走行。	e 改善割合 (%)	60	70	80	60	80	90	80	80	90	70	80	60
	f (100-e)	40	30	20	40	20	10	20	10	10	30	20	40
	g 分担割合	60			60			90			90		
	h3 (d×f×g)	0.252	0.227	0.101	0.090	0.054	0.060	0.405	0.203	0.068	0.065	0.049	0.162
	e 改善割合 (%)												
	f (100-e)												
	g 分担割合												
	h4 (d×f×g)												
装置改善前の改善指数 (装置改善前の改善比率)		1.05	1.26	0.84	0.375	0.450	1.000	2.25	2.25	0.75	0.24	0.27	0.45
		3.15(28.2%)			1.825(16.3%)			5.25(46.8%)			0.96(8.6%)		
装置改善後の改善指数 (装置改善後の改善比率)		0.630	0.567	0.252	0.225	0.135	0.150	0.810	0.406	0.136	0.130	0.097	0.324
		1.449(43.4%)			0.510(28.0%)			1.352(81.7%)			0.551(12.3%)		

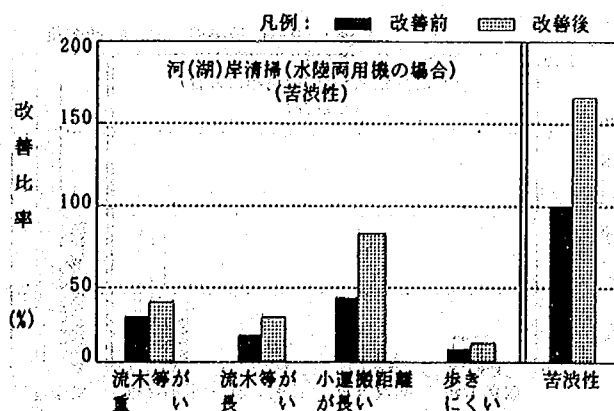


図-3-5-20 改善効果比較図 河(湖)岸清掃(水陸両用機の場合)

表-3-5-24 改善比率表 河（湖）岸清掃（水陸両用機の場合）

項 目		生 産 性										
問 題 点 (改善項目)		収 集 方 法			回 収 容 量			運 搬 方 法			回 航 速 度	
重 要 度 a		0.35			0.25			0.15			0.25	
問 題 点 の 度 合		人 力 に よ る	装 置 に よ る	自 航 回 数	0 5 1 未 満	1 3m 3m 以 上		人 力	船	ト ラ ク ク	0 5 1 未 満	1 4km/h 4km/h 以 上
点 数 b		0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.2	0.6	0.2	0.2	0.5	0.3
件 数 c		5	3	7	11	2	1	22	2	11	33	10
総 合 点	改善指数 $a \times b \times c$ d	1.05	0.315	0.245	1.375	0.15	0.05	1.98	0.06	0.33	4.125	0.75
		1.610			1.575			2.370			5.025	
塵芥捕収装置 浅瀬及び湿地帯 に点在する塵芥 を自走して捕収・ 収納する。	e 改善割合 (%)	80	50	80								
	f (100-e)	20	50	20								
	g 分担割合	60										
	h1 (d×f×g)	0.126	0.095	0.020								
塵芥吊込装置 クレーン装置に より重量物を吊 上げ湿地帯走行	e 改善割合 (%)	80	50	80								
	f (100-e)	20	50	20								
	g 分担割合	40										
	h2 (d×f×g)	0.084	0.063	0.020								
水陸両用走行装置 エンドレス履帯 で水深1m、 湿地帯走行。	e 改善割合 (%)	80	50	80	90	90	90	80	10	10	90	80
	f (100-e)	20	50	20	10	10	10	20	90	90	10	20
	g 分担割合	40			90			90			90	
	h3 (d×f×g)	0.084	0.063	0.020	0.124	0.014	0.005	0.356	0.049	0.267	0.371	0.068
	e 改善割合 (%)											
	f (100-e)											
	g 分担割合											
	h4 (d×f×g)											
装置改善前の改善指数		1.050	0.315	0.245	1.375	0.150	0.050	1.98	0.06	0.33	4.125	0.750
(装置改善前の改善比率)		1.61(15.2%)			1.575(14.9%)			2.37(22.4%)			5.025(47.5%)	
装置改善後の改善指数		0.294	0.221	0.069	0.124	0.014	0.005	0.356	0.049	0.267	0.371	0.068
(装置改善後の改善比率)		0.584(24.9%)			0.143(28.4%)			0.672(38.4%)			0.466(90.6%)	

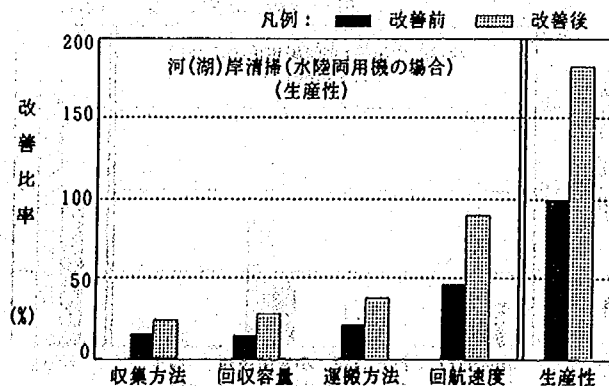


図-3-5-21 改善効果比較図 河（湖）岸清掃（水陸両用機の場合）

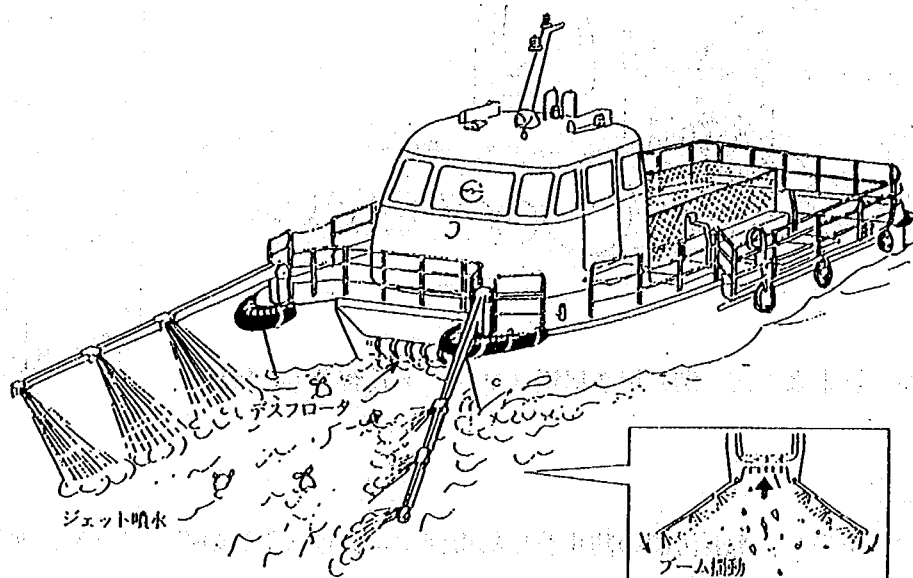
3.5.12 実用化・運用体制の提案

3.5.12.1 実用化の提案

(1) 水面清掃

近未来の開発イメージ図を図-3-5-22 に示す。

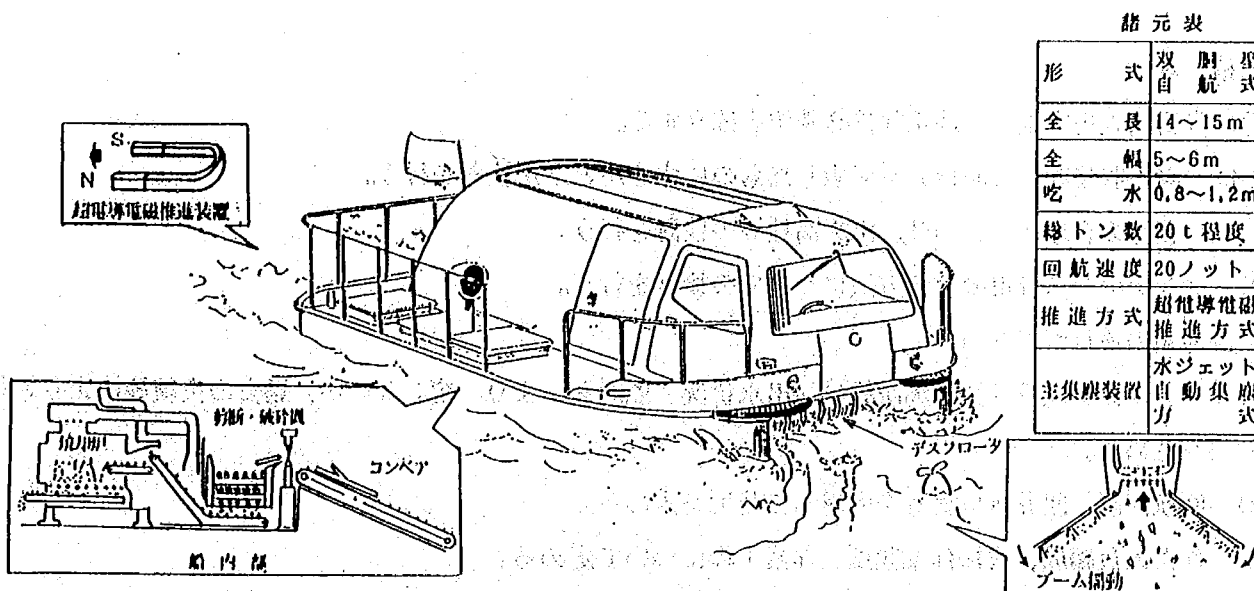
また、遠未来の開発イメージ図を図-3-5-23 に示す。



諸元表

形 式	双 胴 型 自 航 式
全 長	13~14m
全 幅	5~6m
吃 水	0.8~1.2m
総トン数	18t程度
回航速度	7~10ノット
積載容量	10㎡以上
推進方式	ウォータージェット方式
主集塵装置	水ジェット 自動集塵方式
定 員	4名
航行回数	平水域

図-3-5-22 近未来の水面清掃船



諸元表

形 式	双 胴 型 自 航 式
全 長	14~15m
全 幅	5~6m
吃 水	0.8~1.2m
総トン数	20t程度
回航速度	20ノット
推進方式	超電導電磁 推進方式
主集塵装置	水ジェット 自動集塵方式

図-3-5-23 遠未来の水面清掃船

(2) 河（湖）岸清掃

図-3-5-24 は、船が近寄れない河（湖）岸付近の浅瀬部や不整地・湿地帯等の塵芥を、機械装置により自走しながら収集・引き揚げを行う清掃機の、近未来の開発イメージ図である。

なお、遠未来機は近未来機に焼却装置を備えたものとする。

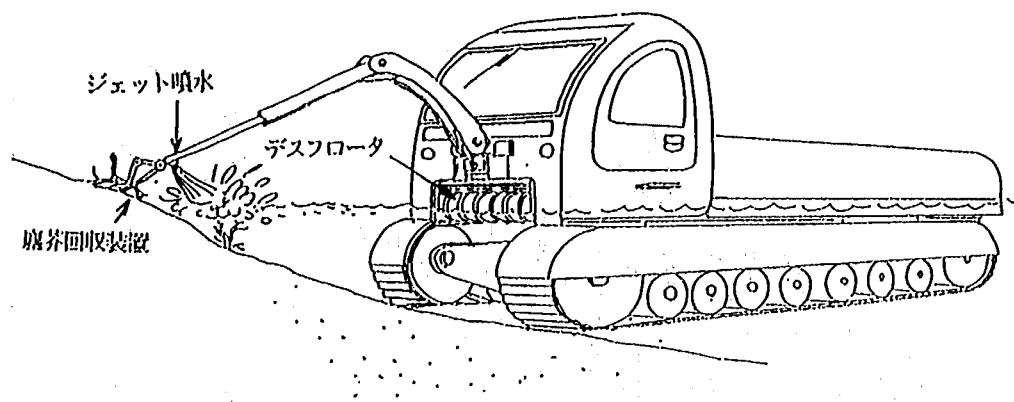


図-3-5-24 近未来の河（湖）岸清掃機（フロート式履帯走行装置）

諸元表

形 式	水陸両用
全 長	12m
全 幅	2.5m
総トン数	20t 程度
走行速度	陸上 5Km/h 水上 2ノット
積載容量	5m ³ 以上
推進方式	フロート式 履帯走行
主集塵装置	ジェット付 グラブ
定 員	3名

3.5.12.2 運用体制の提案

河川の機能維持、自然環境保全、水質汚濁の防止及び都市河川における美観の保持を含め、河川の清掃は積極的に取り組まなければならない。河川清掃の実施に当たっては、清掃効果を高めると共に効率的に行うため、その運用体制は重要となってくる。

運用体制については、行政的側面及び技術的側面から、現運用体制を参考にしながら次のように提案する。

(1) 積 算

1) 歩掛調査を実施し、適正な積算基準を確立する。

(a) 量と収集距離（面積）を考慮したものにするかどうか検討を行う。

(b) 積算の合理化と合わせ、出来高払等の検討を行う。

2) メンテナンス費用の負担方法についての検討を行う。

(2) 清掃船の運行管理計画

1) 塵芥の発生量及び発生場所等は、出水状況、風向きにより一定しないが、過去の実績等により運行計画を定める。

2) 回航距離、塵芥処理場等を考慮して基地を定める。

3) 作業人員編成、清掃作業頻度、作業工程について定める。

4) 出水時の船の管理方法を定める。

(3) 塵芥類の処理方法

1) 不燃物と可燃物の処理方法について定める。

2) 市町村のゴミ処理場へ持ち込む場合は、各地市町村別に集積場所を定める必要がある。

(市町村により差異はある)

3) 焼却処理をする場合、場所・焼却方法等について自然環境に留意する必要がある。

(4) 維持管理

1) 定期点検、定期整備方法を確立する。

(a) 定期点検、定期整備を造船所で行う方法。(回航距離の問題)

(b) 揚船設備の検討。(場所の問題)

2) 日常点検及び補修方法を確立する。

(a) 日常点検方法の確立。

(b) 回航中に補修塗装を実施。

(c) 作業終了後の手入れ方法。

3.5.13 まとめ

清掃作業の自動化に関する研究を平成2年度から進めてきた。平成2年度のアンケート調査から人力による作業の機械化、自動化は急務な課題であることがわかった。

平成3年度は詳細調査により最優先で解決すべき作業の具体的な問題点を把握し、その解決方向として開発のコンセプトを作成した。

平成4年度は、開発機械を想定したシミュレーションを行い、改善効果の確認を行った。その結果、水面清掃作業は、改善前の改善比率を100%としたとき、近未来のイメージ図のような水面清掃船の開発によって、安全性が173%に、苦渋性が180%に、生産性が175%に各々増加し、現在の作業がかなりの面で改善されることがわかった。同様に、河(湖)岸清掃作業も、近未来のイメージで示した水面清掃船あるいは水陸両用清掃機の開発によって、護岸、階段、捨石、湿地、浅瀬等の広範囲に散在している塵芥の収集、運搬、積込み作業が機械化されるため、安全性が171%に、苦渋性が195%に、生産性が159%に各々増加しており、現在の作業がかなりの面で改善されることがわかった。

このように本研究でイメージした近未来における開発機械は、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を図ることが出来、現在の清掃作業の改善に非常に有効であり、今後の実用化に向けての確かな目安となることがわかった。さらに、遠未来のイメージのような機械の開発も、今後の技術開発及び維持・管理しやすい河川構造物の検討を待てば実用化は可能であると思われる。

3.6 河川維持・管理と自動化の方向性

研究目的で述べたように、高齢化社会の到来と良好な環境に対する国民の意識の高まりの中で河川維持管理作業は重要な課題となっている。

このような状況の中で、「土木構造物を変えることなく」、合理化、機械化、自動化を目的に研究を進めてきたが技術開発にも限度があり、今後社会資本の維持管理をより効果的に行い、国民のニーズに答えるためには、例えば、勾配のゆるやかな堤防の整備等いわゆる「維持しやすい構造物」を構築する必要がある。

4. 道路維持管理

4.1 検討方針

近年、交通量の量的増大及び質的变化（広域化・長距離化・車両の大型化等）に伴い、道路管理に対する社会的要請は量・質ともに増大化・多面化の傾向にある。このような状況において、一般国道（指定区間）を常に良好な状態に維持管理することは重大な責務である。

一方、建設産業をとりまく環境は、作業員の高齢化や労働者不足が深刻化し、自動化・省力化への要望が課題となっている。

本研究では、このような問題に対処するため、今後の維持管理・作業のあり方等について検討を行ったものである。

平成2年度は、道路維持管理作業を点検作業・工事・清掃作業の3つの工種に分類して全国アンケート調査を実施し、その結果から問題点を抽出し、開発の方向性を見いだした。アンケート内容は、各作業に関する施工改善、作業改善、自動化の要望等について調査を行ったものであり、その意見を集約し、改善要望の工程を抽出した。

平成3年度は、抽出した改善要望をもとに優先順位を考慮した開発目標を設定し、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の観点から問題点分析を行うための詳細調査を行い、改善要望を抽出し、各々の改善要望に対して利用可能な開発技術を調査するとともに、開発機械の近未来的・遠未来的イメージ図の作成を行った。

平成4年度は、前年度の検討をもとに改善項目の設定及びそれに対する適用可能な開発技術の調査を行い、さらにその技術を試験施工または、シミュレーションにより新技術を導入した場合の改善効果を定量的に把握するため、適用技術の絞り込み、改善割合の設定、改善効果の測定等を実施し、また、その結果をもとに、改善上の問題点の抽出及び実用化・運用体制の提案を行った。

4.2 アンケート調査

4.2.1 アンケート調査対象

道路維持管理における施工改善を図るため、表-4-2-1-1に示すように維持管理作業を点検・工事・清掃作業の3つの工種に分類し全国アンケート調査を実施した。

表-4-2-1-1 アンケート調査区分

工 種	区 分	内 容
点 検	通常巡回点検	1.路面 2.路肩 3.側溝 4.法面 5.排水施設 6.交通安全施設 7.緑化施設 8.橋梁(歩道橋含む) 9.道路情報施設 10.遮音壁 11.道路照明施設 12.共同溝施設 13.トンネル
	夜間巡回点検	同 上
	異常時巡回点検	同 上
工 事	舗装版補修	1.状況検査 2.舗装版切断 3.舗装版取り壊し 4.舗装切削 5.床版切断 6.As注入 7.砂層敷均 8.路盤敷均 9.転圧 10.石粉塗布 11.目地施工 12.乳剤散布 13.合材敷均 14.平坦性点検・平坦性検査 15.検査 16.養生 17.資材の搬出入
	除 草	除 草
	植栽剪定	植 栽 剪 定
清 掃	機械及び人力	1.路面 2.歩道 3.地下道 4.側溝 5.集水溝 6.暗渠 7.車橋 8.歩道橋 9.遮音壁 10.共同溝 11.トンネル 12.照明灯 13.標識版 14.ガードレール

アンケート調査の内容は、点検・工事・清掃作業とも施工改善、作業改善、自動化の要望と、これらにおける改善項目を安全の向上・苦渋の解消・生産性の向上の観点から調査し、意見を集約した。

また、施工機械の開発に関しては自動化・高速化・新規開発の必要性についての要望と、過去における開発等の実績等について調査を実施した。

以上、これらの設問内容について、表-4-2-2-2に示すように、実際に道路維持管理管理を担当している事務所担当課、出張所業者、請負業者に対して調査を実施し、現状における問題点を整理するとともに開発目標の方向性についてとりまとめた。

表-4-2-2-2 調査対象

調 査 様 式	事 務 所	出 張 所	請 負 業 者
点 検	○	○	○
工 事	○	○	○
清 掃	○	○	○

4.2.2 アンケート状況

アンケート集約数は、表-4-2-3-1のとおりである。

表-4-2-3-1 アンケート集約数

工 種		回収事 務所数	回 答 者 区 分 別 集 約 数			
			事務所担当者	各出張所	請負業者	計
点 検 作 業		86	51	163	134	348
工 事	舗装版補修工事	86	46	140	107	293
	除草・植栽せん定	86	49	144	135	328
清 掃 作 業		86	56	147	130	333
合 計			180	453	384	1017

4.3 点検作業

4.3.1 点検作業の概要

道路の維持管理については、道路状況把握のため無線機を搭載したパトロールカーによる点検作業から始まって、この点検結果にもとづく補修までを速やかに連携して施工しようとするものであるが、点検作業全般において作業員の高齢化、人手不足による業務委託の移行の中で、自動化・省力化が課題となっている。

なお、道路の点検作業は、維持管理の基本であり、次のような目的で行われている。

- ① 道路状況を把握し、道路の異常・破損等を早期に発見すること。
- ② 道路の交通状況を把握すること。
- ③ 交通に支障を与える障害物及び障害の発生を早期に発見すること。
- ④ 占用工事、請負工事などの実施状況を把握すること。
- ⑤ 道路の不法使用、占用に対する指導、取り締まりを行うこと。
- ⑥ 緊急を要する異常を発見した場合に応急措置を行うこと。等が挙げられる。

本研究は、道路維持管理作業に係わる点検作業についての施工実態、並びに問題点を把握し、施工改善、作業改善、自動化への糸口を探ろうとするものであり、各地方建設局、北海道開発局、沖縄総合事務局に対して行ったアンケート調査の結果をもとに点検作業について整理を行った。

4.3.2 問題点の抽出

(1) 点検頻度

点検作業において道路の状況、交通の状況ならびに沿道住民の便益に関すること、占用物件等の把握等、点検項目も多く、すべてについて1回の巡回でチェックすることは不可能であるため、各区分での現状作業について調査を実施した。

通常巡回点検の回数は、図-4-3-2-1に示すように、休日を除き平均で、ほぼ1回/日の割合で実施されていることがわかる。また、点検路線の重要度によって点検回数(回/日)が調整・選択されていることが推察される。

夜間巡回点検の回数は、図-4-3-2-2に示すように、休日を除き平均で、ほぼ1回/月及

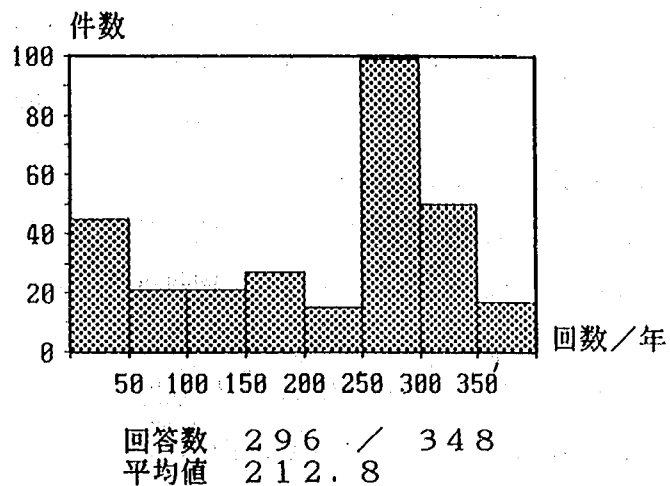


図-4-3-2-1 通常巡回点検回数

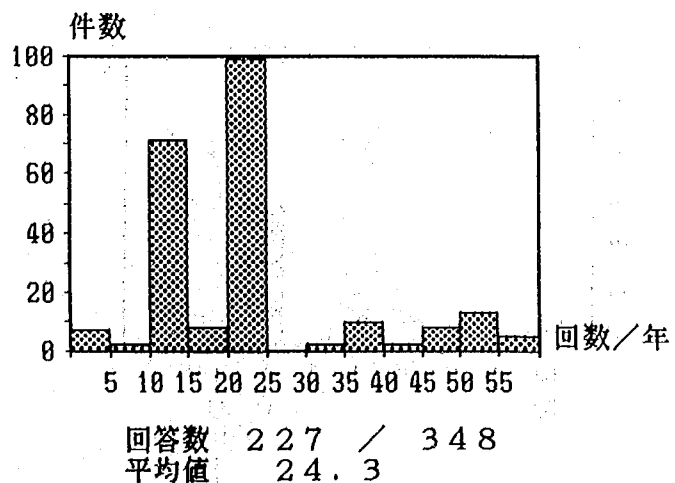


図-4-3-2-2 夜間巡回点検回数

び2回／月の割合で実施されていることがわかる。また、通常点検と同様に点検路線の重要度によって点検回数（回／月）が調整・選択されていることが推察される。

異常時の巡回点検は、必要に応じてその都度実施されるものであるが、図-4-3-2-3に示すように、1～3ヶ月に1回程度の割合が多くなっている。

(2) 点検結果の報告

点検作業結果の報告は、口頭及び書式にて行うよう義務付けられているが、特に緊急時には巡回点検作業基地をはじめ他に関係機関への連絡・伝達と同時に、応急措置対策並びに指示・広報活動等を行う必要がある。

緊急時にどのような方法で報告処理が行われているかについては、図-4-3-2-4に示すとおり、公衆電話（NTT）及びマイクロ回線（電話）が多く使われている。

また、上記の報告・連絡に要する時間及び現場状況報告・説明方法については、図-4-3-2-5、図-4-3-2-6に示すとおり、異常発見後4分程度で連絡し、状況説明には写真を使用している場合が最も多いことから、多少のタイムラグ生じる場合があると懸念される。

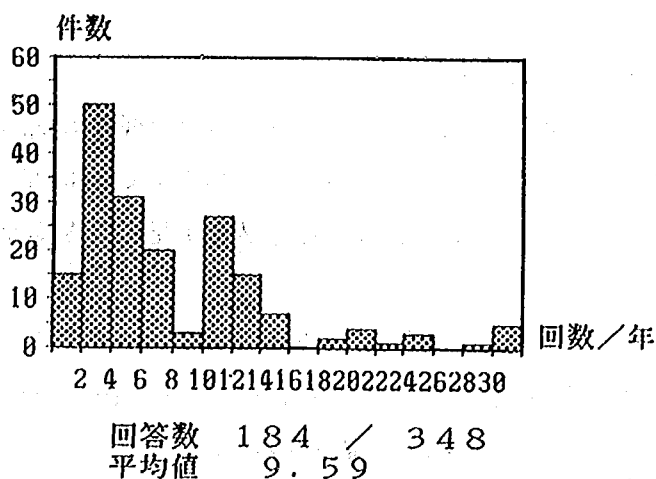


図-4-3-2-3 異常時巡回点検回数

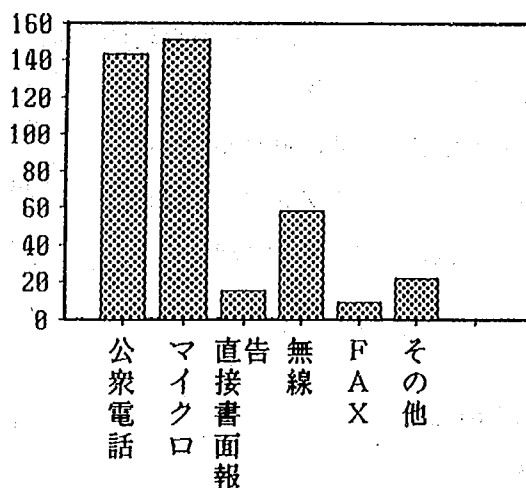


図-4-3-2-4 連絡方法

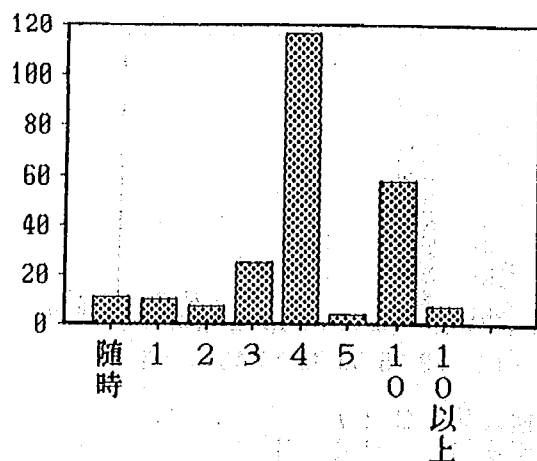


図-4-3-2-5 連絡所要時間

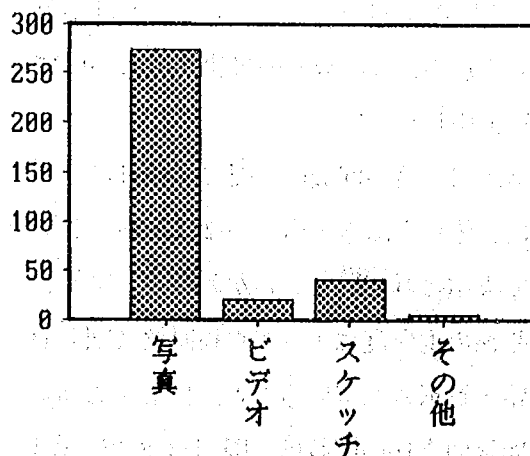


図-4-3-2-6 現場状況報告方法

(3) 点検作業の困難さ、煩わしさ

道路は単に自動車交通のための施設であるばかりではなく、その空間を利用した共同溝、地下駐車場等の整備や、緑化空間としての利用など市街地の骨格を形成するものであり、事業の進展に伴う街路樹、植樹帯等の整備などによる定常的な点検業務の広がりも多岐にわたっている。

表-4-3-2-1は施設ごとの点検作業の困難さ、煩わしさの順を整理したものである。この表からも、簡単に目でみて良否がわかるものについては困難さや煩わしさを感じないが、測定機器、機材、資材等の使用を伴う点検については煩わしさの度合いが高いことが伺える。

表-4-3-2-1 施設毎の点検の困難さ、煩わしさ

(数字は件数)

施設名 (順位)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	計
路面	89	24	15	17	21	14	8	4	4	6	12	4	6	224
路肩	2	25	13	30	28	38	21	23	11	19	10	8	6	234
側溝	9	29	23	44	40	30	24	18	7	10	6	1	2	243
法面	46	39	49	32	22	17	14	6	6	5	5	3	1	245
排水施設	16	32	46	39	42	25	21	4	13	4	2	0	0	244
交通安全施設	6	15	9	16	18	32	36	32	24	23	12	4	1	228
緑化施設	1	2	4	3	4	3	22	39	32	24	32	23	11	200
橋梁(歩道橋含む)	43	53	37	21	21	12	19	11	8	3	4	0	0	232
道路情報施設	3	2	14	8	4	12	28	23	46	39	23	7	2	211
遮音壁	1	4	3	3	8	6	8	12	8	12	16	18	9	108
道路照明施設	4	4	6	14	14	16	18	31	35	36	21	10	4	213
共同溝施設	8	8	11	12	5	13	3	3	7	4	6	6	7	93
トンネル	35	37	23	16	10	9	15	8	9	7	5	6	1	181

(4) 点検作業の現状と問題点

各点検作業項目について、巡回点検の対象・作業状況・問題点等の整理を行った結果を表-4-3-2-2に示す。

表-4-3-2-2 巡回点検作業の現状と問題点

点検項目	主な点検事象及び箇所	点検の現状	問題点
①路面	落下物、積雪・凍結、冠水、摩耗、 滑り、凹凸、ひびわれ、段差、わだち、 陥没、たわみ	通常・夜間：パト認 定期：パト認 異常・雪氷：パト認	通行車があり危険。 特殊車は経費高額。 判断に個人差あり。
②路肩	欠損、段差、沈下、盛上り、外側寄り、 障害物、冠水、軟弱	通常・夜間：パト認 定期：パト認 異常・雪氷：パト認	時間がかかる。 見えにくい場合がある。

③側溝	段差、滞水・溢水（狭雑物、損傷（蓋含）、沈下、陥没、軀体亀裂、漏水、間隙	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	内部状態把握困難。 草木で見えない場合あり。悪臭
④法面（擁壁・護岸含む）	法面保護工、排水施設、亀裂・洗掘・侵食・風化・滑動・傾斜・崩壊・落石	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	判断に個人差あり。 見にくい。 高所の点検が困難。
⑥排水施設	流下・流末施設状態、狭雑物有無、管渠損壊（蓋・樹含）、沈下・陥没、段差	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	内部状態把握困難。 時間がかかる。
⑥交通安全施設	標識・表示（支柱含）、区画線・防護柵・道路鋸・誘導標・反射鏡、他交通標識	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	通行車があり危険。 判断に個人差あり。
⑦緑化施設	傾・倒・折・枯損木、物触・剪定・整枝・施肥・灌水、雑草・虫害、汚染、清掃	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	人手がかかる。
⑧橋梁（歩道橋含む）	路面、地覆・高欄・床版・伸縮継手・支承・主構・排水装置・下部構造、振動等	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	交通規制が必要。 判断が困難である。
⑨道路情報施設	表示機・蓄電池・伝送路・主副制御器の部材・装置の損傷・欠落、トータルシステム操作	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	表示の異常が多い。
⑩遮音壁	破損・接合部くい違い・部品欠落、傾倒、汚染、騒音効果	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	特にない。
⑪道路照明施設	破損・接合部くい違い・部品欠落、配電盤の損傷・腐食・欠落、配線劣化（ボックス含）、虫害等	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	交通規制が必要。 漏電等の判断が困難
⑫共同溝施設	内部の排水・温度、施設等	定期・異常・立入	特にない。
⑬トンネル	覆工状態、路面、排水、換気、照明、温度、漏水、湧水、障害物、占用物、汚染	通常・夜間：バト認 定期：バト認 異常・雪氷：バト認	判断が困難。 暗いため危険。

※ バト認：バトロ-ル-に搭乗し点検作業を行う場合を示す。

表からもわかるように、道路の巡回点検作業のほとんどが目視により点検が行われており、集中力、持続力、及び視認（判定）力が要求される作業であり、肉体的疲労を蓄積させ、苦渋性の増大と安全性・生産性の低下を招来する可能性が生じる。

4.3.3 開発目標の方向性

各施設に関する点検作業には、各種の計測機器、道具類が使用されている。しかし依然として目視点検に頼っている施設も数多いと思われる。施工合理化、ニーズの高度化に対応するためには点検作業についても自動化、高度化、安全化が要望されるようになってきた。

各点検項目について安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上別に改善要望を調査した結果を表-4-3-3-1に示す。

表-4-3-3-1 点検項目別の改善要望件数

(数字は件数)

点 検 作 業 項 目	改 善 要 望			点 検 作 業 項 目	改 善 要 望		
	安全性	苦渋性	生産性		安全性	苦渋性	生産性
① 路 面	68	330	20	⑧ 橋梁（歩道橋含）	0	272	22
② 路 肩	0	69	3	⑨ 道路情報施設	0	27	6
③ 側 溝	5	108	8	⑩ 遮 音 壁	0	14	0
④ 法 面	4	265	13	⑪ 道路照明施設	13	14	9
⑤ 排水施設	0	158	9	⑫ 共同溝施設	0	51	4
⑥ 交通安全施設	42	57	7	⑬ ト ン ネ ル	0	202	7
⑦ 緑 化 施 設	1	11	3	合 計	133	1,590	111

開発目標の設定にあたっては、作業改善、自動化等に関する開発要望に、点検量（点検時間）及び重要度を判断材料に加え総合的に判断する必要がある。

そこで、点検作業における各項目の時間割合を調査した。その結果を表-4-3-3-2に示す。

表-4-3-3-2 点検作業における時間配分割合

(%)

点 検 作 業 項 目	割 合	点 検 作 業 項 目	割 合	点 検 作 業 項 目	割 合
① 路 面	80.0	⑥ 交通安全施設	5.0	⑩ 道路照明施設	1.0
② 路 肩	1.0	⑦ 緑 化 施 設	5.0	⑫ 共同溝施設	1.0
③ 側 溝	1.0	⑧ 橋梁（歩道橋含）	1.0	⑬ ト ン ネ ル	1.0
④ 法 面	1.0	⑨ 道路情報施設	1.0		
⑤ 排水施設	1.0	⑩ 遮 音 壁	1.0	合 計	100.0

点検作業の中では、その大部分が路面点検に消費されている。その他の点検項目では交通安全施設と緑化施設が低い時間配分割合ではあるが同じ程度にあり、残りの10項目は1%前後である。点検作業が点検時の現況道路交通の安全確保を第一義にしていることから、必然的に路面点検に集中される結果となることはやむを得ないが、その他の施設が有する防災性の低下予知点検も重要である。

次に、点検作業を行う場合に重点をおいて行う項目についてのアンケート調査を行った。その結果を表-4-3-3-3に示す。

表-4-3-3-3 点検作業における重点配分割合 (%)

点 検 作 業 項 目	割 合	点 検 作 業 項 目	割 合	点 検 作 業 項 目	割 合
① 路 面	45.6	⑥ 交 通 安 全 施 設	21.0	⑪ 道 路 照 明 施 設	5.7
② 路 肩	5.8	⑦ 緑 化 施 設	0.8	⑫ 共 同 溝 施 設	0.3
③ 側 溝	2.6	⑧ 橋 梁 (歩道橋含)	1.2	⑬ ト ン ネ ル	0.8
④ 法 面	6.2	⑨ 道 路 情 報 施 設	1.4		
⑤ 排 水 施 設	8.6	⑩ 遮 音 壁	0.0	合 計	100.0

時間配分割合及び重点配分割合を対比してみると、路面点検と交通安全施設点検は同順位にあるが、その他の点検項目の順位は変化している。たとえば時間配分割合は低かったものの排水施設・法面・路肩・道路照明施設・側溝・道路情報施設・橋梁の各施設点検への重点指向はアップしていることが伺える。

さらに、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上別に3特性の重要度をアンケート調査を行った。その結果を、表-4-3-3-4に示す。

表-4-3-3-4 3特性の重要度

特 性 項 目	件 数	割合 (%)	適 要
安全性の向上	33	47.1	
苦渋性の解消	16	22.9	
生産性の向上	21	30.0	
合 計	70	100.0	

4.3.4 作業の詳細調査

各点検作業区分毎に特に重点を絞っている工種について整理したものであり重要度が高い順に並べた。

表-4-3-4-1 点検の重点

区 分	重 要 度 及 び 項 目		
通 常 巡 回 点 検	1. 路面	2. 交通安全施設	3. 路肩
夜 間 巡 回 点 検	1. 道路照明施設	2. 交通安全施設	3. 路肩
異 常 時 巡 回 点 検	1. 路面	2. 法面	3. 排水施設
雪 氷 時 巡 回 点 検	1. 路面	2. 交通安全施設	3. 法面

上表のとおり巡回点検で重点とされており、かつアンケート調査で最も問題点が多かった「路面点検」を例にとり開発要望の詳細調査を行った。その結果を以下に示す。

(1) 路面点検の方法

図-4-3-4-1は、路面点検方法について整理したもので、目視による点検が点検が93%であり、目視点検がほとんどである。

図-4-3-4-2は、現在実施している点検方法についての評価を聞いたもので、十分と回答されたのが40%、不十分と答えたものが60%であり、その理由として、目視点検では判断に個人差が生じたり、確認できない部分のあることが挙げられている。

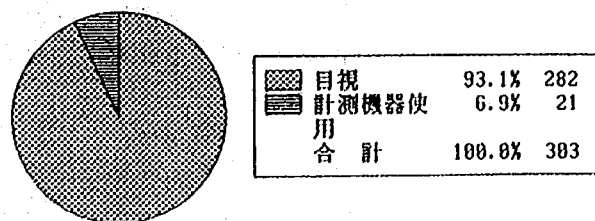


図-4-3-4-1 点検方法

(2) 路面点検の記録方法

図-4-3-4-3は、路面点検の記録方法についてまとめたもので規定の記録用紙に手書き、もしくはカメラによる記録方法が大半であり、図-4-3-4-4の結果のとおり点検場所と事象との連動記録ができる機器等を現場では望んでいる。

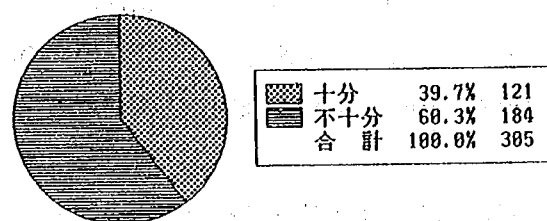


図-4-3-4-2 点検の評価

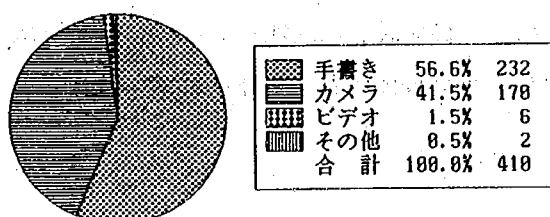


図-4-3-4-3 点検記録方法

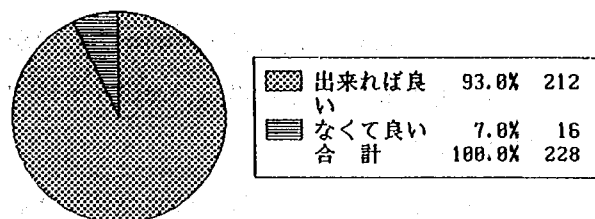


図-4-3-4-4 場所と事象との連絡記録

(3) 路面点検時の環境

表-4-3-4-2は、路面点検時の環境（安全性・苦渋性・生産性）について調査を実施したものである。

表-4-3-4-2 路面点検時の環境（安全性・苦渋性・生産性）

項	目	安全性	苦渋性	生産性
a.	疲労が大きい	11件	206件	31件
b.	危険が大きい	245件	39件	
c.	排気ガス等で衛生管理上の問題点がある。	28件	185件	
d.	時間がかかりすぎる。	15件	205件	17件
e.	特に問題はない。	13件	18件	

表-4-3-4-3は、開発要望に対する意見を集約したものである。

表-4-3-4-3 開 発 要 望

区 分	意 見	件 数
安 全 性	・安全確保のため機械化（自動化）を望む。	11
	・安全性を確保するための交通整理員の確保、通行車両への注意喚起が必要。	7
	・カーブでの調査やパトロールカーより降りるときが危険を伴う。	3
	・要員不足のため、点検の体制が確立されない。	19
苦 渋 性	・交通量が多く点検に多大な時間が必要。	17
	・トンネル内点検時等の安全確保、衛生管理の確保が必要。	4
生 産 性	・交通規制が必要また渋滞を招き苦情が多い。	16
	・高速の路面点検車が必要。	1

以上のことから、現在の道路設備の点検は、目視主体で行われているため判定に個人差を生じ易く、また、現道上での作業のため危険も大きい。このため、携帯に便利で操作が容易であり、且つ、短時間で点検が可能な機器への開発要望が強いことが伺える。

4.3.5 定量的評価による改善すべき工程の選出

開発目標の設定にあたっては、アンケート調査により集約した改善要望に対して、点検時間（点検量）及び重要性を判断材料に加え、さらに安全性・苦渋性・生産性の項目別に巡回点検の各項目の改善要望度を算出した。

改善要望度の算出については、表-4-3-3-2、表-4-3-3-3に示す度数に2：1の重みを付けて指標とした（ただし、この重みについては確定的な裏付けがないため、今後検討する余地がある）。この無次元指数を各点検作業項目について算出し、全体を百分率で換算し、この数値に表-4-3-3-4に示す特性値を乗じたものを改善要望度とした。

例えば、路面点検においては次のようになる。

$$\frac{80 \times 2 + 45.6 \times 1}{3} \times 68 = 46.60 \rightarrow \text{全体を百分率へ換算} \frac{46.60}{5149.84} \times 47.1 = 42.62$$

その結果を表-4-3-5-1及び図-4-3-5-1に示す。

表-4-3-5-1 点検作業項目別の改善要望値

(%)

点 検 作 業 項 目	プライオリティ値				点 検 作 業 項 目	プライオリティ値			
	安全性	苦渋性	生産性	計		安全性	苦渋性	生産性	計
路 面	42.62	20.34	25.65	88.61	橋梁（歩道含）	0.00	0.28	0.45	0.73
路 肩	0.00	0.16	0.15	0.31	道路情報施設	0.00	0.02	0.12	0.14
側 溝	0.05	0.14	0.21	0.40	遮 音 壁	0.00	0.02	0.00	0.02
法 面	0.09	0.64	0.66	1.39	道路照明施設	0.33	0.07	0.42	0.82
排 水 施 設	0.00	0.50	0.60	1.10	共 同 溝 施 設	0.00	0.02	0.06	0.08
交通安全施設	3.96	0.53	1.35	5.84	ト ン ネ ル	0.00	0.16	0.12	0.28
緑 化 施 設	0.05	0.02	0.21	0.28	合 計	47.10	22.90	30.00	100.00

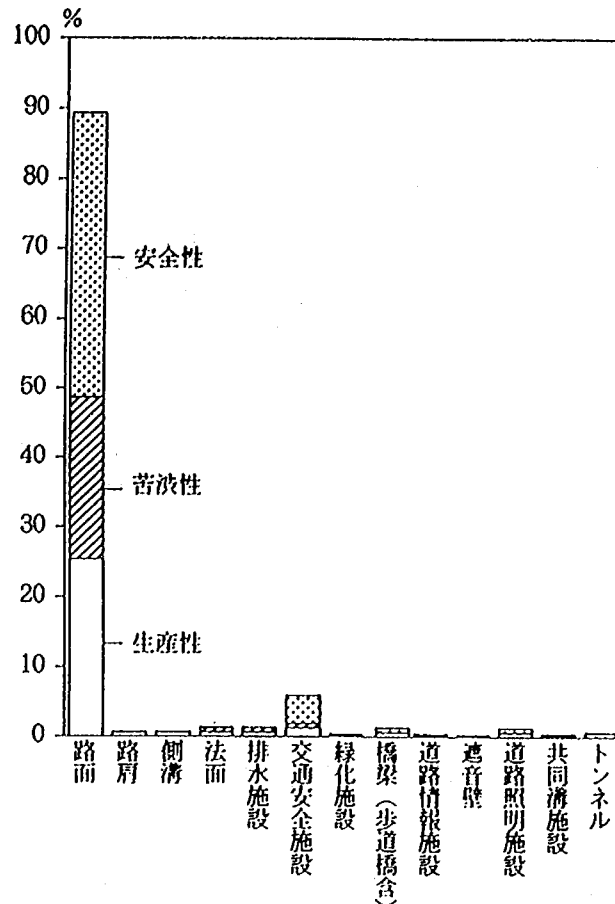


図-4-3-5-1 巡回点検作業各項目の改善要望度

巡回点検における各項目のうち、路面が安全性・苦渋性・生産性共に最も優先順位が高くなっている。さらに路面は車両事故・人身事故・物損事故と結びつくケースは多く、瑕疵への可能性も高いと思われる。ついで、交通安全施設、法面の優先順位が高くなっているが、交通安全施設については、点検方法が目視で充分であり、法面については落石等道路の障害物として発見でき、さらに定期点検時に詳細調査を行うので今回の検討からは除外した。

また、橋梁の損傷は重大な事故につながるものと思われるが、現在、橋梁点検車で詳細調査を行っているので橋梁の点検も今回の検討から除外した。

以上の結果及び新技術の適応性からも総合的に判断し、「路面の点検」を開発目標に設定した。

なお、写真-4-3-5-1に点検状況を示す。

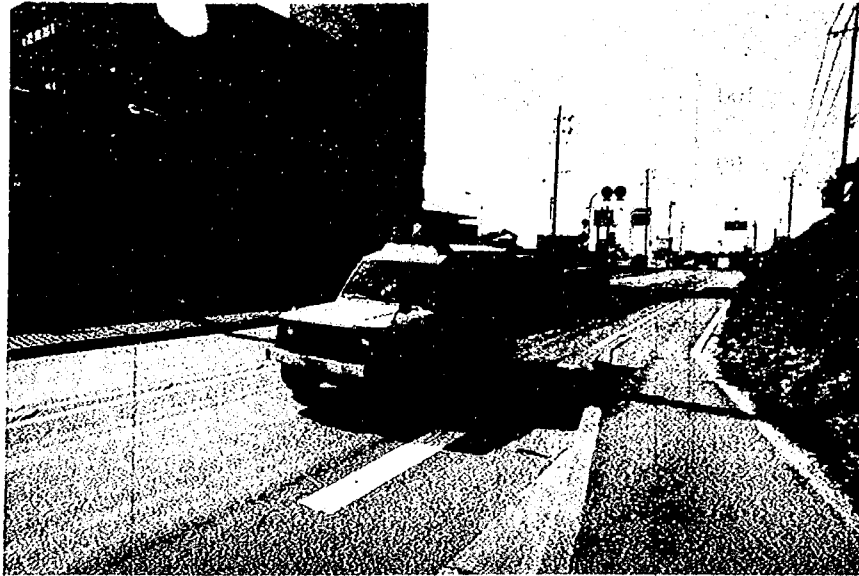


写真-4-3-5-1 点検状況

4.3.6 開発目標及び改善案

4.3.6.1 改善項目の設定

巡回点検の開発目標を路面に設定したので、次に路面点検における改善項目を安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上に分けて検討を行った。

まず、道路点検作業に対する改善項目について、アンケート調査を行った。

その結果を図-4-3-6-1に示す。

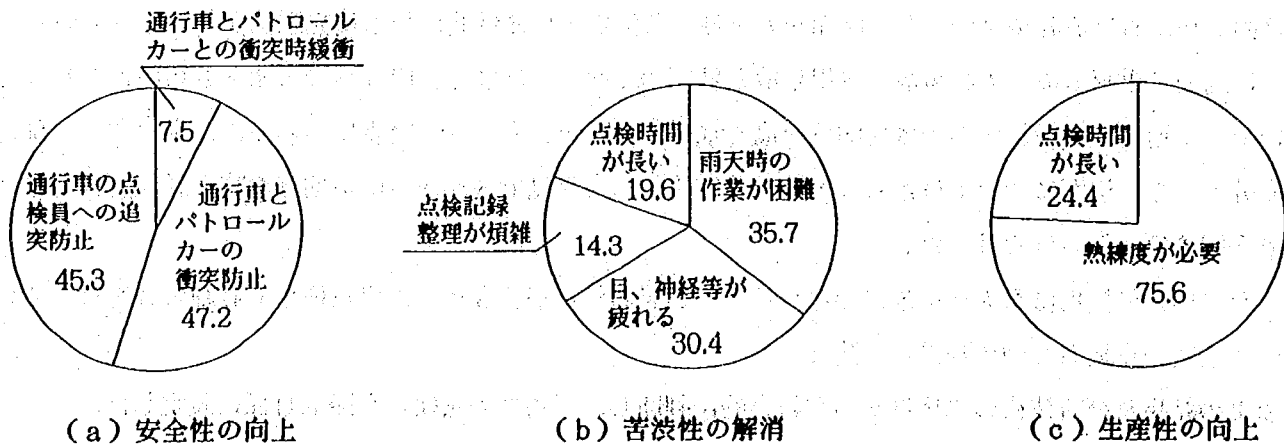


図-4-3-6-1 改善度数の割合

図-4-3-6-1より安全性の向上については、通行車とパトロールカーとの衝突防止という意見が最も多くなっており、次いで通行車の作業員への追突防止、通行車とパトロールカーとの衝突時緩衝となっている。

苦渋性の解消については、雨天時の作業が困難という意見が最も多くなっており、次いで目、神経等が疲れる、点検時間が長い、点検記録、整理が煩雑となっている。

生産性の向上については、熟練度が必要という意見が最も多くなっており、次いで点検時間が長いとなっている。

4.3.6.2 開発機等の改善項目

安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の各項目に対して問題点の選出及び改善度数の算出を行ったが、そのような問題点を改善するための検討を行った。

まず、各々の問題点について開発機等において改善する項目の選出を行った。その結果を表-4-3-6-2に示す。

表-4-3-6-2 開発機等の改善項目

特 性 名	問 題 点 内 容	改 善 項 目
安 全 性	通行車の点検員への追突防止	点検、監視作業の自動化
	通行車とパトロールカーとの衝突防止	標示装置の強化
	通行車とパトロールカーとの衝突時緩衝	緩衝装置の設置
苦 渋 性	点検時間が長い	点検の自動化、高速化
	点検記録、整理が煩雑	記録、整理のO A化、自動化
	目、神経が疲れる	点検の自動化
	雨天時の作業が困難	点検の自動化
生 産 性	点検時間が長い	点検の自動化、高速化
	熟練度が必要	点検、記録等の自動化

従って、開発機としては点検、監視の自動化、高速化、記録、整理のO A化、自動化、標示装置の強化、緩衝装置の設置が望まれている。

4.3.7 既存関連技術の調査

(1) 近未来に対する技術

巡回点検の路面点検における改善項目の選定が明らかとなったので、次に、各々の項目に利用可能と思われる技術についての調査を行った。

1) 点検、監視の自動化、高速化

点検、監視は、ほとんどが目視で行っており、異常を発見した場合にカメラ撮影を行っているというのが現状である。

そこで、点検、監視の自動化、高速化に利用可能と思われる技術の調査を行った。

その結果を表-4-3-7-1に示す。

表-4-3-7-1 利用可能な関連技術または装置

改善項目	利用可能な関連技術	関連技術内容
自動点検	1. 路面性状調査の技術	超音波、CCDカメラ、スリットカメラ、レーザー光
	2. コンクリート診断等の技術	熱赤外線映像、電磁波、サウンドアナライザー 超音波
	3. 測定の測器技術	レーザー光3次元計測装置、画像処理装置、 超音波距離センサ
自動監視	全方位撮影・電送リモコン技術	ビデオカメラ
撮影装置	回転・伸縮・撮影リモコン技術	全方位回転・伸縮・架台付きカメラ
情報装置	受・発信電送技術	画像転送装置、テレビ電話

2) 追突防止、衝突の緩衝装置

追突防止及び衝撃緩衝は、現在、有色照明付き点滅回転灯、車体マーキング、バンパー、シートベルト等により行っているが、より効果を発揮すると思われる技術、装置の調査を行った。

その結果を表-4-3-7-2に示す。

表-4-3-7-2 利用可能な関連技術または装置

改善項目	利用可能な関連技術	関連技術内容
標示装置 (追突防止)	1. 昇降・回転調整リモコン技術	リモコン昇降可能回転灯装置
	2. 標示多様・証明リモコン装置	有色照明付き表示板（Ex、調査中、点検中）
	3. 既存塗料材質改良利用	光反射塗料の視認性増加による車体マーキング
	4. レーザー光線利用技術	車間距離計測装置
衝突時緩衝 装置	1. エアバックシステム技術	車両搭乗車の衝突時緩衝装置
	2. 衝突実験結果の応用技術	バンパーの緩衝吸収性改質・構造改良化装置

3) 記録、整理のO A化、自動化に関する技術

点検の記録、整理は人力で行っているのが現状である。そこで、そのような作業に利用可能と思われる技術、装置について調査を行った。

その結果を表-4-3-7-3に示す。

表-4-3-7-3 利用可能な関連技術または装置

改善項目	利用可能な関連技術	関連技術内容
自動記録装置	1. パソコンシステム	電子入力装置手帳型に表意略記号をインプット
	2. ナビゲーションシステム	GPSシステムによりパトロールカー・異常箇所の位置記録
自動整理装置	1. パソコンシステム (自動記録装置-1と連動)	点検作業終了後、電子入力装置を汎用パソコンに連結・整理・フロッピー保存・検索機能

(2) 遠未来的に対する技術

基本的には、管理担当者によって判断業務が行われているものの、その判断業務の基礎となる調査・計測・記録を自動化することによって省力化・確実化・一元化・情報簡略化・敏速伝達化する必要がある。

これらのニーズをクリアしていくためには、道路における物流媒体となるモーターカー自体の今後の改良、開発もさることながら、それ以上に道路構造の破損、破壊予知のための計測技術、道路面上で発生する交通に障害となる諸事象の状況把握と処理の方法、技術および、これらの情報の確実で敏速な伝達技術の高度化にある。

以上の項目に対して利用可能と思われる技術について検討を行った。

その結果を表-4-3-7-4に示す。

表-4-3-7-4 利用可能な関連技術または装置

改善名称	利用可能な関連技術または装置
調査の自動化技術	1. 舗装構造各層に変位計、歪み計を設置
	2. 舗装体等に磁性材料を混入
	3. 測定値送信装置を設置 データ送信先は区間維持管理事務所
情報伝達技術	1. モニターカメラの設置 データ送信先は区間維持管理事務所

4.3.8 条件整備

(1) 近未来的

車載式であるため、コンパクトで廉価な装置の開発が前提条件である。

また、特性別には次のことが考えられる。

1) 安全性の向上

- ① 点検員の車外作業を、出来るだけ減らすことが可能な機械の開発が必要である。
- ② 通行車両等へ、パトロール車の存在を的確に知らせることが必要である。

2) 苦渋性の解消

- ① 目視による判断を極力少なく出来る自動点検・記録装置の開発が必要である。
- ② 点検員の車外作業を、出来るだけ減らすことが可能な機械の開発が必要である。

3) 生産性の向上

- ① 点検状況の報告・連絡・説明時間を短縮する装置の開発が必要である。

(2) 遠未来的

道路の構造・施設の破損・破壊予知のためのシステム・計測技術の向上及び交通障害と諸事象及び災害等の状況を、安全性確保の中で敏速・能率的に把握するための装置のリモコン化・システム化・自動化の技術、さらに、取得した情報を確実・迅速に伝達できる装置のシステム化及び、これらの一連の技術と装置の操作・保守の簡略化・一般化・平易化が可能な技術の開発が必要である。

4.3.9 開発構想

4.3.9.1 近未来のコンセプト

以上の検討結果をもとに、近未来的開発イメージ図の作成を行った。

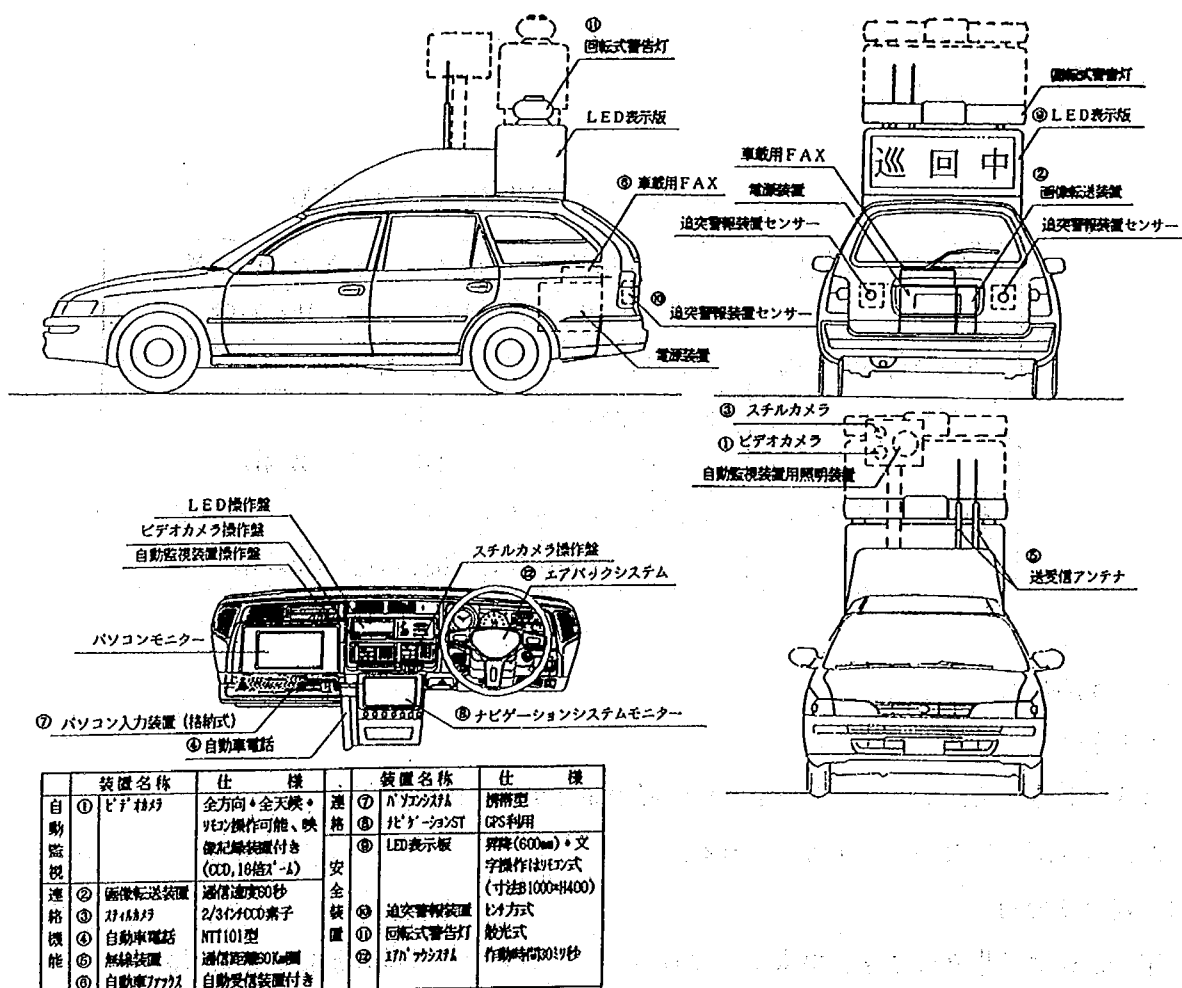
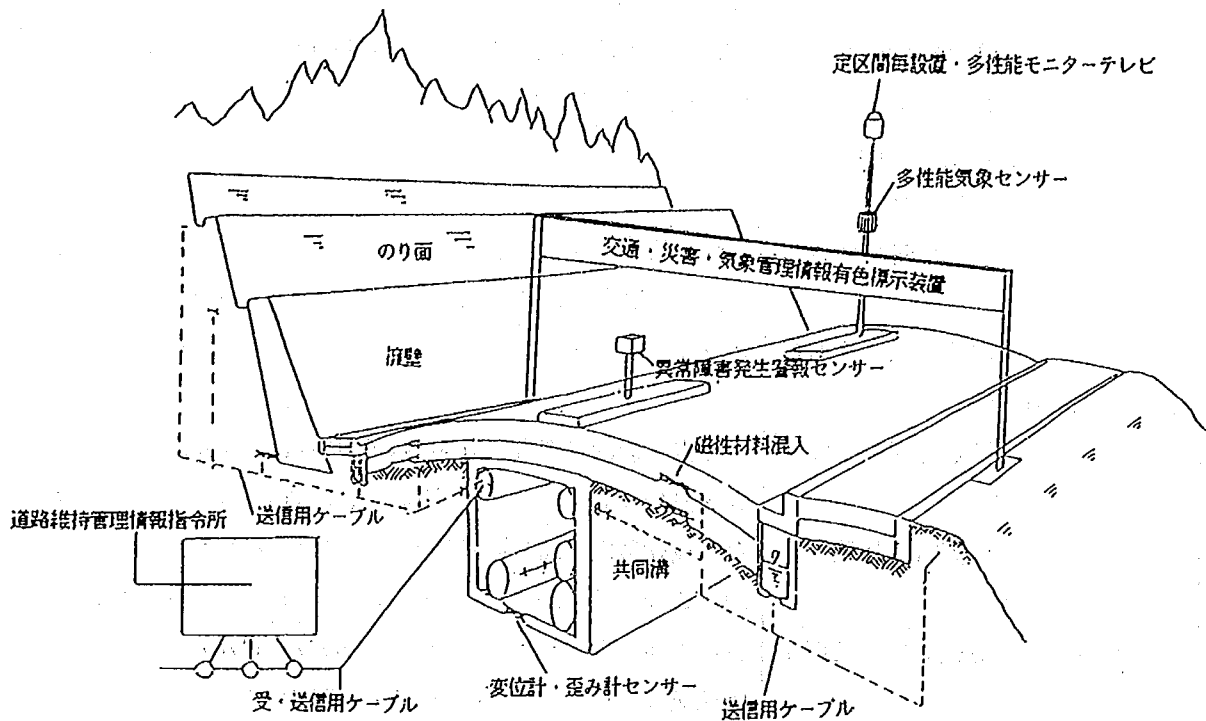


表-4-3-9-1 近未来的開発イメージ図

4.3.9.2 遠未来のコンセプト

以上の検討結果をもとに、遠未来的開発イメージ図の作成を行った。



特 徴

- ・全方向・全天候・リモコン操作可能なモニターテレビ、多性能気象センサ、路上の異常障害発生警報センサ、及び舗装体・構造物・隣接自然斜面地中変位計の設置による路面状況の把握の遠隔化、定常化、危険予知化が可能。
- ・上記道路交通に関する情報を道路利用車に適切に表示・案内・連絡する標示装置と連動化する。

表-4-3-9-2 遠未来的開発イメージ図

4.3.10 改善項目の設定

4.3.10.1 改善項目の現状・開発状況

現在、路面調査については、路面性状調査車等により行われており、かなり自動化・高速化が進んでいる。

しかし、そのような装置は高価かつ大型であるため、そのままでは常用的な巡回点検時での使用は不可能であると思われる。

したがって、点検時に常用できるコンパクトで廉価な装置の開発が必要である。そこで、開発機等に要望される改善項目毎に、適用可能と思われる技術の選出を行った。

表-4-3-10-1 改善項目に対する適用可能技術

区 分	改 善 項 目	適 用 技 術
安全性の向上	通行車の点検員への追突防止	自動点検装置（超音波計測器、CCDカメラ、スリットカメラ、電磁波、画像処理装置、レーザー光計測器）、自動監視装置（ビデオカメラ）
	通行車とガントリー車との衝突防止	追突警報装置、有色照明付き表示板（昇降・表示リモコン操作可）、光反射塗料
	通行車とガントリー車衝突時の緩衝	エアバックシステム
苦渋性の解消	点検時間が長い	自動点検装置（超音波計測器、CCDカメラ、スリットカメラ、電磁波、画像処理装置、レーザー光計測器）、自動監視装置（ビデオカメラ）
	点検記録、整理が煩雑	パソコンシステム、ナビゲーションシステム
	目、神経等が疲れる	自動点検装置（超音波計測器、CCDカメラ、スリットカメラ、電磁波、画像処理装置、レーザー光計測器）、自動監視装置（ビデオカメラ）
	雨天時の作業	自動点検装置（超音波計測器、CCDカメラ、スリットカメラ、電磁波、画像処理装置、レーザー光計測器）、自動監視装置（ビデオカメラ）
生産性の向上	点検、連絡時間が長い	自動点検装置（超音波計測器、CCDカメラ、スリットカメラ、電磁波、画像処理装置、レーザー光計測器）、自動監視装置（ビデオカメラ） 連絡の自動化（画像転送装置、テレビ電話）
	熟練度が必要	自動点検装置（超音波計測器、CCDカメラ、スリットカメラ、電磁波、画像処理装置、レーザー光計測器）、自動監視装置（ビデオカメラ）

4.3.10.2 改善項目の絞り込み

表-4-3-10-1 において、改善項目に対する適用可能と思われる技術の選出を行ったが、選出した全ての項目を一斉に適用することは現実的ではなく、困難で不可能なことである。

そこで、巡回点検において適していると思われる技術を安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上別に検討し、各々の改善項目に対して1種類の適用技術となるように絞り込みを行った。

表-4-3-10-2 改善項目に対する適用技術

区分	改善項目	適用技術	開発目的	選択の理由
安全性の向上	通行車の点検員への追突防止	自動監視装置 (ビデオカメラ)	点検員の車外作業をなくす	巡回点検においては、路上性状調査車等での詳細調査までは必要とせず、目視に替わるものとして効果が大きい
	通行車とパトロール車の衝突防止	有色照明付き表示板(昇降・表示状態の操作可)	パトロール車による点検作業の通行車への表示強化。	点検作業中のパトロール車の存在を、高い位置での表示で通行車両等に対してより早く視認させることが可能である
	通行車とパトロール車の衝突時の緩衝	エアバックシステム	パトロール車搭乗員の衝突時損傷度を軽減・解消化。	近年普及されつつあり、シートベルトより効果は大きい
苦渋性の解消	点検時間が長い	自動監視装置 (ビデオカメラ)	目視点検を自動化に近づける。	目視による点検時間を短くすることができる。
	点検記録、整理が煩雑	パソコンシステム	筆記型を押しボタン型の記録・整理方法に改正。	点検就業中、就業後の記録・整理作業を短縮・簡略化できる。
	目、神経が疲れる	自動監視装置 (ビデオカメラ)	目視点検を自動化に近づける。	目視による点検時間を短し、疲れを軽減できる。
	雨天時の作業	自動監視装置 (ビデオカメラ)	車外作業の解消。	点検時の車外作業を出来るだけ減らし、雨天時の点検作業を車内より行うことが出来る。
生産性の向上	点検、連絡時間が長い。	画像転送装置	パトロール車から画像をリアルタイムに送り、時間短縮化	画像を迅速かつ鮮明に転送し、伸縮化・編集化が可能で、基地等からの的確な指示が行える。
	熟練度が必要	自動監視装置 (ビデオカメラ)	目視点検を自動化に近づけ判断業務を減量する。	点検状況の把握力、報告、連絡・説明力の実務差をなくし、点検作業を平準化できる。

4.3.10.3 開発機の改善割合の設定

改善項目に対する適用技術の絞り込みを行ったので、その技術を導入した場合の評価を行う必要がある。

しかし、各適用技術を導入した場合の改善項目には、道路の機能に対する重要度に差異があり、開発機の改善割合の設定には改善項目の重要度等の差異を考慮する必要がある。

安全性の向上に関しては、点検員に直接損傷を与える項目から順に重要度を決定し、さらに通行車の交通量による区分を行った。

苦渋性の解消に関しては、作業頻度が「多い」・「少ない」により重要度を決定し、さらに点検時間による区分を行った。

生産性の向上に関しては、「点検・連絡時間が長い」という項目の重要度を大きくし、さらに点検時間による区分を行った。

また、各改善項目の改善割合は、重要度、区分及び巡回点検に携わっている人に対して行ったアンケート調査の結果(件数比)を用いて、改善度数(改善要望度合)を設定した。

しかし、改善項目の設定にあたっては、道路の機能を果たすことについての重要度に違いがあるので、そのことを考慮して検討を行った。その結果を表4-3-10-3に示す。

表-4-3-10-3 重要度を考慮した改善度数

(a) 安全性の向上

問 題 点	重要度 a	問 題 点 の 度 合 い		点数 b	件数(比率 c)		総合点 a * b * c
通行車の作業員への追突防止	0.5	1 日 の交 通量	2 万台 以上	0.6	18	34.0	12.75
			4 千 ~ 2 万台	0.3	8	17.0	
			4 千 台 未 満	0.1	0	0.0	
通行車とパトロールカーの衝突防止	0.3	1 日 の交 通量	2 万台 以上	0.6	17	36.2	8.05
			4 千 ~ 2 万台	0.3	8	17.0	
			4 千 台 未 満	0.1	0	0.0	
通行車とパトロールカーの衝突時の緩衝	0.2	1 日 の交 通量	2 万台 以上	0.6	1	2.1	0.63
			4 千 ~ 2 万台	0.3	3	6.4	
			4 千 台 未 満	0.1	0	0.0	

(b) 苦労性の解消

問 題 点	重要度 a	問 題 点 の 度 合 い		点数 b	件数(比率 c)		総合点 a * b * c
点検時間が長い	0.3	1 日 点検 時間	2 時間 以上	0.6	6	54.5	13.36
			1 ~ 2 時間	0.3	4	36.4	
			1 時間 未 満	0.1	1	9.10	
点検記録、整理が煩雑	0.3	1 日 点検 時間	2 時間 以上	0.6	1	12.5	7.13
			1 ~ 2 時間	0.3	3	37.5	
			1 時間 未 満	0.1	4	50.0	
目、神経等が疲れる	0.3	1 日 点検 時間	2 時間 以上	0.6	10	58.8	12.93
			1 ~ 2 時間	0.3	4	23.5	
			1 時間 未 満	0.1	1	5.88	
雨天時の作業	0.1	1 日 点検 時間	2 時間 以上	0.6	1	5.00	1.25
			1 ~ 2 時間	0.3	3	15.0	
			1 時間 未 満	0.1	10	50.0	

(c) 生産性の向上

問 題 点	重要度 a	問 題 点 の 度 合 い		点数 b	件数(比率 c)		総合点 a * b * c
点検時間が長い	0.7	1 日 点検 時間	2 時間 以上	0.6	8	72.7	34.96
			1 ~ 2 時間	0.3	2	18.2	
			1 時間 未 満	0.1	1	9.10	
熟練度が必要	0.3	1 日 点検 時間	2 時間 以上	0.6	26	76.5	15.92
			1 ~ 2 時間	0.3	8	23.5	
			1 時間 未 満	0.1	0	0.0	

4.3.11 改善効果

4.3.11.1 改善効果の測定

(1) 改善効果の測定

改善項目に対する改善度数の設定等を行ったので、次に実際に改善効果を把握する必要がある。
改善効果の把握方法はシミュレーション等により行うものとし、次の方法とした。

表-4-3-11-1 改善効果の測定方法

区分	改善項目	開発機シミュレーション	改善効果の測定方法
安全性の向上	通行車の点検員への追突防止	自動監視装置 (ビデオカメラ)	市販ビデオカメラを車両に搭載し、巡回点検及び構内での測定 ①監視領域の効果度、②雨天時及び晴天時における映像視認度、③装置の操作難易度
	通行車とパトロール車の衝突防止	有色照明付き表示板(昇降・表示状態の操作可)	LED標識装置搭載パトロール車の、巡回点検及び構内での測定 ①離間長による文字視認度をアンケートにより測定(発光色毎) ②色毎の発光照度測定、
	通行車とパトロール車の衝突時の緩衝	エアバックシステム	参考文献資料による測定(机上シミュレーション) ①現行のシートベルト着用とシートベルト+EPAの装置において発生する乗員受傷率と人体各部の損傷度合を測定する。
苦労性の解消	点検時間が長い	自動監視装置 (ビデオカメラ)	市販ビデオカメラを車両に搭載し、巡回点検及び構内での測定 ①監視領域の効果度、②雨天時及び晴天時における映像視認度、③装置の操作難易度
	点検記録、整理が煩雑	パソコンシステム	参考文献資料による測定(机上シミュレーション) ①現行方式による所要時間とパソコンシステム方式による所要時間を算定する。
	目、神経が疲れる	自動監視装置 (ビデオカメラ)	市販ビデオカメラを車両に搭載し、巡回点検及び構内での測定 ①監視領域の効果度、②雨天時及び晴天時における映像視認度、③装置の操作難易度
	雨天時の作業	自動監視装置 (ビデオカメラ)	市販ビデオカメラを車両に搭載し、巡回点検及び構内での測定 ①監視領域の効果度、②雨天時及び晴天時における映像視認度、③装置の操作難易度
生産性の向上	点検、連絡時間が長い。	画像転送装置	基地と現地間(車両)での画像転送実験(転送距離30km) ①操作装置の形式難易度、②画像視認度、③転送時間の測定
	熟練度が必要	自動監視装置 (ビデオカメラ)	市販ビデオカメラを車両に搭載し、巡回点検及び構内での測定 ①監視領域の効果度、②雨天時及び晴天時における映像視認度、③装置の操作難易度

(2) 測定結果

表-4-3-11-1 で示した測定方法をもとに現地シミュレーション等を行い、前項で設定した道路の機能に対する重要度等を加味した改善度数(改善要望度数)をもとに、各開発技術の改善割合及び改善比率等を改善項目毎に算出した。

その結果を表-4-3-11-2、図-4-3-11-1 に示す。

表-4-3-11-2 改善効果の測定結果

改善内容	特性区分名称	安 全 性 の 向 上									苦 労 性 の 解 消									生 産 性 の 向 上											
	改 善 項 目 別	通行車の点検員への追突防止			通行車とバトロール車の衝突防止			通行車とバトロール車の衝突時緩衝			点検時間が長い			点検記録、整理が煩雑			目、神経等が疲れる			雨天時の作業			点検、連絡時間が長い			熟練が必要					
	ウェイト(a)	0.5			0.3			0.2			0.3			0.3			0.3			0.1			0.7			0.3					
問 題 の 区 分	点 合 分	交 通 量			交 通 量			交 通 量			点 検 時 間			点 検 時 間			点 検 時 間			点 検 時 間			点 検 時 間			点 検 時 間					
		2万台以上	4千台～2万台	4千台未満	2万台以上	4千台～2万台	4千台未満	2万台以上	4千台～2万台	4千台未満	2時間以上	1～2時間以内	1時間未満	2時間以上	1～2時間以内	1時間未満	2時間以上	1～2時間以内	1時間未満	2時間以上	1～2時間以内	1時間未満	2時間以上	1～2時間以内	1時間未満	2時間以上	1～2時間以内	1時間未満			
改善要望度合	ウェイト (b)	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1			
	要望回答比*100(c)	34.0	17.0	0.0	36.2	17.0	0.0	2.10	6.40	0.0	54.5	36.4	9.10	12.5	37.5	50.0	58.8	23.5	5.88	5.00	15.0	50.0	72.7	18.2	9.10	76.5	23.5	0.0			
	換算要望度 (d)	10.2	2.55	0.0	6.52	1.53	0.0	0.25	0.38	0.0	9.81	3.28	0.27	2.25	3.38	1.50	10.6	2.12	0.18	0.30	0.45	0.5	30.5	3.82	0.64	13.8	2.12	0.0			
	改善種別要望度(e)	12.75			8.05			0.63			13.36			7.13			12.90			1.25			34.96			15.92					
	特性区分要望度(f)	21.43									34.64									50.88											
自動監視装置	改善割合 (g)	57	53	49							36	47	57				36	47	57	36	47	57				9	12	15			
	未改善割合 (h)	43	47	51							64	53	43				64	53	43	64	53	43				91	88	85			
	分担割合 (i)	100									100						100			100						100					
	未改善率 (j)	4.39	1.20	0.00							6.28			1.74	0.12				6.78	1.12	0.08	0.19	0.24	0.22				12.6	1.87	0.00	
有色照明付表示板	改善割合 (g)				57	52	48																								
	未改善割合 (h)				43	48	52																								
	分担割合 (i)				100																										
	未改善率 (j)				2.80	0.73	0.00																								
エアバック装置	改善割合 (g)							45	41	39																					
	未改善割合 (h)							55	59	61																					
	分担割合 (i)							100																							
	未改善率 (j)							0.14	0.22	0.00																					
パソコンシステム	改善割合 (g)												32	42	52																
	未改善割合 (h)												68	58	48																
	分担割合 (i)													100																	
	未改善率 (j)												1.53	1.96	0.72																
画像転送装置	改善割合 (g)																						42	35	19						
	未改善割合 (h)																						58	65	81						
	分担割合 (i)																									100					
	未改善率 (j)																						17.7	2.48	0.52						
改善指数 (比率) = K(L)		12.75 (59.5)			8.05 (37.6)			0.63 (2.9)			13.36 (38.6)			7.13 (20.6)			12.90 (37.2)			1.25 (3.6)			34.96 (68.7)			15.92 (31.3)					
改善後指数 (比率) = M(N)		5.59 (92.9)			3.53 (58.7)			0.36 (4.1)			8.14 (53.7)			4.21 (29.0)			7.98 (51.4)			0.65 (5.3)			20.7 (96.7)			14.47 (34.1)					

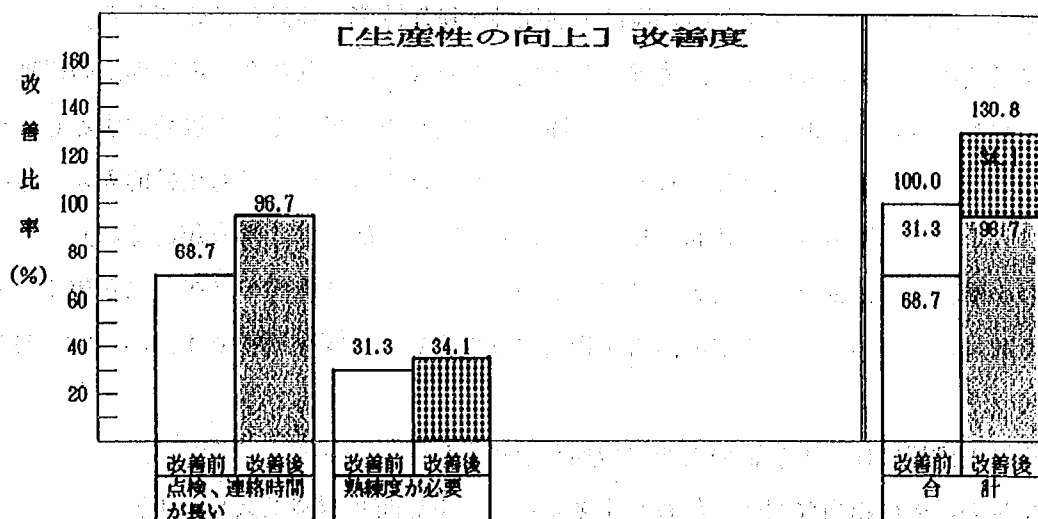
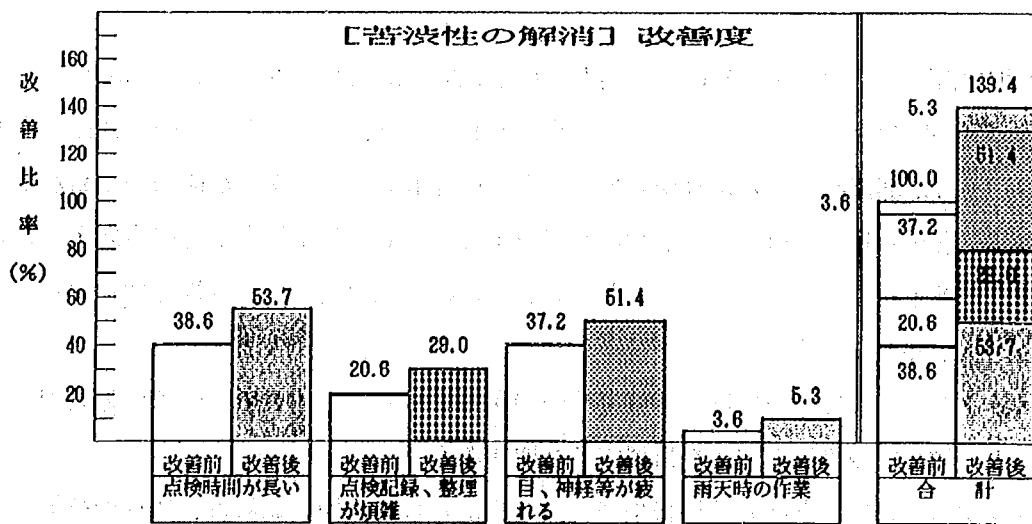
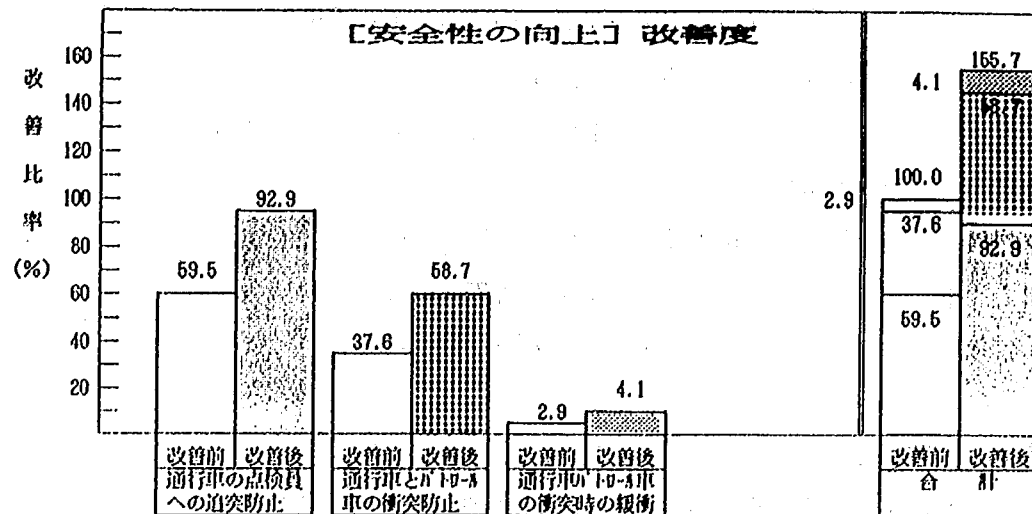


図-4-3-11-1 開発技術の改善度

なお、改善前比率と改善後比率の算定手順は以下の方法で行った。

〔計算例〕；安全性の向上で「通行車の点検員への追突防止」の場合。

- ① 改善指数（装置改善前） (K) 12.75
- ② 改善前比率 (ℓ) $12.75 / (12.75 + 8.05 + 0.63) * 100 = 59.5\%$
- ③ 装置改善後の改善指数 (M) 5.59
- ④ 改善指数の向上（改善前に対する） $12.75 - 5.59 = 7.16$
- ⑤ 向上比率 $7.16 / 12.75 * 100 = 56.2\%$
- ⑥ 改善後比率 (N) $59.5 * (1 + 0.562) = 92.9\%$

4.3.11.2 改善上の問題点

シミュレーションによる測定結果では、次の改善上の問題点が考えられる。

(1) 近未来的

- ① 自動監視装置（ビデオカメラ）は、車内からの監視でも雨天時以外は十分対応出来るが、車外カメラでの監視の方が監視領域、車内スペース等の点で有利であり、かつ、雨天時の視認性も車内から（雨滴及びワイパー等が邪魔をする）より優れている為、屋外用でコンパクトな機種の開発が望まれる。
- ② 有色照明付き表示板は、白昼での視認性が多少劣ることや、表示板文字を斜方向より視認した場合は、字体認識が低下するので対策が必要となる。さらに発光色の違いにより視認性が変わるので、適した発光色の選択が必要である。
- ③ エアバックシステムについては、搭載可能機種が増加しており、実用化への阻害要因は特にないが、さらにメーカー側へ搭載機種の拡大を指導する必要がある。
- ④ パソコンシステムは、車載分は携帯型パソコンを搭載し、基地の装置は、既存配置機種での対応が効率的であると思われるが、ソフトの互換性・機能性・操作性等の検討が必要である。
- ⑤ 画像転送装置は、既存の機種では装置が多少大がかりなものとなる為、車載専用の機種の開発が必要である。なお、既存の技術では、車両と基地間とを電話回線（NTT）で送受信するしかなく、携帯電話（もしくは自動車電話）の装着が必要となる。また、携帯電話の容量も比較的大きなものとする必要がある。（小容量の機種は転送時間が長くなったり、転送不能となる場合がある。）
- ⑥ 装置の小型化（特に画像転送装置）を図らないと、パトロール車内のスペースが狭くなる。
- ⑦ 装置の取付によりパトロール車の価格が相当アップする。（既存機種で4,000千円程度）

(2) 遠未来的

- ① センサ等の設置に伴う工事費の大幅な増加が予想される。
- ② センサ等の設置に相当な期間（年月）を要する。（予算面及び施工スピード）
- ③ センサの技術的レベルの向上及び信頼性の向上が望まれる。
- ④ センサ等のメンテナンス体制（予算及び技術的水準）を整備する必要がある。

4.3.12 実用化・運用体制の提案

4.3.12.1 実用化の提案

実用化に向けては、前で述べた改善上の問題点に対処するため、より人間の能力に近いソフト技術の開発や車両搭載スペースの制約から装置の小型化・高性能化を図る等の技術レベルの向上が必要である。中でも改善要望の強い自動監視装置（ビデオカメラ）については、屋外での使用に十分耐える構造で、かつ点検時における監視機能を満足する機種の開発を行い、さらに改善効果を向上させることが必要である。

また、点検の方法、点検の対象を整備する等により行政的立場から、自動化技術を適用し易い状況をつくることも必要である。

4.3.12.2 運用体制の提案

検 討 側 面		問 題 点 及 び 対 応 策
行政的側面	事業の位置付け	実施主体としては道路管理者または第三セクター 配備費用；7,500千円／台程度（パトロール車本体を含む） （但し、現状技術を導入した場合の概算費用） 維持費；パトロール等の運転経費（損料、燃料、人件費等） 年間7,000千円／1台当たり 修繕費；パトロール車及びセンサー等の修理・部品取替費 年間1,000千円／1台当たり
	配備計画	作業量等（管理区間延長）のプライオリティに対して配置全体を道路管理者が行う必要が無くなり、プライオリティの低い所は委託も可能となる。（但し、点検方法の整備が必要）
	運用計画	配置人員については、点検の頻度（サービスの程度）により変わってくる。将来的には運転員のみで巡回し、基地で映像等により確認を行えば、コストも下がる。 官持ちとした場合に現状の更新状況（8年程度）では、装置の機能保持のため相当の維持費（予算確保）が必要となり、業持ちとした方が有利と考えられる。
	メンテナンス	部品構成から機器の耐用年数が短い。（電気部品等） メンテナンス体制（技術的水準）を整備し、迅速な対応が必要。故障時の迅速な対応には、取替部品の在庫及びコストが問題となる。（高度な部品で構成されている。）

4.3.13 まとめ

道路の維持管理は、道路の利用状況等を的確に把握するため点検作業から始まって、この点検結果にもとづく補修までを速やかに連携して施工しようとするものであるが、点検作業はそのほとんどが作業員の目視によるものであり、作業員の高齢化・人手不足により自動化・省力化に対する要望が課題となっている。

そこで今回の研究では、このような問題点に対処するため道路点検作業の自動化・高速化についての検討を次の内容で行った。

まず最初に、点検状況を把握するため全国的なアンケート調査を実施し、点検頻度（回数）、点検内容、点検方法等の実態調査や、開発に対する要望等を調査し問題点の抽出・整理を行った。

次に、改善要望の調査で最も優先順位が高かった路面点検を開発目標に設定し、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の観点から検討を加えた結果、①点検・監視の自動化・高速化、②追突防止、衝突の緩衝装置、③連絡の自動化・高速化等に対する要望が多いことから、各々の改善要望に対して利用可能な開発技術の調査を行い、開発機械の近未来的・遠未来的イメージ図の作成を行った。

次に、開発機等に要望される改善項目の設定及びそれに対する適用可能と思われる技術の選出を行い、開発技術を定量的に評価するためのシミュレーションに持ち込むため、改善項目及び適用技術の絞り込み、改善割合の設定を行った。

さらに、自動監視装置（ビデオカメラ）、有色照明付き表示板（昇降・表示リモツ操作可）、エアバックシステム、パソコンシステム、画像転送装置等の技術をシミュレーションによる改善効果の測定を行い、その結果をもとに改善上の問題点の抽出、実用化・運用体制の提案を行った。

なお、今回の適用技術では、「安全性の向上」で5割強、「苦渋性の解消」で4割程度、「生産性の向上」で3割程度が改善される測定結果となっており、当初の目的である作業員の高齢化・人手不足の解消に十分対応できるものと思われるが、やはり人間の視覚等による判断が迅速かつ正確である場合もあり、人間の能力を取り入れたソフト技術の開発を行い、改善効果を向上させることが重要である。

また、開発技術の効果をよりいっそう発揮するためには、点検の方法及び点検の対象を整備する等の行政的側面の改善が必要と思われる。

4.4 工 事

4.4.1 維持作業の概要

(1) 舗装版補修（アスファルト舗装）

舗装版補修は、路面状況調査、詳細調査を行った後、計画を立案し施工している。主な施工法は次の通りである。

- ① 応急修理
- ② 打換え
- ③ オーバーレイ
- ④ 切削打換え
- ⑤ 路上表層再生工法
- ⑥ 表面処理

施工後は、出来形、品質管理を実施する。

施工機械は、ダンプトラック、ブルドーザ、バックホウ、モーターグレーダ等の掘削、積込、運搬、敷均機械、タンパ、ソイルコンパクタ、ロードローラ、タイヤローラ等の締固め機械、路面ヒータ、路面切削機、廃材積込機、路上表層再生機等の舗装版表層処理機械および、コンクリートブレーカ、コンクリートカッタ、その他であり、工種、工程、作業規模等に応じて使用している。

これらの作業は一般に多数の人力を必要とし、かつ、交通規制を行いながら、狭い作業場内で長時間にわたって施工される場合が多く、夜間作業とする場合も多い。また、作業の一部には熟練を必要とする部分もある。



写真-4-4-1-1 応急修理作業状況



写真-4-4-1-2 アスファルト舗装版切削作業状況

(2) 除草および剪定

1) 除 草

除草を行っている場所は、盛土法面、切土法面、路肩、植樹帯内、その他であり、草の種類はほとんど雑草である。

除草方法は肩掛式草刈機が大半であり、補助的に鎌を使用している。なお、一部の地域では法面、路肩の草刈に車載式草刈機を使用している。

2) 剪 定

植樹されている場所は、歩道、中央分離帯、交通島、導流島、環境緑地帯等であり、これらの場所に配植されている高木、中木、低木を剪定している。高木、中木は主に街路樹用として、また、低木は列

植帯、寄植等として植樹されている。

中木、高木の剪定には剪定鋏、ノコギリ等を使用し、足場にリフト車、梯子、脚立等を使用しており、すべて人力作業である。また、切葉の集積積込も人力である。

低木の剪定は、動力式剪定機、剪定鋏等を使用して人力により施工している。また、切葉の集積積込も高木、中木と同様に人力である。



写真-4-4-1-3 中木剪定状況



写真-4-4-1-4 低木剪定状況

4.4.2 問題点の抽出

アンケートを集積分析して、どの工種のどの工程に、どのような問題点があるかを抽出した。その結果は次の通りである。

表-4-4-2-1 問題点の抽出総括表（舗装版補修）

工 程 名	施工改善・作業改善・自動化について				安全面での重要度									
	安全の向上	苦渋の解消	生産性の向上	計	疲労が多い	危険な環境	衛生管理上	問題あり	事故発生が	発生しやすい	作業に時間がかかる	夜間作業が	とらなう	計
状況検査	130	32	120	282	4	47	13	35	17	5	121			
縁版切り断	138	490	60	888	52	310	301	114	209	50	1036			
縁版取り壊し	204	556	99	859	45	158	211	161	235	108	1318			
縁版切削	76	491	66	633	215	103	424	107	80	110	1039			
床版切り断	67	163	45	275	33	45	56	39	59	42	274			
As注入	130	90	38	258	31	44	24	66	41	39	245			
砂層敷均	7	23	30	60	16	5	6	14	9	16	66			
路盤敷均	22	35	58	115	40	10	6	17	23	23	119			
松 圧	74	90	43	207	11	34	12	63	32	43	195			
石粉塗布	12	44	39	95	10	4	43	3	6	9	75			
目地施工	76	59	70	205	32	34	14	43	31	23	177			
乳剤散布	17	157	32	206	31	0	32	3	0	24	90			
合材敷均	94	339	76	509	63	92	31	56	53	60	455			
平坦性点検	455	154	14	623	47	73	16	21	24	3	184			
平坦性検査	68	15	13	96	0	12	5	6	12	2	37			
検 査	43	23	24	90	1	6	5	0	0	0	12			
養 生	31	133	74	238	0	2	0	1	52	4	59			
資材の搬出入	363	41	42	446	4	98	9	87	5	6	209			

(1) 舗装版補修

舗装版補修における問題点を総括すると表-4-4-2-1の通りである。

表-4-4-2-1によれば、次の事項に問題点があることが分かる。

- ① 舗装版切断に関しては「苦渋の解消」、「危険な環境」、「作業時間がかかる」、「衛生管理上」に問題がある。
- ② 舗装版取り壊しに関しては「安全の向上」、「苦渋の解消」、「疲労が多い」、「危険な環境」、「作業時間がかかる」、「衛生管理上」に問題がある。
- ③ 舗装切削に関しては「苦渋の解消」、「疲労が多い」、「衛生管理上」に問題がある。

④ 合材敷均しに関しては「苦渋の解消」、
「疲労が多い」。

⑤ 平坦性点検および資材の搬出入に関し
ては「安全の向上」が必要である。

全般的に見れば、図-4-4-4-2-1が示して
いるように「苦渋の解消」が特に問題であ
り、また図-4-4-2-3で分かるように「安全
面」、「疲労」について問題がある。

各アンケート項目をグラフにすると次の
通りである。

図-4-4-2-1は施工改善、作業改善、自動
化を行う上で「安全の向上」、「苦渋の解
消」、「生産性の向上」のうち何が重要で
あるかを各工程別に表したグラフであり、
「舗装版の切断・取り壊し」、「舗装切削」、
「合材敷均し」、「平坦性点検」、「資材
の搬出入」が重要であることが分かる。

図-4-4-2-2は作業の安全面のみに着目し
最も改善が必要と思われる工程の割合を示
したものである。

図-4-4-2-3は、各工程について作業を行
う上での具体的な問題点を表したグラフで
あり、「舗装版の切断・取り壊し」、「舗
装切削」および「合材敷均し」に特に問題
点があることが分かる。

(2) 除草・植栽剪定作業

除草・植栽剪定作業に関するアンケートを総括すると表-4-4-2-2の通りである。

この表によれば、作業を行う上で問題があると回答した人は80%に達しており、ほとんどの人が改善を要望しているものと思われる。具体的にどのような点が問題であるかを取りまとめると、次の通りである。

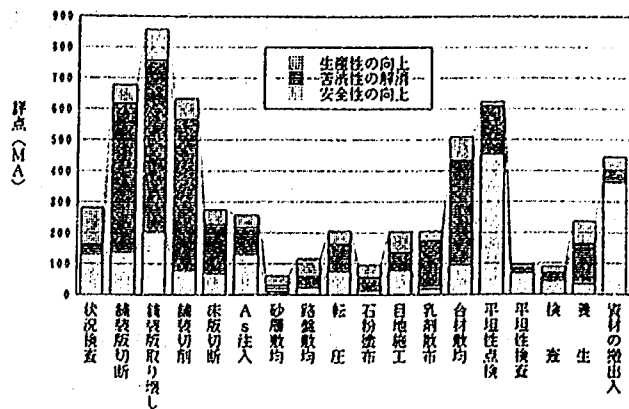


図4-4-2-1 改善を行う上での重要度

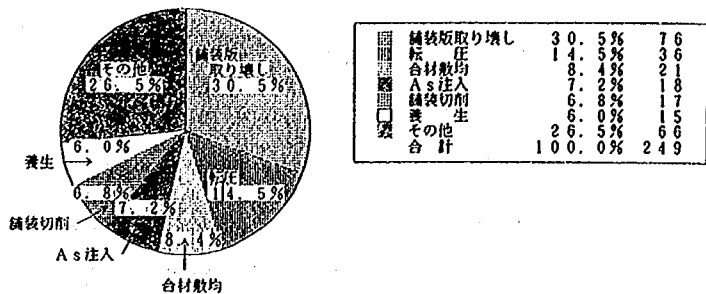


図4-4-2-2 安全面における重要度

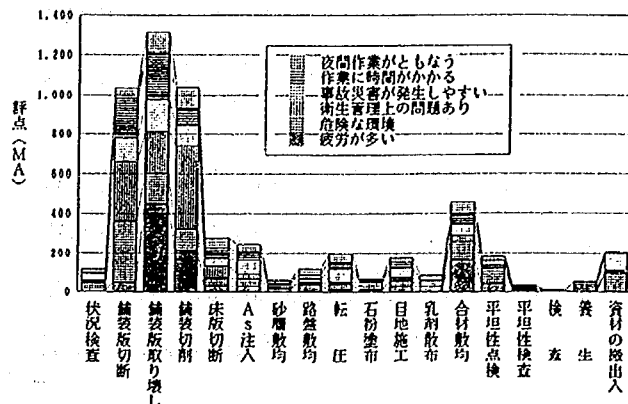


図4-4-2-3 作業上における問題点

表-4-4-2-2 問題点の抽出総括表（除草・植栽剪定作業）

何か問題があるか			施工改善・作業改善・自動化 についての要望			安全面での要望					
特にな い	あ る	なんとも 言 えない	安全の向上	苦渋の解消	生産性の向上	疲労が多い	危険な環境	衛生管理上 問題あり	事故・災害 が発生しや すい	作業に時間 がかかる	その他
44 (14%)	260 (80%)	20 (6%)	843 (47%)	476 (26%)	494 (27%)	247 (16%)	469 (30%)	215 (14%)	426 (27%)	183 (12%)	16 (1%)

① 施工改善、作業改善、自動化を進める上で最も重要な点は「安全の向上」である。但し、「苦渋の解消」、「生産性の向上」についてもかなり重要である。

② 安全面に関して最も問題となっている項目は「危険な環境」であり、これと同様の意見である「事故・災害が発生しやすい」を加えると、半数以上の人作業現場が危険な環境であると感じている。

各アンケート項目を、グラフにすると次の通りである。

図-4-4-2-4は、除草・植栽剪定作業を行う上で特に問題があるかという質問に対する回答であり、大半の人が問題があると答えている。

図-4-4-2-5は、施工改善、作業改善、自動化を行う上で、「安全の向上」、「苦渋の解消」、「生産性の向上」のうちいずれが重要であるかをグラフにしたものである。これによると「安全の向上」が特に重要である。

図-4-4-2-6は、安全面についてどのような問題があるかをグラフにしたものであり、危険な環境で作業をしていることが分かる。

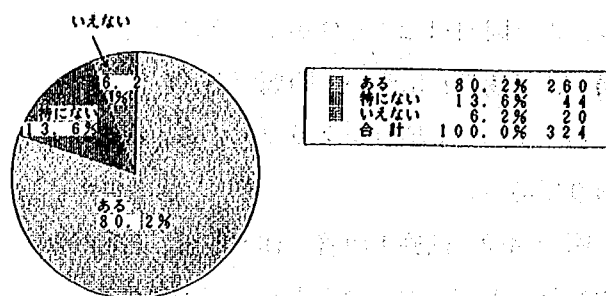


図-4-4-2-4 作業における問題点の有無

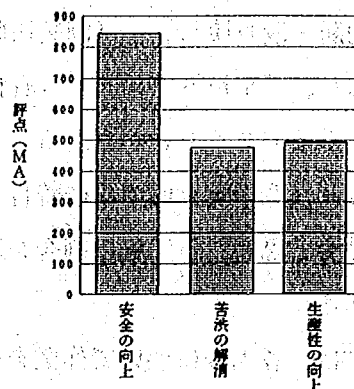


図-4-4-2-5 改善を行う上での重要度

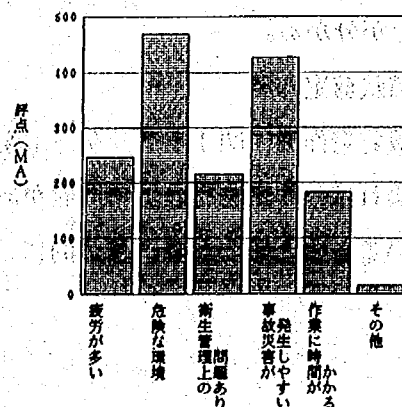


図-4-4-2-6 安全面における問題点

4.4.3 開発目標の方向性

次の事項を検討する事により、開発の方向性について総合判断する。

- ① 現場でどのような機械の開発を要望しているか。
- ② 施工上どの工程にどのような問題点があるか。
- ③ 安全性に関しては、どの工程にどのような問題があるか。
- ④ 人力作業が多いか。

(1) 舗装版補修

表-4-4-3-1は開発の方向性を検討するための総括表である。この表から概略次の事が言える。

- ① 路面の状況調査、平坦性点検は人手をわずらわすことなく、自動的に計測記録がすばやく行える装置の開発が要望されている。
- ② 舗装版の切断を含む取り壊し、積込が、高速でかつ補助労力なしで行える機械の新規開発が要望されている。もちろん、現道上の狭い作業場内でも安全に作業ができるよう機械構造上の配慮が必要である。
- ③ 舗装版の切削はスピードアップが要望されていると同時に、切削および廃材積込における補助労力の低減および防塵対策が要求されている。
- ④ 転圧の高速化が要望されている。また、路盤のワンパス施工および合材の敷均しの高速化が要望されている。

なお、現場においては、問題ありと感じながらも改善した例はほとんどない。

全体として、作業場所が現道上であり、作業ヤードが狭く、危険な環境で、なおかつ交通渋滞を引き起こす原因となっているため「作業員の安全を考慮した自動化および高速化」を開発目標とすべきである。

表-4-4-3-2および図-4-4-3-1は、機械の開発について自動化、高速化、新規開発のいずれの要望が大きいかを、工程別に表したもの

表-4-4-3-1 開発目標に関する総括表（舗装版補修）

工 程 名	開発の要望			安全面での重要度										開発に関する要望
	自動化	高速化	新規開発	安全の向上	苦勞の軽減	生産性の向上	廃棄が多い	危険な環境	作業場狭小	作業しにくい	事故発生しやすい	作業に時間がかかる	改良作業が	
状況調査	◎													
舗装版切断		○		◎		◎	◎					○		
舗装版取り壊し		○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
舗装版切削		○		◎		◎			◎					
床版切断														
As注入														
砂層敷均														
路盤敷均														敷均がワンパスでできる機械の開発
転 圧	◎													
石粉散布														
目地施工														
乳剤散布														小規模の場合の作業方法の改善
合材敷均		○		○		○								
平坦性点検	◎			◎										
平坦性検査														
検 査														
養 生														養生時間の短縮
資材の搬出入				○										

表-4-4-3-2 開発における重要度

工 程 表	施 工 用 機 械 の 開 発			
	自 動 化	高 速 化	新 規 開 発	計
状況調査	128	3	4	133
舗装版切断	11	57	18	86
舗装版取り壊し	12	48	112	172
舗装版切削	12	59	24	86
床版切断	2	21	11	40
As注入	13	8	19	40
砂層敷均	3	5	2	10
路盤敷均	6	9	3	18
転 圧	1	91	2	94
石粉散布	7	0	2	9
目地施工	14	9	13	36
乳剤散布	12	3	6	21
合材敷均	8	42	3	53
平坦性点検	133	12	8	153
平坦性検査	24	4	3	31
検 査	12	0	3	15
養 生	0	19	13	32
資材の搬出入	0	0	0	0

であり、「状況検査」、「舗装版の切断・取り壊し」、「舗装切削」、「転圧」、「合材敷均し」、「平坦性点検」に問題があることが分かる。

(2) 除草・植栽剪定

表-4-4-3-3は、除草・植栽剪定について開発の方向性を検討するための総括表である。この表から概略次のことが言える。

- ① 全般に自動化、高速化が強く要望されている。
- ② 法面および路肩の除草について自動化、高速化が要望されている。
- ③ 中央分離帯、歩道の植栽剪定についても自動化が要望されており、中央分離帯については高速化も合わせて要望されている。
- ④ 自動化を要望する理由は、作業の安全性向上が最も多い。

全体として、作業場所が現道上または現場付近であるため、作業ヤードが狭く、かつ危険であることおよび高木剪定、法面除草等においては足場が不安定であること等が安全性向上の要望となっているものと考えられる。また、これらの作業のほとんど全てが人力によるものであり、かつ単純な連続（繰返し）作業であることおよび通行車両の騒音・振動・排気ガス等の悪環境のみならず、草刈機または剪定機の騒音・振動も自動化要望の因をなしているものと思われる。

従って、開発目標は除草・剪定から切葉の集積・積込・運搬処理までの一連の工程を「機械化すること」である。もちろん、開発においては高速化ということも十分考慮しなければならない。

図-4-4-3-2は、自動化、高速化の必要性についてアンケートしたものであり、大半が必

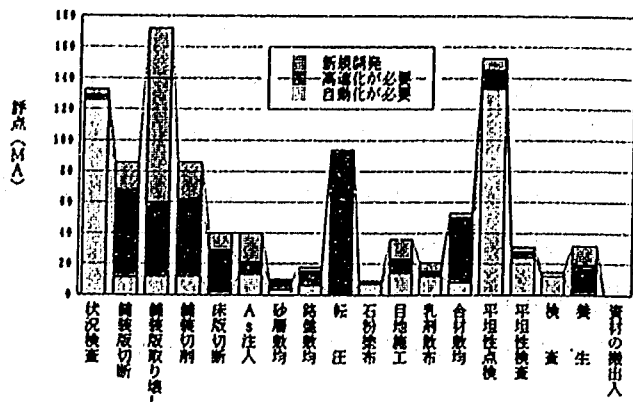
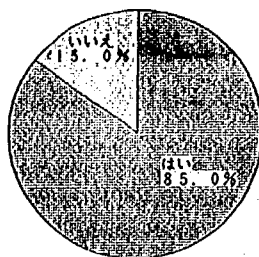


図-4-4-3-2 開発における重要度

表-4-4-3-3 開発目標に関する総括表（除草・植栽剪定）

自動化・高速化が必要か	作業場所	機械開発の要望		施工・作業の自動化に関する要望		安全面での重要度							開発に対する意見
		自動化	高速化	安全の向上	作業の効率向上	作業の効率向上	作業の効率向上	作業の効率向上	作業の効率向上	作業の効率向上	作業の効率向上	作業の効率向上	
③ 85%	除草	法	面	○	○								小型、安全、簡便で、回轉半径が小さい機械の開発を要望する。 養分、除虫剤の散布が、危険であり現場まで運ぶ。
	路	肩	○										
	側	道	○										
	中央分離帯	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	歩	道	○										
	植栽剪定	○											
④ 15%	その他												
	その他												



必要	85.0%	271
不要	15.0%	48
合計	100.0%	319

図-4-4-3-3 自動化・高速化の必要性

要ありと回答している。

表-4-4-3-4および図-4-4-3-3は、自動化、高速化が必要な作業場所はどこであるかというアンケートに対する回答であり、法面除草の自動化、中央分離帯及び歩道の植栽剪定の自動化が要望されている。

除草・植栽剪定作業に関して、次の問題点が提起されている。

- ① 集積・積込場所が狭く危険であり、かつ時間がかかる。運搬距離も長く時間がかかる。
- ② 重労働であり、作業員の高齢化も進んでおり問題である。
- ③ 集積・積込場所、処理場等の確保が困難である。

4.4.4 作業の詳細調査

道路維持修繕工事のうち、舗装版補修、除草、植栽剪定を調査対象として、施工改善・作業改善・自動化の要望とこれらにおける安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上に関する改善項目についての意見を集約した。また、施工機械の開発に関しては自動化・高速化・新規開発の必要性についての要望等に関して調査を実施した。

この結果、舗装版取り壊し、舗装版切断、舗装版切削、合材敷均の順に改善要望が多いことが分かった。

図-4-4-4-1に、舗装版補修工事における施工費比率を示す。

この図を見ると、舗装版補修工事では、切削・オーバーレイ、舗装版打換えが主体工事であることが分かる。

舗装切削、合材敷均の各工程は、改善要望も多く、また、全体工事費における施工費率も高い工程ではあるが、施工機械（路面切削

表-4-4-3-4 自動化・高速化が必要な場所

工種	作業場所	施工用機械の開発			
		自動化	高速化	新規開発	計
除草	法面	186	81	6	273
	路肩	50	30	2	82
	側道	20	20	3	52
植栽剪定	中央分離帯	87	54	5	146
	歩道	104	37	3	144
	植樹帯	26	16	2	44
	側道	0	0	0	0
	その他	0	0	3	3

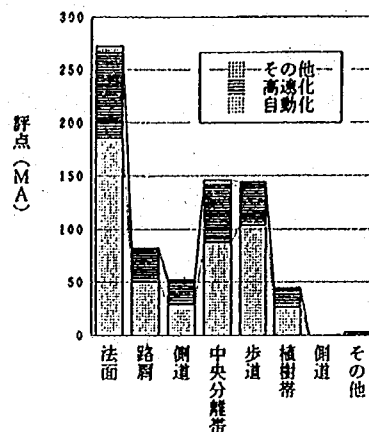


図-4-4-3-4 自動化・高速化が必要な場所

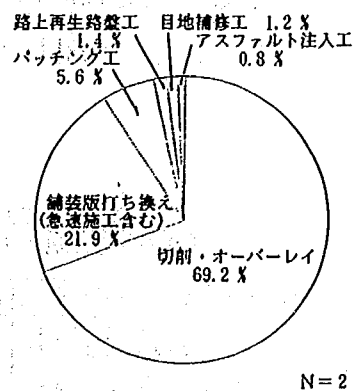


図-4-4-4-1 舗装版補修工事施工費率 (直接工事費)

機、アスファルトフィニッシャー）を中心として、機械メーカ及び施工業者が積極的に開発改善を行っている。また、アスファルトフィニッシャー（合材敷均）は、建設省で行っている建設作業用ロボット普及促進の対象機種となっており、今回の選定の対象からは除外するものとする。

今回、開発目標として設定する工種は、改善要望等も多く、また、全体工事費における施工費率も高く、かつ改善効果が大いと思われる、舗装版切断、舗装版取り壊しの2工種とした。なお、写真-4-4-4-1に舗装版切断状況、写真-4-4-4-2に舗装版取り壊し状況を示す。



写真-4-4-4-1 舗装版切断



写真-4-4-4-2 舗装版切り壊し

4.4.5 定量的評価による改善すべき工程の選出

(1) 舗装版切断工

表-4-4-5-1、図-4-4-5-1に舗装版切断工における安全性、苦渋性、生産性の重要度を調査した結果を示す。これは、安全性、苦渋性、生産性について改善の優先順位を付けて回答してもらい1位に3点、2位に2点、3位に1点と重みを付け、集計したものである。これによると、生産性、苦渋性の改善要望が高いことが分かる。

表-4-4-5-1 安全性・苦渋性・生産性の重要度調査結果
(舗装版切断工)

評価点数	安全性	苦渋性	生産性	合計
3点	6 (2)	129 (43)	189 (63)	324 (108)
2点	4 (2)	128 (64)	84 (42)	216 (108)
1点	104 (104)	1 (1)	3 (3)	108 (108)
評価点数合計	114	258	276	648
重要度(%)	17	40	43	100

(注)・()の値は、度数を示す。

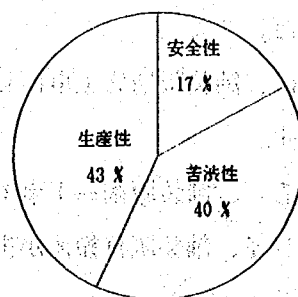


図-4-4-5-1 安全性・苦渋性・生産性の重要度調査結果
(舗装版切断工)

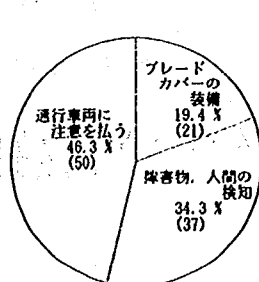
表-4-4-5-2に安全性、苦渋性、生産性の各問題点について重要度・問題点の度合いに対する点数・度数などを乗じ、各問題点の重み付けを行い、定量的評価を行った。

図-4-4-5-2～図-4-4-5-7にそれを図化したものを示す。

定量的評価の結果、安全性では、「通行車両に注意を払う」、苦渋性では、「騒音が大きい」、「切断汚水処理」、「しゃがみこみ姿勢と歩行の繰り返し」、生産性では、「熟練度が必要」、「切断スピードの向上」がそれぞれ高い評価点となった。

表-4-4-5-2 安全性・苦渋性・生産性の定量的評価
(舗装版切断工)

項 目	安 全 性			苦 渋 性				生 産 性						
改 善 項 目	ブレードカバーの装備	障害物の検知	通行車両に注意を払う	騒音が大きい	切断汚水処理	手押し作業である	しゃがみこみ姿勢の繰り返し	熟練度が必要	切断スピードの向上	1台に2枚のブレードを装備	補助作業の軽減	切断厚の自動調整		
重 要 度 a	Q2	Q3	Q5	Q4	Q3	Q1	Q2	Q3	Q3	Q1	Q2	Q1		
問題点の度合い	刀先のみのカバー 半カバー 全カバー	3人以上 2人 2人未満	2万台以上 1万12万台 1万台未満	90db以上 80190db 30db未満	100ℓ/h以上 501100ℓ/h 50ℓ/h未満	手押し式 ハンドル回転駆動式 施任全自動無段変速式	10回/h以上 5110回/h 5回/h未満	5年以上 1年15年 1年未満	2m/分以上 112m/分 1m/分未満	切削深30cm以上 切削深15130cm 切削深15cm未満	3人以上 2人 2人未満	10日以上 5110日 5日未満		
点 数 b	0.6 0.3 0.1	0.5 0.3 0.2	0.5 0.3 0.2	0.6 0.3 0.1	0.5 0.3 0.2	0.6 0.3 0.1	0.5 0.3 0.2	0.7 0.2 0.1	0.2 0.3 0.5	0.2 0.3 0.5	0.5 0.3 0.2	0.5 0.3 0.2		
次 数 c	2 14 5	3 15 19	17 21 12	15 18 1	2 13 5	5 14 4	2 13 16	21 15 5	3 14 9	1 6 2	4 6 8	1 5 8		
総合点 d (a×b×c)	0.24 0.09 0.1	0.6 1.35 1.14	4.25 3.15 1.2	3.60 2.16 0.04	0.30 1.17 0.03	0.30 0.42 0.04	0.20 0.78 0.04	4.41 0.90 0.15	0.18 1.26 1.35	0.02 0.18 0.10	0.40 0.36 0.32	0.05 0.15 0.16		
度数合計 Σc	21	37	50	34	20	23	31	41	26	9	18	14		
問題点の改善数 Σd	118	294	860	580	177	0.76	1.62	5.46	2.79	0.30	1.08	0.38		
度数比率 %	13.4	34.3	46.3	31.5	18.5	21.3	28.7	37.9	24.1	8.3	16.7	13.0		
改善比率 %	9.3	23.1	67.6	58.3	17.8	7.6	16.3	54.7	27.9	3.0	10.8	3.6		



() 内の値は、度数を示す。

図-4-4-5-2 安全性における度数比率
(舗装版切断工)

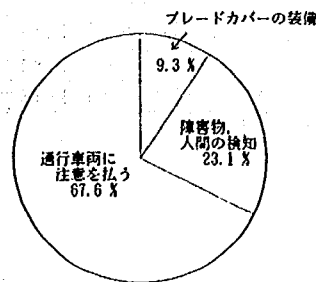
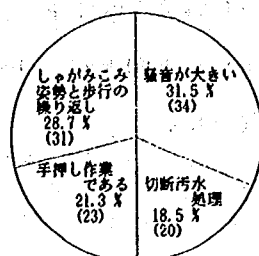


図-4-4-5-3 安全性における改善比率
(舗装版切断工)



() 内の値は、度数を示す。

図-4-4-5-4 苦渋性における度数比率
(舗装版切断工)

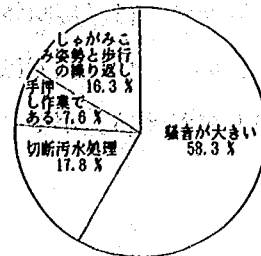


図-4-4-5-5 苦渋性における改善比率
(舗装版切断工)

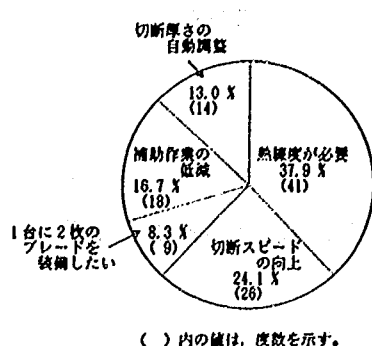


図-4-4-5-6 生産性における度数比率
(舗装版切断工)

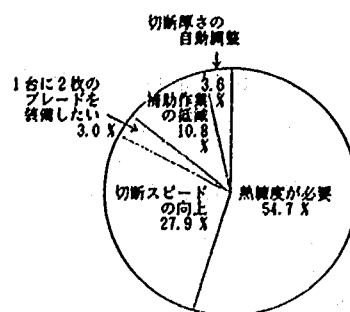


図-4-4-5-7 生産性における改善比率
(舗装版切断工)

(2) 舗装版取り壊し工

表-4-4-5-3、図-4-4-5-8に舗装版取り壊し工における安全性、苦渋性、生産性の重要度を調査した結果を示す。これは、舗装版切断工と同様に安全性、苦渋性、生産性について改善の優先順位を付けて回答してもらい、1位に3点、2位に2点、3位に1点と重みを付け、集計したものである。これによると、生産性、苦渋性の改善要望が高いことが分かる。

表-4-4-5-3 安全性・苦渋性・生産性の重要度調査結果
(舗装版取り壊し工)

評価点数	安全性	苦渋性	生産性	合計
3点	6 (2)	63 (21)	267 (89)	336 (112)
2点	4 (2)	180 (60)	40 (20)	224 (112)
1点	108 (108)	1 (1)	3 (3)	112 (112)
評価点数合計	118	244	310	672
重要度 (%)	18	36	46	100

(注)・() の値は、件数を示す。

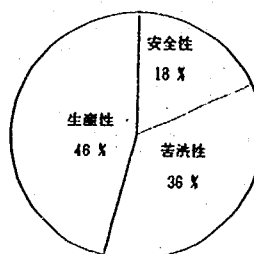


図-4-4-5-8 安全性・苦渋性・生産性の重要度調査結果
(舗装版取り壊し工)

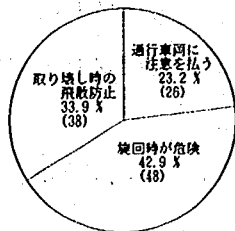
表-4-4-5-4に安全性、苦渋性、生産性の各問題点について重要度・問題点の度合いに対する点数・度数などを乗じ、各問題点の重み付けを行い、定量的評価を行った。

図-4-4-5-9～図-4-4-5-14 にそれを図化したものを示す。

定量的評価の結果、安全性では「旋回時が危険」、「取り壊し時の飛散防止」、苦渋性では、「騒音が大きい」、「振動が大きい」、生産性では「取り壊し作業のスピード向上」、「舗装版と路盤材の分離」、「掘削積込作業が連続して行える」がそれぞれ高い評価点となった。

表-4-4-5-4 安全性・苦渋性・生産性の定量的評価
(舗装版取り壊し工)

項目	安全性			苦渋性							生産性					
改善項目	通行車両に注意を払う	旋回時が危険	取り壊し時の飛散防止	騒音が大きい	振動が大きい	人力による残棄材の横込	人力による取り壊し補助	粉塵が発生する	補助作業の低減	舗装版の運搬	舗装版の運搬	舗装版の運搬	舗装版の運搬	舗装版の運搬	舗装版の運搬	舗装版の運搬
改善度 a	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
改善点や改善い	2万歩以上	1万歩以上	3人未満	50歩以上	75歩以上	20歩/日以上	20歩/日以上	20歩/日以上	5人未満	3人未満	3人未満	サイクルタイム20分以内	サイクルタイム20分以内	サイクルタイム20分以内	サイクルタイム20分以内	サイクルタイム20分以内
点数 b	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.1	0.1	0.2	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1
改善率 c	8	11	7	5	32	12	18	12	8	10	17	9	4	18	8	15
改善点 d (a×b×c)	1.80	1.32	0.35	0.75	0.75	0.32	0.32	0.32	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
改善合計 E	26	48	38	35	30	12	15	19	11	17	17	17	17	17	17	17
改善率 E d	3.48	4.26	4.06	3.60	2.58	0.25	0.35	1.30	0.64	1.16	0.68	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
改善比率 %	73.2	42.9	31.9	32.1	26.8	10.7	13.4	17.0	9.8	15.2	18.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6
改善比率 %	28.3	34.6	37.1	44.6	34.9	3.1	4.3	16.1	9.0	16.3	9.5	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3



() 内の値は、度数を示す。

図-4-4-5-9 安全性における度数比率
(舗装版取り壊し工)

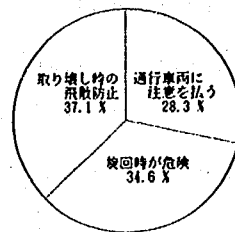
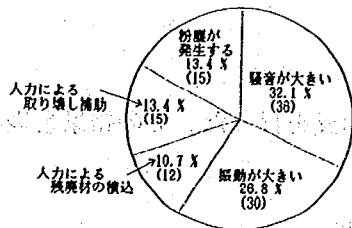


図-4-4-5-10 安全性における改善比率
(舗装版取り壊し工)



() 内の値は、度数を示す。

図-4-4-5-11 苦渋性における度数比率
(舗装版取り壊し工)

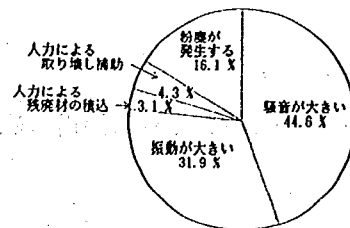
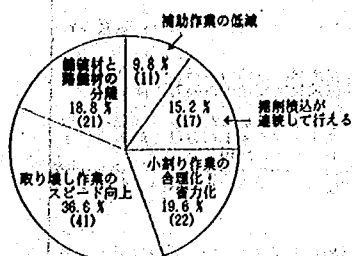


図-4-4-5-12 苦渋性における改善比率
(舗装版取り壊し工)



() 内の値は、度数を示す。

図-4-4-5-13 生産性における度数比率
(舗装版取り壊し工)

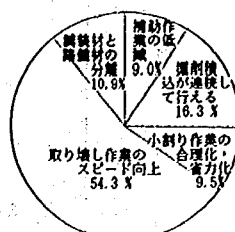


図-4-4-5-14 生産性における改善比率
(舗装版取り壊し工)

4.4.6 開発目標及び改善案

(1) 舗装版切断工

舗装版切断工の改善項目として、安全性では、「通行車両に注意を払う」、苦渋性では、「騒音が大きい」、「切断汚水処理」、「しゃがみこみ姿勢と歩行の繰り返し」、生産性では、「熟練度が必要」、「切断スピードの向上」が挙げられた。

上記の改善項目を踏まえ、開発目標を設定すると、安全性では「カット操作時の安全を確保する」、苦渋性では「エンジン騒音・作業騒音を低減する。」、「切断汚水処理の省力化」、「操作性の向上」、生産性では「切断スピードの向上および省力化」が挙げられる。

また、改善案として、無人又は遠隔操作装置の開発、低騒音型機械の開発、空冷ブレード及びバキューム装置による切断汚水処理の省力化、また、ウォータージェット、レーザビーム等を用いて切断時の振動等を発生させない切断機械の開発が挙げられる。

(2) 舗装版取り壊し工

舗装版取り壊し工の改善項目として、安全性では「旋回時が危険」、「取り壊し時の飛散防止」、苦渋性では、「騒音が大きい」、「振動が大きい」、生産性では「取り壊し作業のスピード向上」、「舗装版と路盤材の分離」、「掘削積込作業が連続して行える」が挙げられた。

上記の改善項目を踏まえ、開発目標を設定すると、安全性では「旋回時の事故防止」、苦渋性では「エンジン騒音を低減する。」、生産性では「作業効率の改善」が挙げられる。

また、改善案としては、作業者の安全確保を目的とした警報システム等の開発、旋回時の事故防止として無旋回型バックホウの採用、油圧ショベルの低騒音化、作業効率の改善として無旋回型のバックホウ、舗装版取り壊しの専用機械の開発が挙げられる。

4.4.7 既存技術の調査

開発機等に要望される改善項目に適用可能と思われる既存技術の調査を行った。その結果を表4-4-7-1に示す。

表-4-4-7-1 既存技術の調査結果

工 種	区 分	改 善 項 目	適 用 技 術
舗装版切断工	安 全 性	カット操作時の安全確保	レーザ装置による障害物の検知、センサー技術を活用した自動制御システム、空冷ブレードの採用による付帯装置の簡素化
	苦 渋 性	エンジン騒音・作業騒音の低減	大型低騒音マフラー、特殊防音カバー、ブレードのフルカバー、消音刃の採用、レーザビームによる切断、ドライアイス飛翔体による切断・破砕
		切断汚水処理	空冷ブレードの採用、バキューム装置の装備
		操作性の向上	方向転換用補助車輪の装備、デフ機構の装備、油圧式無断変速走行装置の採用
	生 産 性	切断スピードの向上および省力化	ブレードサイズにあったエンジン回転数の制御、ステップカットにおける無人コントロールセンサーの採用
舗装版取り壊し工	安 全 性	旋回時の事故防止	無旋回型バックホウ、重機械防災警報システム
	苦 渋 性	エンジン騒音の低減	大型低騒音マフラー、吸込式のラジエータファンの採用、エンジンルームの吸音材に吸音率の高い吸音材を使用、逆位相の音を出して騒音をキャンセルする騒音の能動的制御
	生 産 性	作業効率の改善	大型路面切削機による破砕掘削積込機（ワンプラス施工）、無旋回型バックホウ

4.4.8 条件整備

(1) 舗装版切断工

定量的評価の結果、安全性では、「通行車両に注意を払う」、苦渋性では、「騒音が大きい」、「切断汚水処理」、「しゃがみこみ姿勢と歩行の繰り返し」、生産性では、「熟練度が必要」、「切断スピードの向上」が評価点が高かった。

開発機に導入する技術として、定量的評価及び既存技術の調査結果を踏まえ、条件整備を行った結果、①障害物検知センサーを装備し、作業員の安全を確保する。②全防音カバー方式を採用し、騒音を軽減する。③切断負荷補償式走行機構、自動切断位置決め等の機能を装備し、熟練度をカバーする。等が挙げられる。

(2) 舗装版取り壊し工

定量的評価の結果、安全性では「旋回時が危険」、「取り壊し時の飛散防止」、苦渋性では、「騒音が大きい」、「振動が大きい」、生産性では「取り壊し作業のスピード向上」、「舗装版と路盤材の分離」、「掘削積込作業が連続して行える」が評価点が高かった。

開発機に導入する技術として、定量的評価及び既存技術の調査結果を踏まえ、条件整備を行った結果、①低振動、低騒音型の破碎掘削機の開発。②廃材の小割り機能を装備。③ダンプの連続積込方式。④作業員検知センサーの装備。等が挙げられる。

4.4.9 開発のコンセプト

(1) 近未来的開発イメージ

図-4-4-9-1に舗装版切断工の近未来的イメージ図を示す。図-4-4-9-2に舗装版取り壊し工の近未来的イメージ図を示す。

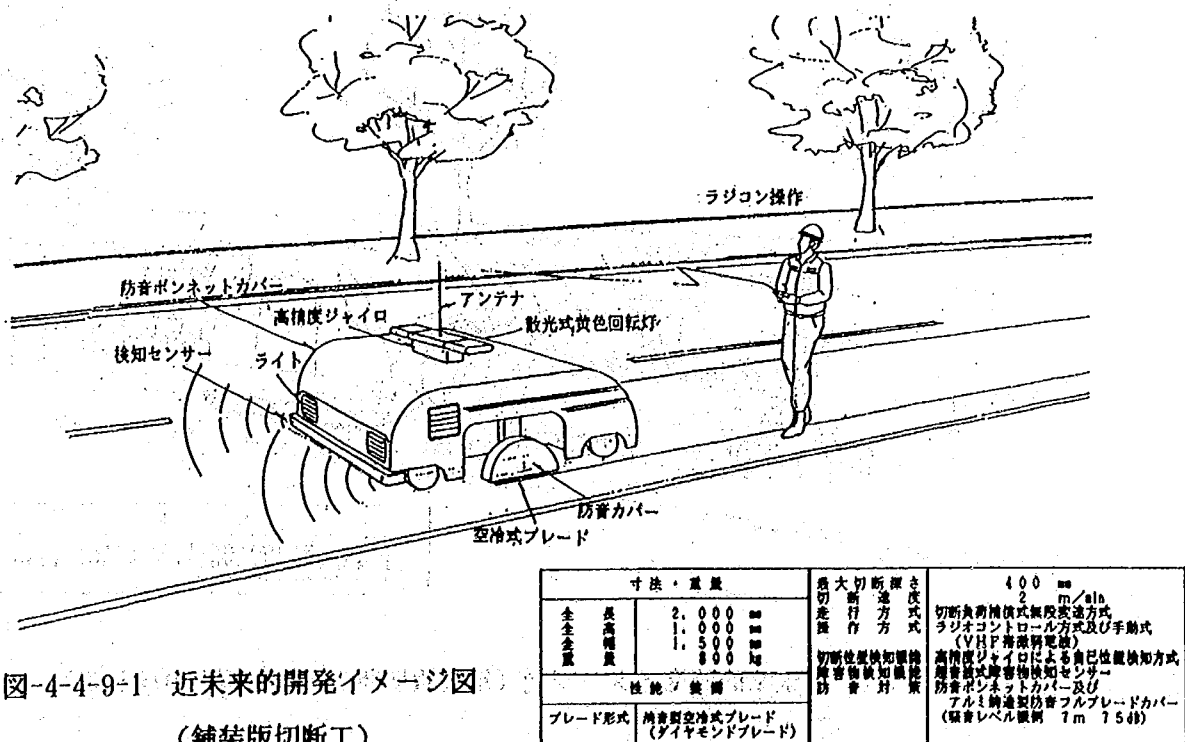


図-4-4-9-1 近未来的開発イメージ図
(舗装版切断工)

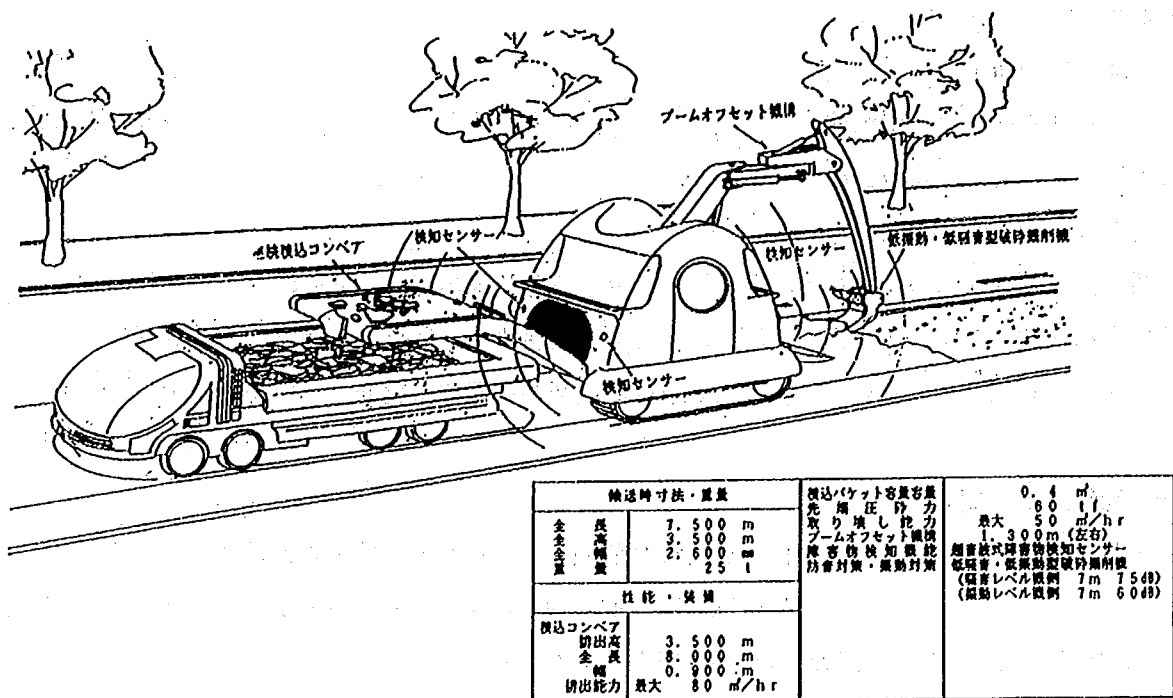


図-4-4-9-2 近未来的開発イメージ図（舗装版取り壊し工）

(2) 遠未来的開発イメージ

図-4-4-9-3に舗装版切断工・取り壊し工の遠未来的開発イメージ図を示す。ワンパス施工（切断、取り壊し、積込同時施工）を行う機械をイメージしている。

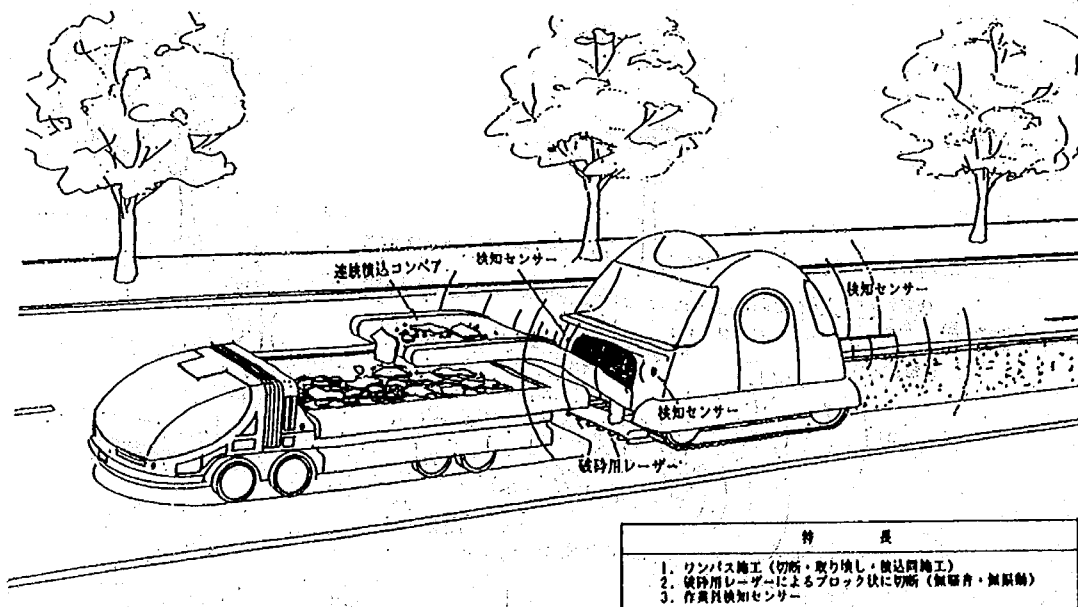


図-4-4-9-3 遠未来的開発イメージ図（舗装版切断工・舗装版取り壊し工）

4.4.10 改善項目の剪定

現状の開発状況の中で、近未来的開発イメージに取り組むことができかつ改善効果の高い技術を適用した機械のシミュレーションによる試験施工により、その改善効果を評価した。

試験施工は、実機にて実施する事が望ましいが、適用する技術を網羅する事は、時間的にも、費用的にも困難であり、今回は開発の進んでいる既存の機械を対象としその機械に対してその他の技術を適用した場合をシミュレーションする事により行った。

(1) 舗装版切断工

舗装版切断工に対する適用技術及び選択の理由を表-4-4-10-1に示す。

(2) 舗装版取り壊し工

舗装版取り壊し工に対する適用技術及び選択理由を表-4-4-10-2に示す。

表-4-4-10-1 適用技術概要及び選択の理由（舗装版切断工）

（舗装版切断工）

改善項目		適用技術	適用技術概要	選択の理由	備考
安全性	ブレードカバーの装備	フルブレードカバー	フルブレードカバー	フルブレードカバーによる飛散防止	
	障害物の検知	—————（適用なし）			
	通行車両に注意を払う	空冷式ブレード	空冷式ブレードであり、水が必要ない	水タンク、ホース等付帯装置が必要ないため、交通の妨げにならず安全に作業できる。	
苦 労 性	騒音が大きい	消音ブレード、防音カバー	消音ブレードにより金属音の低減 防音カバーによりエンジンの防音		
	切断汚水処理	空冷式ブレード	空冷式ブレードであり、水が必要ない	切断汚水処理が必要ない	
	手押し作業	油圧無段変速式走行	油圧式走行により切断時は、方向修正のみでよい	手押し作業の軽減	
	しゃがみこみと歩行の繰り返し	—————（ " ）			
生産性	熟練度が必要	油圧無段変速式走行	油圧式走行により切断時は、直進性保持のみでよい	走行速度が一定にたもてるためブレード消耗費がすくない	
	切断スピードの向上	"	手押し式、ハンドル回転駆動式に比べ切断スピードが大きい。	手押し式、ハンドル回転駆動式に比べ切断スピードが大きい。	空冷ブレードの最大切断深さは15cmであり、また、切断スピードも水冷式よりも劣る
	1台に2枚のブレードを装備	—————（ " ）			
	補助作業の低減	空冷式ブレード	空冷式ブレードであり、水が必要ない	水タンク、ホース等のとりまわし補助作業、切断汚水処理補助作業が必要ない	

表-4-4-10-2 適用技術概要及び選択の理由（舗装版取り壊し工）

（舗装版取り壊し工）

改善項目	適用技術	適用技術概要	選択の理由	備考
安全性	通行車両に注意を払う	無旋回型バックホウ	掘削・積込作業を旋回することなく行える	旋回しないため、通行車両への注意が必要ない
	旋回時が危険	〃	〃	旋回しないので作業員への安全性は向上する
	取り壊し時の飛散防止	油圧式破壊機	油圧による静的破壊で低騒音・無振動	取り壊し時の飛散がほとんどない
苦渋性	騒音が大きい	油圧式破壊機、低騒音型バックホウ	油圧による静的破壊で低騒音・無振動	取り壊し時の騒音が小さい
	振動が大きい	〃	〃	取り壊し時の振動が小さい
	人力による残廃材の積込	（適用なし）		
	人力による取り壊し補助	（ 〃 ）		
	粉塵が発生する	油圧式破壊機	〃	取り壊し時の飛散がほとんどない
生産性	補助作業の低減	（ 〃 ）		
	掘削・積込が連続して行える	無旋回型バックホウ	掘削・積込作業を旋回することなく行える	旋回工程がないため、サイクルタイムが短くなる
	作業の合理化、省力化	油圧式破壊機	油圧による静的破壊で、曲げによる小割作業	バックホウ・大型ブレーカに比べ、小割作業をしやすい
	取り壊し作業のスピード向上	無旋回型バックホウ	掘削・積込作業を旋回することなく行える	旋回工程がないため、サイクルタイムが短縮でき、全体スピードが向上する。

4.4.11 改善効果

4.4.11.1 改善効果の測定

改善効果の測定は、実施したアンケート結果を基に、それぞれの改善項目に対する問題の度合いをどの程度改善できたかを測定及びインタビュー調査により、評価した。

(1) 舗装版切断工

舗装版切断工における改善効果の測定結果を表-4-4-11-1に示す。

(2) 舗装版取り壊し工

舗装版取り壊し工における改善効果の測定結果を表-4-4-11-2に示す。

表-4-4-11-1 改善効果の測定結果（舗装版切断工）

項目	改善項目	問題点の度合い	測定結果
安全性	ブレードカバーの装備	刃先のみのカバー 半カバー 全カバー	試験機は、空冷ブレードであり切断時に水等の飛散は無くまた、切断状況の確認できる半カバーのブレードカバーであった。アンケート結果では、ブレードカバーの安全性には問題は無いとの事であった。
	障害物の検知	1台当たり補助作業員数 " 3人以上 " 2人 " 1～0人	従来の切断作業では、水タンク及びホース等のとりまわしや、切断汚水処理用の補助作業員が必要であったが、試験機では、空冷ブレード式であり、補助作業員は、特に必要ではなかった。
	通行車両に注意を払う	現場交通量（台/24h） " 2万台以上 " 1万～2万台 " 1万台未満	水タンク、ホース等が必要でありまた、補助作業員も必要としないため安全性は、現場交通量の影響を受けない。（インタビュー結果）
苦役	騒音が大きい	機側7m騒音 " 90dB以上 " 80～90dB " 80dB未満	従来のカッターでは、90dB前後であるが試験機は、防音カバーを装備しかつ消音刃であり4方向平均で77dBであった。
	切断汚水処理	切断汚水処理量 " 100ℓ/h以上 " 50～100ℓ/h " 50ℓ/h未満	切断汚水は発生しないが、集塵機のフィルタの清掃は必要である。ただし苦役性を伴う作業ではない。（インタビュー結果）また、機械からの粉塵の発生は、ほとんどない。切断部清掃は不要。
	手押し作業である	走向方式 " 手押し式 " ハンドル回転駆動式 " 油圧無段変速式	油圧無段変速式であり作業員は直進保守だけでよい。苦役性を伴う作業ではない。（インタビュー結果）
生産性	しゃかもこみ姿勢と歩行の繰り返し	しゃかもこみ回数 " 10回/h以上 " 5～10回/h " 5回/h未満	試験機しゃかもこみ回数8回/hであった。しゃかもこみ回数は、従来機械と同じ（インタビュー結果）
	熟練が必要	必要経年数 " 5年以上 " 1～5年 " 1年未満	油圧無段変速式であり切断スピードは一定に保てるため1年未満の経年数の作業員でも、ブレード損耗費を含めて生産性で問題となることはない。（インタビュー結果）
	切断スピードの向上	必要切断速度 " 2m/分以上 " 1～2m/分 " 1m/分未満	切断速度は、従来のカッターでは2m/分以上の機種もあったが、試験機では、75cm/分であった。
生産性	1台に2枚のブレードを装備	必要切断深さ " 30cm以上 " 15～30cm " 15cm未満	試験機の最大切断深さは、15cmであった。なお試験機時の切断深さは、10cmであった。
	補助作業員の低減	補助作業員数 " 3人以上 " 2人 " 1～0人	水タンク、ホース等が必要であり、切断作業に伴う補助作業員は、必要としない。ただしマーキング等の補助作業は変化はない。
	切断厚の自動調整	切断厚調整頻度 " 10回/日以上 " 5～10回/日 " 5回/日未満	切断厚調整は、油圧式であり、調整には補助員からない。調整頻度は、各現場により異なる。（インタビュー調査）

表-4-4-11-2 改善効果の測定結果（舗装版取り壊し工）

項目	改善項目	問題点の度合い	測定結果
安全性	通行車両に注意を払う	現場交通量（台/24h） 2万台以上 1万～2万台 1万台未満	油圧ショベルは、積込時旋回するため安全性において現場交通量の影響を受けるが、試験機は無旋回型であり現場交通量の影響は受けない（インタビュー結果）
	旋回時安全確保	1台当たり補助作業員数 5人以上 3～4人 3人未満	無旋回型であるため旋回時の交通規制は必要ではないが、補助作業員の全体人員は、従来と比べ変化は無い。ただし、旋回しないため、補助作業員の安全性は向上する。（インタビュー結果）
	取り壊し時の飛散防止	飛散状況 多い 少ない ほとんど無い	大型ブレーカでは、飛散が大きい。飛散防止用の作業員が必要な場合もあるが、試験機のアタッチメントは、ネットであり油圧ショベルと飛散状況は変わらない。（少し飛散する）油圧ショベルでは、飛散はほとんどなかった。
苦	騒音が大きい	機関7m騒音 90dB以上 80～75dB 75dB未満	大型ブレーカ91dB、油圧ショベル（低騒音型）78dB、油圧ショベル74dB、無旋回型ショベル（試験機）82dB、試験機のベースは、低騒音対象型ではない。
	振動が大きい	機関7m振動 80dB以上 70～80dB 70dB未満	大型ブレーカ82dB、油圧ショベル73dB、油圧ショベル78dB、無旋回型ショベル（試験機）71dB
	人力による残材の積み込み	人力残材積み込み量（m ³ /日） 2m ³ 以上 0.5～2m ³ 0.5m ³ 未満	人力残材積み込み作業は、現場により異なり機械の性能等による影響は小さい。（インタビュー結果）
生産性	人力による取り壊し補助	人力取り壊し量（m ³ /日） 1m ³ 以上 0.5～1m ³ 0.5m ³ 未満	人力取り壊し量は、現場により異なり、機械の性能等による影響は小さい。（インタビュー結果）
	粉塵が発生する	粉塵量 多い 少ない ほとんど無い	粉塵は、旋回時の飛散によるものが多く、掘削部での発生は少ないが、その中でも、油圧ショベルの掘削部での粉塵はほとんど発生しない。
	補助作業の低減	1台当たり補助作業員数 5人以上 3～4人 3人未満	無旋回型であるため、旋回時の交通規制は必要ではないが、補助作業員の全体人員は、従来と比べ変化は無い。（掘削時補助作業は少ない。）補助作業員は、掘削後の路盤材、アスファルトの敷き均し補助として必要である。
生産性	掘削部から連続して行える	掘削部のサイクルタイム30秒以上 20～30秒 20秒未満	無旋回型 約19秒、油圧ショベル（約25～32秒）、油圧ショベルは、旋回時に、掘や通行車両等の影響を受けやすい。
	小割作業の合理化、省力化	破砕塊の大きさ 50cm以上 30～50cm 30cm未満	大型ブレーカ 50～60cm、油圧ショベル 50～60cm、油圧ショベル 30～50cm、小割作業の生産性は、油圧ショベルがすぐれている。
	取り壊し作業のスピード向上	時間当たり施工量 30m ³ /h以上 20～30m ³ /h 20m ³ /h未満	舗装版破砕 大型ブレーカ（t=20） 71m ³ /h、油圧ショベル（t=20） 43m ³ /h、掘削部 油圧ショベル 26m ³ /h、無旋回型 37m ³ /h
生産性	舗装版と路盤材の分離	分離の必要性 多い 少ない ほとんど無い	アスファルト廃材としてリサイクルする場合は、分離する必要があり、分別の必要性も高くなる。（リサイクル法）

また、開発機械による施工シミュレーションを行い、その改善効果を定量的に評価するために改善指数を算定した。その結果を、舗装版切断工については表-4-4-11-3 に、舗装版取り壊し工については表-4-4-11-4 に示す。この表において重要度および点数（重要度の度合い）は設定値であり、度数はそれぞれの項目に対するアンケート選択件数である。また、改善割合は試験施工による測定結果を基に設定したものである。

次に、開発機械による改善効果を見るために、装置改善前と後での改善比率をグラフにして、舗装版切断工については図-4-4-11-1～図-4-4-11-3 に、舗装版切断工については図-4-4-11-4～図-4-4-11-6 に示す。これらの図を見ると改善前比率の高いものを改善する方が大きな改善効果を期待できることが分かる。

なお、改善前比率と改善後比率の算定手順は以下の通りである。

計算例：舗装版切断工での安全性の改善に対するブレードカバーの装備について

①装置改善前の改善指数	1.18
②改善前比率	$1.18 / (1.18 + 2.94 + 8.60) \times 100 = 9.3\%$
③装置改善後の改善指数	0.81
④改善指数の向上（改善前に対する）	$1.18 - 0.81 = 0.37$
⑤向上比率	$0.37 / 1.18 \times 100 = 31.4\%$
⑥改善後比率	$9.3 \times (1 + 0.314) = 12.2\%$

(1) 舗装版切断工

舗装版切断工における改善効果を見ると、苦渋性、安全性、生産性の順に改善効果が現れている。個々にみると、苦渋性においては騒音の低減および切断污水处理による改善効果が高く、安全性においては通行車両および障害物に対する安全性の向上、生産性においては切断スピードは逆に低下しているものの自動化による操作性の向上によって全体として改善効果が向上している。

(2) 舗装版取り壊し工

舗装版取り壊し工における改善効果を見ると、苦渋性、安全性、生産性の順に改善効果がでている。個々にみると、安全性においては取り壊し時の飛散防止および通行車両や作業員に対する安全性の向上による改善効果、苦渋性では低騒音・低振動破碎掘削機による苦渋性の向上、生産性においては無旋回型による掘削、破碎、積込の連続作業による生産性の向上により改善効果が向上している。

表-4-4-11-3 改善効果の定量的評価（舗装版切断工）

項 目		実 業 性										百 貨 性										先 進 性															
改 修 項 目		フレッドローバーの集積	障害物の取知			通行車道に注意を払う			障害物が多い			切断円水処理			手押し作業である			しごく、削り、削り、削りとし			機械が多数			切断スピードの向上			1台に2つのフレッドローバーを装備			補助作業の減量			切断時の自動調整				
重 要 度 a		02	03			05			04			03			01			02			03			03			01			02			01				
阿蘇友の改修		刃先のみのフレッドローバー	全カバリー	3人以上	2人未満	2人未満	1万平方メートル以上	1万平方メートル未満	50平方メートル以上	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満	50平方メートル未満					
点 数 b		0.6	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.5	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
度 数 c		2	14	5	3	15	19	17	21	12	15	18	1	2	13	5	14	4	2	13	16	21	15	5	3	14	8	1	6	2	4	8	8	1	5	8	
d (a×b×c)		0.24	0.84	0.1	0.45	1.35	1.14	1.25	3.15	1.2	3.00	2.16	0.04	0.20	1.17	0.03	0.30	0.42	0.04	0.20	0.78	0.64	4.41	0.90	0.25	0.18	1.35	0.08	0.18	0.10	0.40	0.30	0.32	0.05	0.15	0.16	
新設設備の改修度	Z4	L18	2.94			8.60			5.60			L77			0.76			L62			5.46			2.79			0.30			L04			0.35				
用 具 技 術	改修式 フレッドローバー	e改修割合	N	50	30	0	50	40	30	50	40	30	50	30	10	70	60	50									-30	-30	-20	-30	-30	-20	30	40	30		
		f (100-e)	N	50	70	100	50	60	70	50	60	70	50	70	90	30	30	40	50								150	130	120	150	130	150	50	60	70		
		g改修割合	N	100			100			100			100															80			100			100			
		h (d×f×g)	0.12	0.59	0.10	0.23	0.81	0.50	2.13	1.89	0.84	0.11	0.91	0.02	0.08	0.47	0.02										0.22	1.31	1.30	0.03	0.23	0.12	0.20	0.22	0.22		
		i (100-e)	N										50	30	10																						
	新設式 フレッドローバー	j改修割合	N																																		
		k (100-e)	N																																		
		l改修割合	N																																		
		m (d×f×g)																																			
		h (d×f×g)																																			
新設設備の改修度	Z4	L18	2.94			8.60			5.60			L77			0.76			L62			5.46			2.79			0.30			L04			0.35				
新設設備の改修度	Z4	L18	2.94			8.60			5.60			L77			0.76			L62			5.46			2.79			0.30			L04			0.35				
新設設備の改修度	Z4	L18	2.94			8.60			5.60			L77			0.76			L62			5.46			2.79			0.30			L04			0.35				
新設設備の改修度	Z4	L18	2.94			8.60			5.60			L77			0.76			L62			5.46			2.79			0.30			L04			0.35				

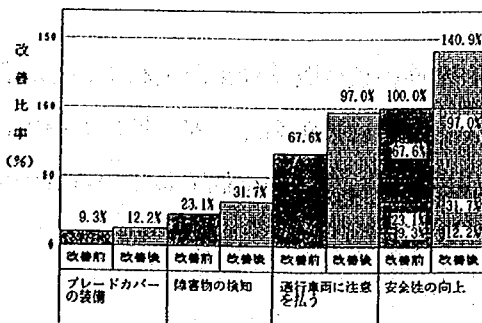


図-4-4-11-1 安全性における改善比率

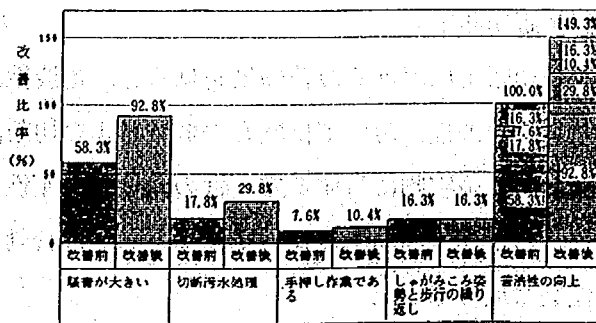


図-4-4-11-2 苦渋性における改善比率

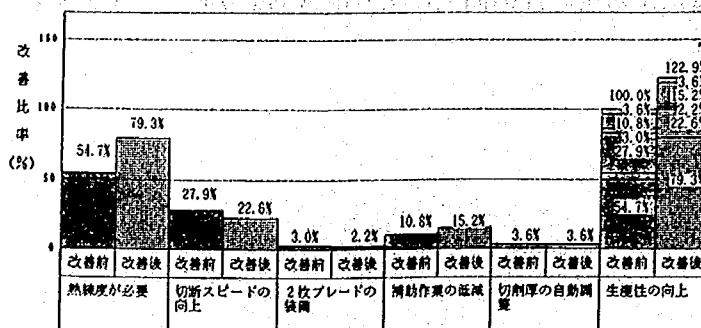


図-4-4-11-3 生産性における改善比率（舗装版切断工）

表-4-4-11-4 改善効果の定量的評価（舗装版取り壊し工）

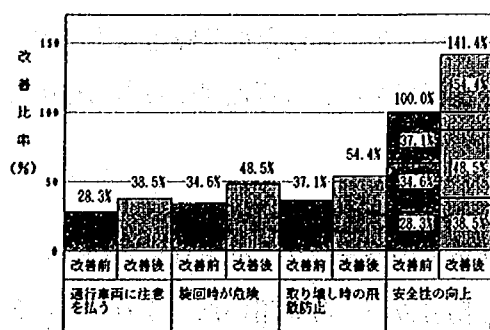
[illegible]

図-4-4-11-4 安全性における改善比率
(舗装版取り壊し工)

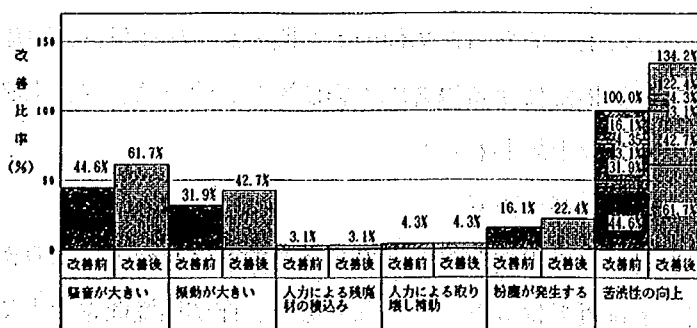


図-4-4-11-5 苦渋性における改善比率
(舗装版取り壊し工)

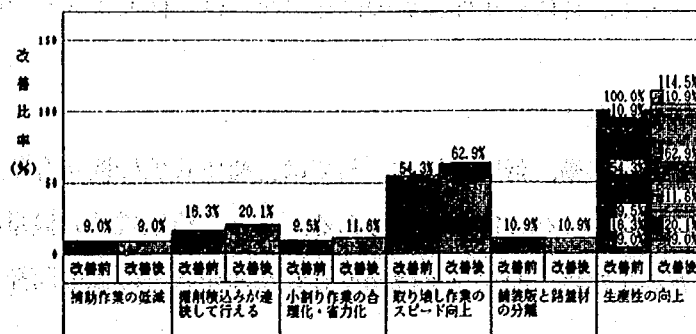


図-4-4-11-6 生産性における改善比率（舗装版取り壊し工）

4.4.11.2 改善上の問題点

(1) 近未来開発イメージ

a. 舗装版切断工

・空冷式ブレード

水を使用しないため、水タンク等の付帯装置を必要とせず、また切断污水の処理が不要であり改善効果は高いが、最大切断深さの向上（現状では最大15cm）、切断スピードのアップ等の開発が今後必要である。（最大切断深さ30cm程度は開発中との事）

・切断負荷補償式走行機構

油圧式無段変速機構の採用により作業性は向上しており、またブレードの回転数をブレードサイズによりセットできる機械もあるが、切断負荷により、切断スピード（走行速度）を制御できる機械はまだ開発されていない。ブレードにかかる負荷を制御する事により、切断スピードのアップとともにブレードの損耗を最適にできるためブレード損耗費が軽減できる。

・自動切断位置決め

現状では、マーキング作業が必要であるが、高精度のジャイロが開発されれば、自己位置を検知する事により、切断の自動化が可能と思われる。またレーザビーム等を用いた機械の位置制御も開発されているが、切断作業全体の改善から考えれば、コスト的にも改善効果は小さいと思われる。

・障害物検知センサー

切断作業は、セーフティコーン等により規制された場所での作業であり、また、切断作業は、単独で行われる工程であるため他の工事機械及び作業員は、現場にいないため、問題となる障害物等は少ないが、遠隔操縦による場合障害物検知センサーは、安全上必要な装置である。（黄色回転灯も同様の理由により必要と思われる）

・全防音カバー方式

エンジン等のボンネットカバーや消音ブレードにより機側7mでの騒音は77dBとなっているが、機側1m付近では85～90dBであり、作業環境改善の上でも全防音カバー等を用いた、より一層の低騒音化が必要である。

・リモートコントロール

機械から離れて操作ができるため、機械の騒音の影響を低減でき、また、作業イメージの改善策（3K対策）としては有効である。特に若年作業員の確保の面では、作業イメージの改善は必要と思われる。

b. 舗装版取り壊し工

・低振動、低騒音型破碎掘削機

舗装版取り壊し作業での低振動、低騒音機械としては、油圧式破碎機が有効であるが、ダンプへの廃材積み込みができないため油圧ショベル等が必要である。また、油圧式破碎機単独で舗装版取り壊し作業を行うには、2ブーム方式または、バケット機能を有した油圧式破碎機の開発が必要である。

・廃材の小割機能

産業廃棄物処理場または再生処理場で廃材の処理を行う場合は、廃材を小割りする必要がある、舗装

版取り壊し作業時に小割しなければならない。取り壊し作業を速く行う事を目的として、カッターで小ブロック状に切断する場合もあるが、切断費用が高くなることからあまり行われていない。

今後は、低振動、低騒音を考慮した合理的な小割方法を考えなければならない。

・ダンプへの連続積込

連続積込については、油圧ショベル後部に積込用コンベアを装備した連続積込機械（無旋回型油圧ショベル）もあるが、アスファルト塊等の積込みについては対応できていないのが現状である。しかし、トンネル掘進機及びずり出し機械の一部には、岩塊等を連続積込できる機械もあり、舗装版取り壊し作業においても適用は可能と思われる。なお、連続積込は、旋回時のロス時間が無いことから作業スピードが向上するとともに、作業員の安全性確保の点でも有効である。

・作業員検知センサー

作業員を検知しオペレータ等に知らせる機器は、ロードローラ、油圧ショベルをはじめ多くの機械で利用されているが、まだ一般的ではない。現状の現場では、補助作業員が機械周辺で作業する事が多く、作業員の検知頻度が高い事も、一般化しない要因と思われる。しかし、労務災害等の防止の面では、有効な機器であり今後は、補助作業の低減を図るとともに、普及する事が望まれる。

(2) 遠未来的開発イメージ

現在、切削幅 3.5 m、切削深さ 50 cm をワンパス施工できる切削機械もあるが、施工費が高い、騒音が大きいの等の理由から、舗装版取り壊し作業に切削機械が用いられる事は少ない。今後も舗装版取り壊し作業量は増大していくと考えられることから、作業スピードの向上かつ低騒音化は必要であり、より合理的な舗装版取り壊し作業が行える機械の開発が望まれる。

4.4.12 実用化・運用体制の提案

4.4.12.1 実用化の提案

舗装版打換え工事は、供用されている道路で交通規制を行って作業しており、一般交通の阻害要因となるため、作業は迅速に行わなければならない。そのためにも、施工の自動化等により、施工スピードの向上は必要である。また、作業員の安全性、苦渋性の面でも、一般交通の中での作業期間を短縮することは、重要と思われる。しかし、自動化された機械を導入した場合、施工作業量が小さくかつ連続性のない現場では、十分その効果は発揮できない。そのためには、現在打換えが必要でない舗装版であっても、近年中に打換えの必要があると思われる箇所においては、将来的に必要なコスト等を考慮し、打換えが必要な舗装版とともに打換えを行い、作業に連続性を持たせる事が自動化等の効果を高める上でも必要と思われる。

4.4.12.2 運用体制の提案

建設省では、建設技術研究開発及び普及の推進のための諸制度により、技術開発を図っており、また、パイロット事業等により、積極的に新技術の導入を実施している。しかし、舗装版打換え工事等の道路維持修繕工事は、工事規模も小さく、業者持ち機械での施工が一般的である。そのため、自動化された高価格の機械を現場に導入させるためには、業者がその機械経費を十分に回収できるような発注体制の整備を

行い、また、新技術の普及のためには、自動化等の効果が発揮できる施工現場を増やし、機械の低価格化を図らなければならない。そのためには、建設省としても、パイロット事業等に自動化された施工機械を積極的に使用し、その改善効果を把握すると共に、施工実績を増やすことにより新技術の一般化を図り、自動化機械の普及を促進させることが必要である。

4.4.13 まとめ

道路ストックは、道路整備の進展に伴い急激な伸びを示す一方、道路交通の増加、車両の大型化等による道路の損耗も著しいものとなっている。また、近年の国民所得の向上に伴い、生活ニーズの高度化、多様化が進み、より質の高い道路の管理レベルが求められている。このような背景の下、道路維持修繕工事の需要は益々高まっている。その反面、安全対策の強化、工事に対する様々な規制がある上に建設作業員の高齢化・後継者不足・人手不足等の問題から、自動化・省力化による安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上が要望されている。

そこで今回の研究では、このような問題点に対するため道路維持修繕工事の自動化についての検討を次の内容で行った。

まず最初に、道路維持修繕工事について全国的なアンケート調査を行い、問題点を抽出し、その結果から開発の方向性を見出した。次に、抽出した改善要望工種を安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の観点から問題点分析を行うために詳細調査を行い、各項目を定量的に評価した。その結果を基に開発目標を設定し、開発機械のイメージの検討を行った。最後に、開発機械等に要望される改善項目の設定およびそれに対する適用可能と思われる技術の選定を行い、開発技術を定量的に評価するためのシミュレーションを実施し、改善効果の測定を行った。その結果、今回の適用技術では十分な対応ができない課題もあるが、舗装版切断工では、安全性で141%、苦渋性で149%、生産性で117%、舗装版取り壊し工では、安全性で141%、苦渋性では134%、生産性では115%の改善効果が期待できることが分かった。

また、今後は、試作機を製作し、パイロット事業等により現実レベルで改善効果を把握し、より普及性の高い機械へと改良を加えていかなければならない。なお、今回、安全性、苦渋性における改善効果の測定においては、温熱環境等の作業環境計測及び作業員の生理反応等の計測（フリッカー値、筋電図、エネルギー代謝率）の検討は含んでいない。今後は、改善効果の測定を充実させる上で、これらについても検討を行う必要がある。

4.5 清掃作業

4.5.1 清掃作業の概要

清掃作業の現状として路面・トンネル・ガードレールに代表される清掃については、清掃機械が現道上を低速で作業を行っているため、車の流れが悪くなり渋滞が発生しやすくなっている。又、走行車両による追突への恐怖心も高まっており安全対策の必要があると思われる。

又、不法駐車が多いと作業の危険性が増大し、作業能率も悪くなる。このため、交通量及び不法駐車のない夜間での作業が多くなっている。しかし、夜間作業を行うには、地域住民への騒音等の配慮も必要であると思われる。

一方、側溝・集水枥・暗渠に代表される清掃については、人力依存度が高く作業内容も肉体労働や汚泥等を取り扱うことが多いため、疲労の増大や衛生上の点から作業改善が望まれている。

又、これらの清掃は地域住民からの苦情等による要請に基づいて実施することが多く作業が集中するためスムーズな作業が行えないときがある。

最後に、清掃作業全般において作業員の高齢化、人手不足による省力かが問題となっている。また、清掃機械においては、時代と共に多様化するニーズに対応する様々な機能を持った機械やもっと操作性の良い機械等を求めるようになってきている。

4.5.2 問題点の抽出

清掃作業の施工改善、作業改善、自動化を実施する上で現状作業における問題点を抽出するため、安全性の向上・苦渋の解消及び生産性の向上及び作業の安全面という観点で各作業別に調査を実施した。表-4-5-2-1は、清掃作業における施工改善及び安全面での重要度を各作業別に表した総括表である。重要度を定量評価する為、アンケート調査の回答数に下記のような重み付けをした。

$\begin{aligned} & (\text{各項目で「重要」と回答のあった数} \times 3) + (\text{各項目で「あまり重要でない」と回答のあった数} \times 1) \\ & = \text{評 点} \\ & (\text{各項目で「特に問題がある」と回答のあった数} \times 3) + (\text{各項目で「問題がある」と回答のあった数} \\ & \times 1) + (\text{各項目で「問題はない」と回答のあった数} \times (-3)) = \text{評 価} \end{aligned}$

これによれば特に太い線で囲んだ路面・側溝・集水枥・暗渠・トンネル・ガードレールの6つの作業について現場での重要度が高いものとなっている。

表-4-5-2-2は重要度の高い6種の作業について問題点をアンケートにより評価をしたものである。側溝・集水枥・暗渠を総評して、排水設備とする。

この結果、それぞれの工種についてみると、路面・トンネル・ガードレールは、安全面の向上を要望しており排水設備は、現場での作業時間が長く、疲労も多いことで苦渋の解消を要望していると考えられる。

トンネルは、他の工種に比べ危険な環境であり衛生管理の向上を含めた安全面での要望が多いことが分かる。

表-4-5-2-1 施工改善及び安全面での重要度

工種	現場の要度の度合								
	重要度	施工改善・作業改善・自動化				作業の安全面での重要度			
		安全の向上	苦労の解消	生産性の向上	計	特に問題がある	問題がある	問題はない	計 ² 位
路面	重要	230	42	60	332	266	126	23	824
	重要でない	4	9	4	17				
	評点	694	135	184	1013				
歩道	重要	22	30	42	94	70	49	8	235
	重要でない	23	8	9	40				
	評点	89	98	135	322				
地下道	重要	2	5	14	21	13	14	14	11
	重要でない	24	8	7	39				
	評点	30	23	49	102				
側溝	重要	37	154	114	305	167	107	13	569
	重要でない	11	5	2	18				
	評点	122	467	344	933				
集水溝	重要	39	147	121	307	122	72	8	414
	重要でない	9	9	6	24				
	評点	126	450	369	945				
暗渠	重要	22	109	76	207	110	59	12	353
	重要でない	12	3	1	16				
	評点	78	330	229	637				
車橋	重要	22	7	6	35	12	12	10	18
	重要でない	5	7	4	16				
	評点	71	28	22	121				
歩道橋	重要	4	9	20	33	8	13	17	-14
	重要でない	22	14	12	48				
	評点	34	41	72	147				
遮音壁	重要	5	2	3	10	6	0	2	12
	重要でない	48	10	6	64				
	評点	63	16	15	94				
共同溝	重要	3	3	2	8	8	7	2	25
	重要でない	10	5	3	18				
	評点	19	14	9	42				
トンネル	重要	87	28	29	144	236	70	6	760
	重要でない	6	5	6	17				
	評点	267	89	93	449				
照明灯	重要	47	6	22	75	50	22	3	163
	重要でない	5	10	5	20				
	評点	146	28	71	245				
標識板	重要	44	3	24	71	49	43	10	160
	重要でない	9	11	11	31				
	評点	141	20	83	244				
ガイドレール	重要	62	21	40	123	75	80	17	254
	重要でない	9	15	7	31				
	評点	195	78	127	400				

表-4-5-2-2 改善作業内容の評価

工種名 作業内容	路 面		トンネル		ガードレール		側 溝		集 水 溝		暗 渠	
	(%)	評 価	(%)	評 価	(%)	評 価	(%)	評 価	(%)	評 価	(%)	評 価
疲労が多い	14.4		4.1		5.8		32.8	○	24.9	○	18.0	○
危険な環境	32.5	○	32.1	○	14.3		9.6		7.4		4.1	
粉塵、排気ガスなど衛生管理上の問題あり	26.6	○	39.0	○	1.3		12.8		8.5		11.8	
事故、災害が発生しやすい	38.2	○	29.7	○	15.5	○	8.7		6.2		1.7	
作業に時間がかかる	9.3		8.1		6.0		31.4	○	21.2	○	24.0	○
夜間作業が伴う	65.0	○	35.0	○	0		0		0		0	

4.5.3 開発目標の方向性

図-4-5-3-1は、要望度合の高かった上位4工種について表-4-5-2-1の現場の要望度・施工量・施工単価・及び作業従事人数を考慮し、総合的に評価するために百分率に直したものである。

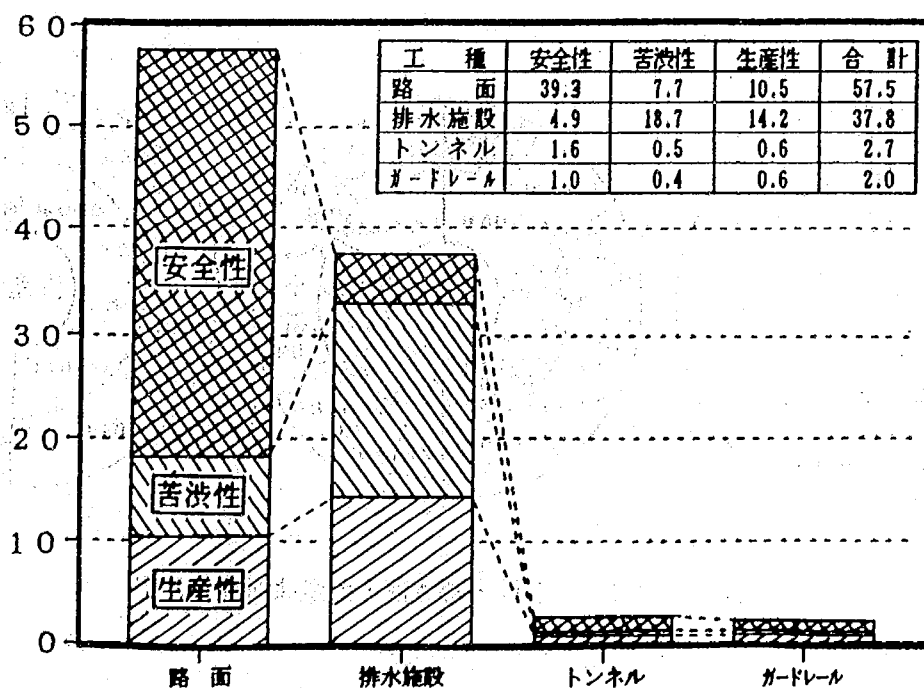


図-4-5-3-1 安全性・苦労性・生産性のプライオリティ

残る、排水施設・トンネル・ガードレールについて図と表-4-5-3-1からみると、排水施設が最も優先順位が高く、現場の要望度・施工量・施工費とも高く、開発技術の可能性からも総合的に判断し、排水施設を開発目標に設定した。

工 種	1 台当年間 稼 働 時 間 (Hr)	一 時 間 当 施 工 単 価 (円)	作 業 人 員 (人)	要 望 度		
				安全性	苦渋性	生産性
路 面	1 0 2 6	2 9,7 1 5	6. 7	6 9 4	1 3 5	1 8 4
排水施設	7 1 2	2 8,8 2 4	7. 9	1 0 9	4 1 6	3 1 4
トンネル	2 1 7	1 3,5 2 3	7. 4	2 6 7	8 9	9 3
ガードレール	1 9 6	1 7,3 2 5	5. 2	1 9 5	7 8	1 2 7

排水施設清掃作業について、アンケートの改善要望結果を安全性・苦渋性・生産性の各項目に分けて集計した結果を図-4-5-4-1に示す。

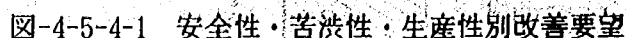


表-4-5-4-1は、各改善要望について重要度を算定し、また安全性・苦渋性・生産性にそれぞれ重みをつけ整理したものである。要望に対する重要度は機械及び道路管理担当者のアンケート結果より安全性・苦渋性・生産性の重みは現場の要望度の比率とした。

表-4-5-4-1 安全性・苦渋性・生産性別重要度

	項 目	A 安全・苦渋・ 生産別重み	N 改善度数	割合	B 重 要 度	A×N×B	安全・苦渋・生産 別重要度の割合
安全性	標識装置が必要	0.130	67	68.4	0.65	5.7	8.6
	追突緩衝装置が必要	0.130	31	31.6	0.35	1.4	2.1
	小 計		98	100.0	1.00	7.1	10.7
苦 渋 性	クレーン機能（蓋開閉用）	0.496	100	28.2	0.20	9.9	15.1
	排気ガス対策	0.496	93	26.2	0.15	6.9	10.5
	筋力作業（ホース保持）	0.496	52	14.7	0.20	5.2	7.8
	無理な姿勢での作業	0.496	42	11.8	0.20	4.2	6.3
	作業環境（湯の出る手洗い）	0.496	37	10.4	0.10	1.8	2.8
	作業時の騒音	0.496	31	8.7	0.15	2.3	3.5
	小 計		355	100.0	1.00	30.3	46.0
生産性	汚泥の処理	0.374	83	56.5	0.65	20.2	30.6
	熟練度の解消（兼用機化）	0.374	64	43.5	0.35	8.4	12.7
	小 計		147	100.0	1.00	28.6	45.3

図-4-5-4-2は、安全性・苦渋性・生産性別と改善要望別にグラフに表したものである。

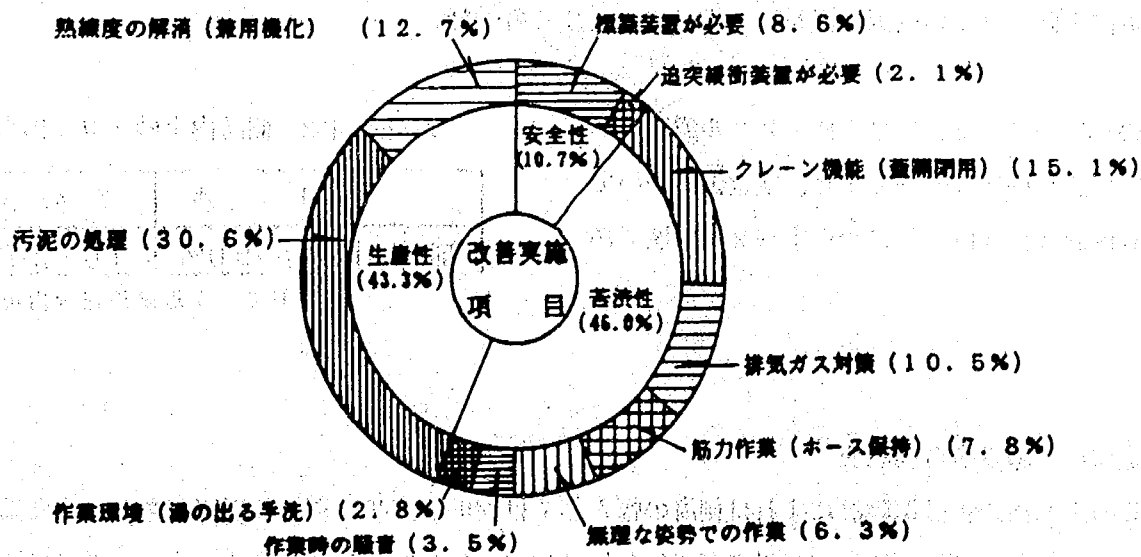


図-4-5-4-2 改善要望度の総合評価

以上より、改善項目については苦労性が46.0%、生産性が43.3%と大きくなっており項目別には、汚泥の処理（30.6%）・蓋開閉用のクレーン機能の装備（15.1%）・熟練度の解消＜兼用機化＞（12.7%）・作業環境改善として排気ガスの対策（10.5%）の順に評価が高くなっている。抽出した改善項目について、現場実態を把握するため以下の項目について調査を行った。

① 側溝清掃機械の騒音調査

側溝清掃の実稼働時に下記A～Hの各地点において測定を実施し、下記のような結果を得た。

測点	A	B	C	D	E	F	G	H	備 考
A特性 dB(A)	81	94	91	92	85	88	94	89	注 ① 測定高 1m ② 測定距離 1m ③ A以外は運転室内

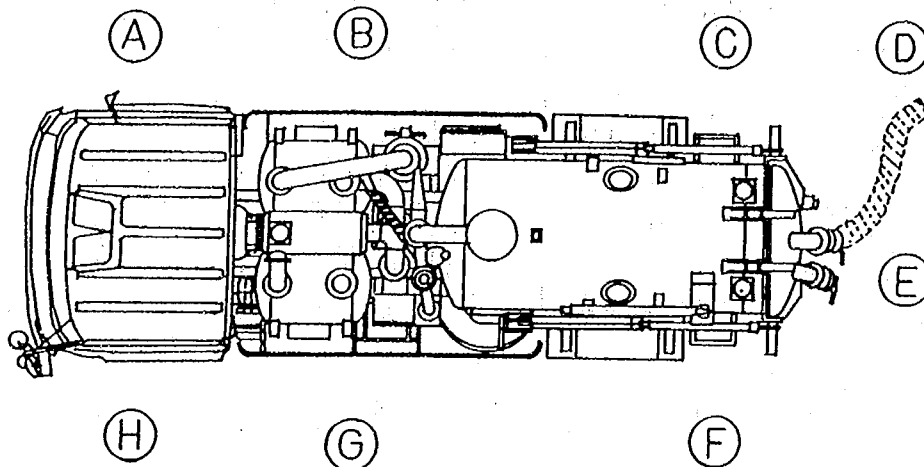


図-4-5-4-3 側溝清掃車（ロータリブロー式5 m³）騒音測定結果

② 側溝内土砂・ゴミ調査

側溝内土砂・ゴミの内訳は概ね表-4-5-4-2の通りであった。

その他については、枯葉・枝・ビニル袋、タバコの吸い殻及び空き缶等であり、空き缶については調査区間（約5 m）毎につき1～2個程度であった。

表-4-5-4-2 側溝内土砂・ゴミ内訳

	土 砂	そ の 他
割 合	80～90%	10～20%

（H3.7近畿地建管内調査）

③ 道路排水施設構造物調査

建設省土木構造物標準設計によれば側溝の幅としては240mm～740mmまでの規定があり、また蓋の最大重量は側溝蓋で103kg/枚、街渠枳溝蓋で164枚(B1000-L10000)となっている。集水枳蓋は縞鋼板又はグレーティングであり蓋の最大重量は110kg/枚(B1500-L1500)であった。

暗渠としてはφ200mm～2000mmまでとなっている。

4.5.5 定量的評価による改善すべき工程の選出

3量分析により問題点を定量化したものを表-4-5-5-1～表-4-5-5-3に示す。

表-4-5-5-1 安全性の定量的評価

問 題 点	重要度 a	問題点の度合	点 数 b	件 数 c	総合点 $a \times b \times c$	備 考
追突防止	0.35	4千台未満 4千～2万台 2万台以上	0.1 0.3 0.6	2 6 18	4.48	作業中の警告を後続車に示す
追突緩衝装置	0.35	4千台未満 4千～2万台 2万台以上	0.1 0.3 0.6	2 6 18	4.48	追突された時の災害を 最小にするもの
作業員の安全 確保	0.30	4千台未満 4千～2万台 2万台以上	0.2 0.3 0.5	2 6 18	3.36	作業員を後部で作業しなくて もよい対策が必要

表-4-5-5-2 苦渋性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問 題 点 の 度 合	点 数 b	件 数 c	総合点 $a \times b \times c$	備 考
蓋 の 開 閉	0.20	20枚未満 20枚～50枚 50枚以上	0.1 0.3 0.6	9 6 5	1.14	重量物の上げ下げ 最大重量110Kg
吸引ホースの保持	0.20	2Hr未満 2Hr～3Hr 3Hr以上	0.15 0.25 0.6	3 2 18	2.35	現状は人力による保持
無理な姿勢での作業 (ホースの保持)	0.12	2Hr未満 2Hr～3Hr 3Hr以上	0.15 0.25 0.6	3 2 18	1.41	吸引ホースの保持
無理な姿勢での作業 (蓋の開閉)	0.08	20枚未満 20枚～50枚 50枚以上	0.1 0.3 0.6	9 6 5	0.45	蓋の設置等の中腰作業
排気ガス対策	0.15	2人未満 3人～4人 5人以上	0.2 0.3 0.5	8 10 7	1.22	自動車の排ガスを吸引 しない対策が必要
湯の出る手洗い	0.10	2人未満 3人～4人 5人以上	0.2 0.3 0.5	8 10 7	0.81	汚れ作業への対応
作業時の騒音	0.15	80dB未満 80dB～90dB 90dB以上	0.2 0.3 0.5	9 9 5	1.06	作業員及び周辺住民 への配慮

表-4-5-5-3 生産性の定量的評価

問 題 点	重 要 度 a	問 題 点 の 度 合	点 数 b	件 数 c	総 合 点 $a \times b \times c$	備 考
汚 泥 の 処 理	0.65	20%未満 20%~40% 40%以上	0.1 0.2 0.7	9 4 10	5.66	無給水で処理する 機械の開発
熟練度の解消 (熟練者の比率)	0.35	40%未満 40%~70% 70%以上	0.2 0.3 0.5	10 4 10	2.87	清掃ロボットの 自動化を進める

4.5.6 開発目標及び改善案

(1) 安全性の改善案

安全性の改善については、LED標識装置の装備による後方運転手に対する視認性の向上、追突緩衝装置の装備により万一の追突による一般ドライバーの保護、又作業装置関係を清掃機械側部に配置したことにより清掃機械後部での作業を無くし清掃作業員の危険性を回避した機械構造とする。

(2) 苦渋性の改善

1) 作業姿勢・筋力作業の改善案

側溝蓋の開閉装置に吸引式引き上げ装置を採用することにより人力による蓋の開閉及び腰曲げ作業がすべて解消される。(蓋の開閉作業は約15~30回/日)

図-4-5-6-1に引き上げ装置の写真を示す。構造は蓋板表面に真空式の吸着面を押し当てて、エアースのアームで移動据付ができるものである。また、動力源についても側溝清掃者の真空装置が利用できる。

吸着式のため蓋の形状に関係なく、重量も220kgの能力があり問題はない。

また、グレーチングの取り扱いについては吸着面を有するアタッチメントを取り付けることにより行うものとする。

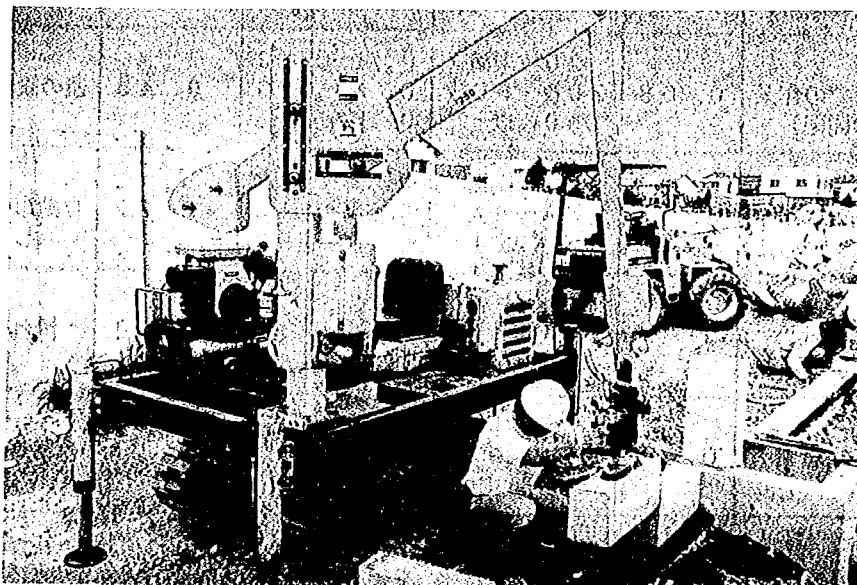


図-4-5-6-1 吸引式引き上げ装置

2) 側溝清掃機械の騒音の改善案

騒音発生源を厚さ0.7mmの鉄板で覆うとして低減効果の予測を表-4-5-6-1に示す。また、騒音の影響についての資料を図-4-5-6-2に、騒音規制法に基づく自動車騒音の限度を定める命令（要請限度）を表-4-5-6-2に示す。

dB (A)	生 理	作業能率	場 所	会 話	聴力障害
100	・筋電図に変化				・2 Hr
	・心電図に変化	・タイプ速度低下			・4 Hr
90	・自律神経に変化	・作業量減少			・6 Hr
	・エネルギー代謝上昇	・エラー増大			・8 Hr
80					
70		・注意集中力の低下	・仕事場	・電話による 会話が困難	
60	・睡眠妨害 (商業地域)		・屋内競技場	・1.3m離れての 普通の会話が可能	
	・睡眠妨害 (住宅地域)	・算術計算成績低下	・大事務所、工場内 制御室、管理室	・聴取妨害	
50	・呼吸、脈拍の増加	・書記要図に影響			
40	・睡眠妨害 (病院)		・都市住宅、教室 会議室、病院		

図-4-5-6-2 騒音の影響

表-4-5-6-1 騒音低減予測

(0.7mm鉄板)

1/1 octave band 中心 周波数 (Hz)	対策前 A 特性 レベル (dB)	透 過 損 失 (dB)	対策後 A 特性 レベル (dB)
31.5	73.0		34.0
63	78.6		52.6
125	91.6	6.3	69.3
250	85.4	9.8	66.6
500	84.9	13.3	68.6
1000	87.2	18.2	69.0
2000	85.4	21.0	65.4
4000	77.2	25.2	53.0
8000	65.0		64.0
計 算 値	94.9		75.4

表-4-5-6-2 要請限度

騒音規制法に規定に基づく自動車騒音の限度を定める命令（要請限度）
(昭和46年6月23日)

区 域 の 区 分	時 間 の 区 分 (ホリ)		
	昼 間	朝・夕	夜 間
第1種区域の内1車線を有する道路に面する区域	55	50	45
第2種区域の内1車線を有する道路に面する区域	60	55	50
第1種区域及び第2種区域の内2車線を有する道路に面する区域	70	65	55
第1種区域及び第2種区域の内2車線を有する道路に面する区域	75	70	60
第3種区域及び第4種区域の内1車線を有する道路に面する区域	70	65	60
第3種区域及び第4種区域の内2車線を有する道路に面する区域	75	70	65
第3種区域及び第4種区域の内2車線を有する道路に面する区域	80	75	65

予測結果の75dB(A)は表-4-5-6-2より第3種及び第4種の2車線を有する道路に面する区域の「昼間」をクリアしており、図-4-5-6-2の騒音の状況から見ても仕事場の騒音上限であり成果がでていえる。しかし、自動車の場合発生源全てを覆うことは困難であることや、「聴力障害」、「作業能率」における騒音の影響及び現道の自動車騒音から考慮すると騒音低減の改善目標は約80dB(A)程度といえる。

3) 排気ガス影響の改善案

マフラー位置を清掃機械上部3mの位置に変更した場合の地上1.5mの地点の予測結果を、図-4-5-6-3に示す。

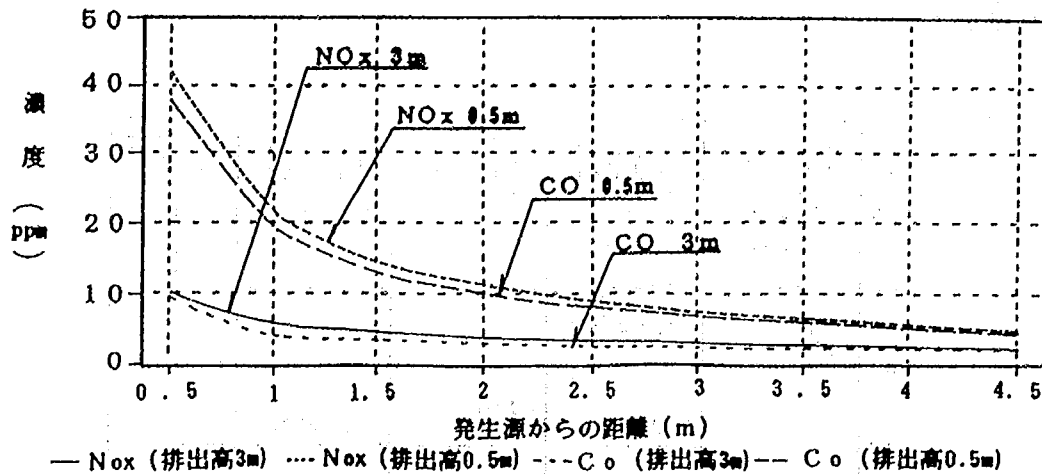


図-4-5-6-3 排気ガス改善効果 (予測高さ1.5m)

図-4-5-6-3より清掃機械側面1.5mの地点ではNOxで $4.374/14.399=0.3$ でCOで $3.948/12.999=0.3$ となり約70%の減少が期待できる。

(3) 生産性の改善案

現代の側溝清掃作業のフロー図を図-4-5-6-4に示す。本図に示すように、側溝内の土砂を高圧水により集水鉢に流し汚泥状態にして吸引する現行程は無駄が多い。

改善案としてまず考えられることはGの水をBの高圧水として利用することである。排水管清掃車及び散水車(給水用)の節約が可能となるが、最近「水リサイクル型」として既に制作されている。しかしながら水循環式でも汚泥を作るという無駄な行程が解決されていない。

そこで今回、汚泥を発生させないという観点から無給水清掃を提案する。無給水清掃を行うことにより図-4-5-6-5に示すようにフローはA土砂→D吸い上げ→H投棄となり行程の無駄が省かれ、また汚泥の発生も解消される。側溝内土砂調査からも分かるように、80~90%は土砂であることから無給水での清掃は可能であると判断できる。

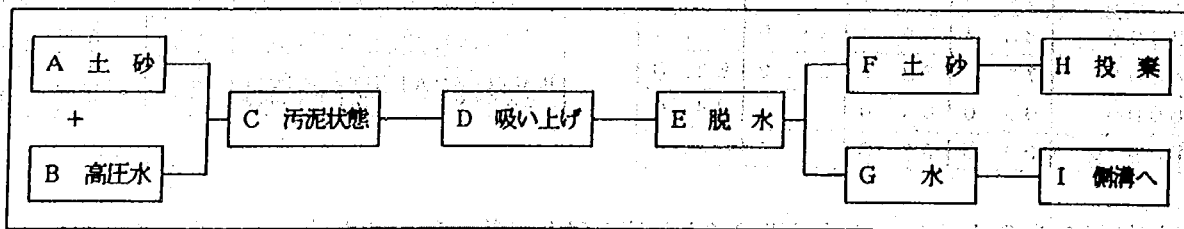


図-4-5-6-4 現側溝清掃作業フロー図

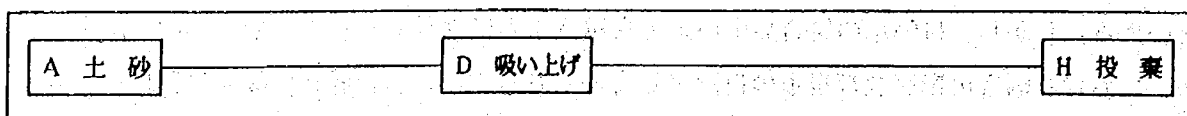


図-4-5-6-5 改善案

4.5.7 既存技術の調査

開発技術の現状について、100%確実なものではなく交通量の増大・排気ガス・騒音等一般社会でも大きな問題となっているものが数多い。そのような中で、適用可能と思われる開発技術を表-4-5-7-1に示す。

表-4-5-7-1 改善項目に対する適応可能技術

改善項目	適応技術	適応技術概要 (機能)	選択の理由
標識装置の設置	LED標識装置	高輝度LED標識装置	視認性の向上
追突時の衝撃の緩和	追突緩衝装置	小型車までの衝突は吸収	安全性の向上
排気ガス対策	マフラーの位置変更	マフラーの位置を清掃機械上部に変更	作業位置への吹き出しの軽減
蓋開閉腰曲げ作業の緩和	吸引式引き上げ装置	エアクレーン式による吸引式引き上げ装置	1.真空吸引式なので側溝清掃車の動力利用可能 2.吸着面に適したアタッチメントにより正掛作業が不要で取扱いが簡便である。
湯の出る手洗い			冬季の手洗い
作業騒音	遮音材		フロア・エンジンの騒音発生源の遮蔽
汚泥処理	無給水清掃機械		1.汚泥発生の原因となる水を使用しない。 2.排水管清掃車が不要となる 3.ホース保持による熟練度を必要としない。

4.5.8 条件整備

既存技術調査として今までの無給水清掃の問題点を調査し、以下にまとめてみると、

- ①現道適合として側溝幅300mmに対処するため清掃ロボットの大きさが規制され推進力及びかき揚げ能力が大きくできない。
 - ②側溝自体の施工不良又は施工後の沈下により側溝低部に段差が生じ清掃ロボットの進行の障害となる。
- 以上2点が大きな問題となり普及がされなかった。そこで本研究では、以下の4点を側溝清掃作業環境改善として提起を行うこととした。
- ①清掃ロボットの能力決定後理想的な側溝幅を提起する。
 - ②提起された側溝幅に満たないものは改修により側溝幅を確保する。
 - ③側溝低部に段差が発生しないよう施工法の改良を行う。
 - ④街渠枳間については側溝幅の変化を極力なくす。

4.5.9 開発構想

4.5.9.1 近未来のコンセプト

現有の側溝清掃車に既存技術を導入することにより図-4-5-9-1のような近未来の清掃車を提案する。

現在の側溝清掃車は側溝清掃車・排水管清掃車・散水車（給水用）の3台で作業を行っているが近未来的開発機は1台により清掃を行うものとする。

無給水清掃なので水及び給水等の時間の節約が可能となり、また土砂処理に関しては側溝内土砂の含水率を上げることはなく汚泥処理の手間も大幅に軽減できる。現在の労務配置人員

世話役（1名）＋普通作業員（3.6名）＋特殊運転手（1.5名）＋一般運転手（1.8名）＝7.9名
を世話役1名、特殊運転手1名、普通作業員1名の計3名で可能となり人件費4.9名分、車両2台分の節約が実現できる。また、吸引ホースについては清掃ロボットの移動を感知し自動的に巻き上げ巻き下げが行われる構造とし、自動化を図る。

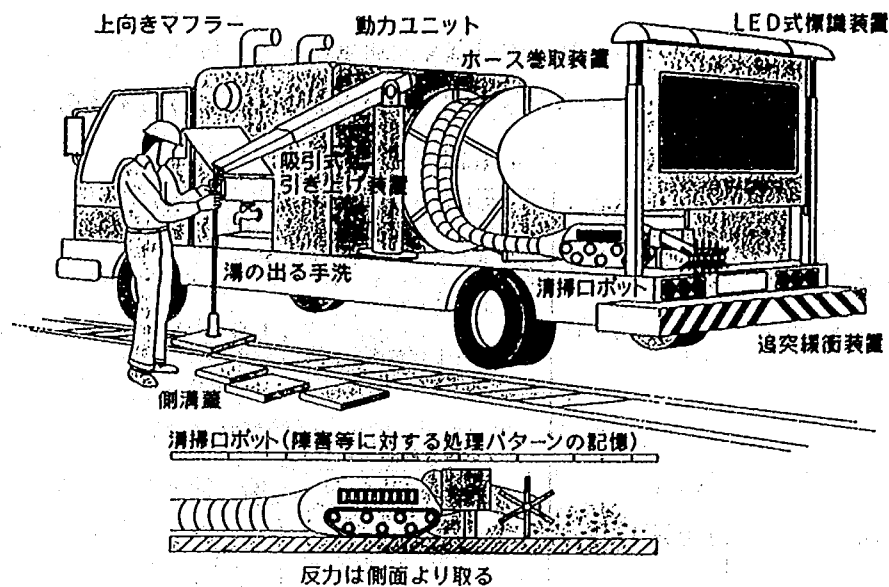


図-4-5-9-1 近未来開発機械のイメージ図

4.5.9.2 遠未来のコンセプト

遠未来的開発イメージでは道路上を側溝清掃機械が作業を行うのではなく、側溝内に配置した清掃シャトルを事務所から遠隔操作により稼働させ土砂の排出を行う構造とし、安全性と苦渋性を同時に解消し、交通渋滞の一因を取り除く側溝清掃システムを提案する。

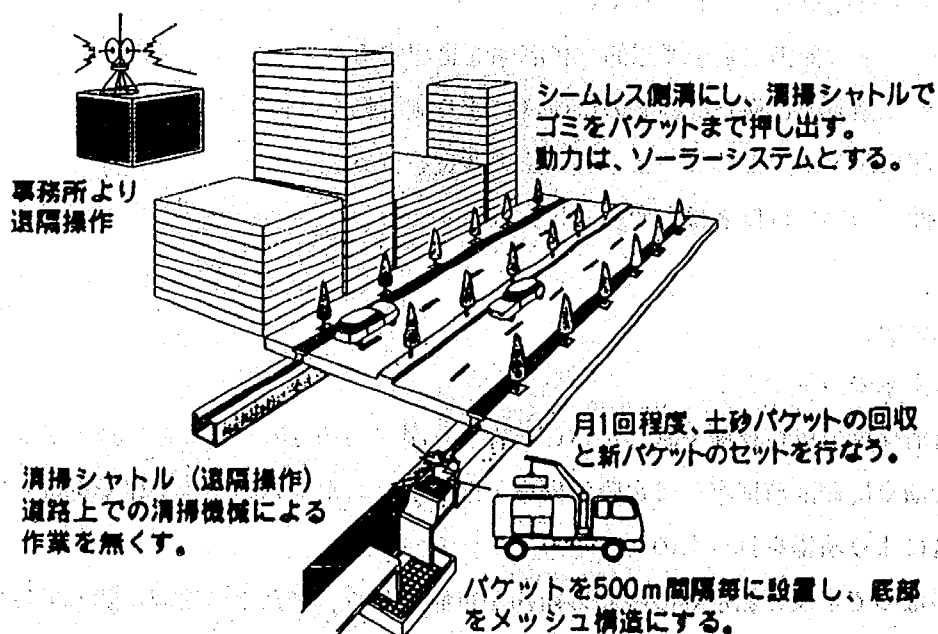


図-4-5-9-2 遠未来的開発イメージ図

4.5.10 改善項目の設定

近未来のコンセプトを実現するために必要な改善項目を項目を表-4-5-10-1に示す。
また、それぞれの改善を行った後の改善指数を表-4-5-10-2 に示す。

表-4-5-10-1 改善項目に対する寄与度の設定（その1）

区分	①改善項目	②開発機が改善する項目	①②が対応する理由	③改善に対する寄与度設定	④寄与度設定の根拠・理由
安全・全・性	追突防止	後方からの視認性の向上	LED式標識装置の標準装備	29% 右4項目については、大きな高輝度LED式標識を装備することにより、すべて解消されと思われる。	（法令違反別死亡事故発生割合「平成元年度」） ・運転操作不適 5.6% ・漫然運転 9.0% ・安全不確認 5.3% ・わき見運転 8.8% 計 28.7% 又、視認性が100mあり時速60km制動距離は60mであることから視認性からの改善度は100%となる。
	追突緩衝装置	衝撃緩和による車両被害の軽減、追突車両ドライバーの保護の向上。	追突緩衝装置の標準装備	小型車分だけ改善される 81%	小型車までの追突に対しては吸収できる。残るのは大型車のみで、平成2年全国交通センサスによれば、昼間に時間平均大型車混入率は18.09%である
	作業員の安全確保	作業員の機械後部での作業を極力減らす。	作業装置及び操作部を機械側部に配置	90%	全作業に占める後部での作業割合。基本は、後部作業なし、運転席からの回り込み等で後部を通る可能性が一部程度有。
苦・渋・性	人力による蓋の開閉作業に対する筋力作業の軽減	蓋の開閉作業の機械化	エアークレーン式による吸引式引き上げ装置の開発による機械化のため、筋力作業を無くす。	100%	重量物である蓋の上げ下げが不要となる。
	吸引ホース保持による筋力作業の軽減	吸引ホースの巻き上げ巻き下げの自動化	清掃ロボット追従による自動化のため、筋力作業を無くす。	100%	吸引ホースを保持し続けなくとも、自動的に清掃ロボットの移動に追従してホースの出入れが可能のため。

表-4-5-10-1 改善項目に対する寄与度の設定（その2）

区分	①改善項目	②開発機が改善する項目	①②が対応する理由	③改善に対する寄与度設定	④寄与度設定の根拠・理由
苦	無理な姿勢での作業	無給水清掃機の開発	開発する無給水清掃ロボットは履帯式の自走であるため、ホース保持及びセットの中継作業の緩和。	50%	清掃ロボットにホースを取り付ける時中継になるため50%の改善とする。
		蓋の開閉作業の機械化	有蓋側溝の場合蓋の取外し、取付けでの中継作業の緩和。	75% $\frac{100+50}{2}=75$	持上作業は100%改善 据付作業は位置合せが有る為60%改善される。
泣	排気ガス対策	マフラー位置の変更	マフラー位置を清掃機械上部に変更することにより、清掃車両側面の作業員へのNOx、CO等排ガスの影響を低減できる。	70%	電気自動車にすれば100%改善になる。マフラー位置の変更により排ガス自体の改善になっていないが作業環境は、70%良くなる。
性	溝の出る手洗い	溝の出る手洗いの設置		100%	要望を充たすため。
	作業時の騒音	清掃作業側面の作業員への騒音を、発生源を遮蔽することにより低減する。	ロータリブロウ式の側溝清掃車で作業位置での騒音は約90dB(A)程度であり、それを80dB(A)まで低減する。	100%	騒音の影響により「聴力障害」「作業能率」等人体に与える影響により80dB(A)を目標とする。
生	汚泥の処理	無給水清掃機の開発	無給水にすることにより汚泥の処理の手間が省ける。	85% 15%のゴミについては、改善されない。	側溝のゴミ中10~20%が枯れ葉・枝・ビニール袋・たばこの吸い殻等であったがその処理（焼却）等を考えていないため。
産	熱線度の解消	同上	従来の作業ではホースのセット・吸引時のホースの位置等ある程度熱線度が必要であったが、開発する清掃ロボットは、側溝内にセットすれば走行しながら自動的に清掃していき同時にホースも供給されるので熱線者でなくとも使用できる。	90%	清掃ロボットにより自動化したため、清掃作業中の熱線度は要求されない。 清掃ロボット据付に、一定の熱線が必要。 一連作業の中でロボット据付に必要な熱線度は、全体の1割程度と判断。
性					

表-4-5-10-2 改善項目の評価（道路清掃）（その1）

項 目			安 全 性									生 産 性					
改 善 項 目			追突防止			追突緩衝装置			作業員の安全確保			汚泥の処理 [処理時間] [作業時間]			熱絡度の解消 [熱絡者の比率]		
重 要 度 a			0.35			0.35			0.30			0.65			0.35		
問 題 点 の 度 合 い			2. 万台以上	4 千2 万台	4 千 台未満	2 万台以上	4 千2 万台	4 千 台未満	2. 万台以上	4 千2 万台	4 千 台未満	40 %以上	20 % 40 %台	20 %未満	70 %以上	40 % 70 %台	40 %未満
点 数 b			0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2
度 数 c			18	6	2	18	6	2	18	6	2	10	4	9	10	4	10
改 善 指 数 d			3.78	0.63	0.07	3.78	0.63	0.07	2.7	0.54	0.12	4.55	0.62	0.59	1.75	0.42	0.7
(a × b × c)			4.48			4.48			3.36			5.66			2.87		
LED式標識装置	e改善割合%		29	29	29												
	f (100-e)		71	71	71												
	g分割割合		100	100	100												
	h (d×f×g)		2.68	0.45	0.05												
追 突 緩 衝 装 置	e改善割合%					81	81	81									
	f (100-e)					19	19	19									
	g分割割合					100	100	100									
	h (d×f×g)					0.72	0.12	0.01									
作業装置の側部配置	e改善割合%								90	90	90						
	f (100-e)								10	10	10						
	g分割割合								100	100	100						
	h (d×f×g)								0.27	0.05	0.01						
無 給 水 清 掃 機	e改善割合%											85	85	85	90	90	90
	f (100-e)											15	15	15	10	10	10
	g分割割合											100	100	100	100	100	100
	h (d×f×g)											0.68	0.08	0.09	0.18	0.04	0.07
改 善 指 数			(36.4%) 4.48			(36.4%) 4.48			(27.2%) 3.36			(66.4%) 5.66			(33.6%) 2.87		
装置改善後の改善指数			(72.9%) 3.18			(19.6%) 0.85			(7.6%) 0.33			(74.6%) 0.85			(25.4%) 0.29		

表-4-5-10-2 改善項目の評価（道路清掃）（その2）

項 目	性 質																							
改 善 項 目	塵の発生			吸引ホースの保持			無題な姿勢での作業 (ホース保持)			無題な姿勢での作業 (塵の発生)			排気ガス対策			湯の出る手洗い			作業時の騒音					
重 要 度 a	0.20			0.20			0.12			0.08			0.15			0.10			0.15					
問 題 点 の 度 合 い	50枚以上	20枚と50枚	20枚未満	3Hr以上	2Hrと3Hr	2Hr未満	3Hr以上	2Hrと3Hr	2Hr未満	50枚以上	20枚と50枚	20枚未満	6人以上	3人と4人	2人未満	6人以上	3人と4人	2人未満	90dB以上	80dBと90dB	80dB未満	90dB以上	80dBと90dB	80dB未満
点 数 b	0.6	0.3	0.1	0.6	0.25	0.15	0.6	0.25	0.15	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.2	0.6	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
度 数 c	5	6	9	18	2	3	18	2	3	5	6	9	7	10	8	7	10	8	5	9	9	5	9	9
改 善 指 数 d	0.6	0.36	0.18	2.16	0.1	0.09	1.30	0.06	0.05	0.24	0.14	0.07	0.53	0.45	0.24	0.35	0.3	0.16	0.38	0.41	0.27	0.38	0.41	0.27
(a × b × c)	1.14			2.35			1.41			0.45			1.22			0.81			1.96					
吸引式引き上げ装置	e改善割合%	100	100	100							75	75	75											
	f(100-e)	0	0	0							25	25	25											
	g分割割合	100	100	100							40	40	40											
	h(d × f × g)	0	0	0							0.02	0.01	0.01											
無給水清掃機	e改善割合%				100	100	100	50	50	50														
	f(100-e)				0	0	0	50	50	50														
	g分割割合				100	100	100	60	60	60														
	h(d × f × g)				0	0	0	0.30	0.02	0.02														
マフラー位置の変更	e改善割合%												70	70	70									
	f(100-e)												30	30	30									
	g分割割合												100	100	100									
	h(d × f × g)												0.16	0.14	0.07									
湯の出る手洗い	e改善割合%															100	100	100						
	f(100-e)															0	0	0						
	g分割割合															100	100	100						
	h(d × f × g)															0	0	0						
騒音発生源の遮断	e改善割合%																		100	100	100			
	f(100-e)																		0	0	0			
	g分割割合																		100	100	100			
	h(d × f × g)																		0	0	0			
改 善 指 数	(13.6%) 1.14			(27.8%) 2.35			(22.0%) 1.86						(14.5%) 1.22			(9.6%) 0.81			(12.6%) 1.06					
装置改善後の改善指数	0			0			(45.3%) 0.53						(31.6%) 0.37			0			(23.1%) 0.27					

改善前後の指数をまとめたグラフを図-4-5-10-1 に示す。

それぞれの改善を実施することにより、現状を100として、安全性で65%、苦渋性で87%、生産性で87%向上することになる。

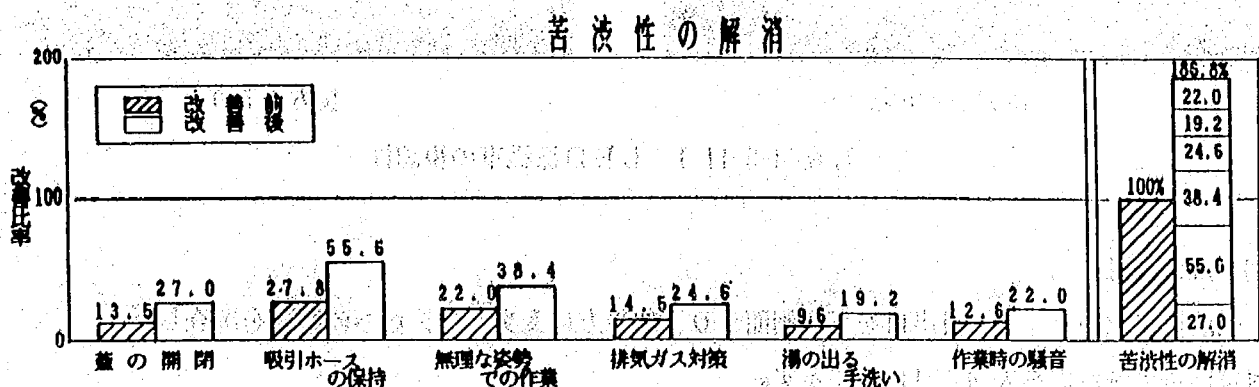
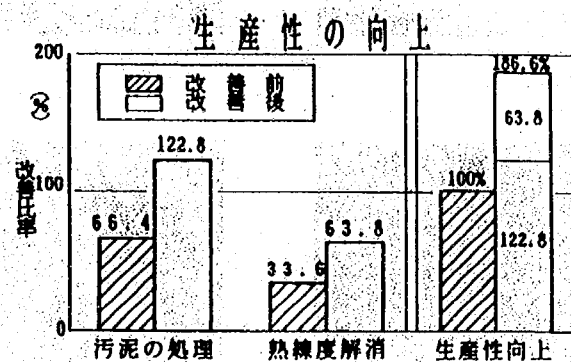
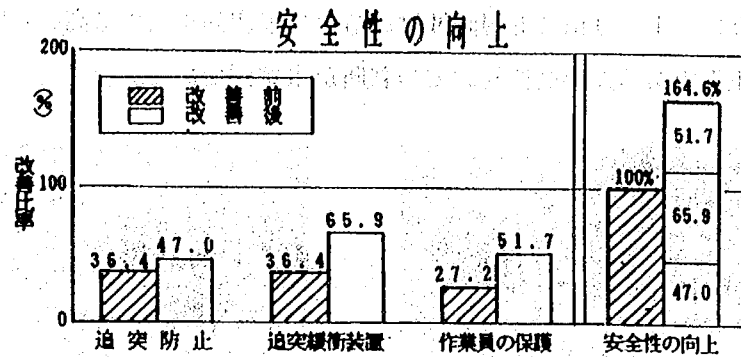


図-4-5-10-1 改善比率（道路清掃）

4.5.11 改善効果

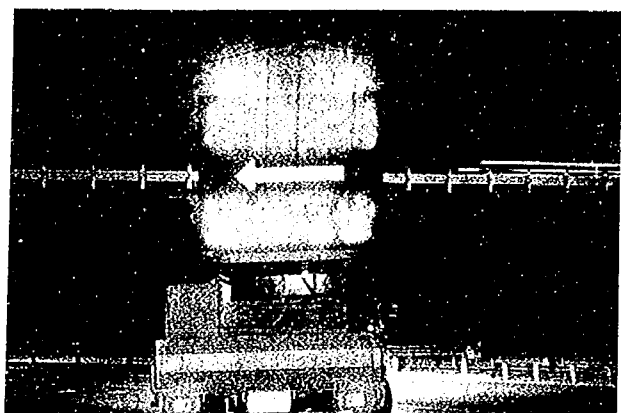
4.5.11.1 改善効果の測定

(1) 追突防止対策

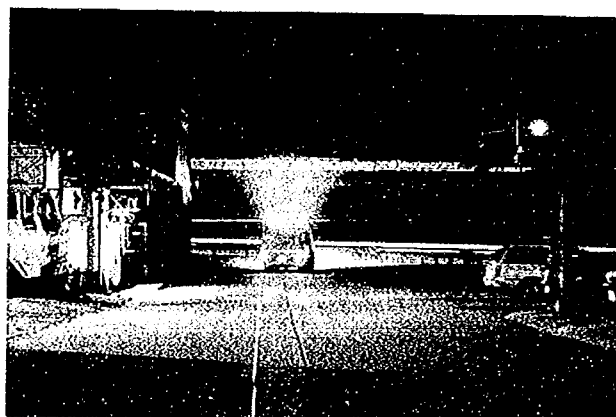
後続車に前方で作業中であることを知らせ追突を防止する為に、LED表示装置の視認性を昼と夜の2回調査を実施した。写真-4-5-11-1 に後方から見た夜間の視認性を示す。

写真から分かるように、150mでも視認性はあるので追突防止効果は高いといえる。

ただし、写真は静止画であるため動体視認での判断が未確認である。



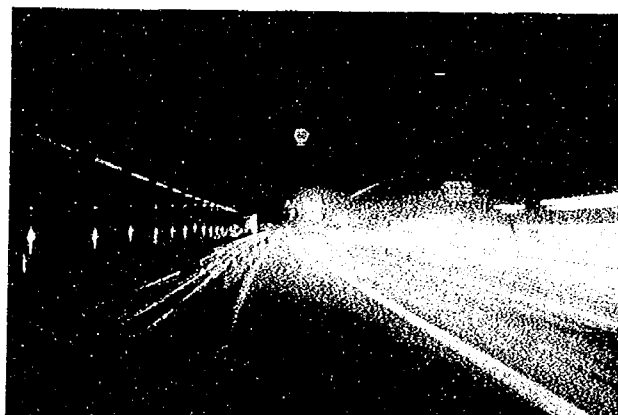
後方10m



後方50m



後方100m



後方150m

写真-4-5-11-1 LED標識車の視認性

(2) 排ガス対策

側溝清掃車のマフラー排出口を下部側面より上部後方に変更し作業員への影響を調査した。対策前後の測定値を表-4-5-11-1 に示す。

写真4-5-11-2は、実験状況を示す。

作業員に与える影響を環境基準を参考に考えてみると、COの1時間値の基準10ppmに対して対策前後共にクリアーしているがSPMは基準0.1 mg/m³に対して対策後にクリアーすることが出来た。単純に4側点の平均を見るとCOで65%低下、NOxで78%低下しており効果は、大きい。

表-4-5-11-1 実験結果

単位: CO、NO_xはppm
: SPMはmg/m

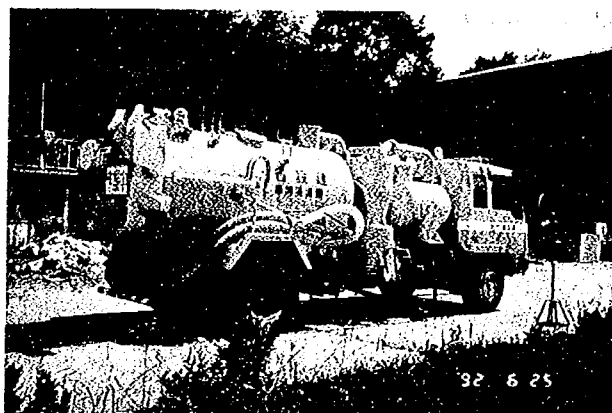
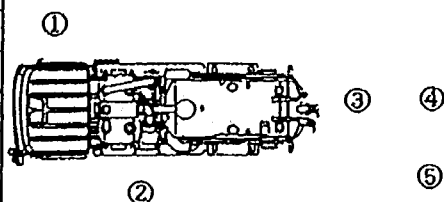
測点	項目	現 状	対 策 後	効 果 %
1	CO	0.60	0.28	53
	NO _x	0.767	0.353	54
2	CO	0.53	0.30	43
	NO _x	0.139	0.034	76
3	CO	1.78	0.30	83
	NO _x	0.579	0.053	91
4	CO	1.70	0.33	81
	NO _x	0.591	0.053	91
5	SPM	0.118	0.038	68

※1. 数値は、すべて4回測定の平均値

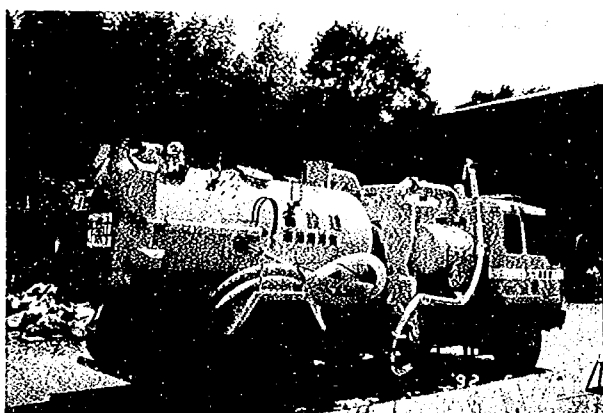
※2. 効果の数値は、次の計算式により算出

$$\frac{\text{現状}-\text{対策後}}{\text{現状}} \times 100$$

※3. 測点位置は次のとおり



現 状



対策後

写真-4-5-11-2 実験状況

(3) 作業時の騒音

本実験は、写真-4-5-11-3 に示すように清掃車の片側に防音パネル（厚さ50mm）を設置し、減音の効果を計測した。

測定位置より、No. 2, No. 5 は、作業者に対する効果、No. 3 は官民境界での地域住民に対する効果と考えた。まず、作業者に対する効果としては、2側点平均で現状が93.0dB(A)、対策後[1]が84.5dB(A)、対策後[2]が83.5dB(A)であった。

尚、対策後[2]は防音材が地面に接地しており下部からの音の回り込みが無い状態の効果を確認するものである。

防音材は、音響透過損失で20dB(500Hz)の効果があるボードを使用したのが、約10dB(A)しか低下していない。対策後[1]と対策後[2]は+2~-2dB(A)の差にとどまり効果の違いは顕著に表れなかった。

実機での防音対策から考えて対策後[1]の範囲が適当と考える。

予定通りの効果がでなかった原因として、騒音発生源を全面覆っていない為に音が回り込んで来るのではないかと推定される。

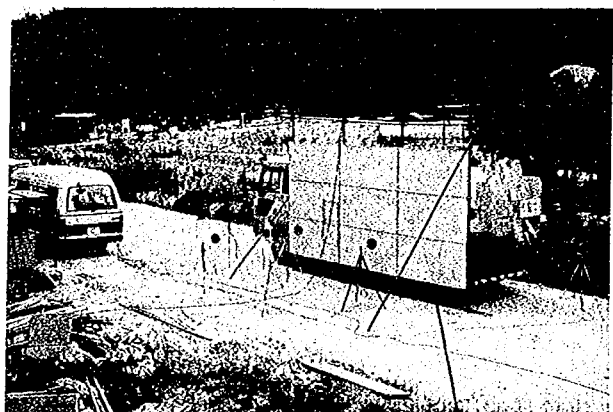
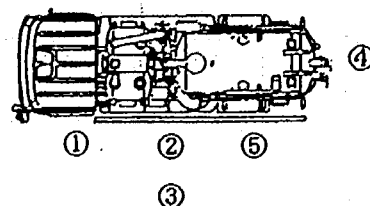
地域住民に対する効果は5 dB (A) で、前記のNo. 2, 5 よりさらに悪い結果となった。原因としては、音の回り込みがより顕著に現れた為と考えられるが、全面覆うことにより80 dB (A) の目標をクリア出来ると推定される。

表-4-5-11-2 騒音測定結果

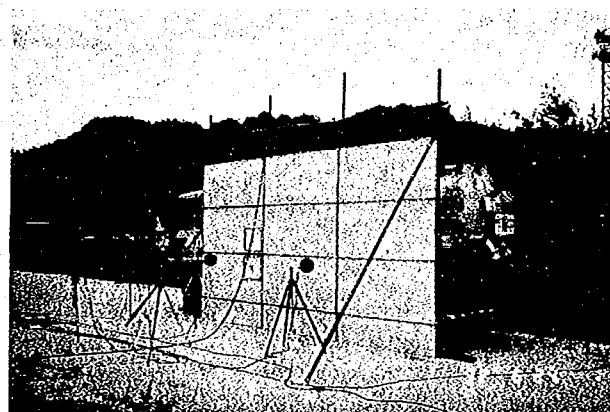
単位：dB (A)

測点	現状	対策後[1]	効果(差)	対策後[2]	効果(差)
1	94	93	-1	91	-3
2	94	84	-10	84	-10
3	92	87	-5	87	-5
4	85	83	-2	85	0
5	92	85	-7	83	-9

※測定位置は次のとおり



対策後[1]



対策後[2]

写真-4-5-11-3 実験状況

(4) 無給水清掃ロボット

清掃ロボットの改善効果を測定するため、側溝内の土砂を掻き上げる実験装置を製作した。

実験装置と実験状況を図-4-5-11-1、写真-4-5-11-4 に示す。

実験に使用した供試体は、幅400mmのU型側溝に厚さ200mmまで土砂を入れ締固めて製作した。土砂の固さは、コーンペネトロメータで測定したところコーン指数6.0であった。

実験により、かきほぐし装置の回転スピード及び方向、前進スピード、空缶・木片の処理状況を計測し、得られたデータより表-4-5-11-3 に示すように側溝1.0m(現道の平均街渠柵間に相当)当りのサイクルタイムを算出した。

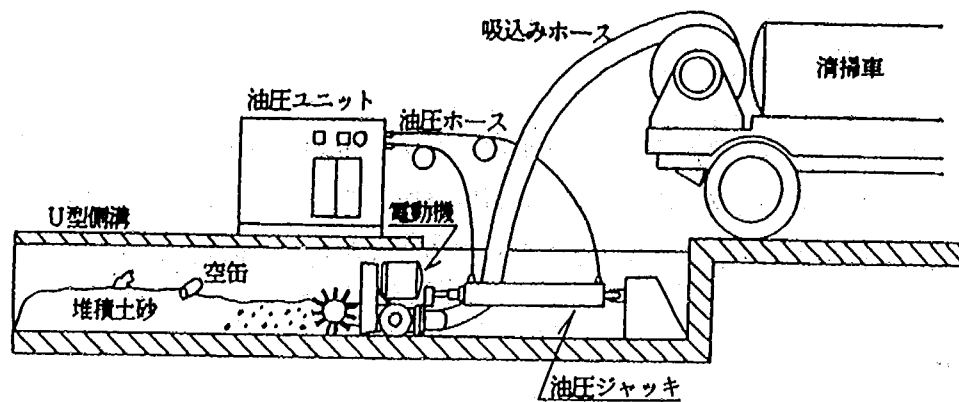


図-4-5-11-1 清掃ロボット実験状況図

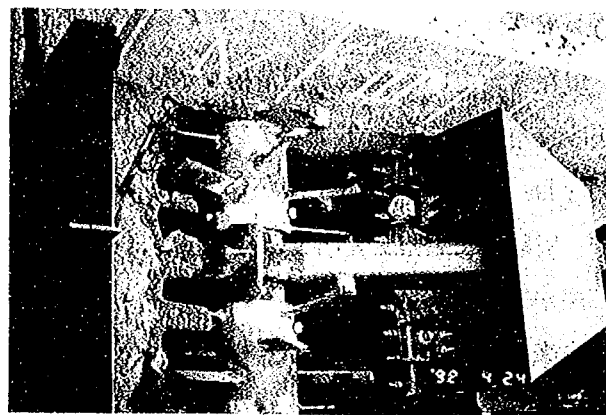
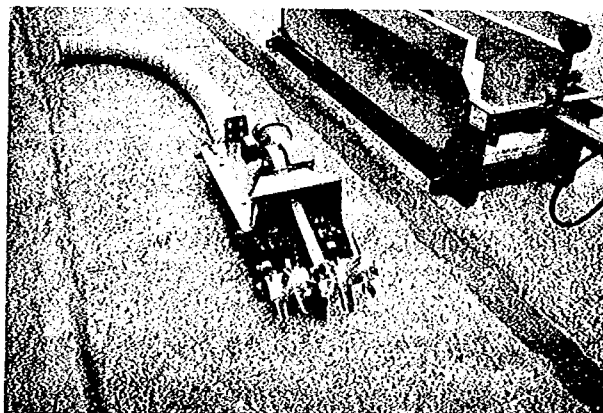


写真-4-5-11-4 清掃ロボット実験機

表-4-5-11-3 側溝清掃作業のサイクルタイム (分)

	清掃ロボット	従来作業
ホースまたはロボットのセット	3	1
排水管清掃車によるジェット吹付 及び側溝清掃車による吸い込み	0	15
清掃ロボットによる吸い込み	34	0
ホースまたはロボットの格納	2	1
汚泥処理	0	21
合計	39	38

4.5.11.2 改善上の問題点

(1) 近未来型の実現には

1) 安全性について

追突防止対策については、最高速度違反・酒酔い運転・居眠り運転等開発機の標識装置で警告しても解消されがたい原因のものもあり限界がある。追突緩衝装置については、平成4年度現在東北技術で開発中のものを参考に検討していく予定であるが技術的に何処まで開発されるかによって寄与度は変化する。

2) 苦渋性について

騒音及び排気ガス対策については、今回はエンジンそのものについての提案は行っていないが、エンジンそのものに対する低減対策技術は、省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発で検討される予定であり、その研究結果により改善効果は高められていくことと思われる。

3) 生産性について

現在考えている無給水型清掃ロボットを開発しても生産性に大きく寄与することはない。しかし、今後改良を進めスピードアップを図ることは可能と考える。

なお、ロボットの「土砂かきほぐし」と「土砂吸い上げ」については実験で検証しているが推進装置は、実験していない。ロボットが前進していくための反力は、側面にとることが望ましい。

(2) 遠未来型の実現には

遠未来イメージを実現するには、道路側溝下部に清掃シャトルの移動チューブの設置が必要であるが、現道に対しては予算面及び工事が現道通行阻害となるための措置等施設の改良に対して解決しなければならない点が多い。一方、新設道路に対しては計画時点から考慮に入れた設計をすることにより、ある程度は可能と判断出来る。

また、遠隔操作に対しては道路維持管理に使用する無線装置が管理区間全線をカバーされるよう中継所等が随時整備されており問題は少ないといえる。

清掃シャトルそのものについては現在イメージ段階なので仕様・能力等の開発が必要となる。

4.5.12 実用化・運用体制の提案

4.5.12.1 実用化の提案

側溝清掃車の自動化を図る為の主なものは次のとおりである。

(1) LED式標識装置

標識板は、2台以上後方からでも視認できるよう昇降式とする。

(2) 上向マフラー

マフラー先端は、吹出口を後方向にし、運転席に排気ガスが流れ込まないように考慮するものとする。

(3) 動力ユニット

動力ユニットは、全面防音対策を行う。

(4) ホース巻取装置

清掃ロボットの前進・後進に追従して、巻取装置がホースを送り出す機構とする。

(5) 清掃ロボット

表-4-5-12-1 に清掃ロボットの主要仕様を示す。

表-4-5-12-1 清掃ロボットの仕様

カッタ刃の形状	フラット+L型
カッタの回転数	60~80rpm
清掃速度	0.1~0.5m/min
カッタの回転力	4.1kg-m
汚泥の硬さ	100kg/cm ² 以内
ロボット重量	100kg以内

4.5.12.2 運用体制の提案

本開発機械を実用化するためには機械本体の開発だけでは不十分であり、道路付属施設（側溝施設）本体の改善（作業環境改善）が不可欠である。

次に、清掃ロボット化を進める為の改善内容を提起する。

- 1) 清掃ロボットの能力決定後最低限必要な側溝幅を決定する。
- 2) 提起された側溝幅に満たないものは改修し側溝幅を確保する。
- 3) 側溝底部に段差が生じないように施工法の改良を行う。
- 4) 街渠柵間については側溝幅の変化を極力なくす。

工場での自動化・機械化と土木現場でのそれとの決定的な相違は、工場では自動化・機械化に伴い工場内配置、変更が目的に沿ってなされることで今回は以上の4点がそれに当たる。

次に、機械的な問題として実機購入費の確保、開発体制（共同開発等）の確立等がある。

運用体制の提案について

① 行政的側面

- ・積算基準（歩掛り調査の実施）
- ・損料への対応（維持修理費率、年間管理費率、標準運転時間等）
- ・業者への出来高支払方法（合理化による従来とのギャップを考慮）

② 技術的側面

- ・作業量及び清掃能力に応じた配備計画の検討（台数及び配置場所）
- ・メンテナンス費用、バックアップ体制の確立。
- ・更新基準（耐用時間の検討）

③ 施工管理

- ・施工作业マニュアルの作成（作業人員編成の検討、清掃作業頻度の検討、作業工程の検討）

4.5.13 まとめ

清掃作業の自動化を推進する為に今回は、作業全体を定量的にとらえて提案した改善による向上度合を数値で表す手法を取り入れた。

上記手法は、人様々の感覚を数値化する側面も有り不十分な解析にとどまっている箇所もあるが、一定の成果を上げることが出来た。

この数値化により提案した改善項目をすべて実現すれば、現状を100として安全性で65%、苦渋性で87%、生産性で87%向上することが確認出来た。

道路清掃作業は、今後道路整備を充実していくと共に、作業量が増大していく工種である。現場の多様性から人力に頼らざるをえない場合も一部にあるが、自動化の推進は、国および公共団体のイニシアティブの元で強力に押し進めなければならない。人手不足で悩む道路管理者が多い中で、将来の管理体制を考える時、自動化の推進は重要である。

4.6 道路維持管理と自動化の方向性

道路の維持管理作業においては、他の建設産業と同様に労働者の高齢化・熟練工の不足・人手不足が問題となっており、維持管理作業の自動化を進めることにより事業の一層の効率化、省力化、高品質化、安全性の向上、作業環境の改善等を図り、建設事業を魅力あるものとする事は重要な課題である。

現在、道路整備の進展に伴って、道路のストックは増加している一方、交通量の量的増大及び広域化・長距離化・車両大型化等の質的变化に伴い、道路の損耗が著しくなっており、また、国民の生活ニーズの高度化・多様化が進み、より質の高い道路の管理レベルが求められている。

道路の維持管理は、道路の保全状況等を的確に把握するために点検作業を行い、それに基づき、補修工事や道路清掃を速やかに連携して施工し、道路を常に良好な状態に維持しようとするものである。しかしながら、点検作業はそのほとんどが作業員の目視によるものであり、総合的な判断を要することが多く、人力に依存する部分が多い。補修工事においては、交通規制を行いながらの作業のため、夜間作業等も多く、作業員の安全性や苦渋性及び環境面で問題がある。さらに、道路清掃では、現場の多様性から人力依存度が高く、作業内容も肉体労働や汚泥等を取り扱うことが多く、苦渋性の高い作業である。このように、道路維持管理作業全般において、総合的な判断を要することが多く、人力依存度が高いことから、作業員の高齢化、人手不足が問題となっている。

本研究では、このような問題点に対処するために自動化・高速化の検討を行った。今回の適用技術で、改善効果は相当上がるものと思われるが、今後の方向性として点検作業については、やはり人間の視覚等による判断が必要となる場合もあり、人間の能力を取り入れたソフト技術の開発が必要である。補修工事では、供用されている道路上での作業となることから、交通阻害を低減するために施工スピード向上の技術開発とともに、作業時の騒音振動対策改善及び資源の有効利用を図るため、リサイクルを行い易い施工法等の環境面に考慮した技術の開発が必要である。さらに道路清掃作業では、現場の多様性に対応できる自動化技術の開発とともに自動化しやすい道路施設への移行が不可欠である。

最近では、パイロット事業制度の普及により、新技術が次第に導入されつつあるが、道路維持管理では、

それぞれの作業現場条件等が異なるため多少の実績があったとしても、想定した場合において十分にその効果が発揮できるかどうかの信頼性がつかめないと導入しづらい面がある。また、新技術は特許等の関係もあり特定企業に片寄りがちとなり、公共事業としては積極的な活用が困難であったり、施工実績が少ないため、当然のことながら積算基準・施工管理基準の整備がなされていない。さらに、新技術の導入により一般的には施工機械等の高価格化に伴って施工単価が高くなる傾向にある等の阻害要因がある。

しかしながら、作業員の高齢化・人手不足等の諸問題に対応するためには、安全性の向上や、苦渋性の解消、施工スピードを向上させ、作業環境を改善することが課題であり、維持管理作業の自動化を推進することが必要である。そのため、開発した技術は積極的に活用し、施工実績を増やすことによりその普及を図り、機械等の低価格化を推進することも重要な課題である。

このような問題点を解消し、開発技術の効果をよりいっそう発揮するためには、新技術を導入しやすい体制作りや自動化の効果が発揮できる現場を増やすことが、自動化を推進していく上では必要と思われる。

5. 道路除雪

5.1 検討方針

冬期道路交通を確保するための道路除雪は、図-5-1-1に示す除雪対策（凍結対策）、情報対策（道路情報の収集・提供）に大別される。

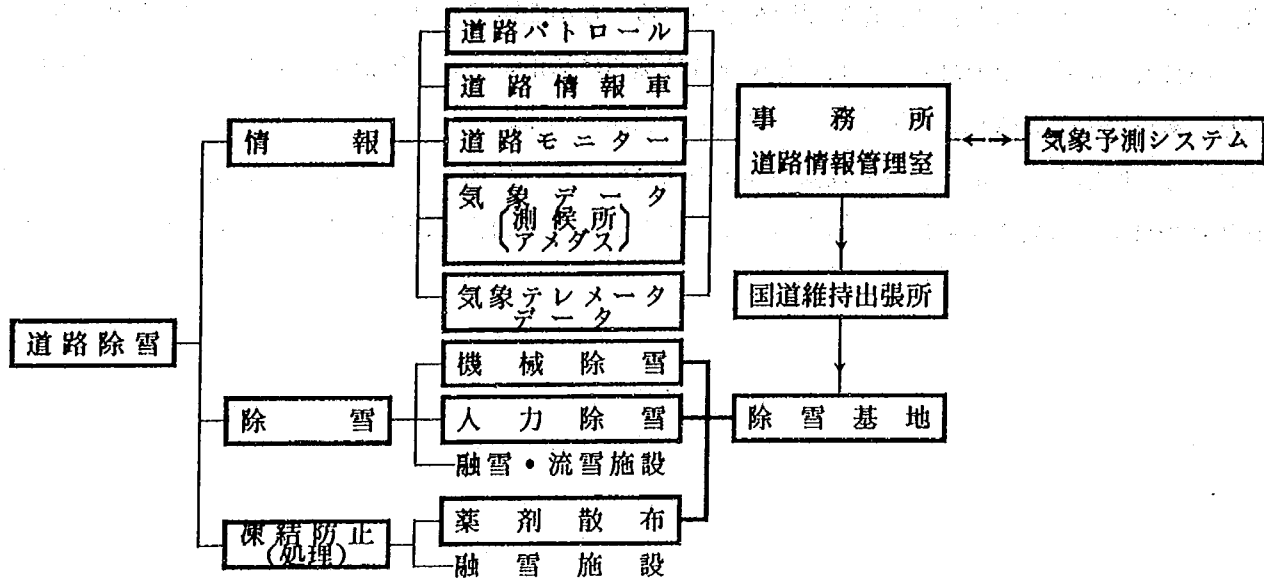


図-5-1-1 道路の除雪

平成2年度から平成4年度までの道路除雪作業の合理化に伴う調査は、除雪対策の中で移動作業による機械除雪の自動化について検討を行った。

平成2年度は、除雪に従事する作業員を対象にアンケート調査を行い、次の条件要因別の分析を行った。

- ① 除雪作業を行う工区別の、作業延長、積雪深、気温、累積降雪深
- ② 機種別稼働時間等の実態及び労務費構成
- ③ 安全性から見た問題点とその原因
- ④ 苦渋性から見た問題点とその原因
- ⑤ 生産性から見た問題点とその原因

平成3年度は、アンケート結果をもとに、維持・管理作業のうち機械化、自動化すべき作業に対して、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の観点から、アンケート調査を行い抽出された各項目を定量的に評価し、その結果をもとに開発目標の設定を検討し、除雪トラック・除雪グレーダ・ロータリ除雪車・凍結防止剤散布車・小形除雪機（車）・除雪ドーザの6機種の開発機のイメージを提案した。

平成4年度は、除雪トラック・除雪グレーダ・ロータリ除雪車の主要3機種に絞り改善項目を設定し、各々の改善効果を試験施工及び既存技術等の改良及び応用で評価し、改善上の問題点の検討を行った。また、実用化・運用体制の提案をし、道路除雪と自動化の方向を検討し取まとめを行なった。



写真-5-1-1 降雪期の市街地状況



写真-5-1-2 道路除雪後の沿道状況

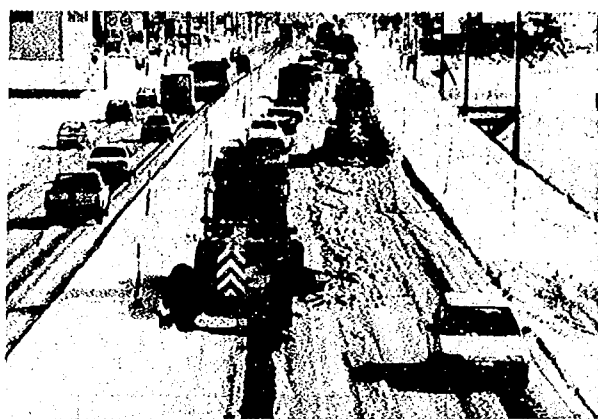


写真-5-1-3 多車線道路の除雪状況

5.2 アンケート調査

5.2.1 アンケート調査方法

冬期道路交通確保のために作業や施設整備があるが、この中で冬期間を通して終日作業員等が直接的に係わりをもち、かつ交通確保作業の生産性を左右する機械除雪、凍結防止、人力除雪等の作業工種を対象に次の事項についてアンケート調査を実施した。

- (1) 除雪作業の総合的実態として平成元年度の除雪区間延長、雪気象、作業工種（除雪機種）毎の稼働時間等について調査した。
- (2) 除雪作業の安全向上を図るうえでの問題点を究明するため運転員等を対象に、作業時のヒヤリ・ハット事例、事故事例を調査した。
- (3) 除雪作業の苦渋解消を図るうえでの問題点を究明するため運転員等を対象に、除雪機械機種毎の運転姿勢、運転室内居住感覚、運転補助作業種等の実態を調査した。
- (4) 除雪作業の生産性を向上するうえでの問題点を究明するため運転員等を対象に、除雪機種毎の運転挙動（視点、各種操作レバー等の操作頻度）、作業速度アップの阻害要因等を調査した。
- (5) 除雪作業の改善と除雪機械の自動化を図るうえでの問題事由と要望事項について行政側と除雪請負会社側の実務担当者を対象に調査した。

調査の対象機関は雪寒事業を実施している建設省及び北海道開発庁の各地建等で、表-5-2-1に示す。

5.2.2 調査結果概要

アンケートの回答は調査の全対象機関から寄せられ、運転員等数を表-5-2-2及び図-5-2-2に示す。

表-5-2-1 調査対象機関

地建等名	工事事務所等数	出張所等数	工区数(請負会社数)
北海道	10	22	22(内3直営)
東北	12	31	41
関東	4	4	4
北陸	5	15	32
中部	7	10	14
近畿	5	10	6
中国	7	7	7
四国	4	4	4
九州	3	3	3
計	57	106	133

(1) 除雪工区延長の実態

調査の対象機関の除雪工区の全工区数は 133工区となり、その総延長は 5,091.5kmであった。

(2) 除雪請負契約工期

契約工期を図-5-2-3に示す。契約工期の着手日は最も早い工区で10月1日であり、最終工期は全工区共3月中旬から3月末日で、おおよそ半年間の契約工期となっている。

(3) 問題点とその要因

道路除雪作業に関する安全確保、苦渋の解消、生産性の向上等を阻害する主な問題点等は次のように集約された。

道路の構造・施設面からでは、除雪堆雪帯の狭小、電柱、スノーポール、橋梁ジョイント、マンホール等が除雪時の障害となっている。

除雪工法・機械面からでは、作業速度が遅い、対向車に特段の注意が必要、運転視界不良、操作レバーの繁雑、機械の横滑りの多発等の指摘が多い。

(4) 除雪作業の改善と機械の自動化に関する要望

作業の改善と機械の自動化に関する要望事項としては、機械の自動制御、前方障害物検知（雪中障害物含む）、わだち追従ブレード、低騒音、低振動運転キャビン等の開発要望が多くだされている。

表-5-2-2 回答運転員等数

前項(2)～(4)の回答運転員等数	294人
前項(5)の回答実務担当者数	144人

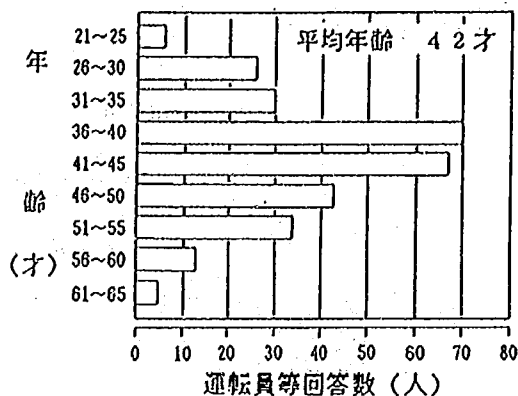


図-5-2-2 回答運転員等数

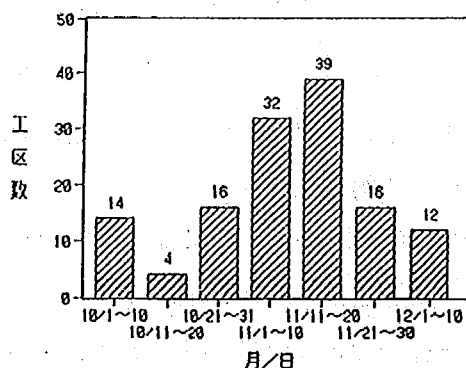


図-5-2-3 契約工期

5.3 作業の概要

5.3.1 作業の特徴

道路除雪は他の維持・管理作業の工種と比べ次のような特徴をもった作業といえる。

- (1) 雪気象、地形、周辺条件の地域差が極めて高く、作業にあたっては実務担当者の経験、判断によるところが多い。
- (2) 一般通行車両との輻輳作業が通常であり、作業の安全、交通渋滞への対応等へ殊に留意を要する作業である。
- (3) 作業の生産性は除雪機械の機能や運転員の技量、経験に大きく左右される。
- (4) 作業の主力となるブラウ系除雪機械はオフロード用の土工機械をベースとしたものが多い。
- (5) 除雪工事の契約方法は時間精算方式である。

5.3.2 作業の内容

(1) 作業工種

道路除雪は次の標準工種に区分し作業を実施しているのが一般的である。

① 一般除雪

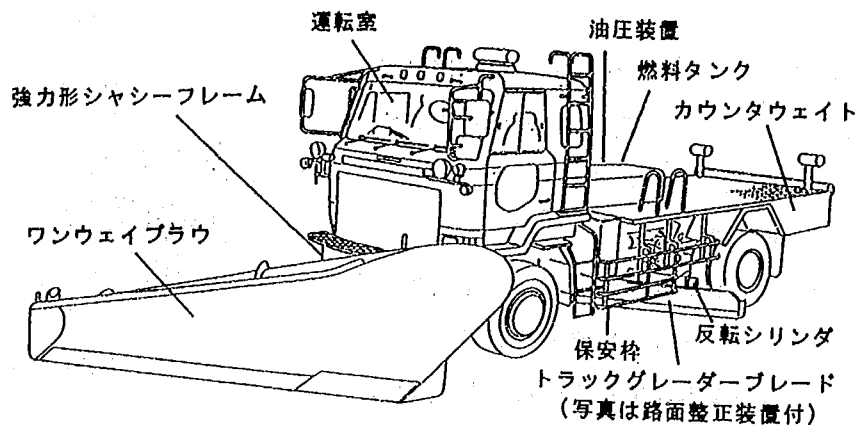
一般除雪の中に、新雪を除雪機械により比較的に高速域で路側へ排除する「新雪除雪」、道路幅員の確保や路側に堆積された雪をさらに外側に排除する「拡幅除雪」、路面上に残された雪の不陸整正を行う「路面整正」、また路面上に成長した圧雪・氷盤を削整する「圧雪（氷盤）処理」の4小工種があり、これらを総称した工種である。除雪機械は除雪トラック（T. G〔路面整正装置〕付含む）、除雪グレーダが主力となり、高雪堤の拡幅除雪としてロータリ除雪車も使用される。

② 運搬排雪

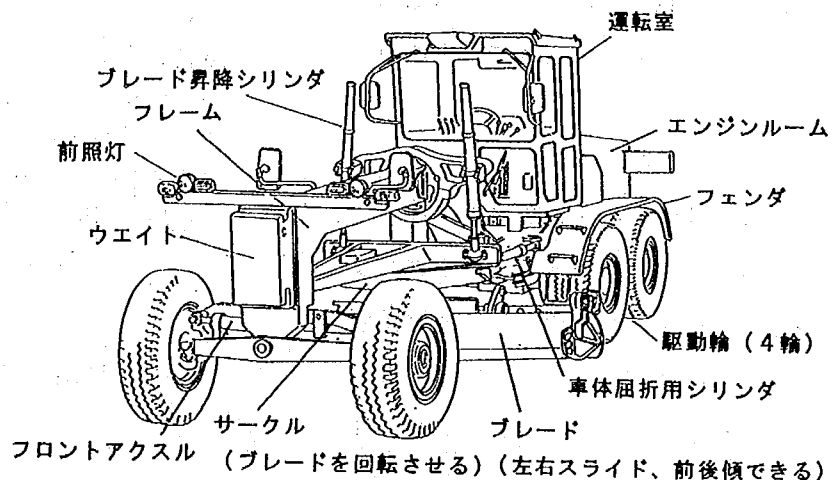
一般除雪で拡幅除雪が困難となった場合、またはその恐れがある場合で堆積した雪を他の場所に運搬排除する作業である。除雪機械等はロータリ除雪車やトラクタショベルとダンプトラックの組合せ機械が主力となって使用される。

③ 凍結防止

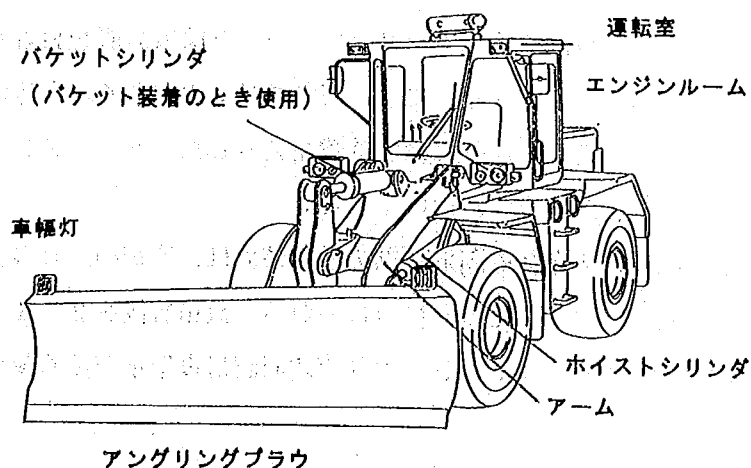
路面上の雪の凍結防止や一般車両のすべり防止のため凍結防止薬剤、砂の散布を行う作業で、圧雪氷盤処理の際の



図解-5-3-1 除雪トラック



図解-5-3-2 除雪グレーダ



図解-5-3-3 除雪ドーザ

補助散布等の作業形態もある。

機械は凍結防止剤散布車が標準となっている。

④ 歩道除雪

歩道上の雪を除く作業で、除雪機械は小形ロータリ除雪車、ハンドガイド式小形除雪機が主力となる。

⑤ 雑作業

①～④の工種以外の作業で、小規模の雪堤（ウインドロー）処理や雪庇・つらら処理等の人力作業が主になる作業である。

(2) 除雪機械

現在使用されている除雪機械は除雪装置の形式によって次のように大別されている。

① ブラウ系除雪車

ブラウ系除雪車は全輪駆動形トラック、モータグレーダ、車輪式トラクタにスノーブラウを取付けたもので、一般に除雪トラック、除雪グレーダ、除雪ドーザなどと呼ばれている。そのほとんどは汎用機をベースマシンとしており、除雪作業の主力機械として新雪除雪のほか、路面整正、拡幅除雪に用いられる。

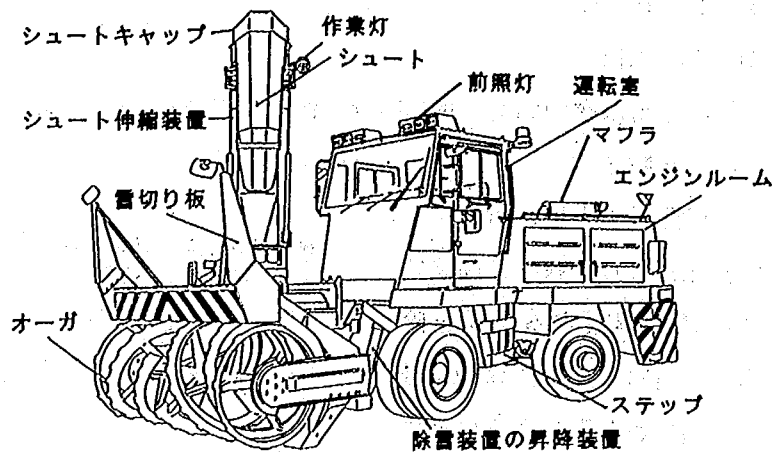
② ロータリ系除雪車

ロータリ系除雪車は車輪式トラクタにロータリ除雪装置を装着したもので、ロータリ除雪装置の形式やこれを駆動する動力の方式などによって各種のものがある。全体が除雪専用に設計された専用形と汎用機械をベースマシンとしてこれに除雪装置を装着したアタッチメント形とがあり、主として拡幅除雪として使用されるほか、運搬排雪に用いられる。

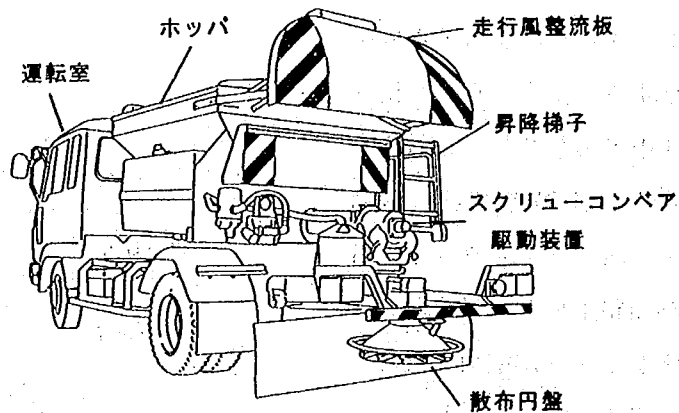
③ 凍結防止剤散布装置固形薬剤の散布装置は、薬剤の送り機構によって、ベルトコンベヤ式、スクリュコンベヤ式及びドラム回転式に分けられる。散布装置を2～4トントラックに搭載し、設定した散布量を均一に散布できるベルトコンベヤ式車速同調形専用車が多く使用され、凍結防止剤散布車と呼ばれている。

(3) 各工区の除雪延長の実態

1 除雪工区の除雪延長の実態を図-5-3-1に示す。最短工区延長は2.7km、最長工区延長は207kmである。



図解-5-3-4 ロータリ除雪車



図解-5-3-5 凍結防止剤散布車

平均工区延長は38.1kmの実態となっている。

図-5-3-2に除雪区間としての上・下線を含めた運搬排雪，凍結防止の各区間長を示す。

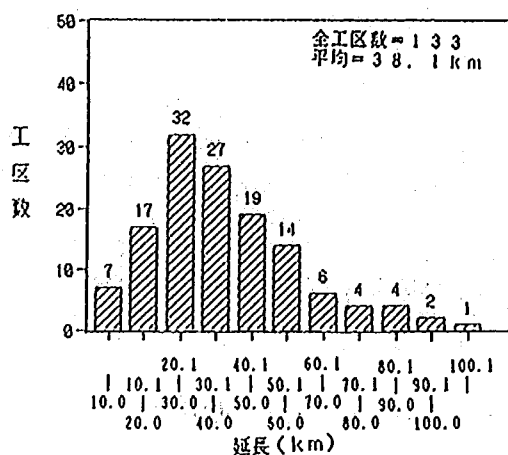


図-5-3-1 除雪工区延長

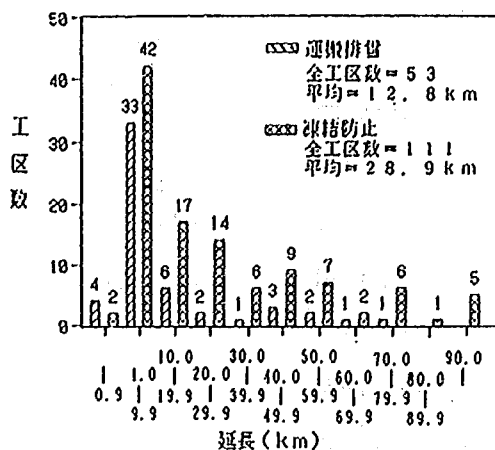


図-5-3-2 運搬排雪及び凍結防止区間

(4) 気象等の実態

各工区の雪気象等の実態を図-5-3-3～5-3-5に示す。当該年度（平成元年度）の累加降雪深は過去5ヶ年平均の累加降雪累年平均の約65%の量であり、全国的に降雪の少ない年であったことがうかがえる。

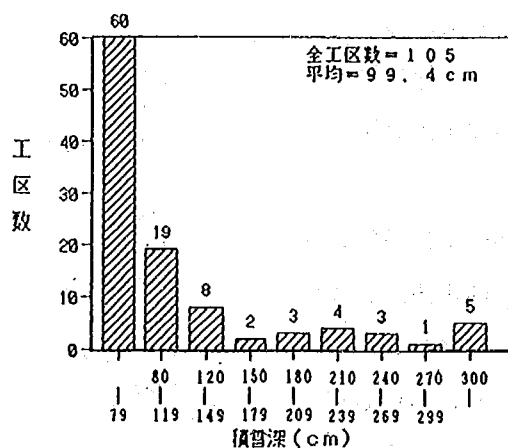


図-5-3-3 2月の最大積雪深累年平均

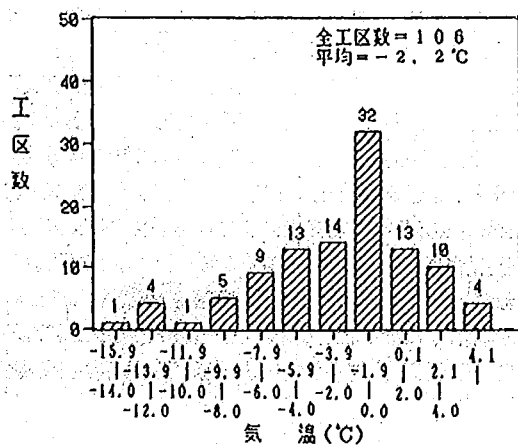


図-5-3-4 1月の平均気温累年平均

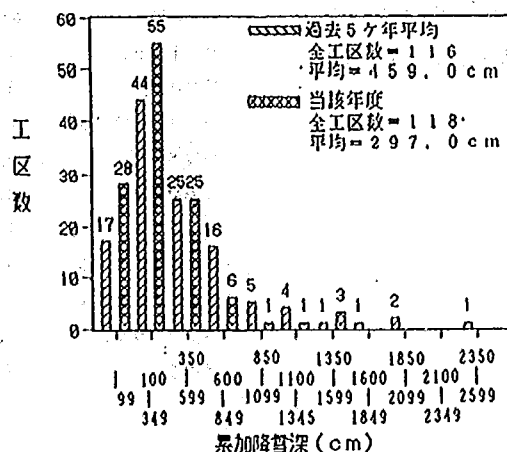


図-5-3-5 累加降雪深

(5) 作業工種（機種）別稼働時間等の実態

工種別に使用された除

雪機械の工区数、台数、稼働時間の百分率を図-5-3-6～5-3-8に示す。

その工種の主力除雪機械が他の工種にも使用されているが、これは当該機械に他の工種にも使用できる作業装置（除雪トラック+散布装置、凍結防止剤散布車+路面整正装置）が付加された機械であるためである。

図-5-3-9に雑作業の作業個所と作業内容別の実態を示す。

作業個所では道路の交差点・横断歩道、橋梁の高欄部にウインドローとして残された雪堤処理、またはトンネル内のつらら処理、スノーシェッド、トンネル坑口の雪底処理に人力による多大の労力を要していることがうかがえる。

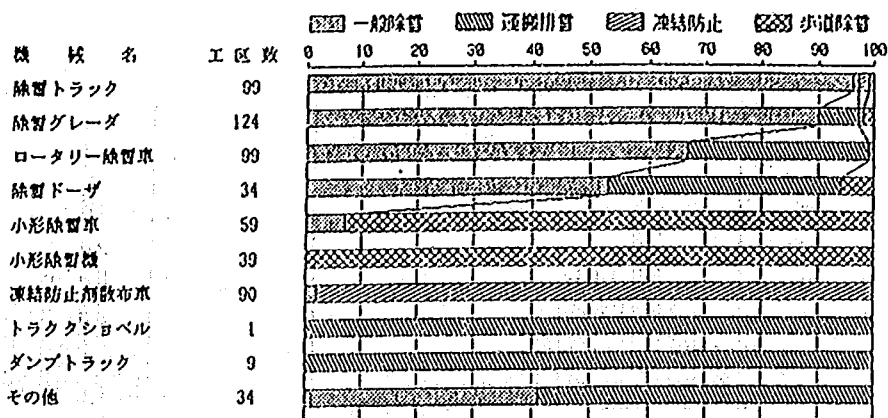


図-5-3-6 工種別工区数比率

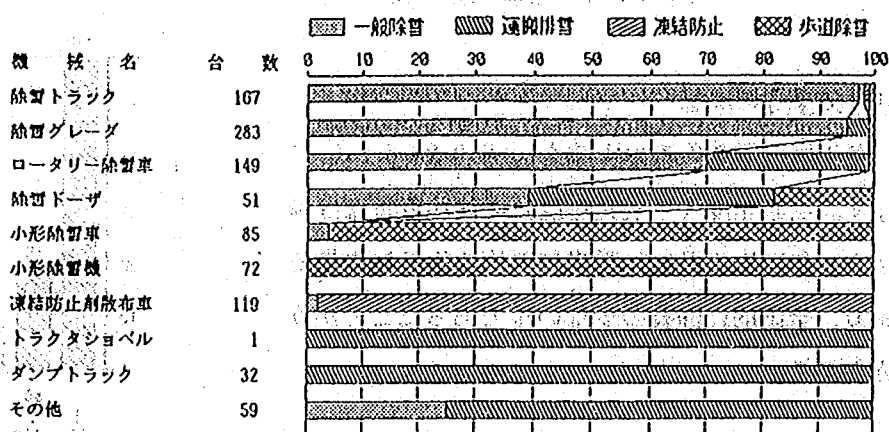


図-5-3-7 工種別機械台数比率

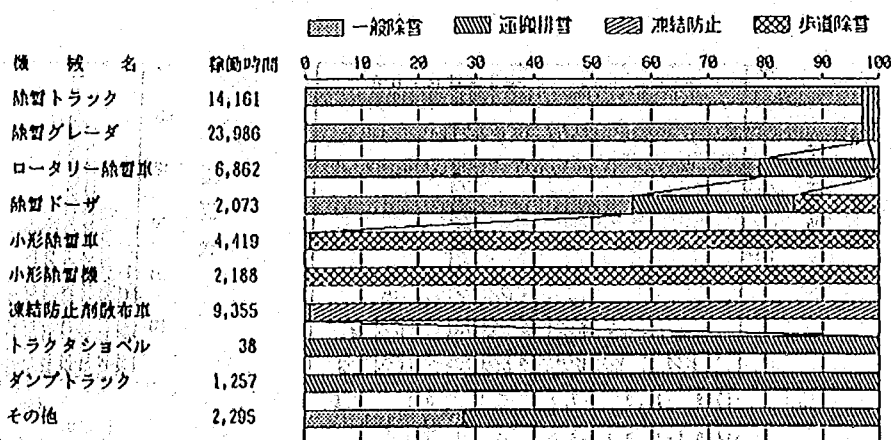


図-5-3-8 工種別稼働時間比率

作業箇所	工区	区間	長さ	雪量処理				つらら処理				雪庇処理			
				工区数	箇所年	延べ人工(人)	箇所年	工区数	箇所年	延べ人工(人)	箇所年	工区数	箇所年	延べ人工(人)	箇所年
交差点・横断歩道				33	791	3420	14								
バス停・乗降口				10	183	320	13								
交通信号機				5	46	49	7								
電話ボックス				5	42	84	22								
道路情報板				5	18	19	3	2	5	3	6	10	22	118	44
照明・標識				4	72	36	5	1	3	1	1				
δ-トレ-4-0-7				8	59	378	2								
橋梁(高欄)				21	144	751	4	3	20	16	7	2	5	26	2
橋梁(上弦材)								6	18	21	6	3	5	4	4
スノーシェッド								6	33	59	8	7	23	433	9
トンネル				2	2	30	2	26	100	280	13	6	21	180	4
防雪棚				9	44	252	1					1	7	106	1
道路監視施設				1	4	2	1	1	3	1	1				
砂箱				2	32	39	14								
橋梁歩道				1	1	185	9								
消雪ポンプ				1	2	16	16								
護壁												1	2	126	3
水切り作業				34	937	1291	4								

図-5-3-9 雑作業(人力除雪)

5.3.3 労務費構成

図-5-3-10 に無償貸付の場合における主要除雪機械1時間当りの労務費等構成百分率を示す。労務費は運転員、助手、世話役であり材料費は燃料、油脂及び切刃、タイヤチェーンの損耗費で、機械経費は管理費、現場修理費となっている。労務費の占める割合が60%を超えているのが実態となっている。

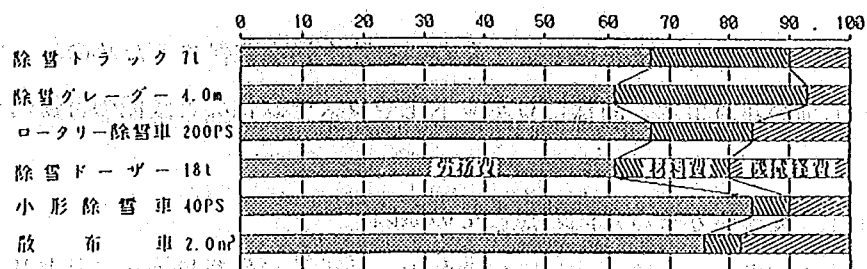


図-5-3-10 1時間当り労務費等構成

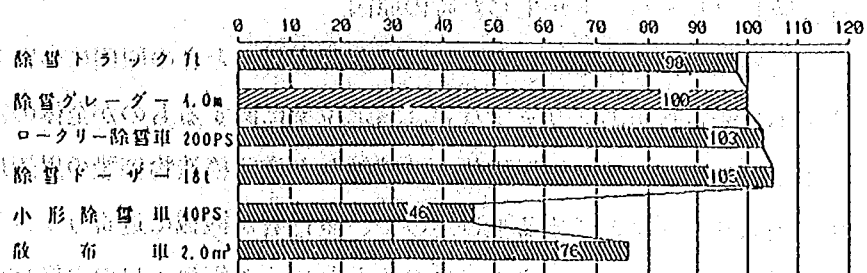


図-5-3-11 1時間当り運転経費比率

図-5-3-11 に無償貸付の場合における1時間当りの運転経費比率として除雪グレーダを100とした場合の各主要機械の比較を示す。

一般除雪、運搬排雪に使用される主力機械はいずれもほぼ同額の経費である。

5.4 問題点の抽出

除雪作業は降雪や凍結など予測の困難な自然現象を相手にせねばならず、また機械除雪は一般通行車両のある道路上で行われるのが特徴であり、これが作業を一段と困難にしている。

その主な問題点としては、

- (1) 降雪は夜間に多い傾向があり、市民活動の始まる朝までに除雪を終えようとする、作業時間帯が未明～早朝になる。また作業が交通障害となる場所では夜間作業が行われることも多く作業者の負担も大きい。
- (2) 降雪に合わせた作業のため、断続的かつ集中的なものとなり、長時間の待機や昼夜連続の作業など労働条件が不安定である。
- (3) 雪氷によりすべり易い路面上の作業であり、吹雪や地吹雪あるいは夜間の視界不良の中、一般通行車両と混合状態で行うことが多く、安全確保のために神経のすり減る作業を強いられている。
- (4) 路面や路側の構造物や障害物は雪に埋もれて確認が困難なため、接触や巻き込みによる作業装置の破損があり、その補修に手間がかかる。
- (5) 除雪機械は土工機械を基礎として発展してきたものが多く、また専門的な操作技術を要し、さらに土工機械に比べ高速で精度良く作業しなければならないため、高度な技術と熟練を要する。などが挙げられる。

一方、社会環境の変化として、冬期の道路交通を確保するためのニーズの多様化などがあり、除雪についても他の建設事業と同様にロボット化やシステム化など機械の自動化が必要となってきた。

5.4.1 安全性からみた問題点とその原因

安全性に関して、除雪作業時に運転手、助手及び作業員等が「ヒヤリ」と危険を感じた時や、「ハット」した時の原因と、それが「事故につながったとした時」の事故内容についてアンケート調査を実施した。その結果を図-5-4-1～5-4-4 に示す。

(1) 作業時ヒヤリ・ハットが生じた時の原因

① 除雪機械による作業時ヒヤリ・ハットが生じたときの原因についてみると、a. 吹雪や地吹雪による視界不良や雪路面のスリップなど、雪氷現象に関するものが全体の29%、b. マンホール、橋梁ジョイントなどの路面段差や雪埋設物との接触など道路構造物施設の周辺環境に関するものが23%、c. 一般車両のスリップなどによる飛び込みや、歩行者が機械に近寄りすぎるなど第三者に起因するものが16%、d. ワイパーの不良や窓ガラスのくもりによる視界不良など機械の不備によるものが12%を示し、主な原因となっている。

② 除雪機械別にみると、稼働台数の多いこともあるが、除雪トラックと除雪グレーダによる作業時に、前述の原因が集中している。これは路面の積雪を、除雪装置（ブラウ、ブレード）を路面に加圧し比較的高速で作業を行うことや、さらに車両本体より除雪幅が広いことなどに起因すると思われる。

また、凍結防止剤散布車による散布作業は、降雪時よりも凍結が予測される場合、事前に薬剤等を散布するため出動することが多い。車両のタイヤは、スノー又はスパイクタイヤが多く、タイヤチェーン

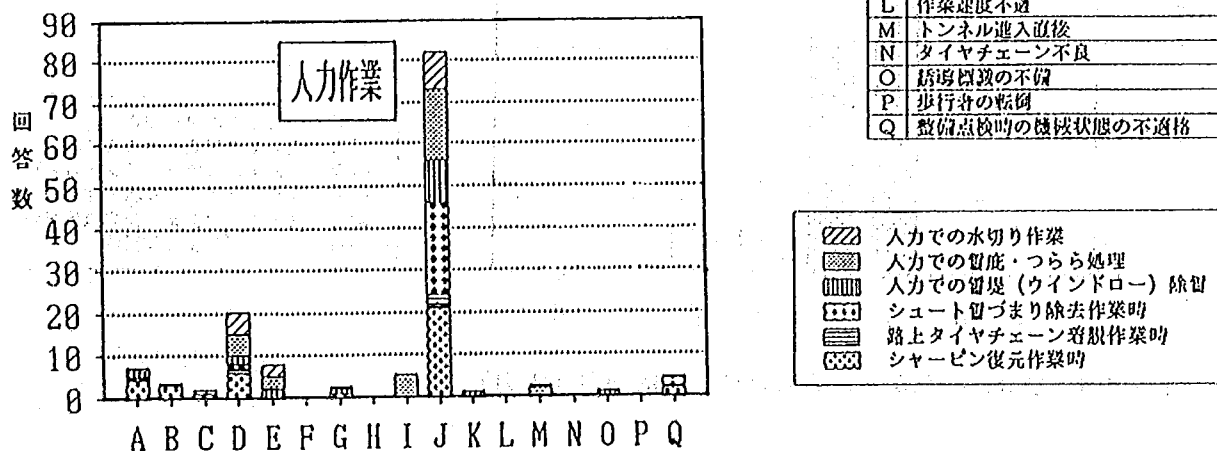
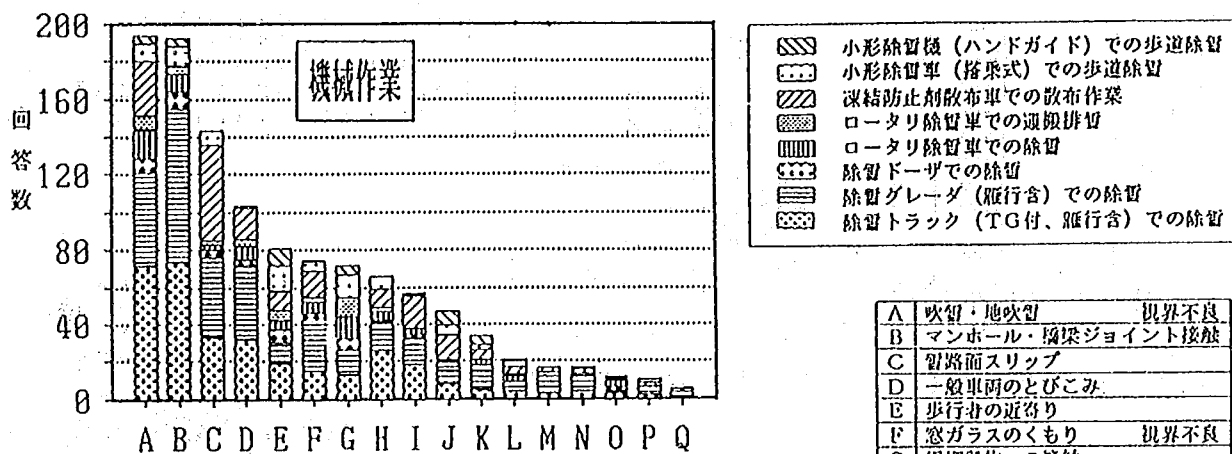
を装着せず比較的高速で走行することが多く、このため凍結路面でのスリップがヒヤリ・ハットの原因となっている。

その他、低速で作業を行うロータリ除雪車や小形除雪機等については、比較的少ないものの、歩行者の近寄りや雪埋設物への接触及び巻き込みなどが運転手は危険と感じている。

③ 人力作業時については、「足元がすべった」が全体の65%を占めており、その内、シャーピンの交換等安全装置の復元や、ロータリ除雪車のシュート雪詰まり除去作業など、除雪機械に付随するものが37%となっている。

これらの作業は、道路上で行われることが多いため、運転手や助手等の足元がすべって除雪機械に接触したり、一般車両による危険を感じているものと考えられる。

また、人力による補助作業を必要とする、雪堤・ウインドローの除雪や、雪庇・つらら処理等についても同様に、足場の悪い高所作業のため、足元がすべってヒヤリ・ハットを感じているものと考えられる。



(2) 事故につながったとした時の事故内容

① 除雪機械による作業時にヒヤリ・ハットを感じ、さらにそれが事故につながった場合、どのような事故内容になると思われるか分析すると、除雪機械と対物の接触、衝突による物損事故や人身事故につながるとしているケースが多い。事故例としては、a. 一般車両のスリップや追い越し不適、雁行作業中の割り込み、不注意、b. 道路構造物施設や路面段差等への視認性不良による接触や、雪埋設物への接触等が大半を占めている。また、除雪機械のスリップや、除雪されたウインドローの民家への投雪など除雪機械側に起因しているものもある。

② 人力作業の場合は、その作業条件が路上や屋外での劣悪条件下にあるため、運転手や、助手、作業員等のけがに直接つながることが推察されるため、今後、これらの人力作業の解消に努めなければならないと考えられる。

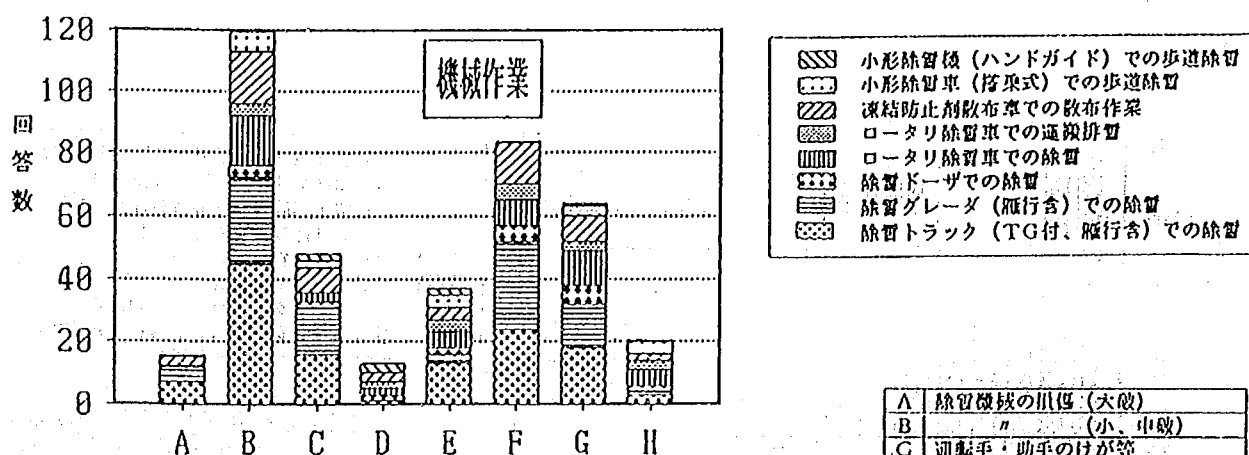


図-5-4-3 事故につながったとした時の事故内容（機械）

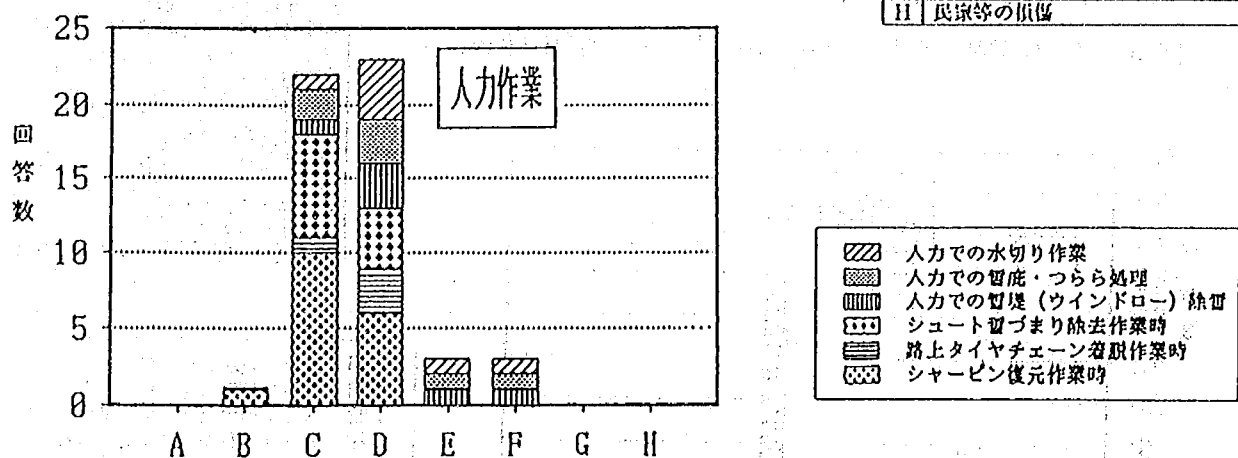


図-5-4-4 事故につながったとした時の事故内容（人力）

5.4.2 苦渋性からみた問題点とその原因

苦渋性に関して除雪作業時、運転手の運転姿勢及び運転室内の居住性と、機械に付随する補助作業についてアンケート調査を実施した。その結果を図-5-4-5～5-4-11に示す。

(1) 運転姿勢

搭乗式機械の運転姿勢については、図-5-4-5に示すように除雪トラック、除雪ドーザ、ロータリ除雪車、凍結防止剤散布車は95%以上の人が座位姿勢で運転していると答えており、正常な状態で運転操作ができるものと判断できる。

一方、除雪グレーダについては85%の人が立ち姿勢や中腰の状態で行っていると回答している。これは機械の特徴である「ブレードの状態を確認しながら操作する」ことに重点をおきながら走行の運転操作も併せて行うもので、運転手の負担や苦渋性につながっている。

また小形除雪機については運転手が機械を手押ししながら作業するため、当然立ち姿勢となり、運転手への大きな負担となっていることから、搭乗式除雪機械の活用が図れるように歩道構造等の改善も含めて検討してゆく必要がある。

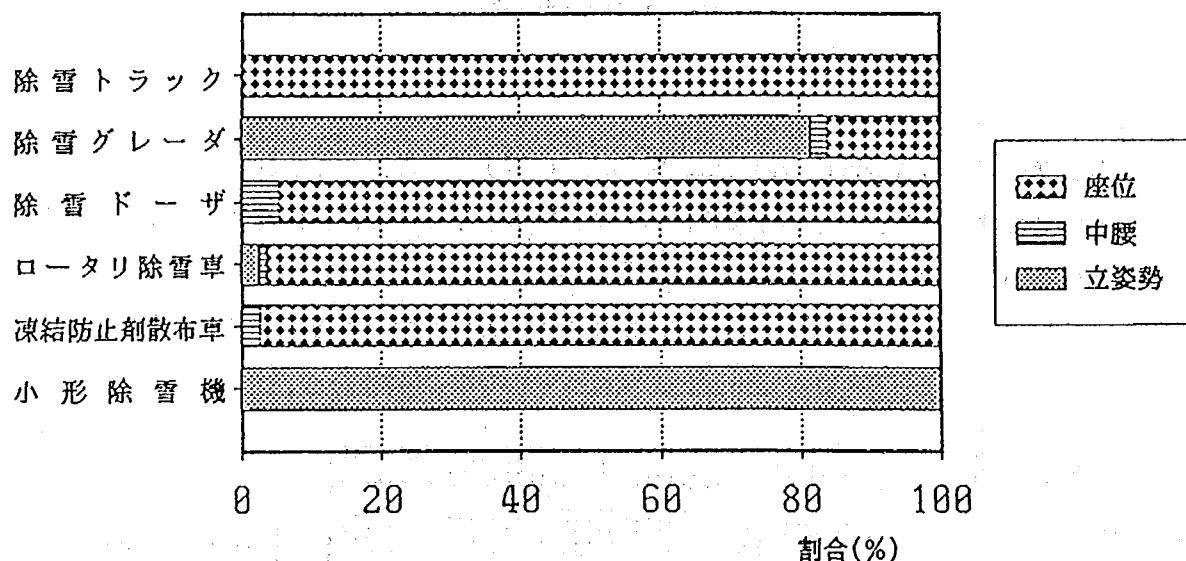


図-5-4-5 除雪機械の運転姿勢

(2) 運転室内の居住性

① 騒音、振動

機種別に運転室内の騒音、振動による苦渋性について調査した結果、図-5-4-6に示すように騒音、振動に対し全機種にわたり「気になる」「耐えられない」と答えた人が約20～80%の範囲で苦渋性を感じている。

搭乗式機械でみると、除雪トラックを除いては、騒音、振動に対し、30～50%が苦渋性について問題としており、これらの機種の低減対策が改善のポイントとなる。

また、小形除雪機については騒音に対する苦渋性が80%と他機種に比べて特に高い。これは運転室を有しない機械であるため、エンジン音等が直接耳にはいるためで、運転姿勢と同様に改善してゆく必要がある。

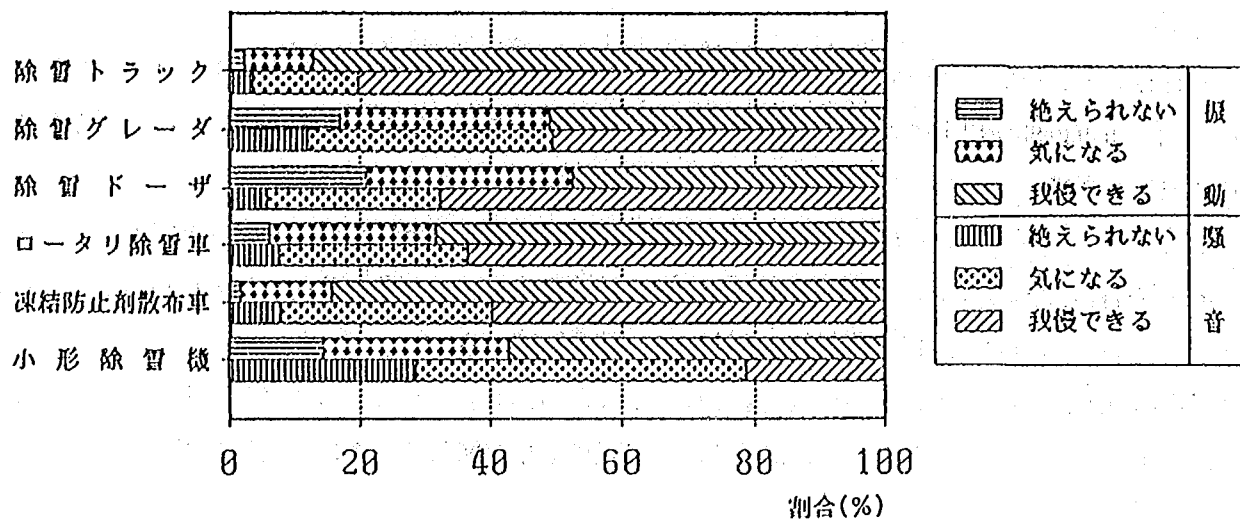


図-5-4-6 運転室内の騒音・振動

② 室内温度と空間

a. 室内温度に関する苦渋性については、図-5-4-7に示すように、「寒すぎる」「室内温度調整が面倒、あるいは調整できない」という項目について、除雪トラックでは10%程度と少ないのに対し、他の4機種については20~50%の人が問題点としている。

特に、除雪ドーザについては30%の人が、寒すぎると答えており改善が望まれるところである。

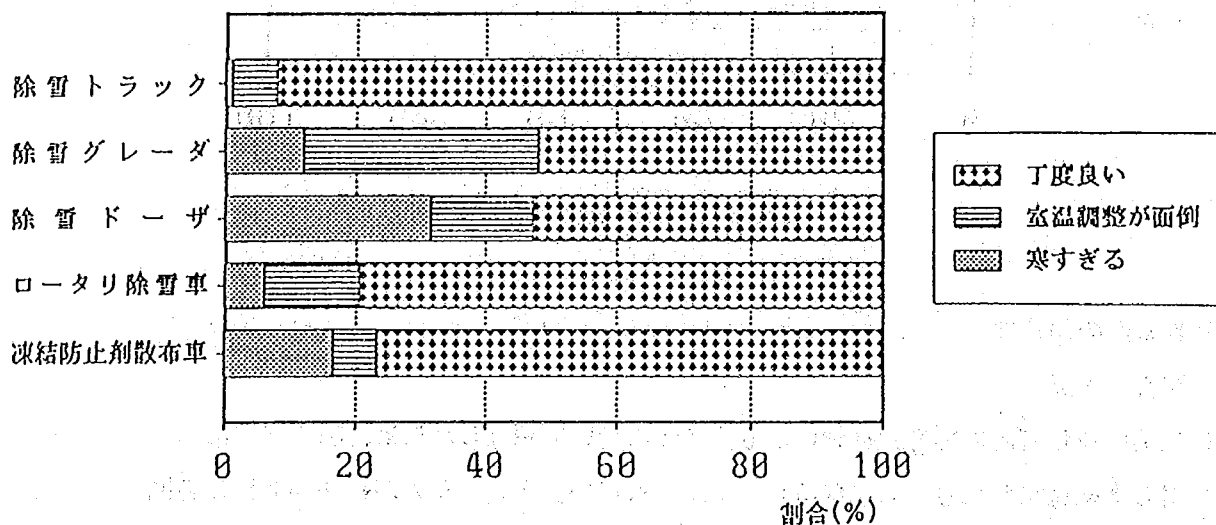


図-5-4-7 運転室内の温度

b. 室内空間については図-5-4-8に示すように、全機種とも運転室内の高さ、横幅、奥行きとも「狭い」「非常に狭い」と答えた人が10~70%の範囲にあり、これら運転室内の空間確保の改善も必要とされる。

特に除雪グレーダについては、横幅、奥行きについて、狭い、非常に狭いが、70%近くを占めており、これについては操作レバー等が多く、特に助手の十分なスペース確保ができないなどが主な要因と考えられる。

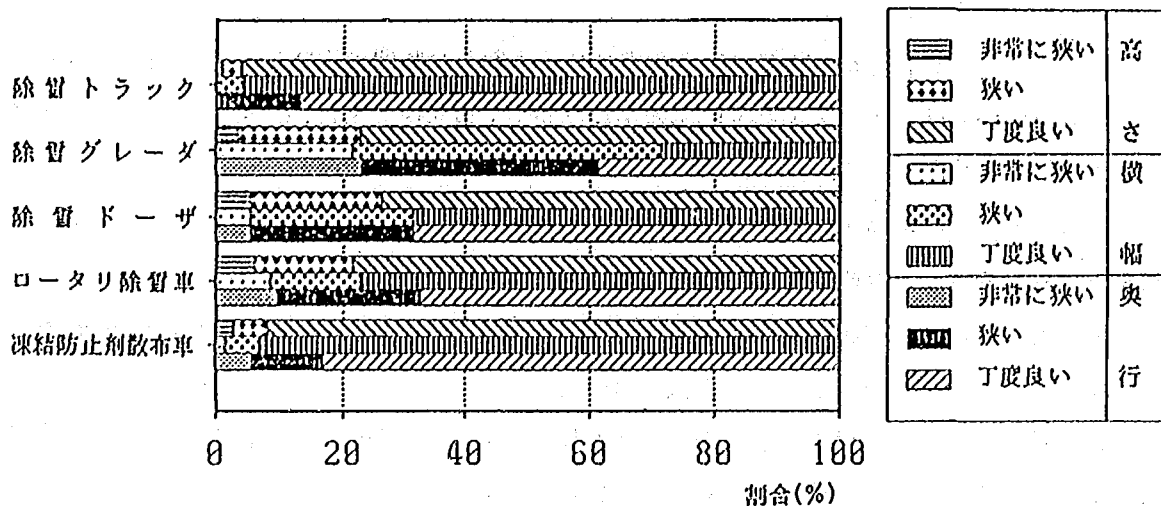


図-5-4-8 運転室内の空間

(3) 機械に付随する補助作業

① タイヤチェーンの装着作業

除雪機械のタイヤチェーン装着作業時の人数及び時間の実態について図-5-4-9に示す。

a. 人数については2～4人の範囲にあり、その内2人で装着しているのが、全体の85%を占めており、運転手及び助手で装着しているものと考えられる。また機種による差は顕著にみられなかったが一部除雪グレーダ及びロータリ除雪車については、3～4人で装着している。

b. 装着時間についても同様に、10～60分の範囲にあるが、約30分程度が比較的多い。また、除雪グレーダについては、約60分と他の機械に比べ長い時間を要しており、タイヤチェーンの形状や重量などが要因として考えられる。今後、除雪機械のタイヤチェーンの形状、重量、耐久性、装着方法などスベリ止め機構の改善を行うことによって、これら苦渋作業の削減や安全性の向上を図る必要がある。

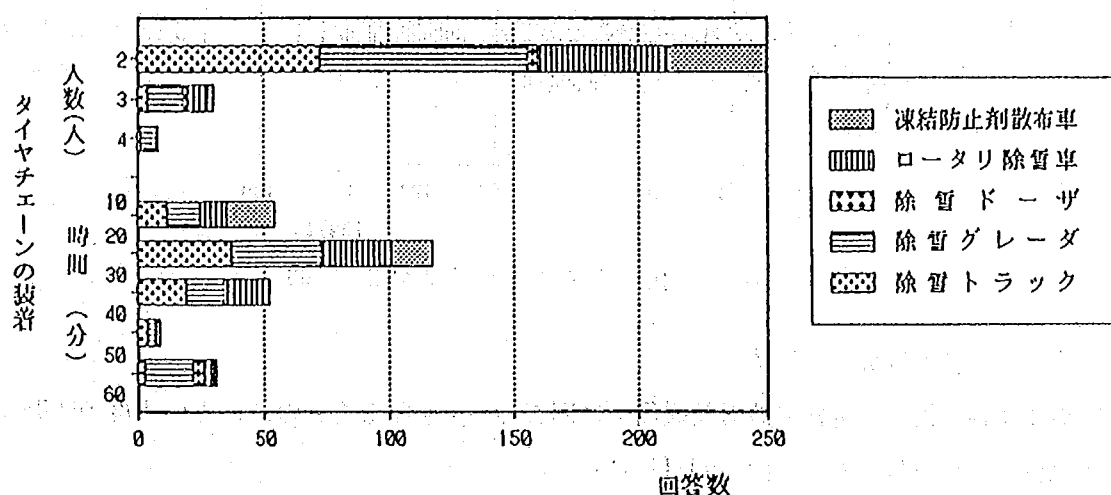


図-5-4-9 タイヤチェーンの装着人数と時間

② 安全装置の復元作業

除雪機械のシャープピン等安全装置の復元作業に伴う人数及び時間の実態について図-5-4-10 に示す。

a. 人数については、1～2人と主に運転手及び助手で復元作業を行い、その時の作業時間は、10～20分と比較的短時間である。

b. 除雪シーズンに機械1台当り安全装置の復元作業を行う回数は30回以下に比較的集中しているが、除雪トラックやロータリ除雪車は50回を超え100回をえるものもあり、機種別平均回数を表-5-4-1に示す。ブラウ系、ロータリ系の除雪機械は作業

形態から運転手、機械の保護等から安全装置を保持しており、当然これらの機械が多くなっている。

c. 安全装置の復元方法として機械からおりてシャープピンを交換するもの、あるいは搭乗した状態でレバー、またはボタン操作により復元できる安全機構などが最近開発されており除雪トラックや除雪グレーダなどに取り入れられているが必ずしも十分とはいえない。これらの復元作業は、道路

上で行う場合が多く、今後これら安全装置の改善や新しい機構を取り入れることによって、運転手、助手等作業員及び機械の安全確保や苦渋作業の解消が望まれる。

表-5-4-1 安全装置復元回数

機 種 名	シーズン平均復元回数
除雪トラック	15
除雪グレーダ	8
ロータリ除雪車	16
小形除雪機	12

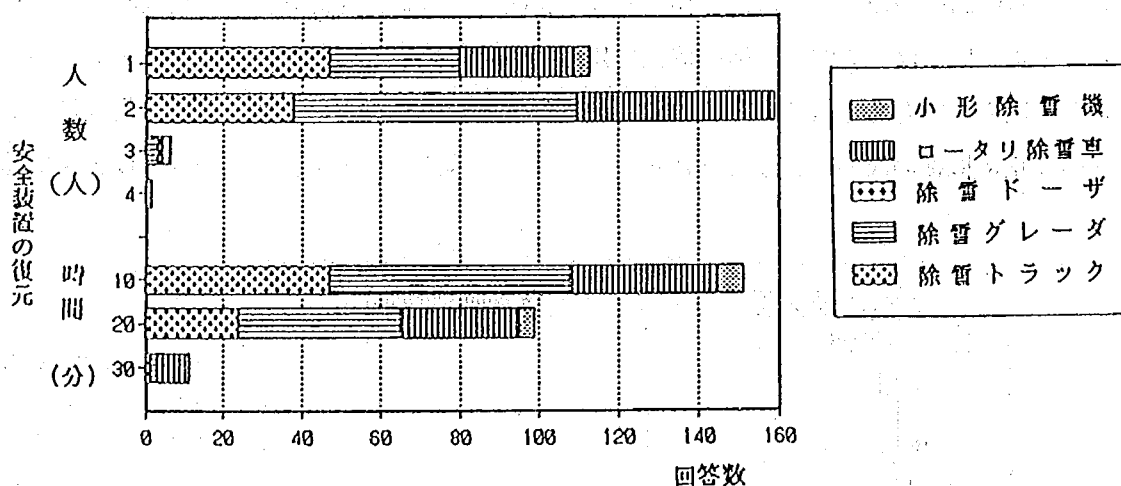


図-5-4-10 安全装置の復元人数と時間

③ 除雪作業後の雪落とし作業

除雪作業終了後に、車体や除雪装置周辺に固着した雪を除去するのに、どの程度の時間を要しているのか機種別に比較したものを図-5-4-11 に示す。

この結果からみると、作業時間に概ね10～30分程度を要している。凍結防止剤散布車や除雪ドーザ等と比べ、除雪グレーダやロータリ除雪車など、車体が大きく複雑な除雪装置を有する機種ほど雪落としに手間取っているのがわかる。

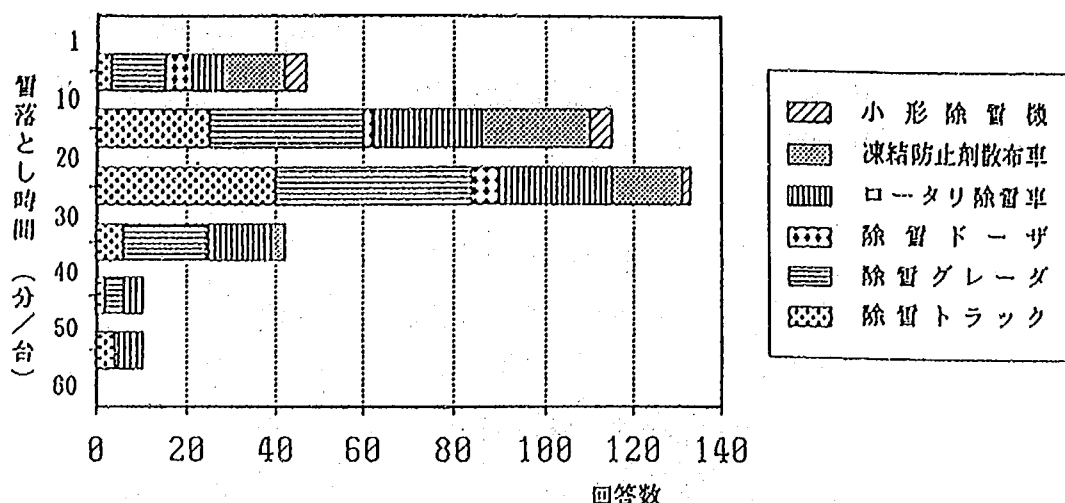


図-5-4-11 除雪機械の雪落とし時間

これらの雪落とし作業については、通常、除雪作業終了後に行うもので、次の出動や機械点検等の確認に備えるもので、特に緊急性を必要とするものではないが、作業員の苦渋性などを考える場合、各除雪ステーションに、温水洗車機等、簡単に雪落としのできる設備を備えていく必要がある。

5.4.3 生産性からみた問題点とその原因

生産性に関して、除雪作業時運転手の視点及び助手の作業内容、各種レバー類の操作状況と作業速度の向上を阻害する要因などについてアンケート調査を実施した。その結果を、図-5-4-12～5-4-19に示す。

(1) 運転手の視点比率

除雪機械の運転作業中に、運転手が「前方」「側方」「後方」「上方」のどの位置に視点を置いているか、比率として取りまとめた結果を図-5-4-12に示す。

① 除雪機械は道路上を走行しながら作業する場合が多く、対向車両や道路構造物などの確認とともに操作を行うもので、当然前方に重点をおくことが多く、その視点割合は全機種とも60%以上となっている。

② 凍結防止剤散布車及び除雪トラック、除雪グレーダなど、比較的高速で走行しながら作業を行う機械は前方に対する視点割合が約70%と高く、あとは側方、後方となっている。

また、除雪グレーダについては、走行しながらブレードを路面に押し付けながら作業を行うが、この押し付け具合により除雪精度が大きく異なってくることから、前方や側方の視界の中でも特にブレード周辺に視点が集まっているものと考えられる。

これらの結果から運転手が前方を始め周囲の環境に、より注意が払えるように作業装置の操作性を改善することによって、生産性の向上や安全確保がさらに図れるものと考えられる。

③ 除雪ドーザは、後方の視点割合が他機種に比べて高い。これは、交差点等の除雪が多く、前後進を繰り返しながら作業することに起因すると思われるが、機械によっては後方視界の悪いものもあり、運転手の作業姿勢や後方に視点をおくための負担が大きいことから、機械の構造や後方視認のための装置を検討するなどして、改善する必要があると考えられる。

④ ロータリ除雪車及び小形除雪機など、路上の雪を低速で走行しながら別の地点へ投雪する機械については、その作業の特質上、投雪位置、落下地点の確認のため、側方、後方、上方などに視点の35～40%が集中しており、これら投雪装置の操作に関する改善が望まれる。

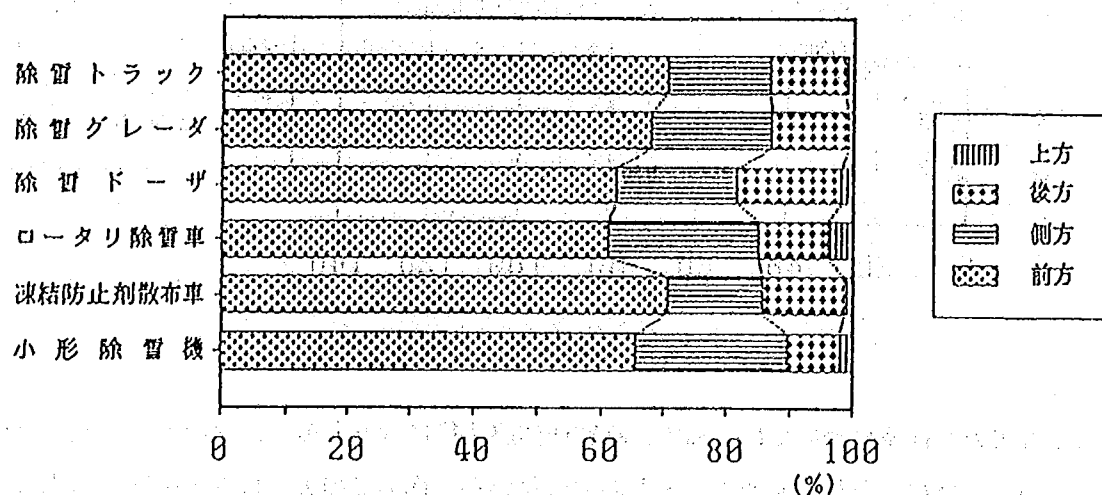


図-5-4-12 運転手の視点比率

(2) 助手の作業比率

除雪作業において、運転手と行動をともしする助手について、その作業内容を「作業装置操作」「安全確認・誘導」「機械維持管理」の3つに分類し、取りまとめた結果を図-5-4-13に示す。

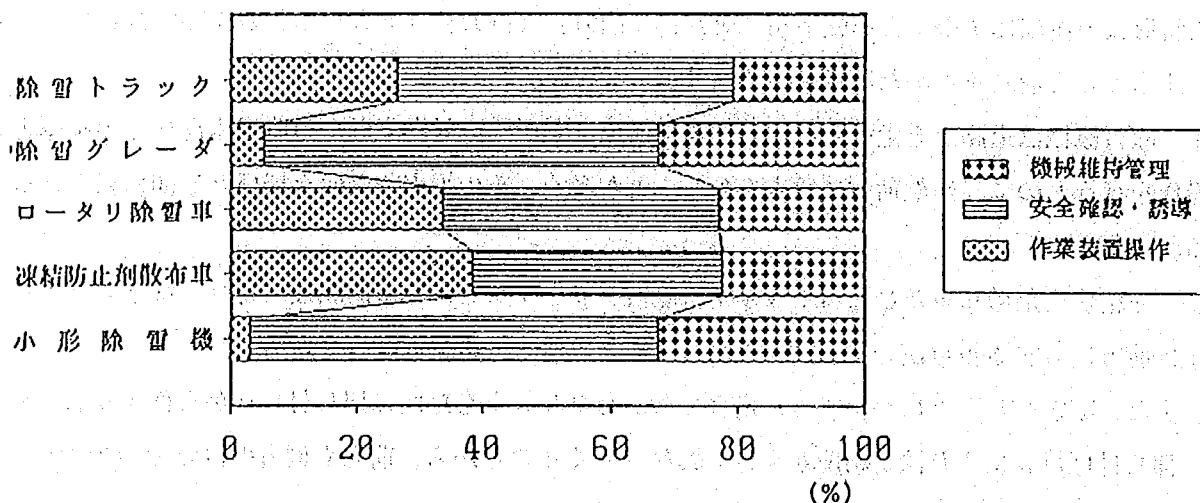


図-5-4-13 助手の作業比率

① 凍結防止剤散布車の散布装置、ロータリ除雪車の投雪装置、除雪トラックの除雪装置については、各々30～40%の割合で助手が操作しており、運転手の走行系操作と助手の作業装置系操作とが、ほぼ明確に分担されている。

② これに対し、除雪グレーダでは助手の作業装置の操作は非常に少なく、オペレーター一人で走行系と作業装置系の操作を同時に行っているのがわかり、運転手への負担が懸念されるところである。

また、助手については安全確認と機械誘導や維持管理作業が大部分となっている。

③ 小形除雪機については、手押し式の機械で歩道上を除雪する作業が主となるため、助手の作業の大部分は安全確認と誘導が占めている。

(3) 操作レバー類の操作状況

① 操作頻度比率

除雪作業において、作業上どの機構をよく操作するか「操向ハンドル」「走行変速レバー」「装置操作レバー」「ブレーキペダル」に分類し、取りまとめた結果を図-5-4-14に示す。

a. この結果から、除雪トラックや凍結防止剤散布車など走行速度の速い機械については、操向ハンドルと走行変速レバーなど車両本体の操作に頻度が集中している。これに対し除雪グレーダやロータリ除雪車、小形除雪機など、作業装置系のレバー本数の多いものほど、装置操作レバーの操作頻度が高くなっている。

b. 図-5-4-15 は、作業装置の中で「どのレバー類の操作が最も多いか」取りまとめた結果である。プラウ系の除雪機械については、装置の機能、特質から主にプラウ及びブレードの昇降操作に重点がおかれている。さらに、除雪グレーダ、除雪ドーザはブレードなどの推進角調整として、サークル旋回やアングリング操作の割合も多くなっている。

一方、ロータリ除雪車や小形除雪機については、装置の昇降操作は約30%と、その割合は少なく、雪を投雪するシュート操作に重点がおかれている。道路の周辺環境に対応した、きめ細かな除雪を行う場合、ブレードの押し付け操作や投雪シュートのコントロールなど自動制御の開発が進められてきているところであるが、機械の能力向上や安全確保など総合的な自動化に向けての改善がポイントとなると考えられる。

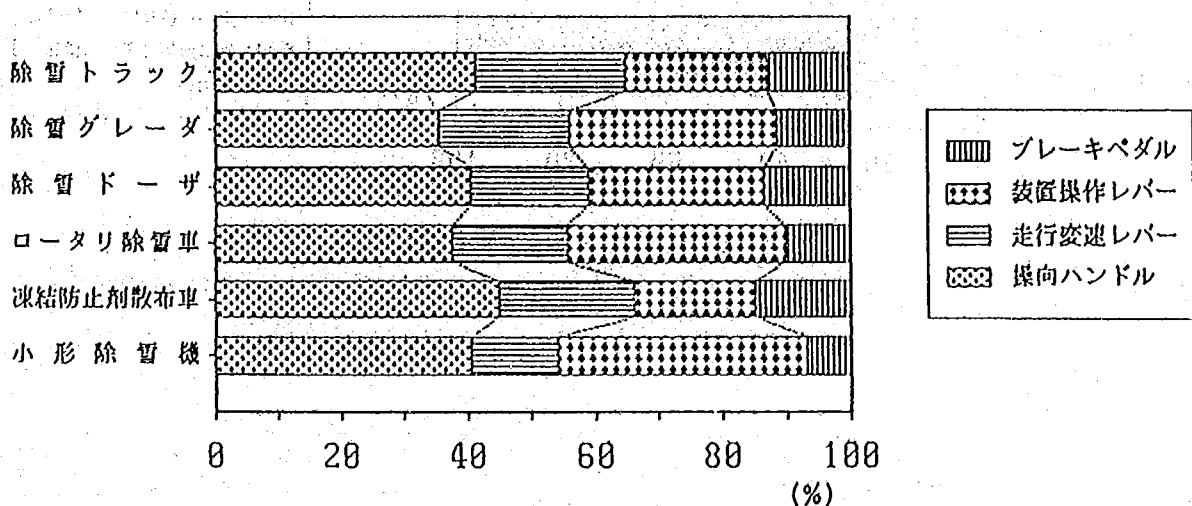


図-5-4-14 操作レバー類の操作頻度比率

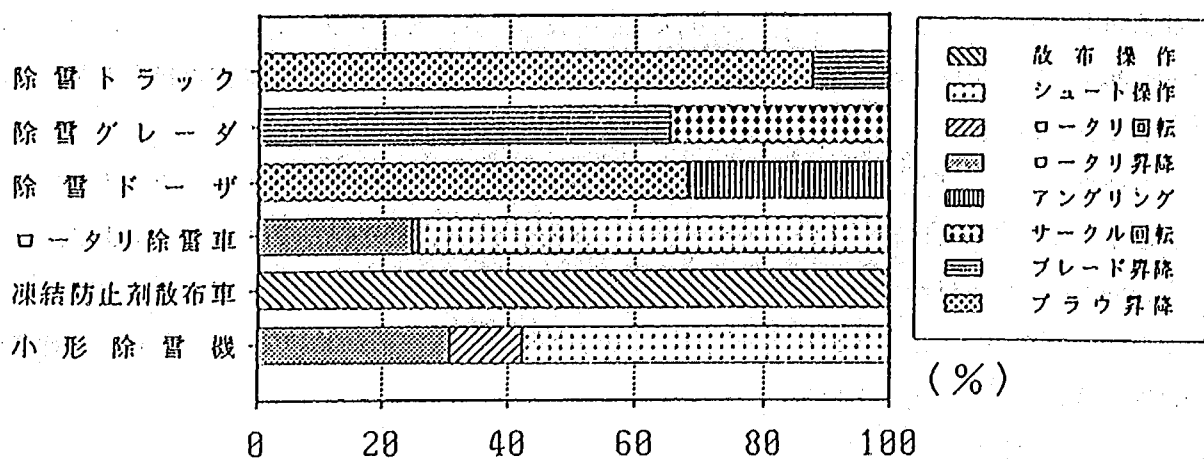


図-5-4-15 装置操作レバー類の操作頻度比率

② 操作要因の比率

除雪作業時、操作レバー類の操作要因について取りまとめた結果を図-5-4-16 に示す。操作要因については市街と郊外による顕著な差はなく、ブラウ系除雪機械は機械の能力に合わせた除雪深さの調整と同時に定められた堆雪場所への除雪などに、その要因が多く、そのためのブレード及びブラウの操作につながっている。

また、ロータリ系除雪機械は、定められた堆雪場所へ排雪するなどの要因から、それに伴う投雪シュート操作が多くなっている。

一方、凍結防止剤散布車は、薬剤等の落下位置を考慮し、一般車両など機械の周辺環境に留意しながら操作しているのがうかがえる。

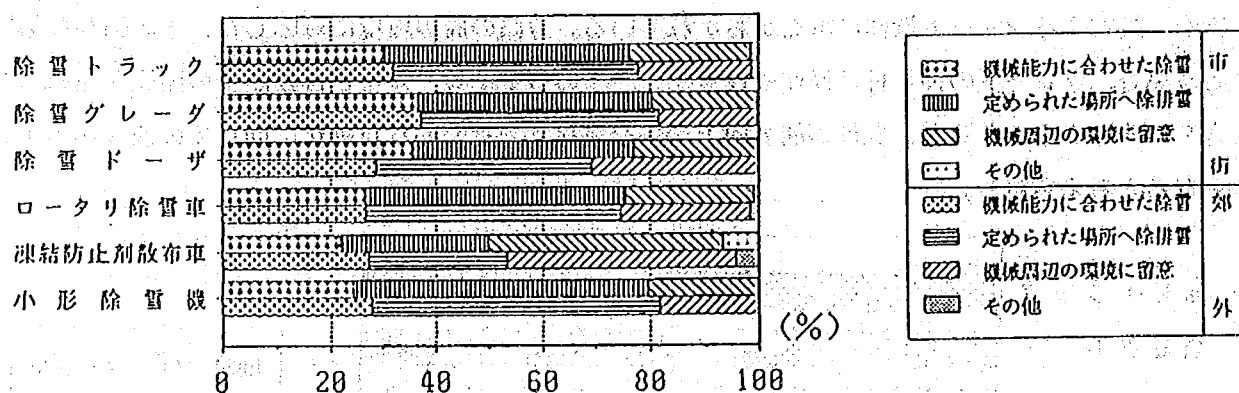


図-5-4-16 操作レバー類の操作要因比率

(4) 速度の実態

① 作業時の速度

除雪機械の作業速度範囲及び平均速度について、市街と郊外で比較した結果を図-5-4-17 に示す。

この結果からみて、ロータリ除雪車や小形除雪機など作業速度の遅いものに比べ、除雪トラックや除雪グレーダなど作業速度の速いものほど市街と郊外での作業速度差は大きく、沿道条件の影響を受け易いのがわかる。

これはプラウ系除雪車の特徴でもあるが、バイパス等、郊外の沿道条件のよい場所では高速除雪が可能であるのに対し、市街ではプラウからの飛雪が沿道の民家に投入される危険性や、側道からの一般車両の飛び出し等も考えられるため、思うように除雪速度を上げられないためと考えられる。

また、凍結防止剤散布車については、その作業の特質上、周辺環境が作業速度に与える影響は少なく、むしろ一般交通流の速さが作業速度に影響を与えていると考えられる。

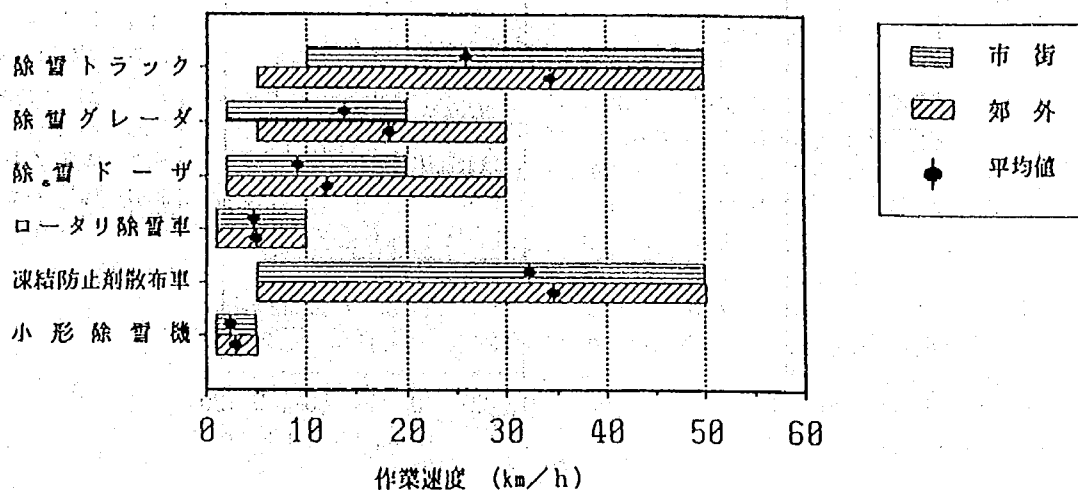


図-5-4-17 市街と郊外での作業速度

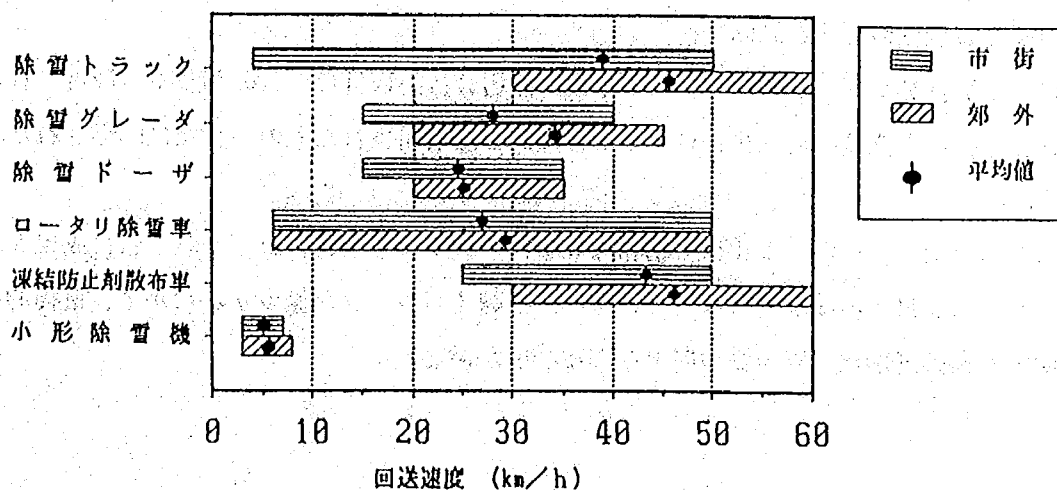


図-5-4-18 市街と郊外での回送速度

② 回送時の速度

次に図-5-4-18 に回送速度について同様の比較を行った結果を示すが、これについても走行速度の速いものほど市街と郊外での速度差は大きいなど、同様の傾向を示している。

(5) 作業速度のアップを阻害する要因の順位

作業速度のアップを阻害する要因の順位について、アンケートから順位に対する重み付け処理を行った値で取りまとめた結果を図-5-4-19 に示す。

阻害要因としては、市街と郊外のいずれにおいても、順位の違いは若干あるものの、周辺環境及び道路構造物施設によるものが上位を占めており、これらの改善、検討が必要となる。

また、雪埋設物を早期に検知し対応する機器の開発や、雪路面上でのスリップ防止機構の改善、機械操作の自動化などを機械側に取り入れることによって、さらに作業速度の向上が図れるものと考えられる。

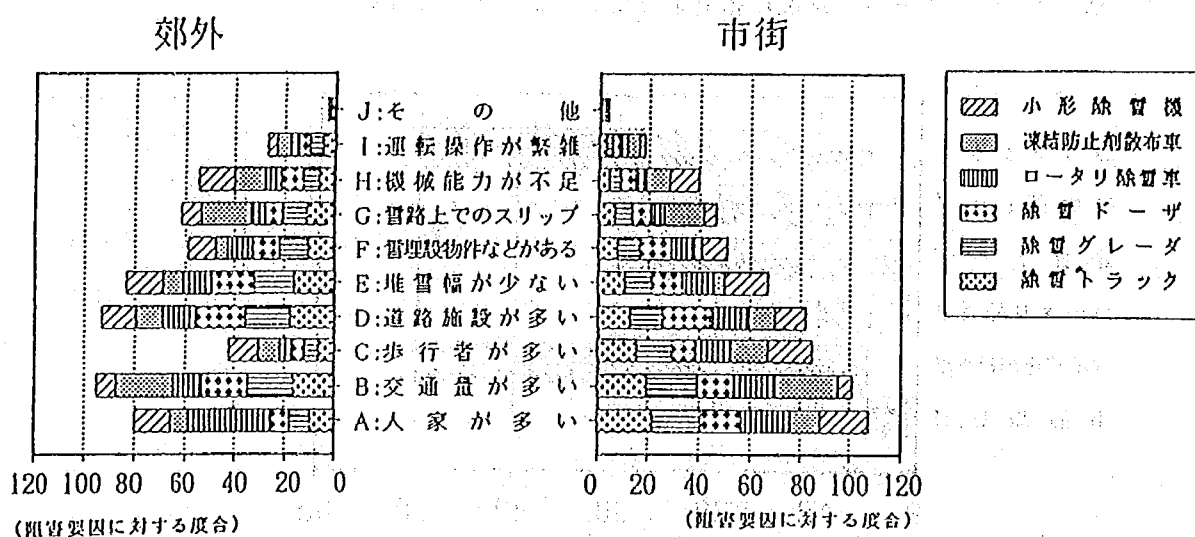


図-5-4-19 作業速度のアップを阻害する要因

5.5 開発目標

5.5.1 既開発等機械の現状と評価

除雪車は土工機械等コマーシャルベースの車両に除雪装置を取付けたものが多く、改良されるべき点も多い。現在まで、除雪機械の自動化、ロボット化に関して取組まれたもの、または開発された課題を表-5-5-1に示す。

除雪機械での自動化、ロボット化は、昭和40年代の後半から取組まれ、それぞれに成果をあげているが、全体としては満足する状況にはなっていない。熟練オペレータが減少するなかで、積極的な取組みを展開し、除雪作業の効率化、安全性の向上を図る必要がある。

表-5-5-1 過去に実施した自動化、ロボット化課題

課 題 名	内 容	評 価
車速同調形凍結防止剤散布車の開発 (S46～S48)	車速に同調し、所定量を均一に散布できる機構及び散布量をコントロールできる機構を開発した。	散布性能が向上し、全国で使用されている散布車は本機構を採用している。
ロータリ除雪車の自動化 (S53～S55)	除雪負荷を検知し、除雪速度を増減する負荷－速度自動制御を開発した。	負荷－速度の完全自動化であり、多くの車両に採用されている。
路面整正作業の自動化 (S56～S58)	ブレードにかかる除雪負荷を検知し、ブレード昇降の自動化に取り組んだ。	当時のセンサ技術では、ピッチング等により自動化には至らなかった。
施工管理システムの開発 (S57～S63)	除雪機械の施工管理にデジタル式運行記録計を開発し、パソコン処理による読み取り、記録処理等のシステムを開発した。	多くの除雪機械(官貸与)に採用されている。日報処理等が大幅に省力化された。
ロータリ除雪車のシュート自動制御機構の開発 (S60～S62)	シュート操作でX－Y制御、一点集中制御等の自動制御機構を開発した。	現場に導入され試験中である。
除雪グレーダ自動化技術の開発 (S60～H1)	刻々変化する除雪条件に応じたブレード昇降機能を自動化した。	運転手の労力が軽減され、しかも、技量に左右されない除雪ができ、急速に普及している。
簡易形凍結防止剤散布機の開発 (S61～S62)	袋詰薬剤をコンベアに載せたのちの開袋から空袋回収までを自動化した。	散布機には非常に有効である。今後は専用車にも対応でき、運搬も自動化できる機構の開発が待たれる。
安全対策型歩道除雪機の開発 (S62～S63)	安全対策型除雪機を開発し、安全機構の作動とエンジン自動停止の同調機構を開発した。	本機構を採用した安全対策型歩道除雪機が普及している。

5.5.2 新規機械開発の方向性

(1) アンケート調査結果

① 除雪作業の改善・自動化に関する重要度調査（その1）

アンケート調査の結果で事項ごとに整理したものを図-5-5-1に示す。本アンケートは、重要度の高い順序で記入することとなっているが、図では、順序に関係なく度数1として整理している。また、脱スパイク対応については地域差があり省略した。

(a) 道路の構造・施設面の改善

図-5-5-1より道路の構造・施設面の改善要望の大きいものは下記のとおりである。

- a 除雪堆雪帯が無い、狭い
- b 道路幅員が狭い
- c 道路曲線・勾配がきつい
- d 電柱・スノーボールが障害
- e 橋梁ジョイント・マンホール等が障害

これらの結果は、当初から予想されたことではあるが難問が多い。ただし、橋梁ジョイント部やマンホールの道路とのすり付けなど、除雪作業前に対応できる内容のものも少なくない。

(b) 除雪工法・機械面の改善

除雪工法・機械面の改善要望の大きいものは下記のとおりである（脱スパイク対応については除いた）。

- a 除雪機械の速度が遅い及び除雪機械の馬力が小さい
- b 対向車に常に注意が必要
- c 前方障害物に常に注意が必要及び雪堤に器物が混入している
- d 歩行者に常に注意が必要及び歩行者が車道を歩く
- e 操作レバー類の配置が悪い

以上は主なものについて整理したが、安全性の改善では、除雪車の横すべりも多数発生しているという回答も多く、自動化・ロボット化された機械の開発が望まれていることを示している。

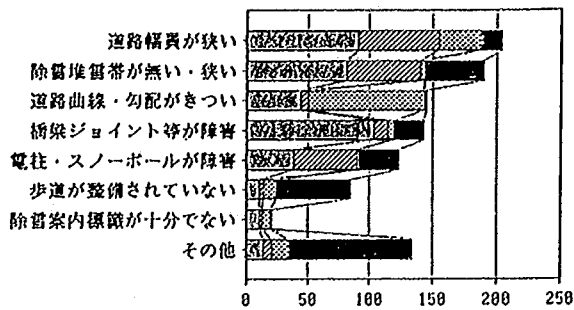
② 除雪作業の改善・自動化に関する重要度調査（その2）

本アンケート調査は雑作業に関するものである。アンケートの解析図については省略するが、結果は、人力による路上での作業の危険性、あるいは非能率性が改善理由として多く出されている。今後は人力作業の機械化を指向することも重要なことである。

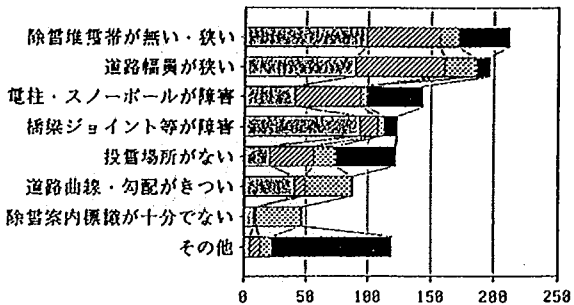
③ 除雪作業の改善・自動化に関する要望調査

本アンケートは除雪作業の改善・自動化に関する要望を記入する様式のものである。解析したものは、道路関係と機械関係に区分した整理を図-5-5-2に示す。道路、機械関係ともに重要度調査と要望調査の結果は整合のとれたものとなっている。特に機械関係では、一般除雪機械に対する要望が集中している。各工種、事項ごとに重複している項目が多いが、これは、記入者の考え方、見方の違いによるもので、それだけ要望要素が関連しており、要望度合の大きさがうかがえる。

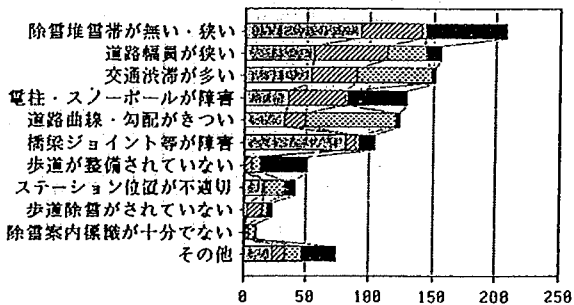
道路構造・施設面での改善



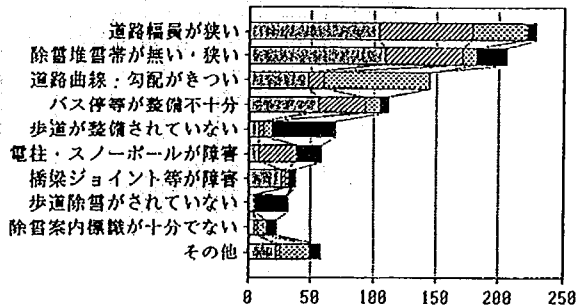
安全性 (道路構造、施設面)



苦渋性 (道路構造、施設面)

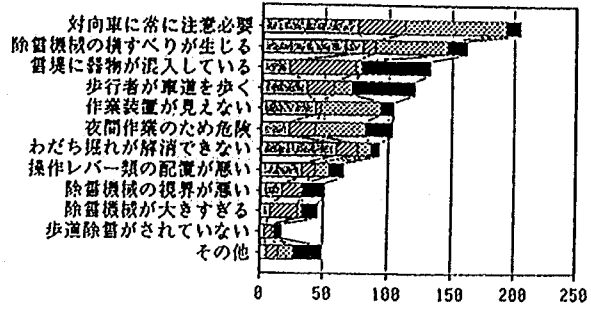


能率性 (道路構造、施設面)

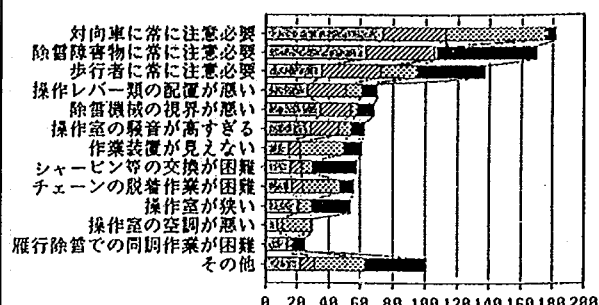


交通渋滞 (道路構造、施設面)

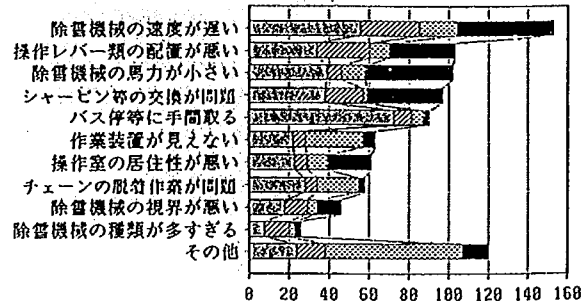
除雪工法・機械面での改善



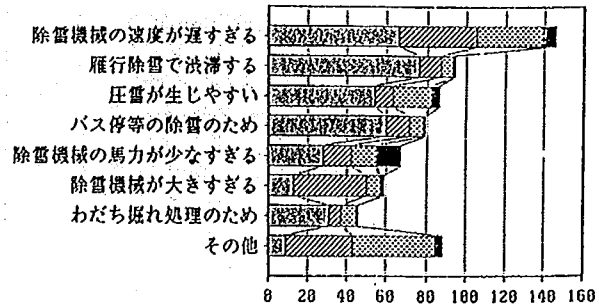
安全性 (除雪工法、機械面)



苦渋性 (除雪工法、機械面)



能率性 (除雪工法、機械面)



交通渋滞 (除雪工法、機械面)

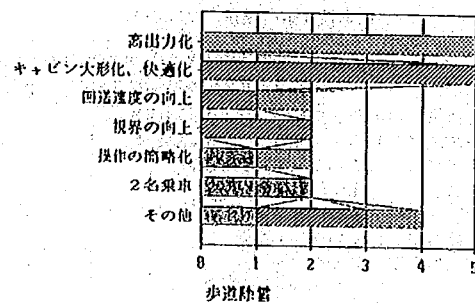
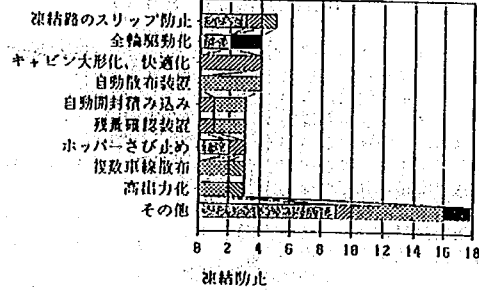
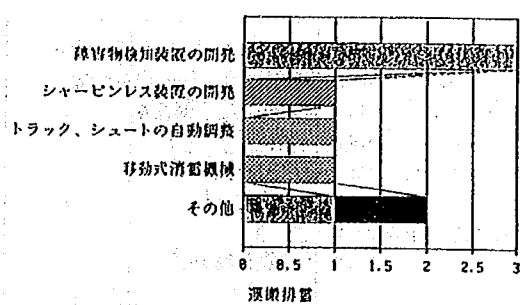
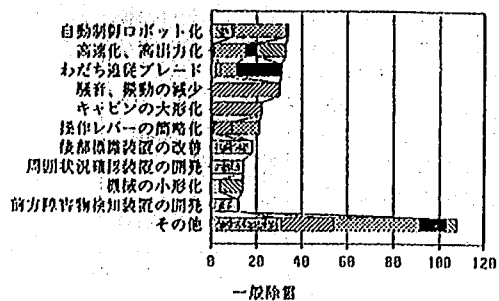
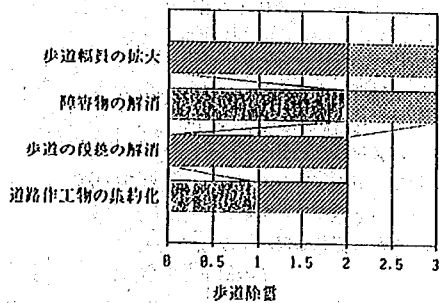
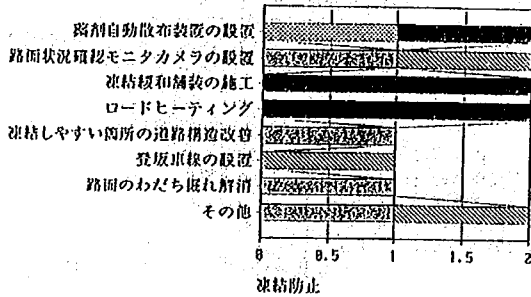
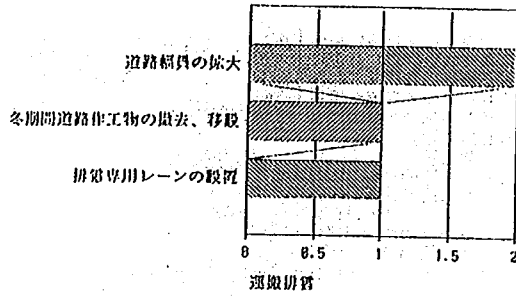
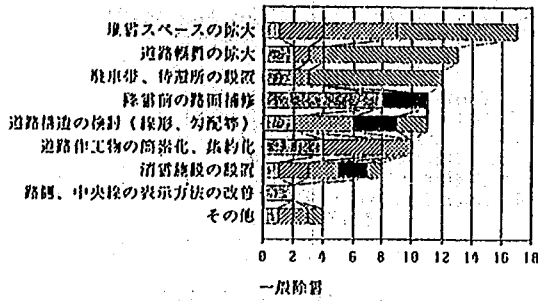
凡例

- 歩道除雪
- ▨ 凍結防止
- ▧ 巡回排雪
- ▩ 一般除雪

図-5-5-1 除雪作業の改善・自動化に関する重要度調査 (その1)

道路関係

機械関係



凡例

- 交通渋滞対応
- 脱スパイク対応
- 燃費アップ
- 苦労性解消
- 安全性向上

図-5-5-2 除雪作業の改善・自動課に関する要望調査

(2) 機械開発の方向性

調査結果より、各調査項目ごとの開発の方向性は次のとおりである。

① 安全性に重点をおいた機械の構想

- (a) 自動制御、ロボット作業の開発
- (b) 前方障害物検知装置（雪中障害物含む）の開発
- (c) 後部標識装置の効率的活用

② 苦渋性の解消に重点をおいた機械の構想

- (a) キャビンの騒音、振動の低減化
- (b) キャビンの大型化、快適化
- (c) 操作レバーの簡略化

③ 能率の向上（交通渋滞対応含む）に重点をおいた機械の構想

- (a) 自動制御、ロボット作業の開発
- (b) 高速、高出力化及び小型化
- (c) 操作レバーの簡略化

④ 脱スパイクタイヤ情勢に対応した機械の構想

- (a) わだち追従ブレードの開発
- (b) 高速、高出力化

これより、除雪機械の開発すべき要素としては次のとおり整理される。

- ① 作業の自動制御、ロボット化（操作レバーの簡略化ともなる）の開発
- ② 前方障害物の検知装置の開発
- ③ キャビンの騒音、振動の低減化及び大型化、快適化
- ④ 機械の小型化、高速、高出力化

(3) 開発機械の技術的課題

① 作業の自動制御、ロボット作業の開発

熟練工の不足は建設業にとどまらず、建設機械のオペレータにも及んでいる。従って、作業の自動化（将来的にはロボット作業）は直ちに取組むべき課題である。自動化によって、作業の効率化とともにレバー等の操作を簡略化でき、オペレータは周辺環境の確認に専念できることになり、安全性の向上及び苦渋性の解消にも寄与するものである。

ロータリ除雪車では、除雪負荷－作業速度制御が実用化され、また、シュート制御も開発されている。これらの総合的な活用、改良により、更に高度なロボット作業の開発を進め、その技術の他機種への応用についても検討する必要がある。

除雪トラック、除雪グレーダなど、いわゆるブレード作業機械については、ブレード操作の省力化は開発されているが、今後は完全な自動化について検討されるべきである。また、あわせて除雪負荷－作業速度制御の研究も継続されるべきである。

いずれの機種についても、センサの応用技術、ファジィ制御など基礎的な研究がロボット開発のポイントになると考えられる。

なお、自動制御を検討するに当って、オペレータの苦渋解消、能率向上のためにも、各装置のシャープレス安全装置の開発も必要である。

② 前方障害物検知装置の開発

(a) 前方障害物検知装置の開発

積雪寒冷地では吹雪が頻発する。時にはホワイトアウト（吹雪で前方が全く見えない状態）になることも少なくない。そのような状況下でも除雪作業は求められる。吹雪の程度が高くなれば、一般通行車両は、一旦停車し、吹雪待ちをするか、走行不能と判断する場合は駐車して避難する。このような気象条件下では、除雪車が駐停車中の車両に追突する危険度は非常に高い。従って、吹雪時前方にあり、かつ見えない障害物を検知し、オペレータに注意を喚起する装置の開発が望まれる。この装置は、先行する車両との適正な車間距離を確保する安全装置としても応用できる。

(b) 雪中障害物検知装置の開発

ロータリ除雪（運搬除雪を含む）、歩道除雪などでは、雪中にある障害物によるシャープピン切断などにより作業効率が低下し、また、大きな故障につながる危険がある。事前にオペレータに知らせることにより作業能率を向上することが必要である。また、吹雪によって雪に埋った車両への追突防止装置としても利用できるものである。

上記(a)、(b)ともに、電磁波、超音波、光波など媒体の選択と画像処理技術の開発であり、現在の技術を高度に応用することによって、実現性は高いと考えられる。

③ キャビンの騒音、振動の低減及び大型化、快適化

除雪機械は土工機械の延長上で使用している場合が多く、キャノピトップを鋼製キャビンに変更した程度のものである。オペレータを確保するうえからも、苦渋性を解消し、しかも魅力ある居住環境を急がなければならない。キャビンは全てフローティングとして、騒音、振動源から切り離し、内装も快適なものとする。

なお、安全性向上のため、全窓を熱線入りガラスとする。

④ 機械の小型化、高速、高出力化

除雪は交通開放のなかでの作業である。除雪速度は一般通行車の速度に比較して低速にならざるを得ないため、速度差による事故の危険度は非常に高い。従って、高速作業によって路上での作業時間を短縮し、事故の危険度を減ずることが必要である。そのことによって、交通渋滞をも軽減できるものである。また、機械を小型化することによって利用できる道路空間を広くし、事故防止を図る必要がある。

除雪トラック、除雪グレーダ等けん引力を必要とする機械については、小型化によるけん引力の低下が問題となるが、多輪、多軸化の検討、抵抗の少ない除雪装置の開発等基礎的な研究を急がなければならない。

5.6 作業の詳細調査

5.6.1 安全性からみた問題点

除雪機械による作業時に「ヒヤリ」と感じたときや、「ハット」したときの原因と、それが「事故につながった時」の事故内容について、その原因を項目別にまとめたものを表-5-6-1に示す。

この項目別データを、安全性からみた問題点で分類整理した結果を図-5-6-2に示す。

原因別でみると、全回答数のうち道路構造施設物におけるマンホールや橋梁ジョイントなどの路面段差や雪中埋設物への接触によるものが23.1%、路面スリップによる一般車両の飛び込みや、歩行者が機械に寄りすぎるなど第三者に起因するものが22.0%と多い。

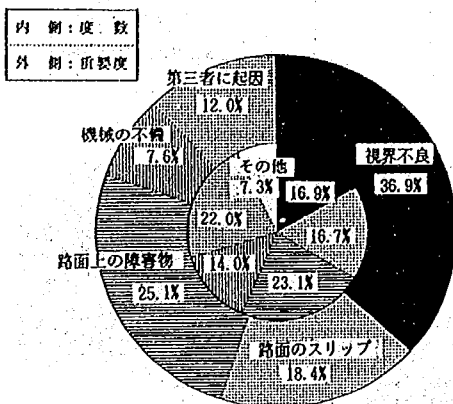


図-5-6-2 安全性からみた問題点

ついで、吹雪、地吹雪等による視界不良によるものが16.9%、雪路面のスリップなどによるものが16.7%となっている。

一方、原因別重要度からの重み付けを見ると、吹雪、地吹雪等による視界不良が36.9%と一番多く、ついで路面上の障害物によるものが25.1%、路面のスリップによるものが18.4%の順となっている。

よって、吹雪、地吹雪等による視界不良や雪路面のスリップなど雪氷現象に関するものが、

全体の60%以上を占めていることから、機械

除雪作業を全体的にみて、安全性を向上させるためには、吹雪等の視界確保と積雪路面状況等気象条件を的確に判断できる手法の確立と路面上の障害物検知技術の開発が最も重要であると言える。

表-5-6-1 原因項目別

A	吹雪・地吹雪	視界不良
B	マンホール・橋梁ジョイント接触	
C	雪路面スリップ	
D	一般車両のとびこみ	
E	歩行者の近寄り	
F	窓ガラスのくもり	視界不良
G	雪埋設物への接触	
H	ワイパーの不良	視界不良
I	ヘッドライトによる眩惑	
J	足元がすべった	
K	操作レバー等に気が取られた	
L	作業速度不適	
M	トンネル進入直後	
N	クイヤーチェーン不良	
O	誘導標識の不良	
P	歩行者の転倒	
Q	整備点検時の機械状態の不適合	

表-5-6-2 安全性からみた問題点の分類整理

問題点	度数 N	割合 (%)	重要度 a	問題点の重み づけ D × a	重要度からみた割合 (%)	問題点内容
視界不良 (吹雪・地吹雪等による)	193	16.9	0.4	77.2	36.9	吹雪・地吹雪等により視界が不良となり、除雪作業ができない。
路面のスリップ	191	16.7	0.2	38.2	18.4	圧雪・凍結により路面が路面となり、タイヤと路面との摩擦が減少し、滑りやすくなる。
路面上の障害物	264	23.1	0.2	52.8	25.1	路面上の障害物(石、雪等)が除雪作業の妨げとなる。
機械の不備	160	14.0	0.1	16.0	7.6	機械の故障による事故等
第三者に起因	252	22.0	0.1	25.2	12.0	一般車両が飛び込んでくる。
その他	83	7.3	0.0	0.0	0.0	
合 計	1,143	100.0	1.0	209.4	100.0	



写真-5-6-4 吹雪中の除雪作業

(視界がきかない)

5.6.2 苦渋性からみた問題点

除雪作業時の運転姿勢及び振動、騒音、キャビンの大きさなどの運転室内の居住性や、機械の操縦性に関するアンケート調査のうち「気になる」「耐えられない」と回答したものだけを、除雪機械全体について項目別に集計した。

項目別では、図-5-6-3に示すとおり、運転姿勢、振動、騒音、キャビンの大きさ、操作が難しい等が各々約20%づつとなっている。

しかし、重要度から見ると、機械操作が難しいが27.5%と最も大きく、ついで運転室内の居住性から、キャビンの大きさについてが21.2%、運転姿勢、振動についてはそれぞれ19.6%となっている。

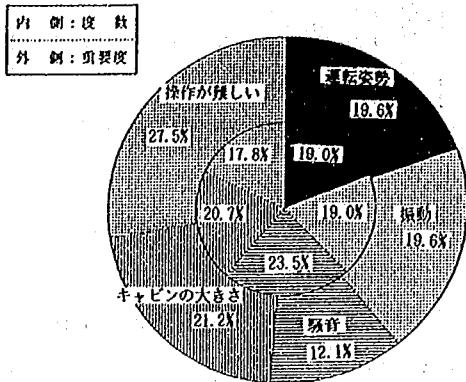


図-5-6-3 苦渋性からみた問題点

表-5-6-3 苦渋性からみた問題点の分類整理

問題点	度数 N	割合 (%)	重要度	問題点の重みづけ D×A	重要度からみた割合 (%)	問題点内容
運転姿勢	120	19.0	0.2	24.0	19.6	運転姿勢が不安定又は、ハンドガイド等の置けでの作業である。
振動	120	19.0	0.2	24.0	19.6	振動が大きく長時間作業に対して、苦痛を感じる状態。
騒音	148	23.5	0.1	14.8	12.1	騒音が大きく長時間作業に耐えられない。
キャビンの大きさ	130	20.7	0.2	26.0	21.2	キャビンが小さく居住性が悪く長時間作業に耐えられない。
操作が難しい	112	17.8	0.3	33.6	27.5	除雪機は実作業訓練できない機械であり長時間作業に苦痛である。
合	630	100.0	1.0	122.4	100.0	



写真-5-6-5 夜間における除雪作業

以上のことから、除雪作業の苦渋性を解消するためには、除雪機械の操作をイージー化することと同時に居住性を考慮した運転室を備えた機械を目標に開発すべきであると思われる。

なお、この原因分析において「除雪機械の操作が難しい」の度数については、現在運転作業に従事しているオペレータの意思であり、イージー化された機械のイメージを提供してアンケートを行えば、操作機構の改善要望がさらに大きく現れるものと思われる。

5.6.3 生産性からみた問題点

生産性を上げる機械側要因として、作業能力（作業速度）の向上、操作機構の自動化、道路障害物の検知装置等が上げられる。また外部要因として、交通量が多い、歩行者が多い等が作業速度の低下の要因として抽出される。

項目別度数からみると、図-5-6-4に示すとおり、作業能力の向上、操作機構の自動化、道路障害物の検知等、機械に起因する割合が37.1%と全体に占める割合が比較的小さいが、重要度からみた場合は45.3%となっている。

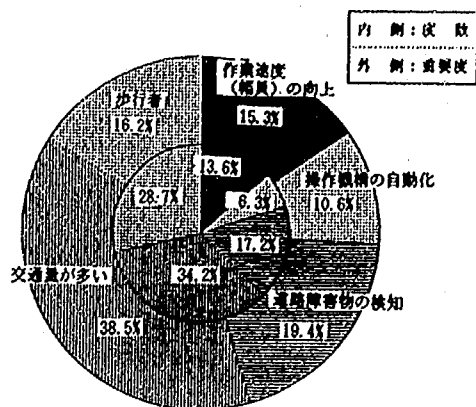


図-5-6-4 生産性からみた問題点

したがって、生産性を向上させるには一般交通量の開放障害対策及び歩行者対策を行う事によって、生産性の向上が可能であると思われる。

機械操作の自動化については、前項の苦渋性作業と同様に、現在の操作機構に慣れたオペレータの意見が作用したため、アンケート度数として小さく現れたものと推察される。



写真-5-6-6 夜間の歩道除雪作業

5.7 開発目標及び改善案

5.7.1 開発目標

5.7.1.1 除雪トラック

(1) 安全性向上のための目標

除雪トラックの安全性向上を図るためには、図-5-7-1に示すとおり、地吹雪等に対する障害物検知や路面スリップ対策が求められている。

なお、路面スリップは適切な機械能力を発揮することにより解決できるもので、作業の自動化がさらに必要であるといえる。

除雪作業は、一般通行車両に対して、相対的に低速にならざるを得ない。そのため、追越しされる場合には常に追突の危険性が伴う。

したがって、除雪機械の小型化によって、追越されやすいことによる交通渋滞の緩和を図り、しかも、高速作業化することによる路上作業時間の短縮が安全性の向上に大きく寄与することとなる。

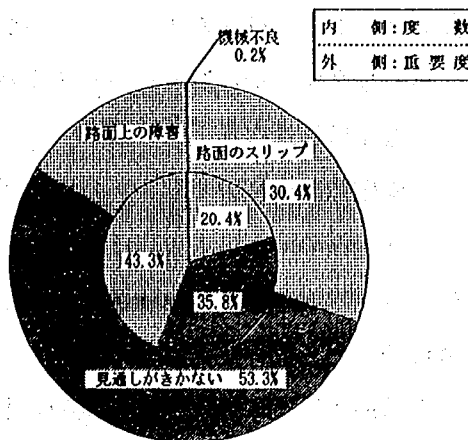


図-5-7-1 安全性からみた問題点

安全性向上のための開発目標は次のとおりである。

- ① 障害物検知装置の開発
- ② 作業の自動化、ロボット化
- ③ 除雪機械の小型化、高速化



写真-5-7-1 除雪トラックによる一般除雪作業

(2) 苦渋性解消のための目標

除雪トラックの場合他の機種より比較的居住性がよいことから、図-5-7-2に示すとおり、苦渋性の解消として、操作の難しさに問題が集中している。

近年のモータリゼーションのなかで、都市部での除雪は圧雪される前の早朝に実施しているが、早朝除雪作業の時間帯調査では、夜間作業に近い状態で実施しているもので、この傾向は大都市部で顕著である。

この作業時間帯は、まさに苦渋性の高いもので、若年オペレータの確保からも、早朝2～3時間程度で作業が完了するか、あるいは、日中でも除雪できる機械が求められている。

除雪トラックにおける操作レバー類の操作頻度比率は、除雪作業に関連する操作が全体の46%（装置操作レバー22%+走行変速レバー24%）に達している。

これ等操作は高速作業下でのもので、オペレータにとっては大変な苦渋となっている。ゆえに、操作レバーの操作頻度を減少させ、あるいは省略化することは、オペレータが周辺環境の確認に専念でき、結果として安全性の向上にも資する。

また、近年は増加する歩道除雪に対応するため、除雪トラックのサイドウィング作業が増加しており、この場合のレバー操作比率はさらに大きくなるもので、苦渋性が増加傾向にあるといえる。

苦渋性解消のための開発目標は次のとおりである。

- ① 機械の高出力化、高速化
- ② 作業の自動化、ロボット化

(3) 生産性向上のための目標

生産性の向上のためには、図-5-7-3に示すとおり、交通量や歩行者が問題点となっているが、これらは外的要因であり、機械的な問題としては、作業速度の向上、自動化が求められている。

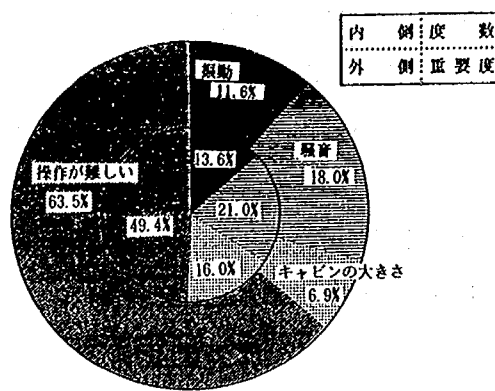


図-5-7-2 苦渋性からみた問題点

特に、近年多くの除雪トラックにはサイドウィング装置やマックレー装置が取付けられているがこれらの作業も自動化によって作業能率が向上するとともに、道路構造物の損傷を防止するなど全体として効率化が図れる。

生産性向上のための開発目標は次のとおりである。

- ① 作業の自動化、ロボット化
- ② 機械の高出力化、高速化

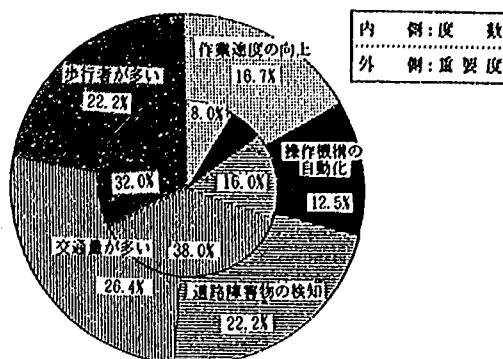


図-5-7-3 生産性からみた問題点

5.7.1.2 除雪グレーダ

(1) 安全性向上のための目標

安全性向上のためには、図-5-7-4に示すとおり、作業の自動化に対して重要な項目である、路面のスリップ、見通しがきかない、路面上の障害、機械不良の4項目を取り出して重要度を加味して整理した。

安全性の向上のための開発目標は次のとおりである。

- ① タイヤトレッドパターン・タイヤチェーンの開発、横すべり力検知
- ② 前方障害物検知装置の開発
- ③ 路上障害物検知装置の開発

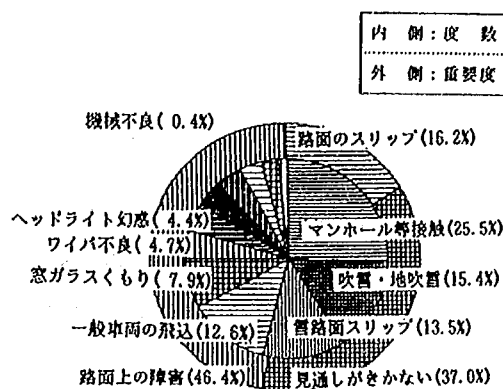


図-5-7-4 安全性からみた問題点

(2) 苦渋性解消のための目標

苦渋性に関しては、図-5-7-5に示すとおり、運転手の運転環境についての改善要望が多い。特にグレーダ特有の運転姿勢や運転室内の居住性としての騒音、振動、室内空間や操作の困難性などがある。

これらの運転環境の重要度からみた苦渋性の解消のための開発目標は、次のとおりである。

- ① グレーダ作業を座位姿勢で行えるようなシートや作業装置の改良
- ② 運転者への振動の低減
- ③ 発生騒音の低減とキャビン内騒音の低減
- ④ キャビン内空間の確保
- ⑤ イージー操作化を目指した操作レバー動作の改良

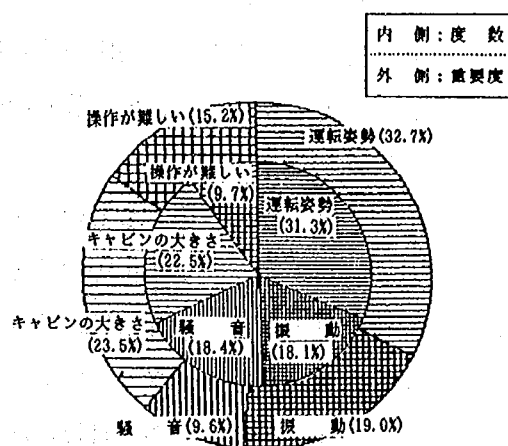


図-5-7-5 苦渋性からみた問題点

(3) 生産性向上のための目標

グレーダ作業において作業速度アップを阻害する要因（郊外）としては、図-5-7-6に示すとおり、主として外的条件によるものが87.1%であり、機械的条件は11.9%と少なく、機械の改良による生産性向上については現在のレベルを大幅に向上させることは難しいようである。

又、最近グレーダの走行速度の制限が70 km/hとなり、これに向けた必要な機械の改良を早急に行う必要がある。

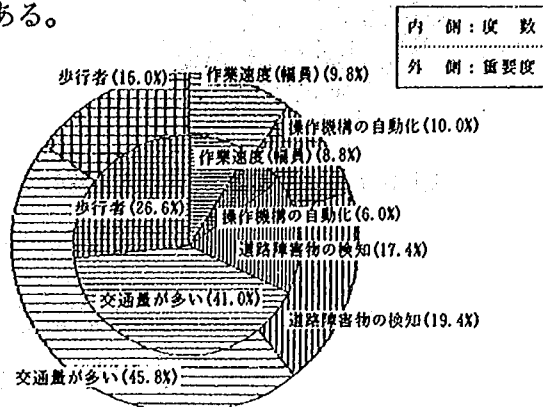


図-5-7-6 生産性からみた問題点

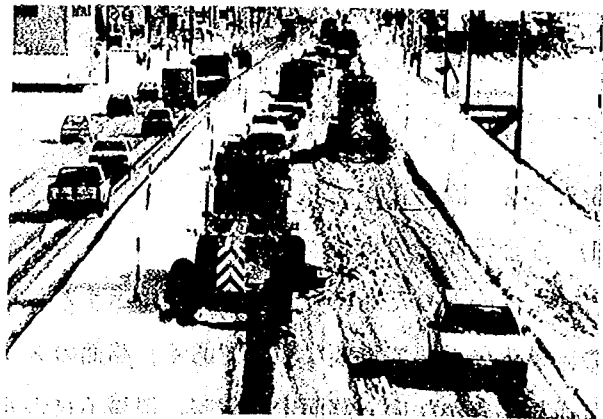


写真-5-7-2 多車線道路の除雪作業

生産性を向上させる項目として次のとおりである。

- ① 交通流の阻害を少なくするための作業速度の向上
- ② 操作機構の自動化
- ③ 路上障害物の検知
- ④ 回送速度の向上

5.7.1.3 ロータリ除雪車

(1) 安全性向上のための目標

ロータリ除雪車の安全性向上の要因を重要度からみた場合、図-5-7-7に示すとおり、吹雪、地吹雪等による視界不良が41.1%であり、投雪位置の確認ができない夜間の作業が困難である。降雪中の作業が行えない等の問題点が生じている。

また、路面上の障害物に起因するもの（雪中のタイヤチェーン、木片、ボール、ジャッキ等の障害物）が32.7%、及び路側位置の確認ができない、並びに路上駐車車両等が作業を阻害する原因となっている。

よって、安全性向上のための開発目標は次のとおりである。

- ① 自動投雪位置制御装置の開発
- ② 自動走行制御機構の開発
- ③ 雪中障害物自動検知装置の開発

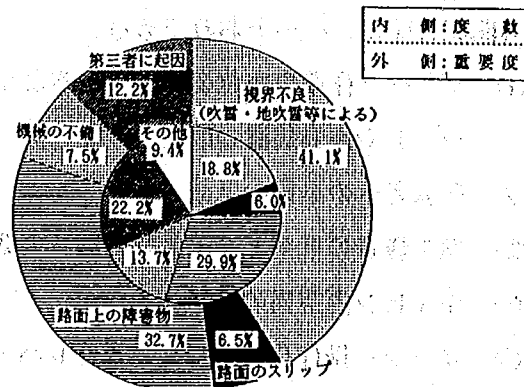


図-5-7-7 安全性からみた問題点

(2) 苦渋性解消のための目標

ロータリ除雪車の場合、図-5-7-8に示すとおり、前項の除雪グレーダと異なり、運転姿勢や騒音による苦渋性よりも「機械の操作が難しい」が41.1%と大部分を占めている。これは走行制御と投雪位置及び負荷の制御が他の機種に比較して、レバー数が多く複雑であることから、運転操作に熟練を要する機械であるといえる。

次いでキャビンの大きさを上げているが、これは200PS以下の機械では操作レバー等の操作装置がキャビンの大きさに比較して大きいため、キャビン内空間が小さく、長時間作業には耐えられないとの意見が大きく寄与したものと思われる。

苦渋性解消のための開発目標は次のとおりである。

① イージーオペレーティングを可能にしたロータリ除雪車の開発

(自動投雪位置制御装置、自動走行制御機構)

② 操作レバーの本数を少なく、キャビンが大きくなる。

③ 振動対策用キャビンの開発

(3) 生産性向上のための目標

生産性向上を阻害する原因として、図-5-7-9に示すとおり、「作業中の一般交通量が多い」が49.3%、「歩行者が多い」が14.3%であり、「作業を行うための障害」が63.6%と大部分を占めている。次いで「道路障害物の検知」が18.9%あり、これら3つの要因で約80%を占めている。また、機械によっての生産性向上は9%程度であり、既存の機械は生産性を重視して、すでに開発目標が非常に高い位置にきていると言える。

しかし、ロータリ除雪車の作業特性からして交通車輛、歩行者等に注意を払わないで作業が行える機械を開発する必要がある。

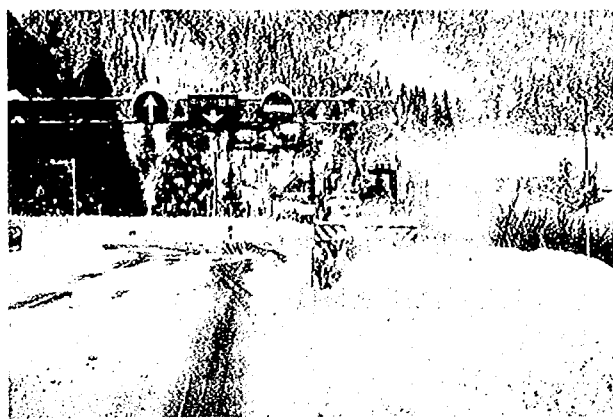


写真-5-7-3 ロータリ除雪車による拡幅作業

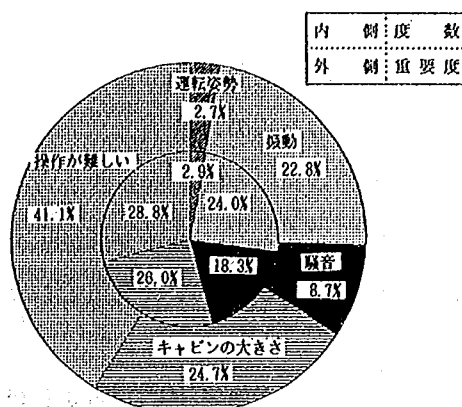


図-5-7-8 苦渋性からみた問題点

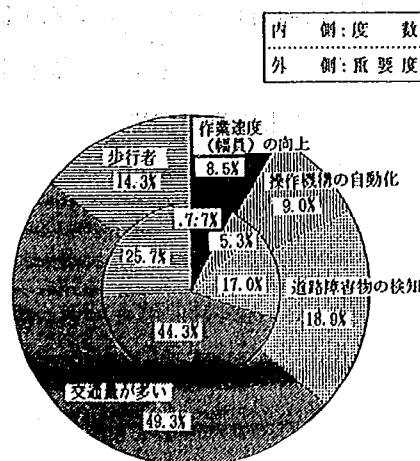


図-5-7-9 生産性からみた問題点

よって、生産性向上のための開発目標は次のとおりである。

- ① シュートから飛び出す雪の自動制御
- ② オーガの回転部分の露出対策
- ③ 雪中障害物検知装置
- ④ 高速走行型除雪機械

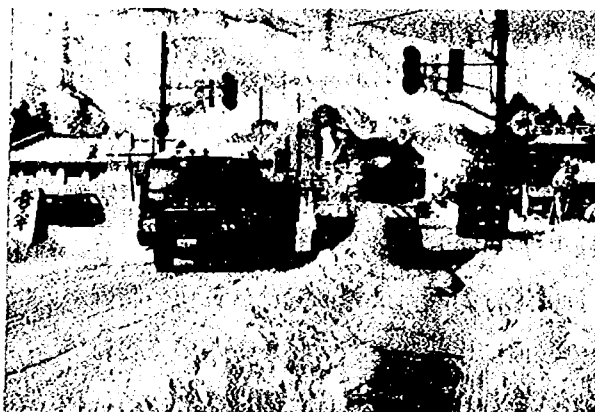


写真-5-7-4 ロータリ除雪車とダンプトラック
による積込運搬排雪作業

5.7.1.4 凍結防止剤散布車

(1) 安全性向上のための目標

安全性向上のための要因を重要度からみた場合、図-5-7-10 に示すとおり、視界不良による割合が36.4%、路面のスリップ40.1%合わせて76.5%である。

よって、この要因対策を主に考慮すれば安全性の向上に大きく寄与する事となる。

安全性向上のための開発目標は次のとおりである。

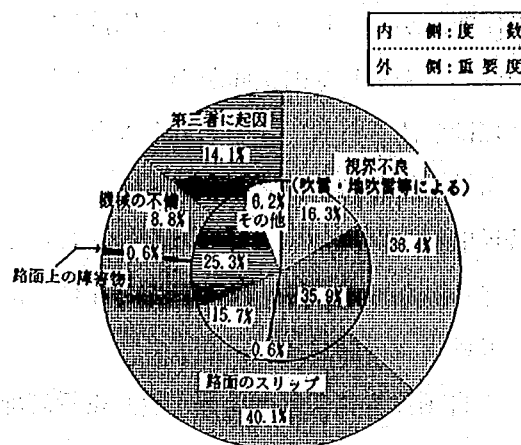


図-5-7-10 安全性からみた問題点

- ① 吹雪等の視界不良時の高速走行における前方確認自動運行システムの開発
- ② スパイク及びタイヤチェーンに変わるスベリ防止機構の開発
- ③ 第三者、一般通行車両へのスベリ防止装置の開発



写真-5-7-5 凍結防止剤散布作業

(2) 苦渋性解消のための目標

苦渋性からの問題点については、図-5-7-11 に示すとおり、騒音、キャビンの大きさ及び振動等が大きなウェイトを占めており、他の除雪機械と異なる要因である。

これは一般荷役運搬用のトラックをベースとした機械であるため、この様な結果になったものと思われる。

(3) 生産性向上のための目標

生産性向上のための要因として、図-5-7-12 に示すとおり、「交通量が多い」が48.1%、「歩行者が多い」が14.0%、及び「作業速度散布巾員の増大」が18.0%である。このことは、一般通行車両と一緒に走っているながら作業を行なうため、高速走行ができなくなった、広巾員道路の散布を一度にできない等の原因が生産性向上の阻害要因となっている。

これらの対策として、次のことが開発として望まれる。

- ① 広巾員多車線道路を高速で作業が可能な機械
- ② 自動散布可能な機構の開発

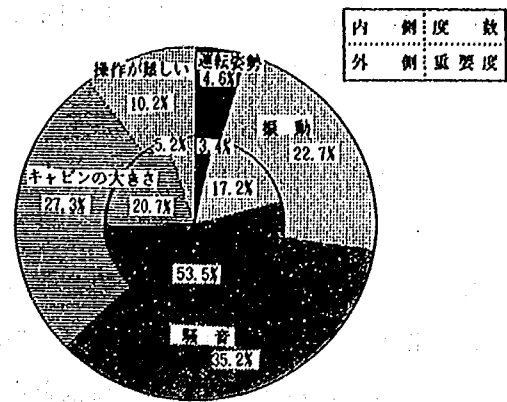


図-5-7-11 苦渋性からみた問題点

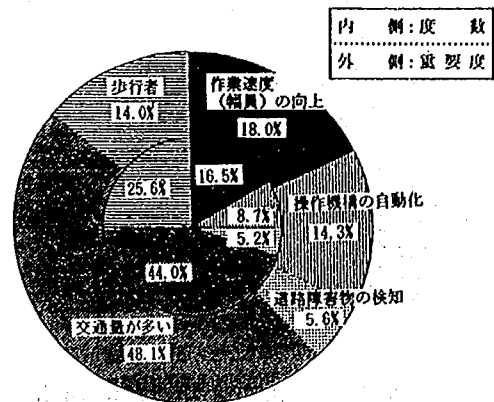


図-5-7-12 生産性からみた問題点

5.7.1.5 小形除雪機

(1) 安全性向上のための目標

安全性向上を図るためには、図-5-7-13 に示すとおり、路面上の障害物に起因するものが、32.2%、視界不良が26.1%とロータリ除雪車とあまり変わらないが、路面のスリップ21.1%と第3位を占めている。これはオペレータが歩行しながら作業を行うハンドガイド式除雪機のためである。

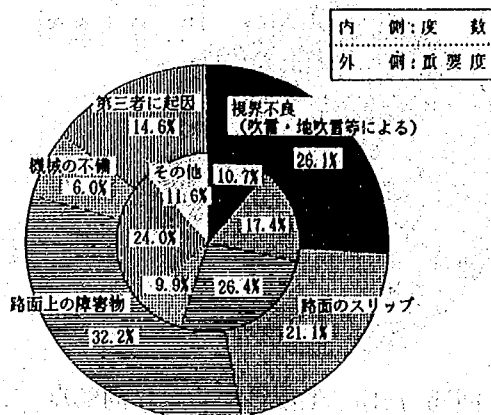


図-5-7-13 安全性からみた問題点



写真-5-7-6 夜間における歩道除雪作業

開発目標としてはロータリ除雪車と同様、次のとおりである。

- ① 自動投雪位置制御装置の開発
- ② 雪中障害物自動検知装置の開発

(2) 苦渋性解消のための目標

苦渋性の問題としては図-5-7-14 に示すとおり、運転姿勢が37.3%、操作が難しい32.0%であり、運転姿勢の割合が大きいのは、気象条件の厳しい屋外でのハンドガイド作業が主な原因と思われる。

また、操作が難しいのは、操作レバーの配置、操作方法等についての標準仕様のなものがなく不統一であるうえ、操作を行うオペレータはほとんど初心者であるため、このような結果になったと思われる。

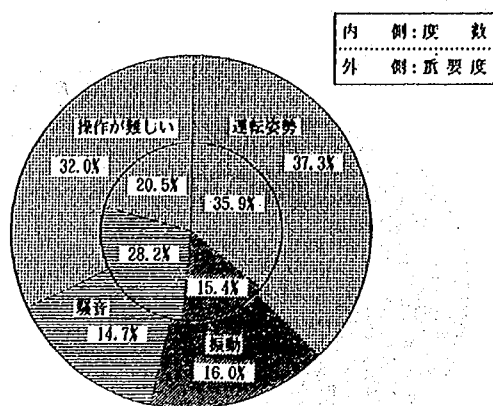


図-5-7-14 苦渋性からみた問題点



写真-5-7-7 歩道除雪作業

苦渋性解消のための開発目標は次のとおりである。

- ① 運転室を備えた高性能機械の開発
- ② イージーオペレーティングを可能にした小形除雪機(車)の開発

(3) 生産性向上のための目標

小形除雪機を用いた作業の生産性向上を図るためには図-5-7-15 に示すとおり、まず、作業速度の向上を図る必要があり、ついで道路障害物検知が重要な要因となっている。

したがって、開発目標として次の事が言える。

- ① 小型で高性能な機械の開発
- ② 雪中障害物検知装置の開発

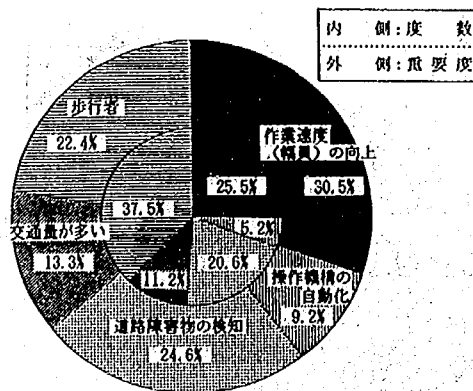


図-5-7-15 生産性からみた問題点

5.7.1.6 除雪ドーザ

除雪ドーザは、除雪作業のうち交差点の雪処理、吹きだまりの処理、雪捨て場などで使用されている。特に、市町村道では主力機械として、使用されていることが多く、機械の改良が望まれているところである。

重要度から見た場合、図-5-7-16 のようになり、各項目についての開発目標は次のとおりである。

① 安全性向上のための目標

路上障害物検知装置の開発

前方障害物検知装置の開発

② 苦渋性解消のための目標

振動・騒音の低速、

キャビン内空間の確保

③ 生産性向上のための目標

操作機構の自動化、作業速度の向上



写真-5-7-8 除雪ドーザによる拡幅作業

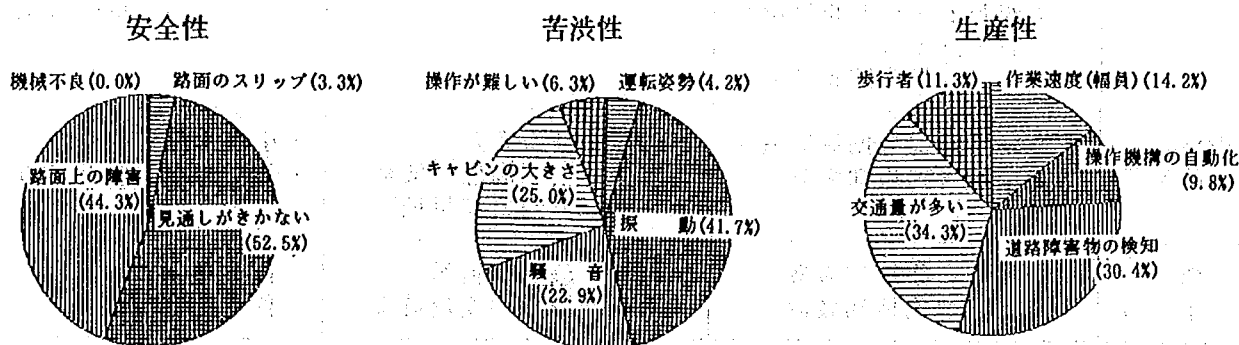


図-5-7-16 安全性、苦渋性、生産性からみた問題点

5.7.2 改善案

除雪作業を行うための改善案を各機種毎に安全性向上、苦渋性の解消、生産性向上について技術開発すべき項目をとりまとめると表-5-7-1のとおりとなる。

表から各機械毎の技術開発目標毎の要素技術の開発は若干異なるが、次に示す技術開発項目に要約される。

- (1) 作業の自動化、ロボット化
- (2) 障害物検知装置
- (3) 機械の小型化、高速化、高出力化
- (4) キャビン内空間の確保
- (5) 操作のイージーオペレーティング
- (6) 気象条件（雪堤及び路面状況を含む）をリアルタイムで検出できる機構の開発

これらの要素技術の改善策について検討する。

表-5-7-1 除雪機械と技術開発方向

機 械 名	安 全 性 向 上	苦 渋 性 解 消	生 産 性 向 上
除雪 トラック	・ 障害物検知装置 ・ 作業の自動化、ロボット化 ・ 除雪機械の小型化、高速化	・ 機械の高出力化、高速化 ・ 作業の自動化、ロボット化	・ 作業の自動化、ロボット化 ・ 機械の高出力化、高速化
除雪 グレーダ	・ タイヤトレッドパターン、タイヤチェーン及び横スベリ力検知 ・ 前方障害物検知装置 ・ 路上障害物検知装置	・ 座位姿勢で運転可能機械 ・ 運転者への振動低減 ・ 騒音振動対策用キャビン ・ キャビン内の空間確保 ・ イージー操作化を目指した操作レバー動作改良	・ 作業速度の向上 ・ 操作機構の自動化 ・ 路上障害物検知装置 ・ 回送速度の向上
ロータリ 除雪車	・ 自動投雪位置制御装置 ・ 自動走行制御機構 ・ 雪中障害物検知装置	・ イージーオペレーティング型機械 ・ キャビン内の空間確保 ・ 騒音振動対策用キャビン	・ 回送速度の向上 ・ シュート自動制御 ・ オーガ露出対策 ・ 雪中障害物検知装置
凍結防止 剤散布車	・ 高速走行における前方障害物検知装置 ・ スライク及びタイヤチェーンに変わるスベリ止め機構 ・ 一般車両との衝突防止装置		・ 広幅員多車線道路を高速で作業が可能な機械 ・ 凍結路面自動感知装置（車両搭載型）
小型 除雪機	・ 自動投雪位置制御装置 ・ 雪中障害物検知装置	・ 運転席を備えた高性能機械 ・ イージーオペレーティング型機械	・ 小型で高性能機械 ・ 雪中障害物検知装置
除雪 ドーザ	・ 前方障害物検知装置 ・ 路上障害物検知装置	・ 振動・騒音の低減 ・ キャビン内の空間確保	・ 操作機構の自動化 ・ 作業速度の向上

(1) 作業の自動化、ロボット化

① 除雪負荷 —— 作業速度制御

除雪負荷の程度によって、作業速度をゆるやかに制御し精度の高い作業を行うもので、現在開発導入されているオートマチックトランスミッションを基本として、各種条件に対応できる装置の開発。

（除雪トラック、除雪グレーダ、凍結防止剤散布車）

② 除雪車両の自動走行システムの開発

道路上又は路側に敷設した誘導標識体によって、自立自動走行を行う除雪用ロボットの開発を行う。

（ロータリ除雪車、小形除雪車、除雪トラック、除雪グレーダ）

(2) 障害物検知装置

① 前方障害物検知装置

吹雪、地吹雪時にホワイトアウトになり前方が何も見えない条件下においても、前方の障害物を検知し、オペレータに注意も喚起する装置を開発する。この装置は後部標識装置と連動させ、後続車の過度の接近に対しても注意信号を与えるものとする。

② 雪中障害物検知装置

歩道上や吹溜りのなかには各種の障害物がある。特に吹溜りのなかにはトラブル車が停車していることさえある。このように雪中にある障害物を検知してオペレータに注意する装置を開発。（除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、小形除雪機（車）、除雪ドーザ）

③ 路上障害物検知装置

橋梁ジョイントやマンホールは圧雪等の中にあり、オペレータからは、視認できず、現在これらの危険箇所の位置を明示する標識（左側路側設置）を視認し、除雪機械の作業装置の制御を行う。

改善としては、それらの地点（路側または路面）に設置した磁気マーカにより接近する除雪機械に対して自動的に警報あるいは除雪装置の回避動作を行うシステムを開発する。

（除雪トラック、除雪グレーダ、凍結防止剤散布車、除雪ドーザ）

(3) 機械の小型化、高速、高出力化

① 機械の小型化

機械を小型化することは容易であるが、この場合でも十分なけん引力、サイドフォースを確保しなければならない。そのためには、重量の大幅な増加に注意しながら最大能力を常に発揮できる機械を開発する。

（除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、除雪ドーザ）

② 機械の高速、高出力化

作業速度と出力は比例することから、高速除雪のためには高出力な機械が必要である。高出力を検討する場合でも、原動機のみならずパワートレイン全体の効率性が検討されなければならない。

（除雪トラック、除雪グレーダ、小形除雪機（車）、除雪ドーザ）

(4) キャビン内空間の確保

① チャーミーを考慮した最適キャビンの開発

除雪機械の運転室を乗用車感覚で居住でき、且つ操作ができる室内空間とするため、操作レバー機構を自動化し、操縦技量に関係なく、操縦可能な装置を備えたキャビンを開発する。

（除雪グレーダ、ロータリ除雪車、小形除雪車、除雪ドーザ）

② 作業視界の改善及び死角の解消

作業装置（ブレード）及び排土板は運転キャビンの前方直下に位置し、特に推進角をセットし作業していく場合ブレードの左端は死角に入り、オペレータの勘で作業を進めて行かざるを得ない。これを改善するにはオペレータが定位の姿勢はもちろん、座位の姿勢においても直接目視確認できるキャビン形状の改善（床窓等）が考えられる。

吹雪時における前方の車両や歩行者、また側方、後方の死角部は赤外線方式による暗視カメラやレーザーレーダ方式により画像をCRT等に表示する事が可能である。また、窓ガラス等の曇りについてはハイクオリティなエアコンシステムを設ける事で解決できる。

(除雪グレーダ、除雪ドーザ)

③ 騒音振動の低減対策

除雪機械のスベリ止め機構について、現在スパイクタイヤ及びタイヤチェーンを使用している。

除雪車両の大きなけん引力の増加を考慮してチェーンを装着して作業を行うが、車両振動が大きく発生するのが難点である。

この振動防止対策として、チェーンゆるみ干渉音を少なくするチェーン駒組方式の改善やチェーン緊張度を大きくした自動緊張装置の開発、また、タイヤチェーンに変わる除雪機械用スベリ止め機構の開発を行う。

(除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、凍結防止剤散布車、除雪ドーザ)

(5) イージーオペレーティング化

① 電子制御を用いた操作機構の開発

現在の除雪機械の作業能力の大半は、オペレータの技量によって左右されており、操作パターンの統一、シーケンス回路を用いた操作制御等、負荷による除雪装置の自動制御を取り入れ、運転操作技量にとらわれない除雪操作機構の開発を行う。

(除雪機械全機種)

② ワンタッチ入力ボードを利用した操作機構の開発

運転室内に備えた操作パネルをタッチパネル方式で制御できる機械を開発し、操作入力の簡易化を図る。

(除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、凍結防止剤散布車、小形除雪機(車))

(6) 気象条件をリアルタイムで検知できる機構の開発

① 圧雪路面状態自動検出装置の開発

高速除雪機械である除雪トラック(グレーダ付)及び除雪グレーダの作業性能向上、路面の圧雪厚、圧雪硬度を非接触にて検出し、その値を除雪装置の操作機構に入力し、自動的に制御を行う。

(除雪トラック、除雪グレーダ、除雪ドーザ)

② 車両搭載型路面凍結自動観測技術の開発

除雪車両の前方30～50m地点の凍結状態を自動的に感知し、車両の除雪装置を自動的に制御できる技術の開発を行う。

(凍結防止剤散布車)

5.8 既存技術の調査

5.8.1 ブレード装置の安全性装置の開発

従来、ブレードの安全装置としてシャーピンが採用されていた。これは、ブレードが突起物に衝突した

とき、シャープピンが切断することによって安全を確保するものであるが、その復元にはオペレータが下車し、道路上で10分間をも要する苦渋かつ危険な作業であった。これを解消するため、運転室からの操作により、反転シリンダを作動させるだけで自動的に復元する、シャープピンレス式安全機構を開発し、安全性の向上、生産性の向上（省力化）を図っている。

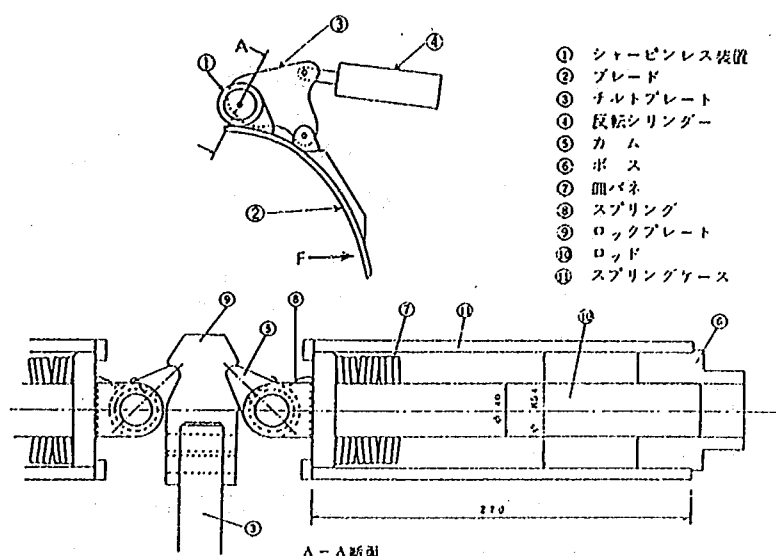


図-5-8-1 シャープピンレス式安全装置

5.8.2 前方障害物確認装置の基礎研究

本基礎研究は、昭和49年～51年に電磁波、超音波、赤外線、磁気感应の各方式について実施したもので、結果は次のとおりである。

① 吹雪時の前方確認は電磁波が優れている。ミリ波パルスレーダは装置は小型であるが判別がむずかしく、センチ波パルスレーダの映像は鮮明だが装置が大きくなる。

② 雪中に埋めた磁性体の確認は、磁気探知装置が有効である。ただし、探知距離は3～4mと短い。本研究は、昭和50年代の初期のものであり、その後の技術進歩に照らして、再度検討する必要がある。

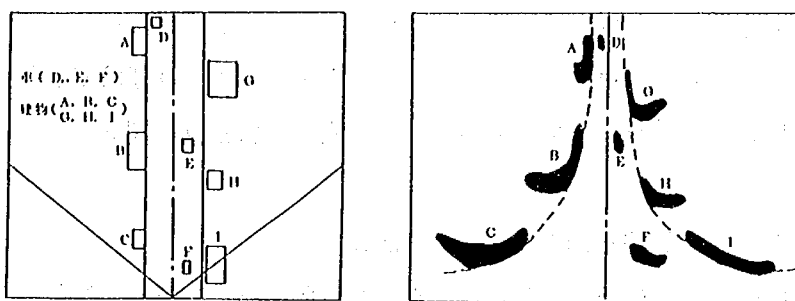


図-5-8-2 前方確認実験の一例

5.8.3 AT搭載型除雪トラックの開発

除雪トラックの走行速度操作をAT化し、負荷に対応した最適速度を自動的に得られる技術を開発し、操作のイージーオペレーティングを可能にした。

また、入力機構として押しボタン式セレクトスイッチによりワンタッチで自動変速が可能な機構の開発を行った。

（平成元年～2年）

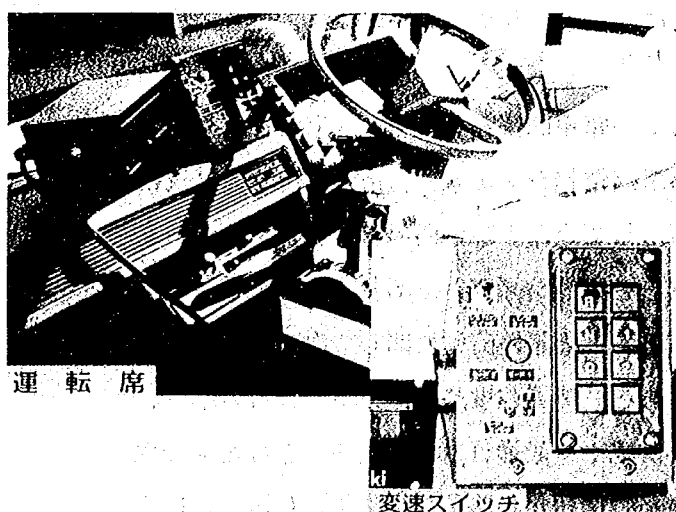


写真-5-8-1 セレクトスイッチ採用によるAT型除雪

5.8.4 広幅員型除雪装置の開発

広幅員、多車線道路の除雪を効率的に行うため、一度に広い面積の除雪が可能な除雪トラック用広幅員型除雪装置はメインとサブの2枚で構成された除雪装置（ブレード）を左右にスライドさせ、

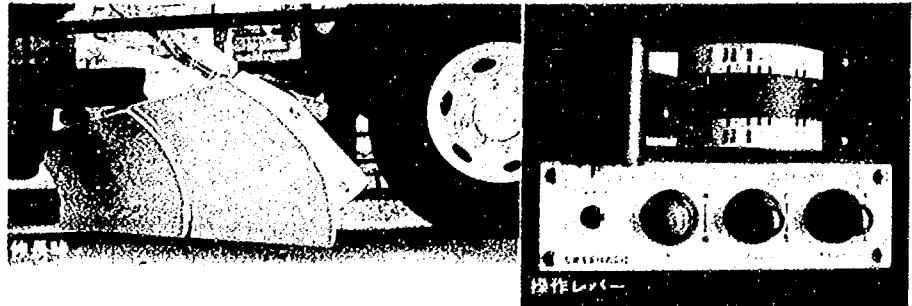


写真-5-8-2 広幅員型除雪装置

最大4mまで作業が可能な伸縮可変式除雪装置であり、1本のレバー操作で行えるシフトレバータイプのブレードモード切換装置の開発を行った。（平成元年～2年）

5.8.5 曲面可変型除雪プラウの基礎研究

除雪トラックは高速作業にその有効性があるが、市街地においては、投雪距離を作業速度で調整している。そこでプラウ曲面を変えることによって、高速作業時でも任意に投雪距離を調整できる本プラウを考案して研究したもので、機構的には可能で、新素材の開発が待たれる。

5.8.6 新雪路整同時施工機械の研究

車道除雪には新雪除雪と路面整正作業がある。現在は2装置（I & G）で実施しているが、一つのプラウで同時施工する装置を研究したもので、結果は次のとおりである。

- ① 除雪トラック（450PS級）で圧雪硬度150Kg/cm²で圧雪厚（圧雪整正厚）3～4cmの同時施工は可能である。
- ② 作業中、車体にピッチング現象が連続的に発生し、路面に波長約1m、段差1～3cmの不陸が生ずる。

したがって、今後は車体サスペンション系の研究が必要である。

5.8.7 路車間情報システム（道路管理用）

路車間情報システムは、情報管理・通信技術を活用して道路と車の間で各種デジタルデータの電送を行うシステムであり、これを道路管理に応用すると道路除雪に関して次のような利用法がある。降雪強度や路面積雪、圧雪の厚さ、気象状況や一般通行車両の渋滞や走行速度の程度などの情報が各除雪車に提供されることにより、除雪作業を効率的かつ広域的に行うことが

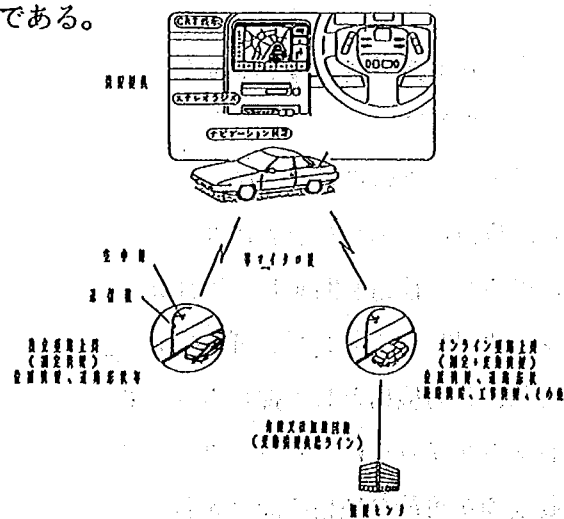


図-5-8-3 イメージ・システム図

可能になる。また道路構造などの情報により運転員の負担の軽減に役立つ。

5.8.8 除雪負荷自動制御装置の開発

除雪グレーダのブレードの自動制御を行うものでブレード押付力、車輪回転数よりマイクロコンピュータで処理し、ブレードを路面に自動追従させるので精度の高い除雪路面が得られ、オペレータの労力も軽減される。ブレード押付力は、運転席より0.5 t単位で微調整ができる、また左右のブレードの押付力は操作盤により目視できるので適切な押付力で作業ができる。

過大な負荷が加わって後輪がスリップした場合は、ブレード押付力を調整し、走行の安定性を確保できる。

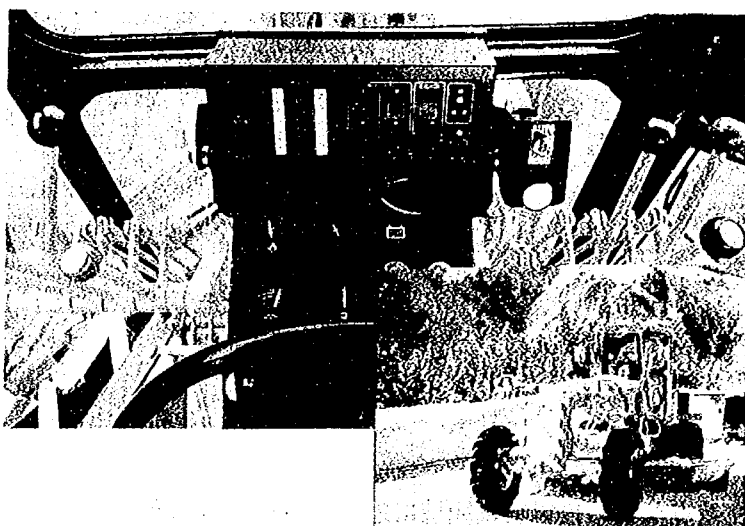


写真-5-8-3 押付力自動制御付除雪グレーダ

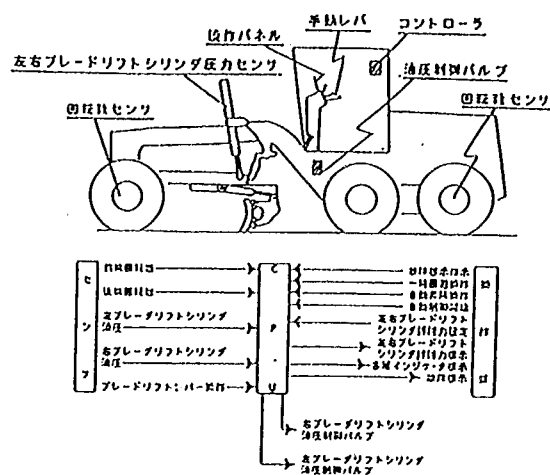


図-5-8-4 自動制御のシステム図

5.8.9 走行振動抑制システム

走行時に車両本体と作業装置の間にシリンダー、アキュムレータ油圧切換弁を設置し、作業装置から発生する振動エネルギーを消散させ、車両本体の振動を低減させるもので高速回送が可能となり、オペレータの乗り心地の大幅な改善がなされ運転疲労が少なくなり安全性も確保される。

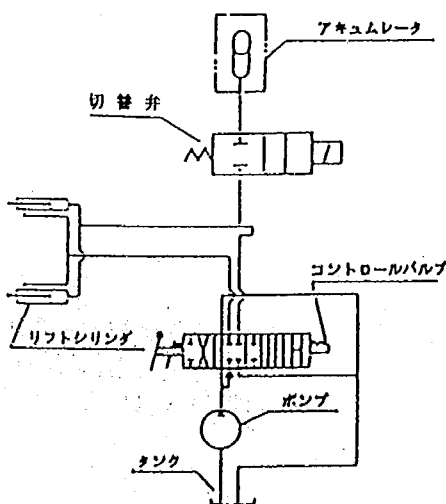


図-5-8-5 振動制御機構の油圧回路

5.8.10 除雪速度の自動化

ロータリ除雪作業負荷を検知し、オペレータに代わって自動的に除雪速度を増減する負荷速度自動制御装置の開発から、負荷－速度の完全自動化であり多くのロータリ除雪車で採用されている。

(昭和53年～55年)

5.8.11 シュート自動制御機構の開発

ロータリ除雪車の投雪装置の制御を人体感覚に合わせ、車両の前後方向と左右方向及びこの組合せ方向の任意の目標点に向って直線的に動かすことのできる機構である。また入力は、ワンタッチ入力ボード(タッチパネル)により投雪位置をコントロールできる機構の開発。

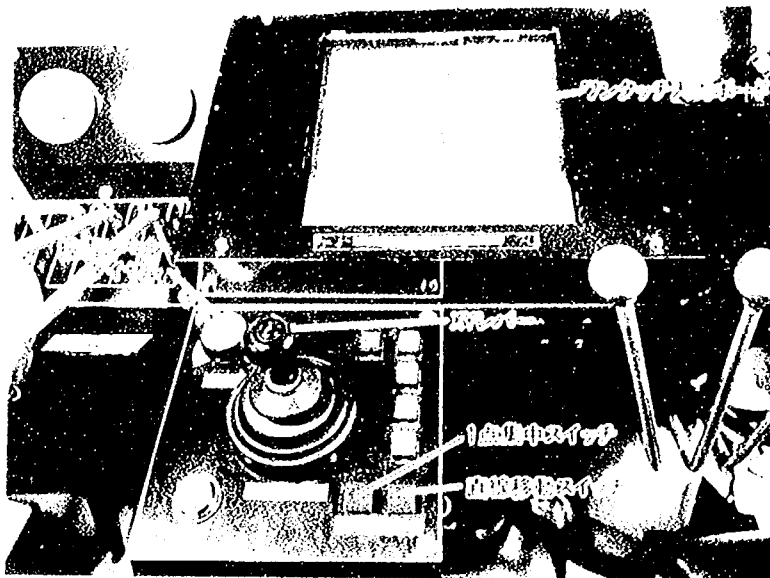


写真-5-8-4 ロータリ除雪車のシュート
自動制御機構付運転室

5.8.12 投雪の一点集中制御機構

ロータリ除雪作業において、車両が家屋、交差点などの投雪禁止地域に近づき自由に投雪ができない場合、投雪可能地域へ集中的に投雪することができる。

入力操作は、オペレータが制御スイッチを押すことにより指示した時点の投雪位置を記憶して車両の移動及びステアリング操作に係わらず投雪位置を一点に集中させることができる機構の開発。

(昭和60～63年)



写真-5-8-5 一点集中投雪状況

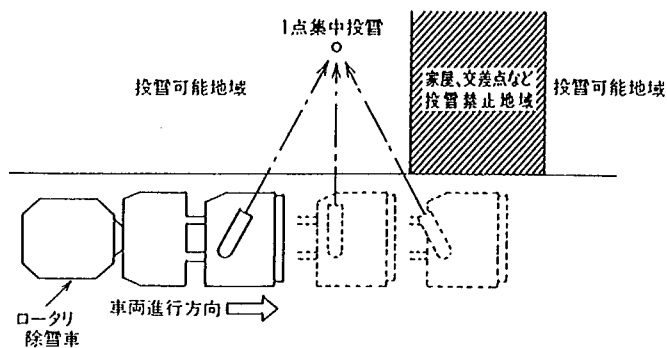


図-5-8-6 投雪一点集中制御機構

5.8.13 除雪機械の走行自動化技術の開発

ロータリ除雪車の走行自動制御機構は、一般工場の生産設備で用いられている自動運転技術を除雪機械に適用したものである。道路上に敷設したフェライト標識体を路面に埋設し、この標識体によって除雪機械が運行するもので、気象条件等の外部要因にとらわれることなく、常に安定した安全施工が行える機構である。

また、この走行制御とシュートの投雪制御を組合せることによって、より正確な除雪作業が行える。

(平成元年～)

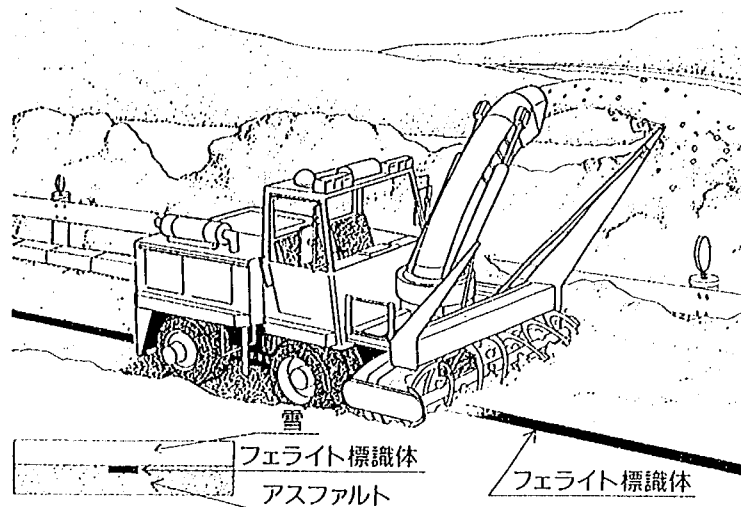


図-5-8-7 フェライト誘導方式による
走行自動制御機構

5.8.14 小形除雪機械の簡易操作機構の開発

小形除雪機（ハンドガイド式ロータリ除雪機）の操作レバー類が非常に多く、操作が複雑であるため操作に熟練を要する。したがって、操作を簡素化するために電子制御を搭載し、3本のレバーだけで操作が可能な技術の開発。

(平成2年～)

5.8.15 建設機械施工管理システムの開発

除雪機械等の施工管理をチャート紙からICカードを利用したデジタル式運行記録計の開発とそのデータを汎用のパーソナルコンピュータで処理集計する「建設機械施工管理システム」の開発。

(平成元年～)

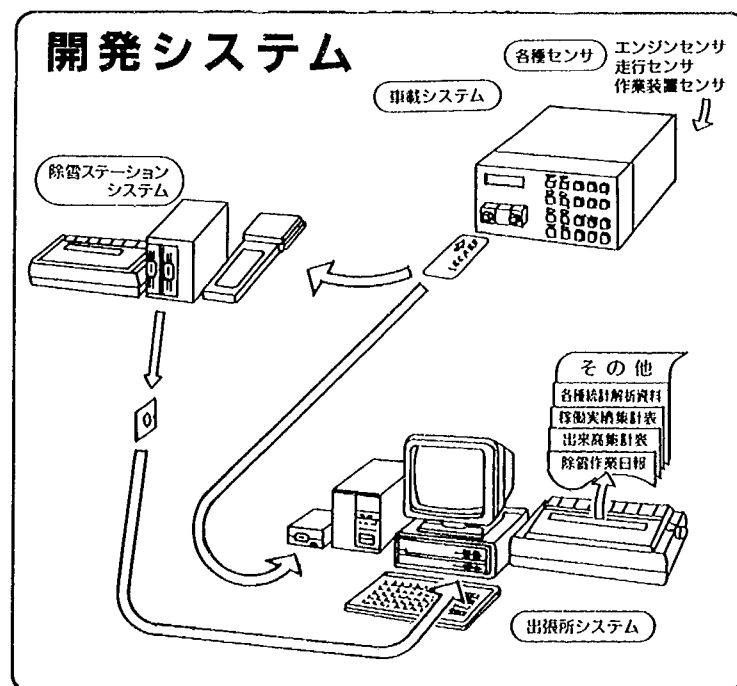
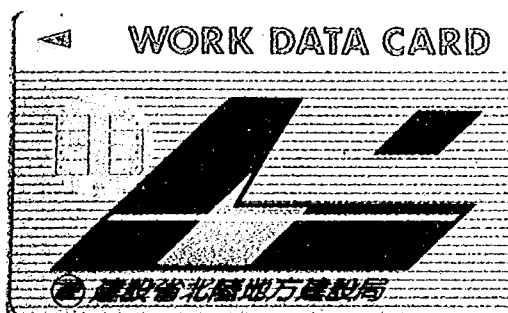


図-5-8-8 建設機械施工管理システム図

5.8.16 車速同調形凍結防止剤散布車の研究

車速に同調して所定量を均一に散布できる機構及び散布量をコントロールできる機構が開発されこれにより散布性能が向上し、現在全国で使用されている散布車の多くはこの機構を採用している。

(昭和47年～48年)

5.8.17 湿式散布機能付凍結防止剤散布車の性能調査

凍結防止剤の路面への付着性の向上、散布量の低減をねらいとしてヨーロッパで広く採用されている塩化カルシューム水溶液等を原塩にまぶして散布する湿式散布機能を持った散布車の性能調査が行われた。また、路面への付着性、速効性および散布量の低減対策の技術開発及び広副員道路用凍結防止剤散布車の開発。

(昭和元年～)

5.9 開発構想

これまで論じた、施工性・安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上を目指して、現状の機械の改良、開発、長期開発目標に対する改善案を取り入れ、今後開発すべき目標機械の概略仕様及び構想図を示す。

5.9.1 除雪トラック

表-5-9-1 除雪トラック開発目標の概略仕様

項 目	効 果	項 目	効 果
1. 車 体		4. 作業装置	
多輪・多軸化	⇒作業能力の向上	曲面可変型ブレード	⇒作業効率の向上
車両幅の縮小化	⇒作業速度の向上	軌道従ブレード	⇒作業性の向上
横滑り検知	⇒作業の安全性の向上	シャーピレス装置	⇒安全性・作業性の向上
A B S システム	⇒制動性能の向上	前方障害物対策	⇒安全対策
L S D システム	⇒作業能力の向上	雪中埋設物対策	⇒安全対策
タイヤ大径・幅広化	⇒作業の安全性の向上	後部標識装置	⇒安全対策
2. 機 関		路車間情報システム	⇒作業性の効率化
排ガス対策エンジン	⇒公害対策	5. 制 御 装 置	
高出力エンジン	⇒効率向上、省エネ	自動変速機構	⇒運転の苦渋性解消
3. 運 転 室		負荷－速度自動制御	⇒運転の苦渋性解消
フローティングキャブ	⇒振動低減		
モニター装置	⇒作業装置作動の確認性向上		

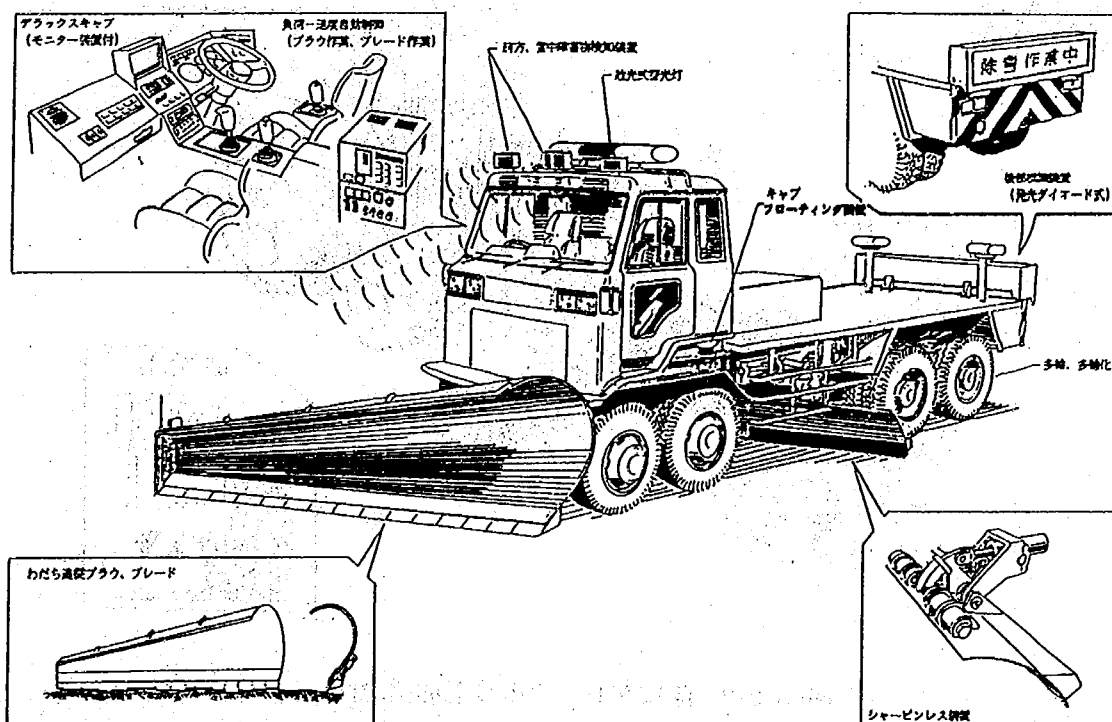


図-5-9-1 除雪トラックの長期的構想図

5.9.2 除雪グレーダ

表-5-9-2 除雪グレーダ開発目標の概略仕様

項 目	効 果	項 目	効 果
1. 車 体		4. 作 業 装 置	
総輪サスペンション	⇒回送速度の向上	切削ブレード	⇒作業性の向上
8 輪駆動	⇒作業能力の向上	多目的ブレード	⇒作業効率の向上
横滑り検知	⇒作業の安全性の確保	前方障害物検知	⇒安全対策
自動リーニングシステム	⇒作業の安全性の確保	路面障害物検知	⇒安全対策
2. 機 関		路車間情報システム	⇒作業性の効率化
低騒音、排気対策ツツ	⇒公害対策	圧雪厚さ検知	⇒作業性の向上
防音エンジンルーム	⇒騒音の低減	5. 制 御 装 置	
小型高出力エンジン	⇒効率向上、省エネ	集中形操作レバー	⇒運転の苦渋対策
3. 運 転 室			
視界優先キャブ	⇒視界の向上		
フローティングキャブ	⇒振動低減		
アジャストシート	⇒運転の苦渋解消		
全面熱線入りガラス	⇒曇り防止		
運転室の広空間	⇒居住性の向上		

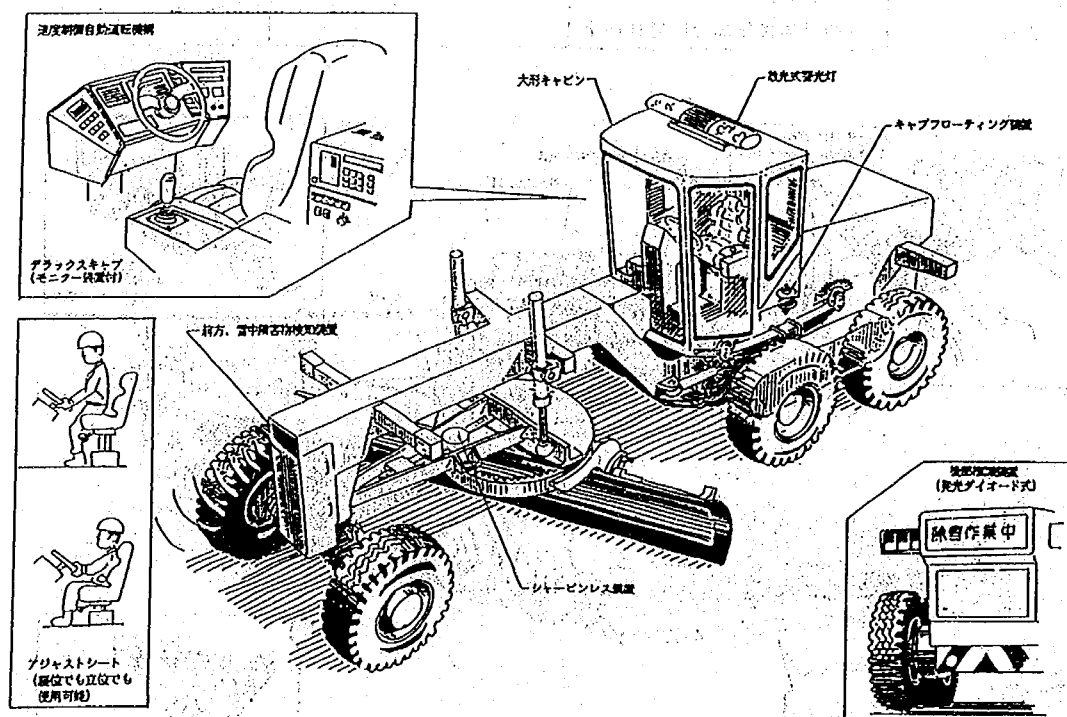


図-5-9-2 除雪グレーダの長期的構想図

5.9.3 ロータリ除雪車

表-5-9-3 ロータリ除雪車開発目標の概略仕様

項 目	効 果	項 目	効 果
1. 車 体 歩行者巻込防止装置 歩行者への音声警報 回送及び作業速度 ハイドロリクスポンション イーザーアップデザイン 小型高出力	⇒歩行者安全対策 ⇒歩行者安全対策 ⇒作業の効率化 ⇒振動軽減、乗り心地向上 ⇒親しみのある機械 ⇒効率向上、省エネ	4. 作業装置 シャーピルス、シャーピル 自動交換式 前方障害物対策 雪中埋設物検知 雪詰り防止シャット スベリ止改良型リフトチェーン	⇒安全対策、苦渋作業解消 オベレーク、装置、設備 の安全対策 ⇒安全対策、苦渋作業解消 ⇒安全対策、苦渋作業解消
2. 機 関 低騒音・排ガス対策エンジン 防音エンクロージャー	⇒公害対策 ⇒騒音低減	5. 制御装置 自動走行 自動ステアリング 自動シフト投置シャット 集中形操作レバー 操作力軽減形操作装置	イージーオペレーション オベレークの疲労低減 作業能率の向上
3. 運転室 全方位視界形キャブ 全面熱線入りガラス エアコン フローティングキープ 広居住空間 多目的TVモニター (CCDカメラ、暗視カメラ)	⇒視界の向上 ⇒曇り防止 ⇒曇り防止 ⇒振動吸収 ⇒居住性向上 ⇒吹雪、夜間作業時の 視界改善		

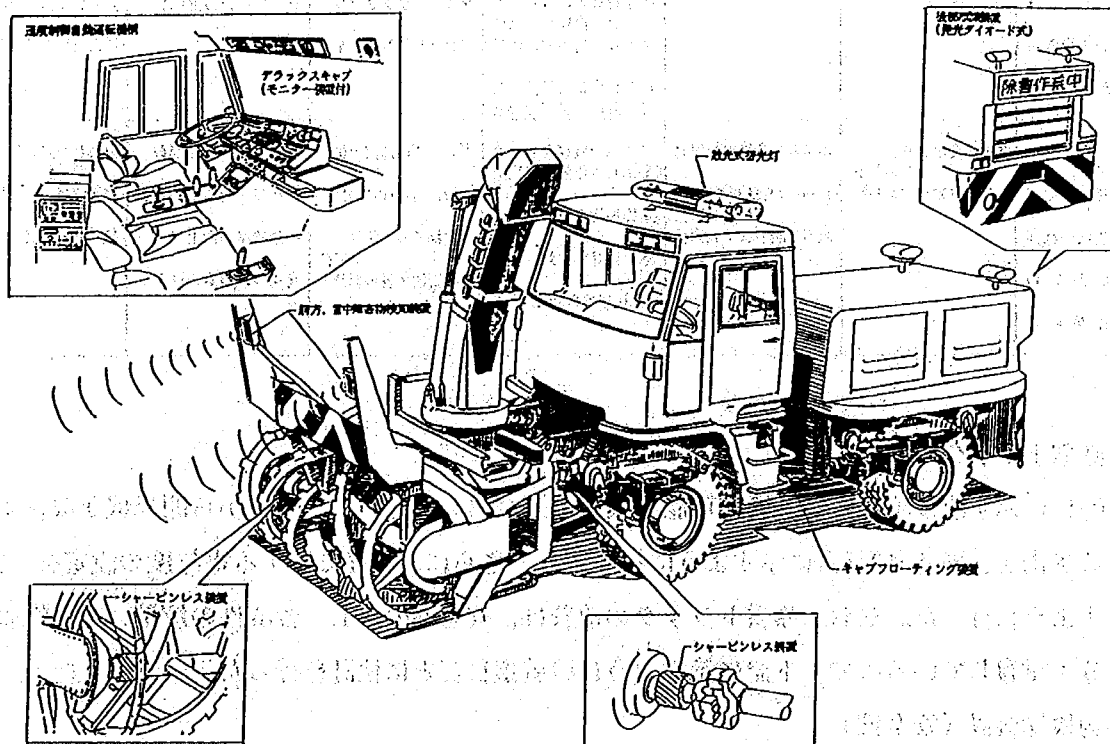


図-5-9-3 ロータリ除雪車の長期的構想図

5.10 改善項目の設定

改善項目は、除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車の主要3機種に絞り込み、要素技術の開発目標から設定する。平成3年度において、作業の自動化に対して重要な項目を抽出しており、その中から開発目標の要素技術を整理し、開発機への改善項目を設定した。表-5-10-1に、改善項目の設定内容を示す。

表-5-10-1 改善項目の設定

区分	機 種 名	除雪トラック		除雪グレーダ		ロータリ除雪車	
		開発目標	改善項目	開発目標	改善項目	開発目標	改善項目
安全性	視界不良	障害物検知装置	前方障害物検知装置の開発	タイヤパターンの検討	自動チンク装置の開発	自動投置位置制御装置	障害物検知装置の開発
	路面スリップ	作業の自動化、省力化	路上障害物検知装置の開発	タイヤチェーンの開発	新型タイヤの開発	自動走行制御装置	自動走行制御装置の開発
	路上の障害物	機械の小型化、高速化	安全機構自動復元装置の開発	横滑力の検知(感測)		雪中障害物検知装置	オーガ覆い装置の開発
	機械の不備			前方障害物検知装置の開発		オーガ露出対策	
苦労性	運転姿勢	作業の自動化、省力化	自動変速機構の開発	座位姿勢で運転可能なシートや作業装置の開発	キャビンの最適空間化	騒音振動対策用キャビン	キャビンの最適空間化
	振動	機械の高出力化、高速化	除雪負荷自動制御装置の開発	パレーへの振動低減	車体振動抑制装置の開発	キャビン内の空間確保	フローティングキャブの開発
	騒音			発生騒音の低減とキャビン内騒音の低減	ダイナミックダンパ	イージオペレーティング機構	動力伝達系統の油圧化
	キャビンの大きさ			キャビン内の空間確保	フローティングキャブ		操向自動制御の開発
生産性	操作が難しい			イージ操作化を目指した操作パネルや動作の改良			
	作業速度の向上	機械の高出力化、高速化	小型高出力機械の開発	交通流の阻害を少なくするための作業速度向上	グレーダの高出力化	シュートの自動制御	障害物検知装置の開発
	操作機構の自動化	作業の自動化、省力化	チンク自動姿勢制御装置の開発	操作機構の自動化	オートルド装置の開発	雪中障害物の検知装置	高速走行ロータリ除雪車の開発
	道路障害物の検知		除雪支援システム開発	路上障害物検知	可変幅員ブレード装置の開発	回送速度の向上	除雪作業支援システムの開発
歩行者が多い				回送速度の向上	自動変速装置の開発	高効率除雪車の開発	

5.10.1 除雪トラック

表-5-10-1に示す改善項目に対し適応可能な技術の選り出しを行い、この中から開発機が改善する項目に適応する技術を、表-5-10-1-1に示すように絞り込み、さらに、改善に対する寄与度の設定を、表-5-10-1-2に示すように行った。なお、除雪トラックの改善は、安全性の向上、苦労性の解消、生産性の向上の各々の区分が重複しているので、下記に示すように改善項目ごとに検討を行った。

(1) 障害物検知装置（安全性）

- ① 前方視界はミリ波パルスレーダ、ランプ及びブザー表示方式により探知物体の形状判断に問題は残るものの、100m探知距離内で確認でき、改善に対する寄与度は50%とした。
- ② 雪中埋設物の確認は、磁気探知方式であれば、車両類の雪中探知は最大7mまで可能であるが、磁性体はすべて反応するため、鋼製道路付属物をも反応し今後の対策が待たれるので、改善に対する寄与度を80%とした。
- ③ 路上突起物の確認は、圧雪が覆ったマンホール蓋、橋梁ジョイント等の小さい突起物の探知は難し

く、シャーピン等の安全機構で反転し回避ができると考えるので、作業の自動化ロボット化の中で対応することとし寄与度は100%とした。

表-5-10-2 改善項目に対する適応技術または装置

【除雪トラック】

改善項目	適用技術	適用技術概要	選定の理由	現在の技術レベル	備考
障害物検知装置 (安全性)	電磁波レーダ (船舶用)	小型船舶用レーダを最小探知距離を向上させ近距離の映像を見やすくした改造型	前方視界確認性の向上	ブラウン管による映像確認のため判断には熟練を必要とする	
	電磁波レーダ (FM-CW法)	ガンダリよりマイクロ波(10GHz)を発射させ、これをアンテナより受信した物体よりの反射波を受け、発信波と反射波との間に生じるビート波を利用した物体検知	前方視界確認性の向上	物体の有無の確認のみで形状の判断はできない 100m先測定可能	
	超音波方式レーダ	20kHz以上の周波数帯域を対象	前方視界確認性の向上	音波のため風や気温の変化を受けやすく最大探知距離が5mが限度	
	磁気磁応式	金属が磁気回路に接近した場合の磁気変化による電流変化を検出	雪中埋設物の確認性の向上	磁気探知装置が有効であるが最大探知距離は7mが限度	
	赤外線方式	赤外線応用の暗視器	前方視界確認性の向上	降雪に対しては減衰が激しく判定しにくい	
作業の自動化・ロボット化 (安全性) (苦労性) (生産性)	安全機構 自動復元装置	橋梁のジョイントやマンホール等、ブレードが障害物に接触すると反転して回避、復元は運転席から行える	路上作業の危険回避 安全機構復元作業の省力化	実用化済で良好な結果がでている	
	自動変速機構 (オートマチックトランスミッション)	オートマチックトランスミッションの装備により押しボタン式の変速スイッチをワンタッチで変速パターンのセレクトができる	変速レバー操作回数の減少	平成2年度で実用化のテストは終了し現況では普及している	
	除雪負荷自動 制御装置	モード切り替えレバー操作でブレードの回送から接地、待機、作業まで段階別に押付力の操作が自動的に行える	オペレータの熟練度の緩和及び操作レバーの作回数の減少	同上	
	作業装置(ワイヤード) 自動姿勢制御装置	回送と作業との相互間姿勢変換を押しボタン式でワンタッチで操作ができる	操作レバーの操作回数の減少	実用化済で良好な結果がでている	
除雪機械の小型化・高出力・高速化 (安全性) (苦労性) (生産性)	新雪路整同時施工 用機械	除雪速度30km/hの目標で圧雪(180.9g/d、100kg/d、100kg)を、除雪深1.5cmで新雪路整同時施工するのに必要なエンジン出力は400PS以上である	交通量の多い道路での一般通行車両への交通障害を回避し、作業時間の短縮及び日中除雪の実施を図る	コマーシャルベースでの対応はむり、除雪用専用車製作は技術的レベルにある	
気象条件をリアルタイムで検知できる機構の開発 (安全性) (苦労性) (生産性)	気象予測システム	気象レーダとマルチセンサー(風向、風速、気温、降雪状態を観測)で観測したデータが自動的にコンピュータに送られ、これを処理し1km四方ごとの局地的降雪量の予測、最長3時間後までの30分刻みで予報を出し、除雪作業の効率化を図る	除雪の作業効率の向上 除雪体制の効果的運用	札幌市の札幌総合情報センターが1993年1月をめぐりに札幌市を中心にした局地的な降雪量を予測する業務開始する	
	道路情報車による 除雪支援システム	除雪支援に必要な情報を道路車上を移動して収集し管理所へ無線で送信する 情報内容 1) 視程測定 2) 路面温度測定 3) 滑り摩擦係数測定 4) 路面状況確認装置 5) 風向、風速測定	同上	道路情報システムの一環として開発中である	

(2) 作業の自動化・ロボット化（安全性・苦渋性・生産性）

適応技術で検討した項目はすべて実用化の試験施工済みで、現在使用している機械で信頼性は実証されており、開発機にこれらの装置を使用することにより「操作の難しい」は操向ハンドル、ブレーキの操作以外はすべて自動化できるので寄与度を高くした。

(3) 除雪機械の小型化・高出力・高速化（安全性・苦渋性・生産性）

昭和50年度～昭和52年度までの、新雪路面整正同時施工に関する調査試験の結果が示しているとおり、エンジン出力400PS以上で、除雪幅2.5m、圧雪切削深1.5cm、圧雪硬度150kg/cm²の条件での作業速度40km/hは可能であるので、寄与度を100%とした。

(4) 気象条件をリアルタイムで検出できる機構の開発（安全性・苦渋性・生産性）

除雪作業の効率化及び除雪機械の管理運用面で効果の向上を図るため必要な改善項目であるが、この項目ではアンケート調査はしていないため抽出データとしてはないが、開発機の自動化による自動制御の補助的要因として寄与すると考えられるので、寄与度を20%とした。

表-5-10-1-2 開発機の改善に適応する技術

【除雪トラック】

区分	①改善項目	②開発機が改善する項目	①②が適応する技術	③改善に対する寄与度設定	④寄与度設定の概略理由
安全性	障害物検知装置	前方視界確認性の向上	前方障害物検知装置の標準装備	50% 物体の形状の検知はできるが形状判別ができない	前方視界検知→3リボンレーザ 小型で車載可能・100m先測定可
		雪中埋没物確認性の向上	雪中障害物検知装置の標準装備	80% 車載式は高速走行時に対応不能	雪中障害物検知→磁気探知装置 最大7m先検知可・路側設置方式
安全性	作業の自動化	路上作業の危険回避及び安全機構復元作業の省力化	安全機構自動復元装置（オートリカバリ）の標準装備	100%	安全機構の復元自動化により、路上でのシャーピン交換が不要
苦渋性	ロボット化	オペレータの操作省力化	自動変速機構の標準装備（オートマチックトランスミッション）	苦渋性（操作頻度） 24% 生産性（作業時間） 17% 変速ロスの時間差	変速レバーの操作回数が減少 （MTと比較 1/10.8） 操作頻度24% 作業時間0.2/1.20
生産性		作業性及び安全性の向上	除雪負荷自動制御装置（トラクタールーザ）の標準装備	苦渋性（操作頻度） 22% 生産性（作業時間） 58% 操作ロスの時間差	操作レバーの操作回数が減少 （7/1と比較 1/20） 操作頻度22% 作業時間8.3/14.1
			作業装置（サイドワグ）自動姿勢制御装置の標準装備	100%	回送姿勢→作業姿勢の変更の自動制御による操作回数の減少
安全性	除雪機械の小型化 高出力・高速化	一般通行車両への交通障害回避	下記、仕様の標準装備 除雪幅 2.5m以下 （車幅と除雪幅）	100%	一般通行車両への追従が可能となり交通障害が緩和
苦渋性		作業時間の短縮 日中除雪の実施	作業速度 40km/Hr以上 機関出力 400PS以上	都市部は100%、郊外部は、 一般車両は80km/Hrであるが 交通量が減少するので、交通障害はなしで100%	郊外部80km/Hr 規制 都市部40km/Hr 規制 現状作業速度20km/Hr 近未来作業速度40km/Hr
生産性		多交通量道路での作業性向上 広幅員多車線道路の作業性向上			
安全性	気象条件をリアルタイムで検出できる機構の開発	除雪の作業効率の向上 除雪体制の効果的運用	除雪支援情報システム └ 除雪機械管理システム └ 気象予測システム——気象各データベース ◎道路情報内容 1. 視程測定 2. 路面温度・風向・風速測定 3. 滑り摩擦係数測定 4. 路面状況確認	20% 自動制御のバックアップ要素	各々の自動制御の補助的要因として寄与するため ◎自動制御を補助する要素 路面のスリップ（路面状況） 操作が難しい（熟練度解消） 作業性の向上（時間短縮） （熟練作業）

改善項目に対する適応技術の絞り込みを行ったので、次に、開発機への改善割合を設定し絞り込みを行った技術の導入を行った場合の評価を行う必要がある。しかし、各適応技術を導入した場合の改善項目には問題ごとに機械に対して重要度に差異があり、開発機の改善割合の選定には改善項目の重要度の差異を考慮する必要があるため、除雪トラックは次のような方針を選定した。

安全性の向上に関しては、オペレータの安全運転に直接かわり作業効率に関連のある「視界不良」と「路面スリップ」との重要度が大きいと考えられるので0.4、「路面上の障害物」は雪中埋設物以外は、安全機構で回避できるので重要度が小さいと考えられるので0.1、「機械の不備」は機械の故障による事故等であるので重要度が小さいと考えられるので0.1とした。「第三者に起因」は除雪トラックに関するアンケート調査では問題点の抽出はなかった。

苦渋性の解消は、除雪トラックはキャビンの居住性は他の機種に比べて良いため「運転姿勢」「振動」「騒音」「キャビンの大きさ」は重要度は小さいと考えられるので0.2、除雪トラックはブラウ、ブレー

表-5-10-1-3 改善項目の評価

【除雪トラック】

項 目	安 全 性				苦 渋 性				生 産 性					
	視界不良	路面のスリップ	路面上の障害物	機械の不備	運転姿勢	振動	騒音	キャビンの大きさ	操縦が難しい	作業効率の向上	操縦機構の自動化	道路障害物の検知	交通量が多い	歩行が多い
重 要 度 e	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
度 数 N	72	41	87	1	0	11	17	13	40	4	3	8	19	18
改善目標値 d (a×N)	28.8	16.4	8.7	0.1	0.0	2.2	3.4	1.3	12.0	1.8	0.9	1.6	1.9	0.0
障害物検知装置 【前方視界】 【雪中埋設物】	e 改善割合%	50	80									50		
	f (100-e)	50	20									50		
	g 分担割合%	100		15								100		
	h (d, f, g)	14.4		0.3								0.8		
自動変速機構 【オートマカトランス ミッション】	e 改善割合%								24	17	24			
	f (100-e)								76	83	76			
	g 分担割合%								20	10	20			
	h (d, f, g)								1.8	0.1	0.1			
除雪負荷自動制御 装置【トラッカレダ】	e 改善割合%	100							22	59	22			
	f (100-e)		0						78	41	78			
	g 分担割合%		90						40	20	40			
	h (d, f, g)		0.0						3.7	0.1	0.3			
安全機構自動復元 装置【トラッカレダ 用サビシ装置】	e 改善割合%		100										100	
	f (100-e)		0										0	
	g 分担割合%			85									20	
	h (d, f, g)			0.0									0.0	
作業範囲【4ド ング】自動姿勢制 御装置	e 改善割合%								100		100			
	f (100-e)								0		0			
	g 分担割合%								30		40			
	h (d, f, g)								0.0		0.0			
除雪機械の小型化 及び高出力・高速 化	e 改善割合%								100				100	
	f (100-e)								0				0	
	g 分担割合%								60				80	
	h (d, f, g)								0.0				0.0	
除雪支援情報 システム	e 改善割合%	20							20	20				
	f (100-e)	80							80	80				
	g 分担割合%		10						10	10				
	h (d, f, g)		1.3						1.0	0.1				
改 善 目 標 値 (改善目標率%)	28.8 (63.3)	16.4 (30.4)	8.7 (18.1)	0.1 (0.2)	0.0 —	2.2 (11.8)	3.4 (18.0)	1.3 (8.8)	12.0 (63.6)	1.8 (28.7)	0.9 (15.0)	1.6 (28.7)	1.9 (31.8)	0.0 —
装置改善後の改善目標値 (装置改善後の改善目標率%)	14.4 (68.4)	1.3 (8.1)	0.3 (1.9)	0.1 (0.8)	0.0 —	2.2 (18.4)	3.4 (28.4)	1.3 (8.7)	8.5 (48.6)	0.3 (20.0)	0.4 (28.7)	0.8 (63.3)	0.0 —	0.0 —

ド、サイドウィング等の作業装置が取付けられており、操向操作以外にこの操作をしなければならず「操作が難しい」の重要度が大きいと考えられるので0.3とした。

生産性の向上は、作業効率の向上を図る「作業速度の向上」を0.4、操作を簡素化し作業速度の向上を図る「操作機構の自動化」を0.3、作業の高速化を図る「道路障害物の検知」は0.2、作業環境に直接影響をおよぼす「交通量が多い」を0.1、「歩行者が多い」は、車道上に歩行者がいると作業ができないので0.0とした。

前記の各改善項目の重要度、区分及び除雪に従事する作業員を対象に行ったアンケート調査の結果の度数を用いて、「安全性の向上」「苦渋性の解消」「生産性の向上」の問題点を各改善項目ごとに、開発機改善後の改善目標値を算定し、改善の評価を行った結果を表-5-10-1-2に示す。

5.10.2 除雪グレーダ

表-5-10-1に示す改善項目に対し適応可能な技術の選び出しを行い、この中から開発機が改善する項目に適応する技術を、表-5-10-2-1に示すように絞り込み、さらに、改善に対する寄与度の設定を表-5-10-2-2に示すように行った。なお、除雪グレーダの改善は、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上の区分が重複しているので、改善項目ごとに検討を行った。

(1) 横滑り力検知（安全性）

ブレードの押付力の自動制御では、「後輪スリップ制御」により後輪がスリップした場合、ブレード押付力を弱めることでスリップを防止する機能がある。また、自動変速機構と組み合わせにより更に車体のスリップを低減させることが可能であるので、改善に対する寄与度を各々30%とした。

(2) 障害物検知装置（安全性・生産性）

① 前方視界はミリ波パルスレーダ、ランプ及びブザー表示方式により探知物体の形状判断に問題は残るものの、100m探知距離内で確認でき、改善に対する寄与度を50%とした。

② 雪中埋設物の確認は、磁気探知方式であれば車両類の雪中探知及び路面上の橋梁ジョイント、マンホール等の金属埋設物は確認できるが、路面の凹凸等の検知ができないので改善に対する寄与度は80%とした。

(3) 作業速度の向上（生産性）

昭和60年度～平成元年度に除雪専用車として「高速圧雪整正機」を開発し、エンジン出力の増加による作業速度の高速化、大容量ブレードによる除雪量の増加及び雁行作業時の台数抑制を図ったもので作業速度に関しては、従来機より4割、除雪量に関しては約5割の向上が可能である。

可変ブレード装置は、ブレード幅が標準時で4m、最大6mで、左右の端部が0～1mの範囲で任意に伸縮でき、車線変更をせずにブレードの伸縮で本線と同時施工が可能で、後退などによる作業効率の低下が少なくなり、雁行作業時でも、通常3台必要な場所で2台の機械で作業が行える等、機械の台数の抑制に効果がある。

また、自動変速機構の採用により変速タイミングのロスが解消され、速度向上につながる。

以上により、改善に対する寄与度を10～35%とした。

表-5-10-2-1 改善項目に対する適応技術または装置

【除雪グレーダ】

改善項目	適用技術	適用技術概要	選定の理由	現在の技術レベル	備考
横滑り力検知 (安全性) (生産性)	後輪スリップ制御	後輪スリップ検知により、ブレード押付力を制御し、横滑りを防止する	車体の安全性確保	実用化済み オートブレード装置として普及している	
	自動リーニング装置	除雪作業で発生する横方向の力を検知し自動的にリーニングをかける	車体の安定性確保	作業中の横方向力の検出方法及びリーニングの角度制御を検討中	
障害物検知装置 (安全性) (生産性)	電磁波レーダ (船舶用)	小形船舶用レーダを最小検知距離を向上させ近距離の映像を見易くした改造型	前方視界確認性の向上	ブラウン管による映像確認のため判断には熟練が必要である	
	電磁波レーダ (FM-CW方式)	ガン発振器によりマイクロ波(10GHz)を発生させ、これをアンテナより発信し、物体にあたって反射されるマイクロ波との間に生じるビート波を利用した物体検知	前方視界確認性の向上	物体の有無の確認のみで形状の判断は出来ない 100m先測定可能	
	超音波方式レーダ	20KHz以上の周波数帯域が対象	前方視界確認性の向上	音波のため風や気温の変化を受け易く最大検知距離が5mが限度	
	磁気感应式	金属が磁気回路に接近した場合の磁気変化による電流変化を検出	雪中埋設物の確認の性向上	磁気探知装置が有効であるが最大検知距離は7mが限度	
	赤外線方式	赤外線応用の暗視器	前方視界確認性の向上	降雪に対しては減衰が激しく判定しにくい	
作業速度の向上 (生産性)	エンジンの高出力化	エンジン出力を320psとした	出力アップによる作業速度の向上	高速圧雪整正機で実用化、現場に普及する	
	広幅員、幅広ブレードの採用	4.3m幅×920mmのブレードにより効率化を図った	作業幅の拡大による効率アップ	同上	
	自動変速機構	ダイレクトパワーシフトを電子制御によりオートマチック化した	変速シフトロスの減少による作業速度の向上	作業時のシフトパターン分析、ソフト変更で最適化を検討	
	可変幅員対応ブレード	ブレードを可変幅員型(4~6m)とし、パス、右折レーンがワンパスで除雪可能	作業幅員の可変化による効率アップによる生産性の向上	可変幅員式ブレードとして実用化、普及している	
イージー操作化 (安全性) (苦労性) (生産性)	ブレード自動化装置	ブレードの押付力を自動制御する。ワンタッチで所定の押付力にセットできる。	ブレード操作回数の軽減及び操作性の向上	オートブレード装置として普及している	
	自動変速機構	ダイレクトパワーシフトを電子制御によりオートマチック化した	シフトレバー、インチャング操作回数の減少による操作性の向上	作業時のシフトパターン分析、ソフト変更で最適化を検討	
キャビン内空間の確保 (安全性) (苦労性)	キャビンの大空間化	従来機より空間を大きくするとともに、助手席を後方へ配置し視界を広げた	広視界による視認性の向上。空間の拡大による居住性の向上	高速圧雪整正機で実用化、現場に普及する	
	振動抑制装置 フローティングキャブ	ダイナミックダンパ方式により車体固有振動を抑制する。キャブをフローティングさせチェーン等の振動を抑制する	振動低減による苦労性の解消、共振域での作業が安定し生産性が向上する	振動抑制装置として実用化に達した	
	騒音低減 (苦労性)	エンジン廻りの防音性能向上及びキャブの見直しにより騒音低減を図った	騒音低減による苦労性の解消	従来機に比べ4~6dB低くオペア耳騒音で83dBに低減できた	

表-5-10-2-2 開発技術の改善に適應する技術

【除雪グレーダ】

区分	①改善項目	②開発機が改善する項目	①②が適應する技術	③改善に対する寄与度設定	④寄与度設定の概略理由
安全性	横すべり力検知	路面のスリップ	ブレード押付力の自動化 自動変速機構の採用	スリップ制御 30% スリップ制御 30%	アンケート等スリップ率の測定 結果より推定
安全性	障害物検知装置	前方視界確認性の向上	前方障害物検知装置の標準装備	50% 物体の有無の確認はできるが 形状判断ができない	前方視界装置←ミリ波が「スレーグ」 小型で車載可能・100m先検定可
生産性		雪中埋殺物確認性の向上	前方障害物検知装置の標準装備	80% 金属のみで、路面の段差の確 認ができない	雪中障害物検知←磁気探知装置 最大7m先検知可・路側設置方式
生産性		作業速度の向上	障害物検知装置の標準装備	30% 回避動作ロスによる速度低下 減少分	回避余裕による速度低下の減少
生産性	作業速度の向上	作業速度の向上	エンジンの高出力化 (320ps) 自動変速機構の装備 可変輻員対応ブレード装置	35% 10% 20%	従来機との作業速度比較 変速タイミングロス減少 作業割合から算出
生産性		交通量が多い	エンジンの高出力化 (320ps) 自動変速機構の装備 可変輻員対応ブレード装置	30% 交通流阻害を軽減 10% 10%	一般車両通行(50km/h)との比較 作業速度向上分 台数減と作業割合から算出
苦渋性	イージー操作化	操作性の向上	ブレード押付力の自動化 自動変速機構の装備 自動変速機構の装備	70% 80% 10%	ブレードリフトレバーの操作回数の減 インチングペダル操作回数の減 操作姿勢改善
生産性		操作機構の自動化	ブレード押付力の自動化 自動変速機構の装備	70% 50%	ブレードリフトレバーの操作回数の減 シフトレバー操作回数の減少
安全性	キャビン内空間 の確保	路面上の障害物	キャブの広視界化および助手席 の後方移動による障害物の視認 性向上	20%	アンケート調査結果
苦渋性	(座姿勢での運転) (運転者への振動 低減) (騒音振動対策用 キャビン)	運転姿勢向上 キャビンの拡大 騒音の低減 振動の低減	視界のアップ 居住性のアップ エンジンの防音性能アップ フローティングキャブ・サ・イミタツンガ	10% 50% 50% 60%	アンケート等による推定 居住性50%満足 4dBの騒音低減→50%減 ISO振動暴露基準と最大除雪
生産性		作業速度の向上	フローティングキャブ・サ・イミタツンガ	20%	共振速度の除去による作業速度 向上分

(4) イージー操作化 (苦渋性・生産性)

除雪グレーダで自動化されている技術はまだ低いが、最も操作頻度の高いブレード押付力の自動化、自動変速機構の採用によって、ブレードリフトレバー、シフトレバー、インチングペダルの操作回数が激減されるので、改善に対する寄与度を10～80%とした。

(5) キャビン内空間の確保 (安全性・苦渋性・生産性)

① 作業視界の改善

「高速圧雪整流機」は、大型キャブの採用による広視界化を図ったもので、助手席を後方に移動させる等、従来機より約2割視界を向上させることにより、障害物の視認性の向上を図ることができるので、改善に対する寄与度を20%とした。

② 振動抑制装置、フローティングキャブ

除雪グレーダは、構造的にバウンスが発生しやすく、更にタイヤチェーンによる振動と合わせ苦渋性の大きな要素となっている。

この対策としてウェイトを用いたダンパによる振動低減と、キャブのフローティング化により、極めて高い振動低減効果が発揮できることがわかり、改善に対する寄与度は10～60%、バウンス防止による速度向上が図れるので20%とした。

改善項目に対する適応技術の絞り込みを行ったので、次に、開発機への改善割合を設定し、適応技術の導入を行った場合の評価を行う必要がある。しかし、開発機の改善割合の選定には改善項目の重要度の差異を考慮する必要があるため、除雪グレーダは次のような方針を選定した。

安全性の向上に関しては、オペレータの安全運転に直接かわり作業効率に関連のある「視界不良」は重要度が大きいと考えられるので0.4「路面上の障害物」とは雪中埋設物以外は、安全機構で回避できるので重要度が小さいと考えられるので0.2、「機械の不備」と「第三者に起因」とは機械の故障及び一般車両の飛び込みによる事故等であるので重要度が小さいと考えられるので0.1とした。

苦渋性の解消は、除雪グレーダはキャビンの居住性は他の機種に比べて悪いため「運転姿勢」「振動」「キャビンの大きさ」の重要度は0.2、振動より苦渋性の低い「騒音」の重要度を0.1とした。除雪グレーダはブレード、サイドウィング等の作業装置が取り付けられており、操向以外にこの操作をしなければならず「操作が難しい」の重要度が大きいと考えられるので0.3とした。

表-5-10-2-3 改善項目の評価

【除雪グレーダ】

項 目		安 全 性					苦 渋 性				生 産 性				
改 善 項 目		視界不良	路面上の障害物	雪中埋設物	機械の不備	第三者に起因	運転姿勢	振動	騒音	キャビンの大きさ	操作が難しい	作業速度の向上	操縦機構の自動化	道端障害物の検知	交通量が多い
重 要 度 a		0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0
度 数 N		49	52	94	51	69	100	58	59	72	33	4	3	9	21
改善目標値 d (a×N)		19.6	10.4	18.8	5.1	6.9	20.0	11.6	5.9	14.4	9.9	1.2	0.9	1.8	0.0
ブレードの自動化装置	e 改善割合%		30								70		70		
	f (100-e)		70								30		30		
	g 分担割合%		70								60		60		
	h (d, f, g)		5.1								1.8		0.2		
オートマチックトランスミッション 【自動変速機構】	e 改善割合%		30				10				80	10	50		10
	f (100-e)		70				90				20	90	50		90
	g 分担割合%		30				30				40	10	40		20
	h (d, f, g)		2.2				6.4				0.8	0.1	0.2		0.8
可変幅員ブレード	e 改善割合%											20			10
	f (100-e)											80			90
	g 分担割合%											20			40
	h (d, f, g)											0.2			1.5
雪中障害物検知 【前方視界】 【雪中埋設物】	e 改善割合%	50		80								30		50	
	f (100-e)	50		20								70		50	
	g 分担割合%	100		80								20		100	
	h (d, f, g)	9.8		3.0								0.2		0.9	
除雪機械の高出力化及び高速化	e 改善割合%											35			30
	f (100-e)											65			70
	g 分担割合%											40			40
	h (d, f, g)											0.3			1.2
キャビンの大空間化	e 改善割合%			20			10		50	50					
	f (100-e)			80			90		50	50					
	g 分担割合%			20			70		100	100					
	h (d, f, g)			3.0			12.6		3.0	7.2					
振動抑制装置 フローティングキャブ	e 改善割合%							60				20			
	f (100-e)							40				80			
	g 分担割合%							100				10			
	h (d, f, g)							4.6				0.1			
改 善 目 標 値		19.6 (32.2)	10.4 (17.1)	18.8 (30.3)	5.1 (8.4)	6.9 (11.4)	20.0 (32.4)	11.6 (18.8)	5.9 (9.6)	14.4 (23.3)	9.9 (16.0)	1.2 (1.8)	0.9 (1.1)	1.8 (2.2)	0.0 (0.0)
特異改善後の改善目標値 (特異改善後の改善目標値%)		9.8 (27.3)	7.3 (20.8)	8.0 (17.1)	5.5 (14.5)	8.8 (18.7)	18.0 (60.3)	13.1 (13.1)	3.0 (8.3)	7.2 (20.4)	2.8 (7.3)	0.9 (16.8)	0.3 (6.3)	0.9 (16.2)	0.0 (62.1)

生産性の向上は、作業効率の向上を図る「作業速度の向上」の重要度を0.3、操作を簡素化し作業速度の向上を図る「操作機構の自動化」を0.3、「道路障害物の検知」と「交通量が多い」とは作業の高速化により改善が図れるので0.2、「歩行者が多い」は歩行者が作業の障害となり稼働不可能となるので0.0とした。

前記の各改善項目の重要度、区分及び除雪に従事する作業員を対象に行ったアンケート調査の結果の度数を用いて、「安全性の向上」「苦渋性の解消」「生産性の向上」の問題点を各改善項目ごとに、開発機改善後の改善目標値を算定し改善の評価を行った結果を表-5-10-2-3に示す。

5.10.3 ロータリ除雪車

表-5-10-1に示す改善項目に対し、適応可能な技術の選び出しを行い、この中から開発機が改善する項目に適応する技術を、表-5-10-3-1に示すような絞り込み、改善に対する寄与度の設定を表-5-10-3-2に示すように行った。

ロータリ除雪車の改善は、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上の区分が重複しているので、下記に示すように改善項目ごとに検討を行った。

(1) 投雪位置自動設定装置（安全性）

数本のレバーを集約したXY制御装置とタッチパネル式入力方法により、投雪作業の操作回数は既存車より50%改善され、操作の確実化を図ることができ、さらに、XY制御装置とタッチパネル式入力方法に沿道条件を加味した制御とGPS機能を加味した制御を付加する事によって自動制御が可能であるので、投雪作業操作の改善に対する寄与度を90%とした。

(2) 自動走行制御機構（安全性、苦渋性、生産性）

道路上に標識体を敷設し、それに沿って自動的に走行できる制御機構により、走行制御の改善に対する寄与度を60%とした。さらに、標識体に道路の沿道条件、線形を加味した自動制御と、GPS機能を加味させる事によって、走行位置制御が可能となるので、改善に対する寄与度を85%とした。

(3) 雪中障害物検知装置（安全性、生産性）

雪中及び前方の障害物を検知し、その物体がなんであるかをオペレータが確認できる障害物の自動判断システムに自動走行制御を結合させ、除雪車の停止及び回避を自動化させる事により可能であるので、改善に対する寄与度を安全性は80%、生産性では90%とした。

(4) 操作のイージー化（安全性、苦渋性、生産性）

操作パターンの統一、負荷の変動に対応する自動制御により、オペレータの技量にとらわれない除雪作業ができ、難しい操作を可能にできるので、改善に対する寄与度を95%とした。

(5) 除雪作業の自動化（安全性、苦渋性、生産性）

除雪の負荷の変化によって、作業速度を緩やかに自動制御し、精度の高い作業を行う事ができ、さらに雪堤、気象条件、投雪位置等を自動的に検出し制御を行えるので、安全性及び苦渋性に対する寄与度を10~90%とした。

表-5-10-3-1 改善項目に関する適応技術または装置

【ロータリ除雪車】

改善項目	適用技術	適用技術概要	選定の理由	現在の技術レベル	備 考
投雪位置自動設定制御装置 (安全性)	シュート自動制御機構	XY制御装置とタッチパネル式入力により投雪位置を自動設定する	視界不良時に投雪位置を自動設定する	実用化済で良好な結果がでているが、使用する中で一部改良が必要	
	投雪の1点集中制御機構	家屋、交差点などにより自由に投雪できない場合、投雪可能地域へ集中的に投雪する	車両の移動、ステアリング操作に係わらず投雪位置を一点に集中させる事ができる	実用化済で良好な結果がでているが、使用する中で一部改良が必要	
	沿道条件とGPSを加味した機構	車両位置をGPSにより把握し、沿道条件を加味することにより投雪位置を自動制御できる	車両の走行に注意力を集中できる	GPSによるナビゲーションシステムが普及しているが、走行制御に使用するためには精度の向上が必要	
自動走行制御機構の開発 (安全性) (苦渋性) (生産性)	走行自動化技術	フェライト標識体の埋設、GPSによって走行を自動制御できる	自動走行により作業中のステアリング操作が大幅に解消できる	フェライト標識体の実用化へのテストは終了しており、研究段階である	
雪中障害物検知装置の開発 (安全性) (生産性)	雪中障害物検知装置	障害物の検知により、危険の予知を行う	障害物の検知により、車両の走行を回避させる事ができる	障害物センサーは実用可能となっているが、障害物の大きさ、物を判断できないため、実用機に採用するには更に研究が必要	
操作のイージー化 (安全性) (苦渋性) (生産性)	電子制御による操作機構の開発	投雪位置自動設定、自動走行制御、雪中障害物検知装置等の各種信号を車両本体に入力し、自動制御化する	作業レバー等の操作回数が大幅に解消される	上記技術参照	
	ワンタッチ入力による操作機構の開発	数多いレバー、スイッチ類の操作回数を電子制御等により自動制御化する	ワンタッチ入力により運転作業環境が改善、苦渋な運転操作の改善される	上記技術参照	
除雪作業の自動化 (安全性) (生産性)	自動走行システム	上記技術を総合集大成し、自動走行システムを形成する	オペレータの注意度が第三者に集中でき、苦渋作業からも開放される	上記技術参照	
キャビン内空間の確保 (安全性) (生産性)	キャビン全方位視界化	数多いレバー、スイッチ類の操作回数を電子制御等により自動制御化する	視界が広がり障害物、投雪位置の確認が容易となる	機械の大きさと、レバーの集約化、自動化によって視界を広くする	
	操作レバー機構の自動化、計器類の大きさ整理		計器類、レバー類の配置を運転し易い位置に配置が可能	上記技術参照	
騒音・振動対策型キャビン (苦渋性)	エンジン防音性能アップ	キャブの密閉化、吸音材による消音を図る	防音性能の向上により、作業環境が大幅に改善される	低騒音型の建設機械まで低下させるよう開発中	
	フローティングキャブ、ハイドロリックサスペンションによる振動抑制技術	キャビンと振動発生源を分離するフローティングキャブの採用と、ショックアブソーバを機械式から油圧式に変更する	振動防止機構の採用により、作業環境が大幅に改善される	キャビンの取付方法等について研究中	
作業速度の高速化 (生産性)	高速走行機構の開発	現在開発中	作業速度の高速化により生産性の向上が図られる	高速化には車体の安定が必要のため、実作業の性能を考慮し、車体構造を開発中	
	機械の小型化	小型、高出力、高負荷に対応できる材料、エンジン、油圧機器の開発により小型化を図る		小型化すると搭載エンジンが限られるため、車両の安定性、安全性から検討を行う	

(6) キャビン内空間確保（安全性、苦渋性）

運転席を乗用車感覚で居住でき、かつ操作レバー機構を自動化し、計器類、スイッチ等の大きさ、配置位置を検討する事によって、改善に対する寄与度を10～80%とした。

(7) 騒音振動対策（苦渋性）

ロータリ除雪車は、他の機種と異なり、作業中は、常時100%に近い出力にて作業を行っているため、車両本体に伝わる振動、運転室内における騒音は、大きな値となっている。騒音の対策としては、キャビンと騒音発生源を分離し、エンジンの防音性能アップにより、80%改善可能となる。振動については、フローティングキャブとハイドロリックサスペンションによる振動制御及び動力伝達機構の油圧化によって可能となるので、改善に対する寄与度を各々80%とした。

(8) 作業速度の高速化（安全性、生産性）

高速走行機構及び機械の小型化により、改善に対する寄与度を85%とした。

表-5-10-3-2 開発機の改善に適応する技術

【ロータリ除雪車】

区 分	① 改善項目	② 開発機が改善する項目	③ ②が適応する技術	④ 改善に対する寄与度設定	⑤ 寄与度設定の概略理由
安全性	投置位置自動設定制御装置	視界不良	・シュート自動制御機構 ・投置の1点集中制御機構 ・給道条件とGPS機能を加味した機構	90%	・XY制御装置とタッチパネル式入力方法により、投置位置のレバー操作回数は50%の改善可能となり、給道条件、GPS機能を搭載する事により、自動制御が可能となり操作回数が減少。
安全性	自動走行制御機構の開発	路面のスリップ	・走行自動化技術+前方障害物検知装置+雪中障害物検知装置による自動走行制御技術	85%	・自動走行により、障害物への衝突及び路面のスリップによる回避操作が不要になる。 ・作業中のステアリング操作回数が大巾に回避される。 ・障害物の検知により、除雪機械の故障率が低下する。
苦渋性		操作が難しい		60%	
生産性		道路障害物の検知		60%	
安全性	雪中障害物検知装置の開発	路面上の障害物	・雪中障害物検知装置	80%	・障害物の検知により、衝突等の事故に対する不稼働時間の減少と、作業装置の故障が防止でき、安全施工が可能となる。
生産性		道路障害物の検知		90%	
安全性	操作のイージー化	路面上の障害物	・雪中障害物検知装置	5%	・操作制御に電子制御を取り入れる事によって、作業レバー等の操作回数が大巾に改善される。 ・ワンタッチ入力等を採用すると、運転作業環境が改善される。 ・苦渋な運転操作の改善が図られる。
		機械の不備	・電子制御による操作機構の開発	20%	
苦渋性		運転姿勢	・ワンタッチ入力による操作機構の開発	60%	
		操作が難しい		95%	
生産性		操作機構の自動化		60%	
安全性	除雪作業の自動化	機械の不備	・自動走行システム	20%	・オペレータの注視度が第3者へ集中でき、事故等を回避できる。 ・操作回数の大巾な減少により、苦渋作業から開放される。
		第3者による起因		10%	
苦渋性		操作が難しい		95%	
安全性	キャビン内空間の確保	視界不良	・キャビン全方位視界化	10%	・キャビンを広くする事により、視界が広がり障害物、投置位置の確認が容易となる。 ・計器類、操作レバー類の配置を運転しやすい位置に配置が可能である。
		運転姿勢	・操作レバー機構の自動化	50%	
苦渋性		キャビン内の大きさ	・計器類の大きさ整理	80%	
苦渋性	騒音・振動対策型キャビン	振動	・フローティングキャブ+ハイドロリックサスペンションによる振動抑制技術 ・動力伝達機構の油圧化	80%	・振動、騒音防止機構を採用する事により、作業環境が大巾に改善される。
		騒音	・エンジンの防音性能アップ	80%	
安全性	作業速度の高速化	第3者による起因	・作業視界の改善 ・死角の解消技術	20%	・作業速度を高速化する事により、生産性の改善が図られる。
生産性		作業速度の向上	・高速走行機構の開発 ・機械の小型化	85%	

改善項目に対する適応技術の絞り込みを行ったので、次に、開発機への改善割合を設定し、適応技術の導入を行った場合の評価を行う必要がある。開発機の改善項目の重要度について、ロータリ除雪車は次のような方針を選定した。

安全性の向上は、オペレータの安全運転に直接影響し、作業効率にも関連がある「視界不良」は、特に重要度が大きいと考えられるので0.4とした。「路面のスリップ」、「路面上の障害物」については、生産性にも影響するため、重要度を0.2、「機械の不備」、「第3者に起因」は、機械の故障、一般車等の飛び込み等による事故であり、重要度が小さいと考えられるので0.1とした。

苦渋性の解消は、ロータリ除雪車のキャビンの居住性が悪く、長い作業時間となるため苦渋性の改善要望が高く、「運転姿勢」、「振動」、「キャビンの大きさ」については重要度が大きいと考えられるので0.2、「騒音」については、振動より苦渋性が低いので重要度が小さいと考え0.1とした。「操作が難しい」は、作業効率の向上を図るにはオペレータの技量にとらわれない機械が必要であり、重要度が大きいと考えられるので0.3とした。

生産性の向上は、作業効率の向上を図る「作業速度の向上」と、作業装置の故障、事故防止を図る「道路障害物の検知」について、重要度が大きいと考えられるので0.3とした。「操作機構の自動化」については、作業効率の向上を図るためオペレータの技量にとらわれない機械が必要であり、重要度が大きいと考えられるので0.4とした。また、「交通量が多い」「歩行者が多い」は交通量が多く歩行者が歩いている作業環境の中では、機械の稼働は不可能であるので0.0とした。

表-5-10-3-3 改善項目の評価

【ロータリ除雪車】

項 目	視界不良	路面のスリップ	路面上の障害物	機械の不備	第3者に起因	その他	運転姿勢	振動	騒音	キャビンの大きさ	操作が難しい	作業速度の向上	操作機構の自動化	道路障害物の検知	交通量が多い	歩行者が多い
重 要 度 a	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.0	0.0
度 数 N	22	7	35	16	28	11	3	25	19	27	30	4	3	10	25	14
改善目標値 d (a×N)	8.8	1.4	7.0	1.6	2.8	0.0	0.6	5.0	1.9	5.4	9.0	1.2	1.2	3.0	0.0	0.0
投置位置自動設定 制御装置	e 改善割合%	90														
	f (100-e)	10														
	g 分担割合%	80														
	h (d, f, g)	0.7														
自動走行制御機構 の開発	e 改善割合%		85								60			60		
	f (100-e)		15								40			40		
	g 分担割合%		100								10			20		
	h (d, f, g)		0.2								0.4			0.2		
雪中障害物検知装 置の開発	e 改善割合%			80										90		
	f (100-e)			20										10		
	g 分担割合%			80										80		
	h (d, f, g)			1.1										0.2		
操作のイージー化	e 改善割合%		6	20			80				85		60			
	f (100-e)		94	80			20				15		40			
	g 分担割合%		20	80			20				30		100			
	h (d, f, g)		1.3	1.0			0.1				0.1		0.5			
除雪作業の自動化	e 改善割合%			20	10						95					
	f (100-e)			80	90						5					
	g 分担割合%			20	80						60					
	h (d, f, g)			0.3	1.9						0.3					
キャビン内空間の 確保	e 改善割合%	10					60			80						
	f (100-e)	90					40			20						
	g 分担割合%	20					80			100						
	h (d, f, g)	1.6					0.2			1.1						
騒音・振動対策型	e 改善割合%						80	80								
	f (100-e)						20	20								
	g 分担割合%						100	100								
	h (d, f, g)						1.0	0.4								
作業速度の高速化	e 改善割合%				20							85				
	f (100-e)				80							15				
	g 分担割合%				20							100				
	h (d, f, g)				0.4							0.2				
改 善 目 標 値	(8.8)	(1.4)	(7.0)	(1.6)	(2.8)	(0.0)	(0.6)	(5.0)	(1.9)	(5.4)	(9.0)	(1.2)	(1.2)	(3.0)	(0.0)	(0.0)
経歴改善後の改善目標値 (経歴改善後の改善目標値)	(27.1)	(2.3)	(28.2)	(16.3)	(27.1)	(0.0)	(8.3)	(21.8)	(11.1)	(30.6)	(22.2)	(18.2)	(45.4)	(38.4)	(0.0)	(0.0)

前記の各改善項目の重要度、区分及び除雪に従事する作業員を対象に行ったアンケート調査の結果の度数を用いて、「安全性の向上」、「苦渋性の解消」、「生産性の向上」の問題点を各改善項目ごとに、開発機改善後の改善目標値を算定し、改善の評価を行った結果を表-5-10-3-3 に示す。

5.10.4 安全性の向上

機種別の安全性の向上は、図-5-10-4-1 に示すように、除雪トラックでは、「視界不良」は前方障害物検知装置（ミリ波パルスレーダ）により26.7%、「路面スリップ」は、除雪負荷自動制御装置及び除雪支援システムにより28.0%、「路面上の障害物」は、磁気探知器の応用及び安全機構復元自動化により15.6%が、適応技術により各々向上でき、全体での安全性の向上における装置改善後の改善比率は170.3%と評価できる。

除雪グレーダでは、「視界不良」は前方障害物検知装置（ミリ波パルスレーダ）により16.2%、「路面スリップ」は、ブレードの自動化装置及び自動変速機構により5.1%、「路面上の障害物」は、雪中障害物検知装置及びキャビンの大空間化により21.0%が、適応技術により各々向上でき、全体での安全性の向上における装置改善後の改善比率は142.3%と評価できる。

ロータリ除雪車では、「視界不良」は投雪位置自動設定制御装置及びキャビン内空間の確保により30.4%、「路面スリップ」は、自動走行制御機構により5.6%、「路面上の障害物」は、雪中障害物検知装置により21.5%が、適応技術により各々向上でき、全体での安全性の向上における装置改善後の改善比率は160.3%と評価できる。しかし「機械の不備」と「第三者に起因」との問題点は、機械の故障による事故や、一般車両が飛込んでくる等で評価はできない。

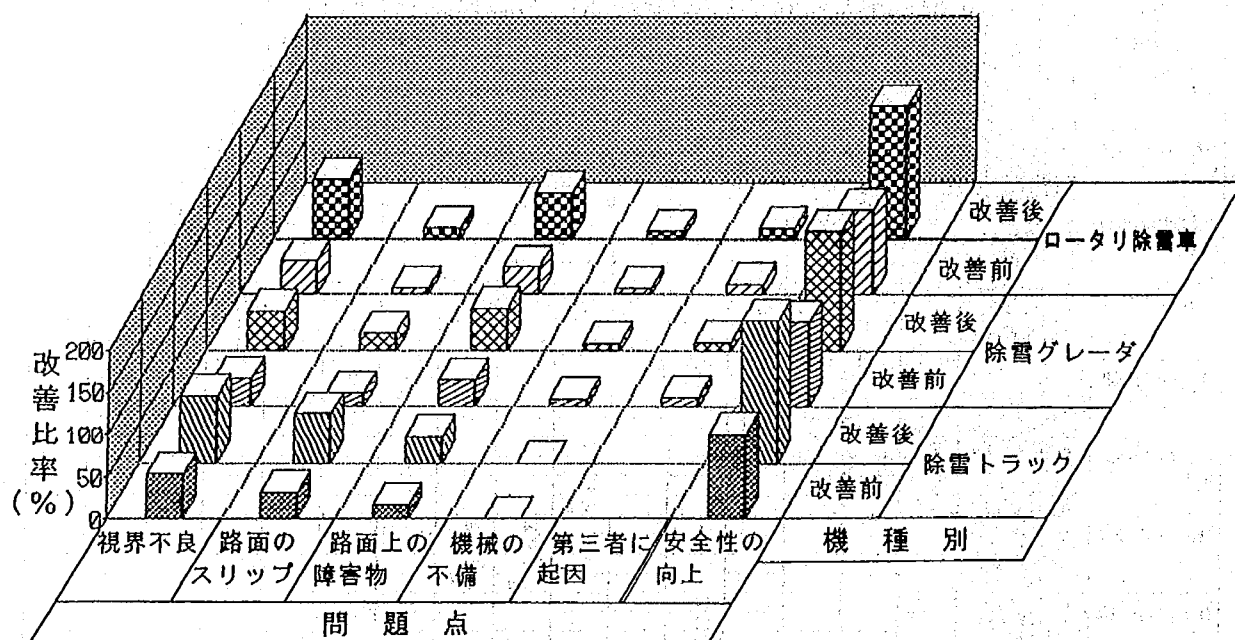


図-5-10-4-1 安全性の向上に関する改善評価

5.10.5 苦渋性の解消

機種別の苦渋性の解消は、図-5-10-5-1 に示すように、除雪トラックでは、「操作が難しい」は自動変速機構、除雪負荷自動制御装置、作業装置自動姿勢制御装置、除雪支援システムの適応技術により28.6%が向上された、また、「運転姿勢」「振動」「騒音」「キャビンの大きさ」は、アンケート調査結果からも除雪トラックは改善要望が少なく、キャビンの改善は全て最善の対策が施されており、他機種に比べて遥かに居住性及び運転姿勢は苦渋度が低く、近未来のレベルでは改善の余地は残っていないため、全体での苦渋性の解消における装置改善後の改善比率は128.6%と低い。「操作が難しい」については92.1%と評価ができる。

除雪グレーダでは、「運転姿勢」は自動変速機構及びキャビンの大空間化により3.2%、「振動」は、振動抑制装置フローティングキャブにより11.2%、「騒音」は、キャビンの大空間化により4.8%、「キャビンの大きさ」は、キャビンの大空間化により11.7%、「操作が難しい」は、ブレードの自動化装置及び自動変速機構により11.9%が、適応技術により各々向上でき、全体での苦渋性の解消における装置改善後の改善比率は142.8%と評価できる。

ロータリ除雪車では、「運転姿勢」は操作のイージー化及びキャビン内空間の確保により3.2%、「振動」「騒音」は、騒音・振動対策型キャブにより18.2%、6.9%、「キャビンの大きさ」は、キャビン内空間の確保により19.7%、「操作が難しい」は、自動走行制御機構、操作のイージー化、除雪作業の自動化により37.4%が、適応技術により各々向上でき、全体での苦渋性の解消における装置改善後の改善比率は183.6%と評価できる。

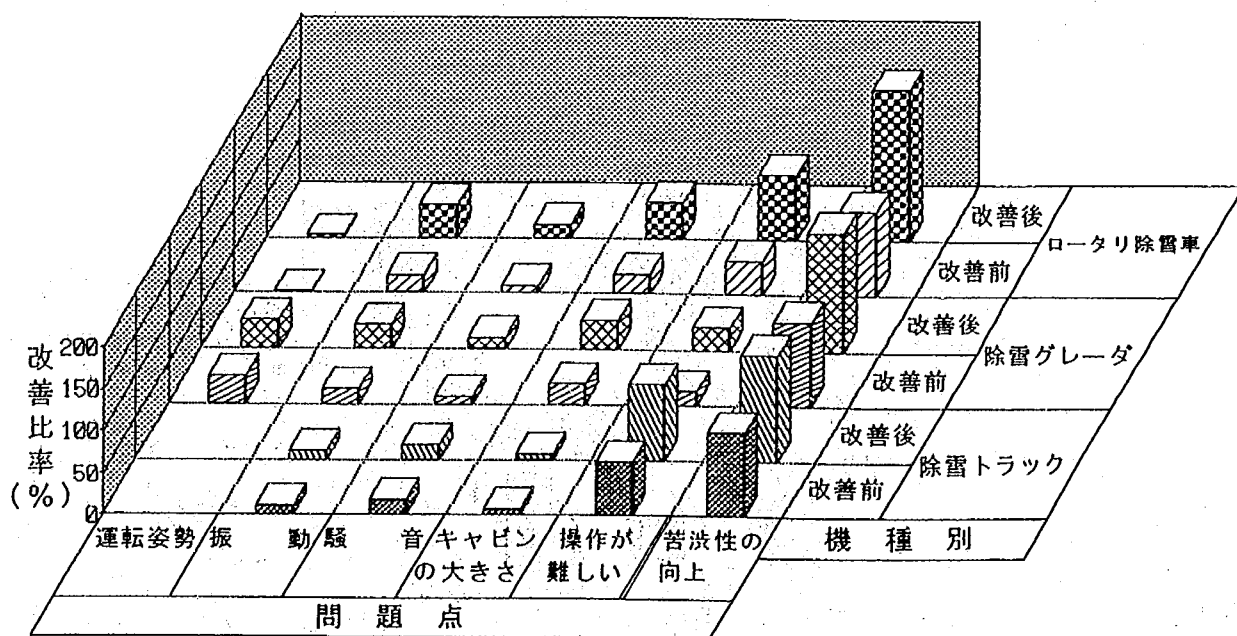


図-5-10-5-1 苦渋性の解消に関する改善評価

5.10.6 生産性の向上

機種別の生産性の向上は、図-5-10-6-1 に示すように、除雪トラックでは、「作業速度の向上」は自動変速機構、除雪負荷自動制御装置、除雪機械の小型化及び高出力、高速化、除雪支援システムにより21.7%、「操作機構の自動化」は、自動変速機構、除雪負荷自動制御装置、作業装置自動姿勢制御装置により8.3%、「道路障害物の検知」は、前方障害物検知装置（ミリ波パルスレーダ）により13.4%、「交通量が多い」は、安全機構自動復元装置、除雪機械の小型化及び高出力、高速化、除雪支援システムにより31.6%が、適応技術により各々向上され、全体での生産性の向上における装置改善後の改善比率は175.0%と評価ができる。

除雪グレーダでは、「作業速度の向上」は自動変速機構、可変幅員ブレード、雪中障害物検知装置、除雪機械の高出力及び高速化、振動抑制装置フローティングキャブにより3.9%、「操作機構の自動化」は、ブレードの自動化装置、自動変速機構により7.1%、「道路障害物の検知」は、前方障害物検知装置（ミリ波パルスレーダ）により11.1%、「交通量が多い」は、自動変速機構、可変幅員ブレード、除雪機械の高出力及び高速化により9.3%と、適応技術により各々向上でき、全体での生産性の向上における装置改善後の改善比率は131.4%で評価できる。

ロータリ除雪車では、「作業速度の向上」は作業速度の高速化により18.5%、「操作機構の自動化」は、操作のイージー化により12.9%、「道路障害物の検知」は、自動走行制御機構及び雪中障害物検知装置により48.2%が、適応技術により各々向上でき、全体での生産性の向上における装置改善後の改善比率は179.6%で評価できる。しかし「交通量が多い」と「歩行者が多い」との問題点は、アンケート調査結果ロータリ除雪車は、とくに改善要望が多く交通量及び歩行者が多い作業環境の中では稼働はできないため、重要度を0とし評価を行わなかった。

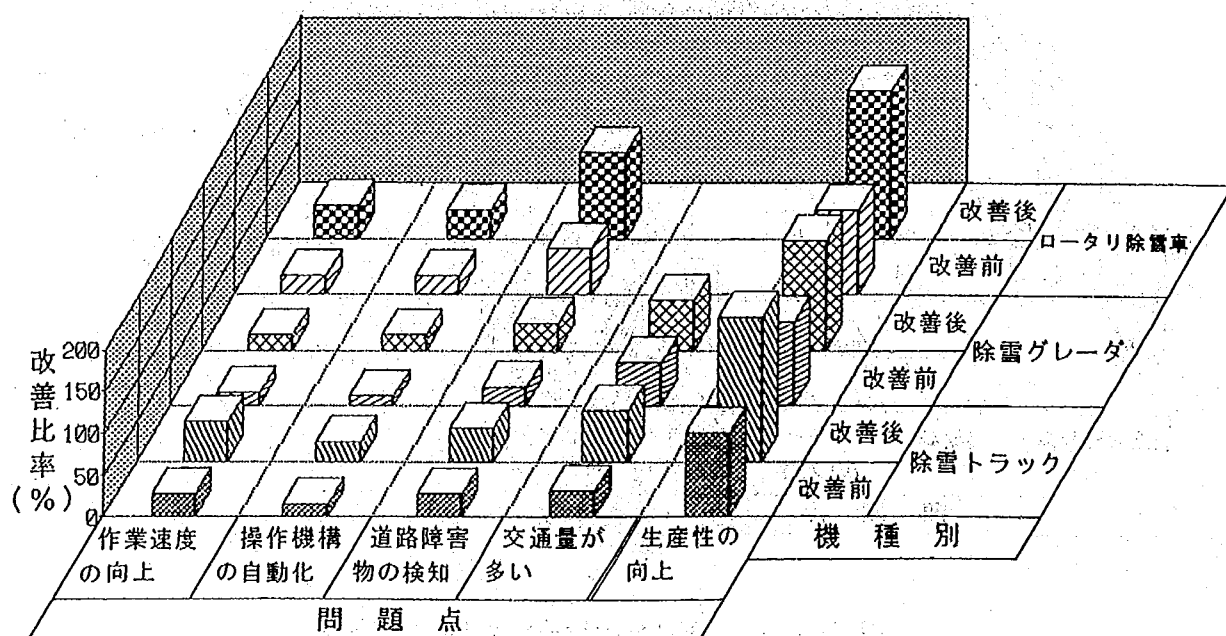


図-5-10-6-1 生産性の向上に関する改善評価

5.11 改善効果

5.11.1 改善効果の測定

5.11.1.1 除雪トラック

(1) 自動変速機構装着車の変速レバー操作回数比較調査

除雪トラック（10t）のマニアル変速機装着車との変速レバー操作回数比較調査を、同区間内で雁行作業により同時比較した。

調査結果は、表-5-11-1-1-1 に示すように、AT車の走行変速レバーの操作回数は、MT車の約 1/10であった。

また、オペレータは、操作パネルのドライブスイッチを1回押すだけの操作で自動変速が行え、1回当りの変速時間を比較すると、MT車の手動操作では、1.2～1.8秒が必要であるがAT車の自動変速機構は、0.2秒以内の短時間で変速が行えた。

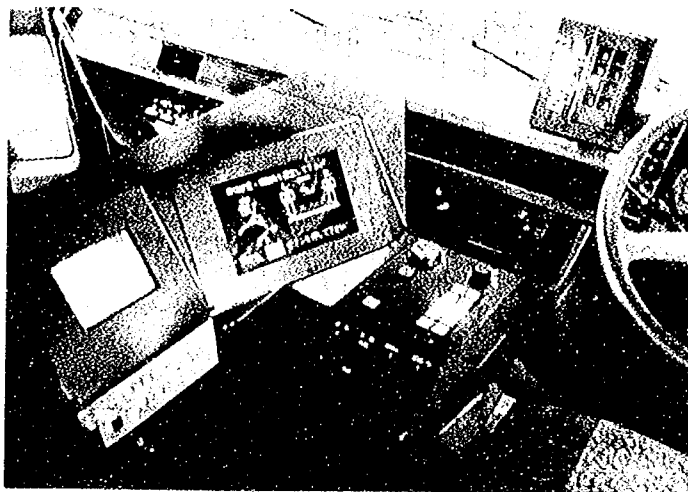


写真-5-11-1-1 除雪トラック操作ボード

(2) トラックグレーダ除雪負荷自動制御装置装着車の操作レバー操作回数比較調査

除雪トラック（10t）用トラックグレーダの回送姿勢から作業姿勢にした後作業を開始する時の、90秒間の左右昇降、反転シリンダのストロークの変化を比較した。

調査結果は、図-5-11-1-1-1 に手動操作作業時、図-5-11-1-1-2 には自動制御作業時の各シリンダのストロークの変化を示す。マニアル操作では作業姿勢にするのに14.1秒を要し、姿勢変換開始から90秒間に延べ20回の操作を行っており、自動制御では姿勢変換開始から90秒間に操作したのは最初に作業ボタンを押



写真-5-11-1-2 除雪トラックグレーダ装置

表-5-11-1-1-1 走行変速レバーの操作回数比較表

項 目	A T 車	M T 車	操作回数比率
平均変速回数	7.3回	77.6回	$\frac{AT車}{MT車} = \frac{7.3}{77.6} = \frac{1}{10.6}$
1回当り走行距離数	41.3km/回	43.0km/回	
時間当り変速回数	2.9回/Hr	29.8回/Hr	
平均作業速度	15.9km/Hr	16.2km/Hr	

したのみであった。1回当りの姿勢変換時間を比較すると、手動操作では、14.1秒が必要であるが自動制御では、8.3秒の短時間で操作が行える。

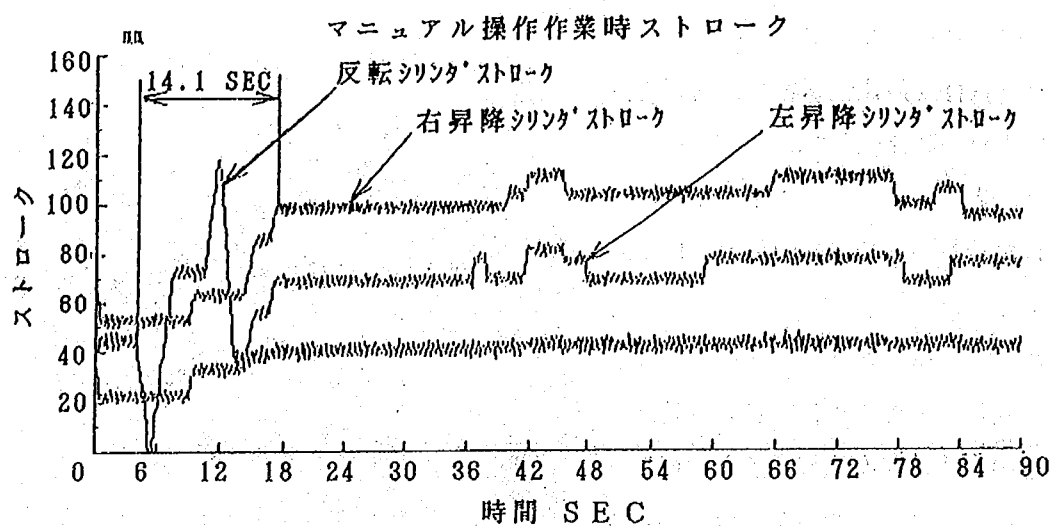


図-5-11-1-1-1 手動操作作業時

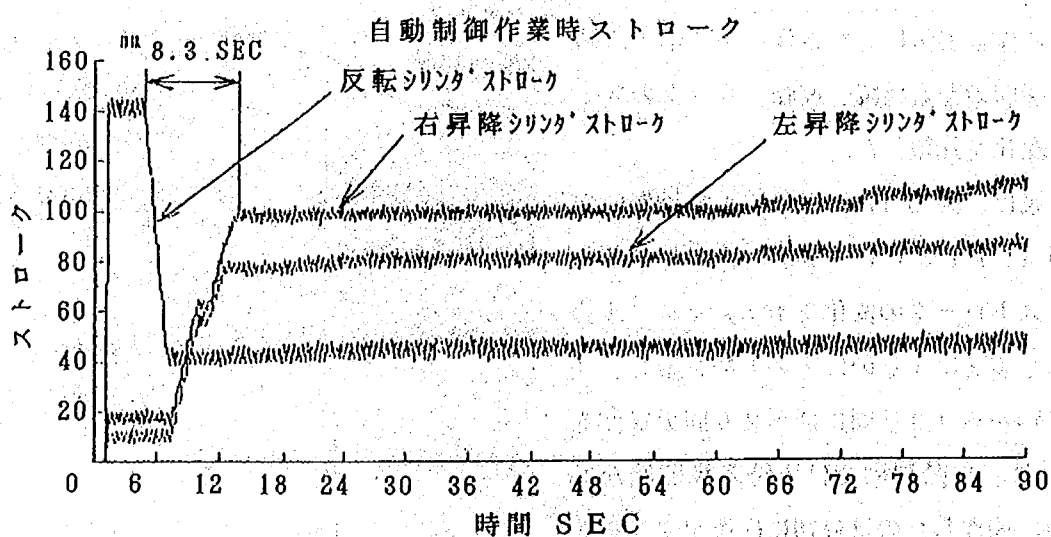


図-5-11-1-1-2 自動制御作業時

(3) 安全機構自動復元装置（トラック・グレーダ用シャーピンレス装置）調査試験

安全機構作動状況及び復元の信頼性、耐久性が確認するため調査試験を昭和56年度～昭和58年度までの3ヶ年行った。

調査の結果、作動の確認では作業性が良いが、100%、作動回数は年平均7回で、作動要因と発生率を図-5-11-1-1-3に示すように、安全機構の復元自動化により路上でのシャーピン交換が皆無となり危険回避ができ安全性が向上した。

今までは、復元を運転室内より手動操作で行っていたが、これをさらに自動制御化した装置の試験施工を行った。この装置は、安全機構の作動状態をモニター画面に表示し、オペレータに作動を知らせ復帰ボタンを1回押すだけの操作で自動復元するもので、この復元時間は10.5秒であった。

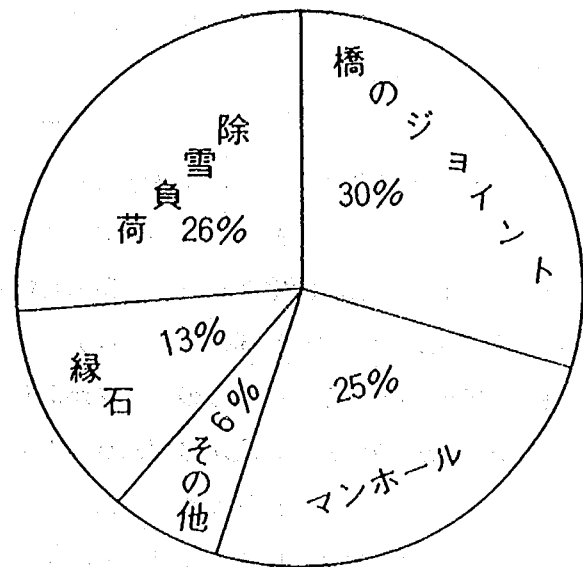


図-5-11-1-1-2

作動要因で発生比率図

(4) サイドウイング自動姿勢制御装置作動時間比較調査

除雪トラック（10t）用のサイドウイング・マックレーは、作業姿勢と回送姿勢への切換を、5系統の油圧シリンダとモノレバースイッチにより、順序正しく操作をする必要があり操作が複雑なため誤操作による事故防止と、スイッチ操作の簡略化を図るために、リミットSW、接近SW、圧力SW、リレー等により構成されたセンサーでスイッチによりワンタッチ操作でシーケンス制御をし、自動制御の姿勢切換は適応機種毎に下記の表-5-11-1-1-2の通りとした。

調査結果は、自動制御化により操作時間は手動と同じか、若干多くかかる傾向にあるが操作パネルの「回送」「自動解除」「作業」の3スイッチからセレクトし1回押すだけで、姿勢切換が行え誤操作が解消できた。機種別自動姿勢制御作動時間の調査結果を、表-5-11-1-1-2に示す。

表-5-11-1-1-2 機種別自動姿勢制御作動時間調査表

【エンジン回転数 1,200rpm】

適応機種	姿勢切換	自動	手動
10t IGS	回送姿勢 ⇒ 作業姿勢	12.1sec	10.4sec
	作業姿勢 ⇒ 回送姿勢	22.1	15.7
10t IGM	回送姿勢 ⇒ 作業姿勢	22.0	23.0
	作業姿勢 ⇒ 回送姿勢	30.4	29.8
10t IGSM	回送姿勢 ⇒ 作業姿勢	23.5	25.0
	作業姿勢 ⇒ 回送姿勢	30.9	26.0
	サイドウイング作業姿勢 ⇒ マックレー作業姿勢	108.5	109.7
	マックレー作業姿勢 ⇒ サイドウイング作業姿勢	109.4	112.6

5.11.1.2 除雪グレーダ

(1) 振動抑制装置の振動抑制効果の調査

ダイナミックダンパ（前部ウエイト、作業装置利用による振動抑制装置）を除雪グレーダに装着し、特性試験を実施した。また、キャブのフローティング化・足廻りサスペンションを装着した場合の振動低減効果をコンピュータシミュレーションで確認した。

① ダイナミックダンパの特性試験結果

試験結果として、周波数毎の振動加速度の変化を図-5-11-1-2-4 に示す。除雪グレーダの振動特性として、車体の固有振動（2～3Hz A部○点）及びチェーンによる振動（約25Hz B部○点）に強さのピークがあり、フロント部のダイナミックダンパを動作させることにより、A部○点の振動加速度がC部△点へと減少し車体の固有振動に対して大きな抑制効果があった。しかし、チェーンによる振動であるB部の振動低減効果はなかった。

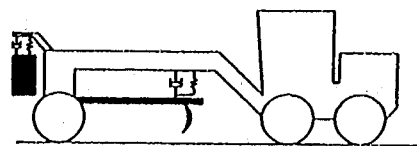


図-5-11-1-2-1 ダイナミックダンパ概略図

② シミュレーションによる振動低減結果

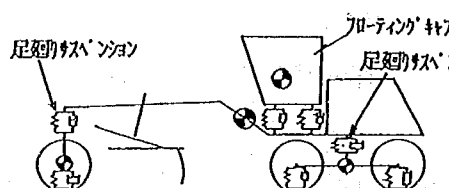


図-5-11-1-2-2 シミュレーションモデル

シミュレーションによる振動波形を図-5-11-1-2-3 に示す。キャブのフローティング化は、チェーンによる比較的高い周波数の振動に対して、足廻りサスペンションでは車体の固有振動に対して各々低減効果があり、両者を組み合わせると、乗用車並の振動レベルとなることがわかった。

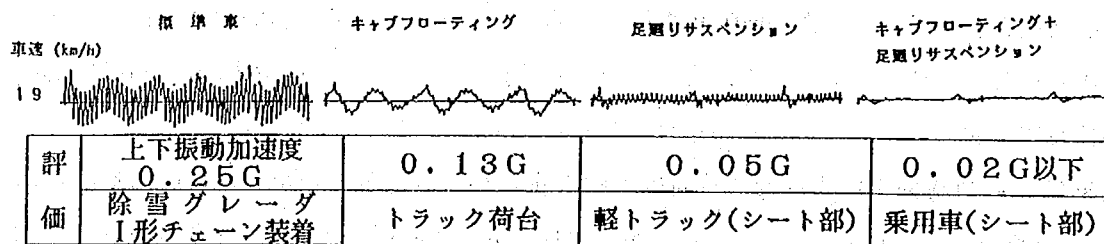


図-5-11-1-2-3 振動シミュレーション結果

③ 振動抑制効果の定量的評価

図-5-11-1-2-4 に示すISOの振動暴露基準（作業の正確さを維持しうる時間）で評価すると、通常の除雪グレーダでの評価時間は、A部○点の約16分（2～3 Hz）、（最も振動加速度の大きいところの時間で評価する）フロント部のダイナミックダンパ動作時では、約1時間（約25Hz B部△点）、フローティングキャブ（計算値）とダイナミックダンパの組み合わせでは約4時間（2～3Hz C部△点）となり、振動抑制に大きな効果がある。

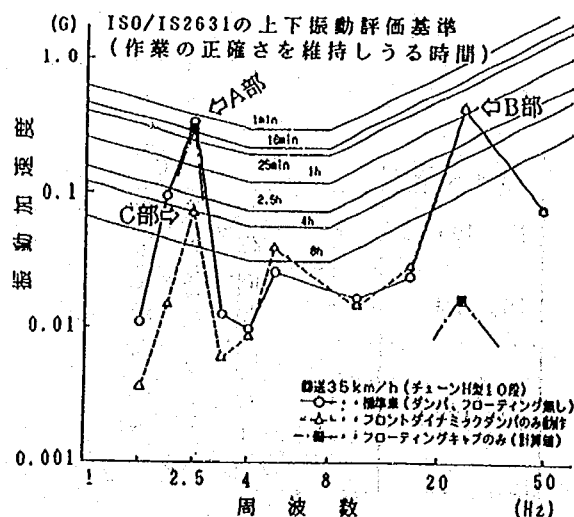


図-5-11-1-2-4 振動の評価 (ISO 振動暴露基準)

(2) オートマチックトランスミッション装着車の調査

除雪グレーダは、様々な除雪条件や周囲環境に対応できる反面、高度な運転技術と注意力が要求される。除雪作業中はブレードの操作の他、変速レバーやインチングペダルの操作を頻繁に繰り返しており、オペレータの苦渋作業の要因となっている。

ダイレクトパワーシフトオートマチックトランスミッションを開発し、これを装着した除雪グレーダ（4m）とマニュアル変速機装着車の比較試験調査を実施した。

試験調査は、変速レバー及びインチングペダルの操作回数の調査、オペレータへのヒアリング及びアンケート調査を実施した。その調査結果を表-5-11-1-2-3 に示す。

表-5-11-1-2-3 AT/MT比較表

車種別 調査項目		A T 車	M T 車	操 作 回 数 の 比
シフトレバー	平均変速回数	20回	37回	$\frac{AT車}{MT車} = \frac{20}{37} = \frac{1}{1.9}$
	1回当り走行距離	0.7km/回	0.4km/回	
	時間当り変速回数	12.2回/h	19.4回/h	
インチングペダル	平均変速回数	12回	68回	$\frac{AT車}{MT車} = \frac{12}{68} = \frac{1}{5.6}$
	1回当り走行距離	1.1km/回	0.2km/回	
	時間当り変速回数	7.4回/h	35.8回/h	
平均作業速度		8.2km/h	7.5km/h	$\frac{AT車}{MT車} = \frac{8.2}{7.5} = \frac{1.1}{1}$

オートマチック車（AT車）の走行変速レバーの操作回数は、マニュアル車（MT車）の約半分であるが、変速タイミングの検討により更に向上する。

インチングペダルの操作回数はマニュアル車の1/6と大幅に減少している。オートマチック車のインチングペダルの操作は、車庫入れ時などの微動運転のみであり、信号待ちの一旦停止時のペダル操作が不要となり運転が楽になる。

作業速度は、約10%の向上がみられ生産性が向上する。

オペレータのヒアリング及びアンケート調査結果

・シフトレバー関係

シフトレバーの操作力が軽く疲れない

シフトレバーの操作が簡単（モード切替）

・走行系

加速性がよい

エンジンプレーキの効きがよい

マニュアルでも走行できるのがよい

表-5-11-1-2-4 レバー先端の操作力

項 目	A T 車	M T 車
シフトレバー	5.9 N	39.2 N
R-Fレバー	3.9 N	39.2 N

発進時のタイムラグ、変速ショックがあるものの総じてオペレータには好評であった。

5.11.1.3 ロータリ除雪車

(1) 投雪位置自動設定制御装置

標準的な沿道条件で、拡幅作業を行った時の操作レバーの操作回数と、開発される機能（レベル1～3）を備えた投雪位置自動設定制御装置の効果について検討を行った。

図-5-11-1-3-1 は投雪作業1時間当たりの操作レバーの操作回数で、投雪位置制御をXYレバー及びタッチパネル（レベル1）で行った場合、既存車より操作回数は50%改善され、レベル2、3となれば大幅に操作回数の低減が図られる。写真-5-11-1-3-1 にXY自動制御運転室、写真-5-11-1-3-2 に1点集中作業試験状況を示す。

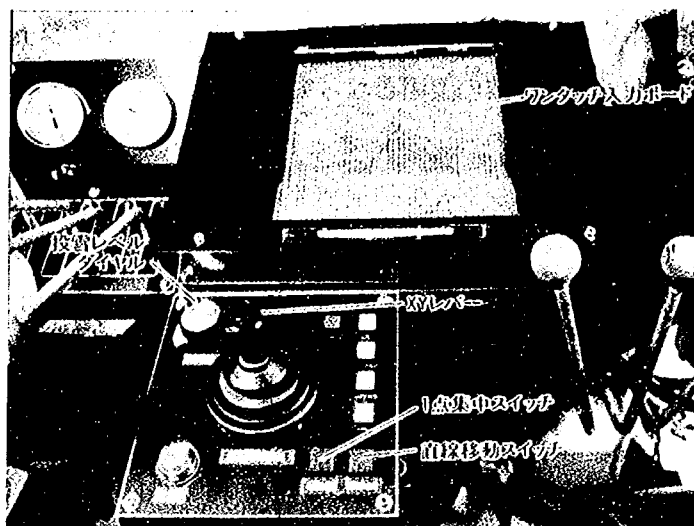
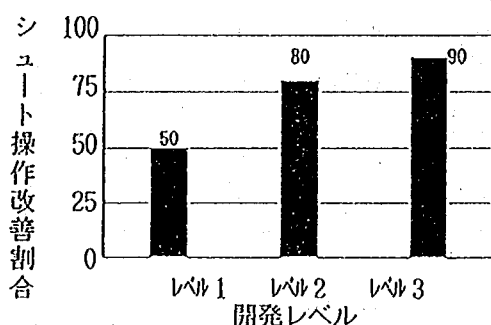


写真-5-11-1-3-1 XY自動制御運転室



沿道条件: (km当たり)

一般民家	100 棟
ガリソクダ	2
橋梁	2
交差点	7
応停	3
車線数	2
作業速度km/h	3

開発レベル内容

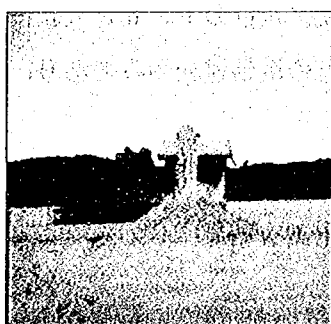
レベル1	: XYレバー+タッチパネル
レベル2	: 沿道条件を加味した制御
レベル3	: 沿道条件+GPS機能を加味した制御

(除雪機械機種200PS 級)

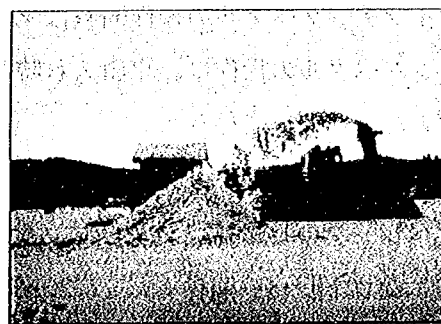
図-5-11-1-3-1 投雪作業1時間当たりの操作レバーの操作回数



①制御開始



②中 間

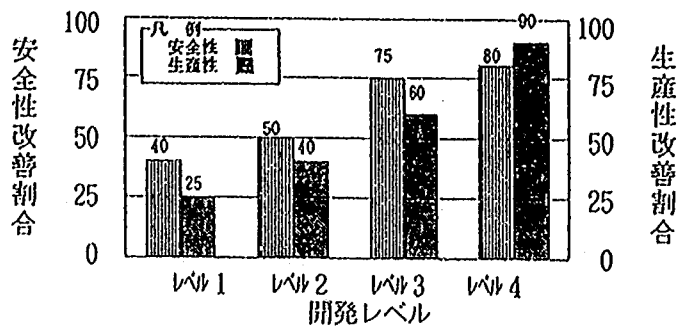


③制御終了

写真-5-11-1-3-2 1点集中作業試験状況

(2) 自動走行制御機構の開発

除雪作業の生産性を向上させる要因の強い、自動走行制御機構を取り入れる事による効果（既存機種200PS級）を図-5-11-1-3-2 に示す。（沿道条件は図-5-11-1-3-1 に同じ。）検証の結果、レベル1に於ける改善割合では40%に対して、レベル3に至ると85%の改善効果が得られる。



開発レベル内容

レベル 1	障害物を目で確認
レベル 2	音声で警報
レベル 3	障害物を判断し、除雪車を停止させる
レベル 4	障害物を判断し、除雪車を自動回避させる

図-5-11-1-3-2 自動走行制御による生産性の改善割合

写真-5-11-1-3-3 に道路上に敷設した標識体、写真-5-11-1-3-4 に自動走行による除雪試験状況を示す。

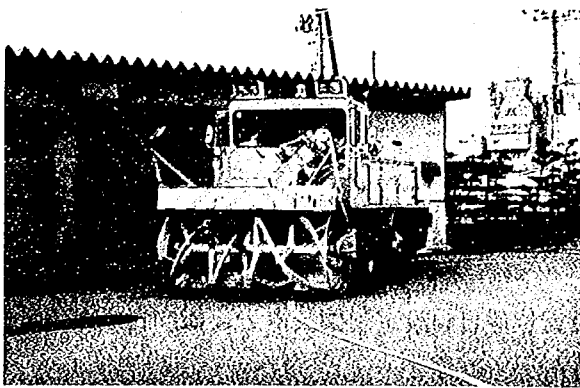


写真-5-11-1-3-3

道路上に敷設した標識体（フェライト）

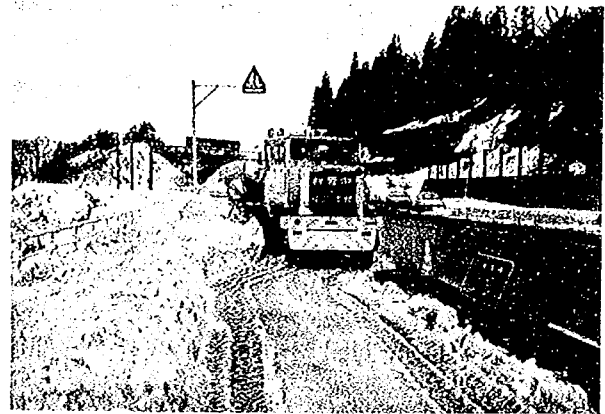


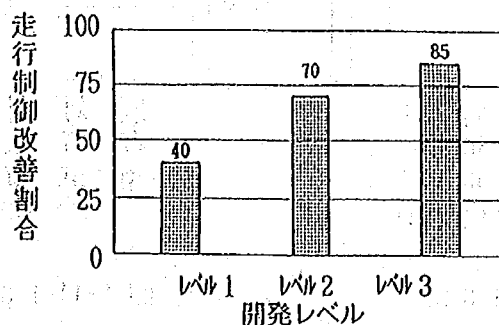
写真-5-11-1-3-4

自動走行による除雪試験状況

(3) 雪中障害物検知装置

路側に堆積した雪を、道路外等へ排雪する拡幅除雪時、雪中落下物又は雪中障害物の検知確認システムが完成すれば安全性、生産性の向上に及ぼす影響は非常に大きい。図-5-11-1-3-3 は雪中障害物検知装置の開発レベルとその効果を示したものである。

図-5-11-1-3-3 から、レベル1である障害物を目で確認できるシステムを開発する事によって、40%も安全性が改善可能である。これは、雪中落下物又は雪中障害物が、除雪装置のオーガ内部への食い込み防止に大きく寄与するためである。



開発レベル内容

レベル 1	道路上に標識体（フェライト）を敷設しそれに沿って自動走行する
レベル 2	沿道条件、線形を加味した自動入力
レベル 3	沿道条件、線形+GPS 機能を加味した制御

図-5-11-1-3-3 雪中障害物検知装置開発レベルと改善割合

(4) 除雪作業の自動化、操作のイージー化

作業中の安全性の向上、苦渋性の解消、生産性を向上させるためには、前述（1）、2）、3）の技術開発を総合的に組み合わせる事が必要である。図-5-11-1-3-4 は、沿道条件を一部加味した投雪位置自動設定制御装置と、操向自動制御を取り入れたロータリ除雪車の概念図である。

この機構に、雪中障害物検知装置を取り入れ、これから出力された各種信号を車両本体に入力し、ロータリ除雪車を制御する技術を開発する事によって、除雪の作業環境も大いに改善される。

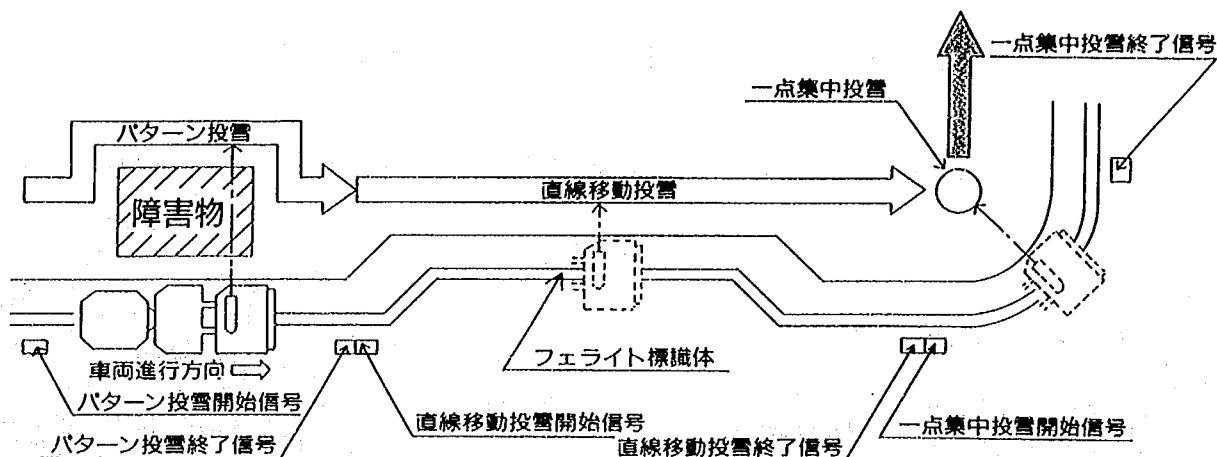


図-5-11-1-3-4 沿道条件を一部加味した投雪位置自動設定制御装置と、操向自動制御を取り入れた除雪構想

(5) 騒音（振動）対策型キャビン

ロータリ除雪車は、他の除雪車と異なり、作業中は常時100%に近い出力で作業を行っているため、車両本体に伝わる騒音、振動は他の除雪車に比べ大きな値となっている。騒音、振動の主な発生源はエンジンであり、キャビンがエンジンに接近した構造になっている異が起因している。

この対策としては、キャビンと発生源を分離するフローティングキャブの導入とともに、動力伝達系統を機械式から油圧式に変える事によって、エンジン及び動力伝達系統から発生する騒音、振動を軽減する事が可能となる。図-5-11-1-3-5に耳元騒音レベル、図-5-11-1-3-6に床上振動レベルを示す。

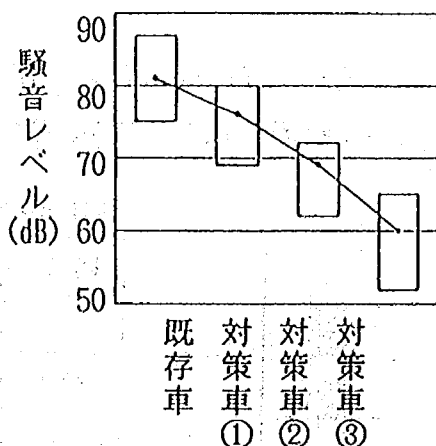


図-5-11-1-3-5
耳元騒音レベル

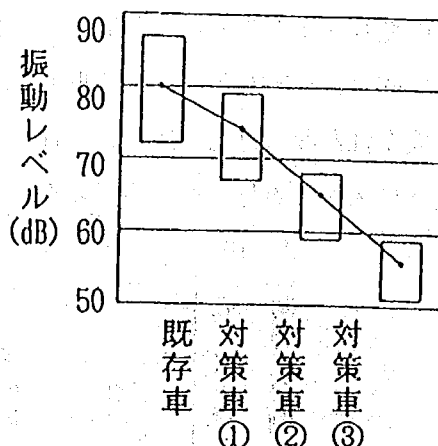


図-5-11-1-3-6
床上振動レベル

5.11.2 改善上の問題

(1) 近未来

安全性の向上について、吹雪、地吹雪等の視界不良は、現在の技術では電磁波（ミリ波）を媒体にしたパルスレーダ・ランプ及びブザー方式は小型で車載可能であり、物体の有無の確認は100 m先までできるが、雪堤か自動車なのか形状の判断ができず、今後はマイクロコンピュータの組合せにより、物体の形状判断をし、その物体名を合成音で発生し注意を喚起させることも可能であると考えられる。

また、吹溜りに埋没する車両の探知、または、雪中物の確認には磁気探知器が有効であるが、実用磁気探知距離は最大で7 mであるため、車載で高速走行時の探知は難しい。

しかし、近未来は路側の誘導ルール上を、無線操縦磁気探知ロボットが除雪車より先行し、路車間情報システムにより除雪支援が可能と考えられる。

このほかに、一般車両が視界不良で飛び込んでくることが多いため、車体後部に突入防止装置、及び吹雪等の視界不良時に視認性の高い標識装置の取付けが必要である。

とくに、ロータリ除雪車の除雪装置は、高速で回転するオーガが外部に露出しているため、除雪条件に合わせてオーガを覆うことが可能な機構を開発することが必要である。

苦渋性の解消について、走行及び作業装置の自動化に伴い、操作ボードが多配列多配置になり複雑化し、操作性が低下し誤操作の確率が高くなると予測できるので、操作キー数を必要最小限にし、使用頻度の高い順に中央から側方へ人間工学的に配置し、誤操作防止も合わせて検討する必要があると考える。

とくに、除雪グレーダ、ロータリ除雪車の振動は、ダイナミックダンパ、フローティングキャブ、足廻りサスペンションを装備すれば解消できるが、ダイナミックダンパと、フローティングキャブは導入可能であるが、足廻りサスペンションは、近未来除雪グレーダの中で検討する必要がある。また、エンジンマウントの改良により振動の遮断や、高性能スタッドレスタイヤの開発が必要である。騒音はキャブの密閉化、エンジンの防音対策は可能であるが、振動、騒音源であるタイヤチェーンの無振動及び無騒音化の検討開発が必要である。

生産性の向上について、一般通行車両等の交通量が、今後益々多くなり除雪作業速度を上げて作業ができなくなることが予測されるので、除雪施工方法の見直しをし、安全対策をも再検討する必要があると考える。

例えば、除雪車の作業集団（雁行作業）の最後部に標識車を配置し、路車間情報システムで一般車両を作業区間内に入り込めない体制を取り、一定区間ごと作業を一時中断して、道路を開放して一般車両を通行させることにより、高速化による作業効率の向上は図れると考えられる。

(2) 遠未来

遠未来のイメージを実現するには無人化が前提であるが、安全走行をするためにも前方障害物、路面状況、後続の一般車両の確認等の、除雪機周辺の車道空間の情報把握がマルチに処理でき、それを瞬時に判断し、走行及び作業の自動制御要素として、取り入れることが重要であると考えるので、道路情報システムの開発が望まれる。

5.12.1 実用化の提案

5.12.1.1 除雪トラック

表-5-12-1-1-1 除雪トラック諸元表

項 目	近 未 来	遠 未 来
1. 性能 作業速度 最高速度	40 km/h 以上 80 km/h 以上	高速化
2. 車 体 全長 全高 全重 乗員定員	12.0 m 以下 2.5 m 以下 3.8 m 以下 2.0 t 以下 1 名	小型化・無人化
3. 機 関 形 式 出 力	水冷式ディーゼル機関 40 OPS 以上	高性能無公害機関 高出力化
4. 変速機 形 式	フジック自動変速機	フジック制御自動変速システム
5. 減速機 形 式	スクエアドラフトリギッドスリッパ	高性能 LSD システム
6. 車輪配列 形 式 駆動制御	前2輪 後2輪総輪駆動 (全輪駆動) トラクションコントロールシステム(TCS)	多輪多輪総輪駆動 トレス・トラクションコントロールシステム

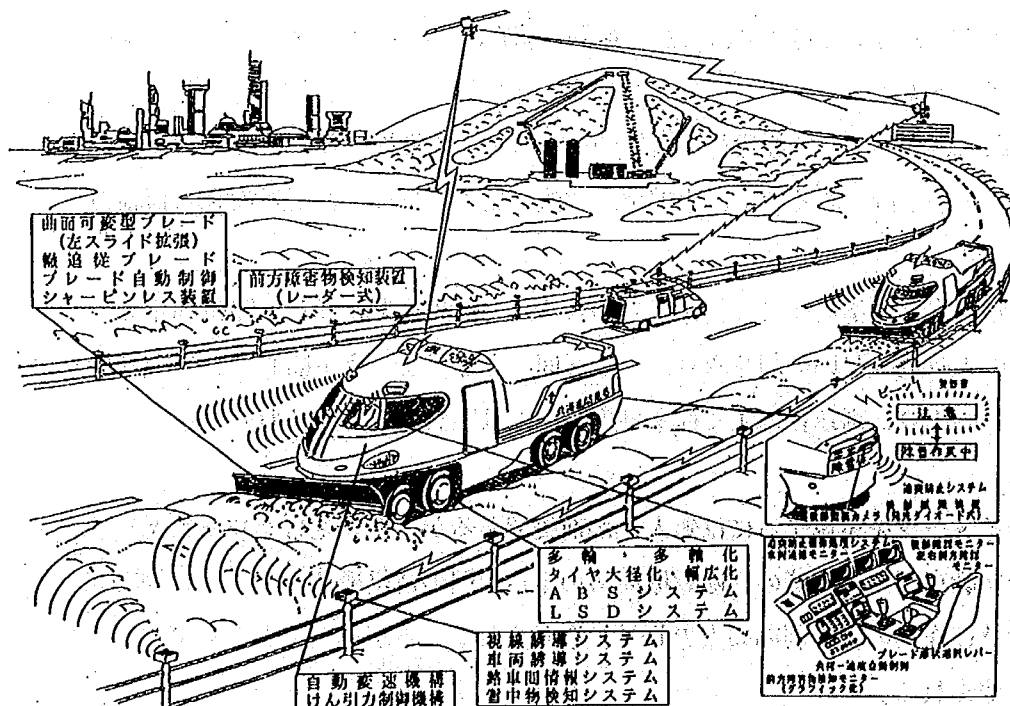


図-5-12-1-1-1 除雪トラック実用化構想図

5.12.1.2 除雪グレーダ

表-5-12-1-2-1に、除雪グレーダ実用化の諸元と、図-5-12-1-2-1に、除雪グレーダ実用化構想図を示す。

表-5-12-1-2-1 除雪グレーダ諸元表

項目	近 未 来	遠 未 来	項目	近 未 来	遠 未 来
1.性能 ブレード稼働速度 (MAX) 作業速度 最大けん引力 最小回転半径	3,300kgf/m 70km/h 30~40km/h 10,000kgf 8m以下	高速化	ステアリング 駆動方式 制御けん架装置	油圧バルブ付 総輪駆動 トラクションコントロールシステム リヤサスペンション	自動操舵 8輪駆動 総輪用ABSシステム 総輪サスペンション
2.車体 全長 全幅 全高 自重 前輪荷重 後輪荷重 乗員定員	9.5m以下 2.5m以下 3.8m以下 20t以下 約40% 1名	小型・無人化	6.作業装置 ブレード装置 安全装置 操作レバー	幅4.3m×高1.0m (多目的可変傾斜型・ 粗面化形成装置付) シャーペンレス装置 モノレバー式	除雪負荷による全自動 ブレードコントロール システム
3.機関 形式 出力	水冷式ディーゼル機関 350PS以上	高性能無公害機関 小型高出力化	7.運転室 キャビネット 騒音	全方位視界型キャブ フロント式(座り姿勢) 80dB以下 80dB以下	作業監視・緊急用 小型キャブ 低騒音減速キャブ 無振動キャブ
4.変速機 形式	オートマチック トランスミッション	除雪負荷に応じた最適 作業パターン制御	8.付属装置 雪中障害物装置 後部標識装置 突入防止装置 高性能タイヤ 高性能チェーン 高性能エッジ 車両誘導装置 圧雪厚測定装置	自動ブレード回避機構 発光グイード式 緩衝材・信号喚起 耐摩耗・摩擦力向上 低騒音・低振動 低負荷・耐摩耗	自動方向リング・車速制御 車間コントロールシステム 車間コントロールシステム 新材料利用のエッジ 通信衛星利用方式 非接触式・除雪量測定
5.車輪 前輪 後輪	自動リーニング式 (横荷重比例形) オートマチック デフ・デフロック				

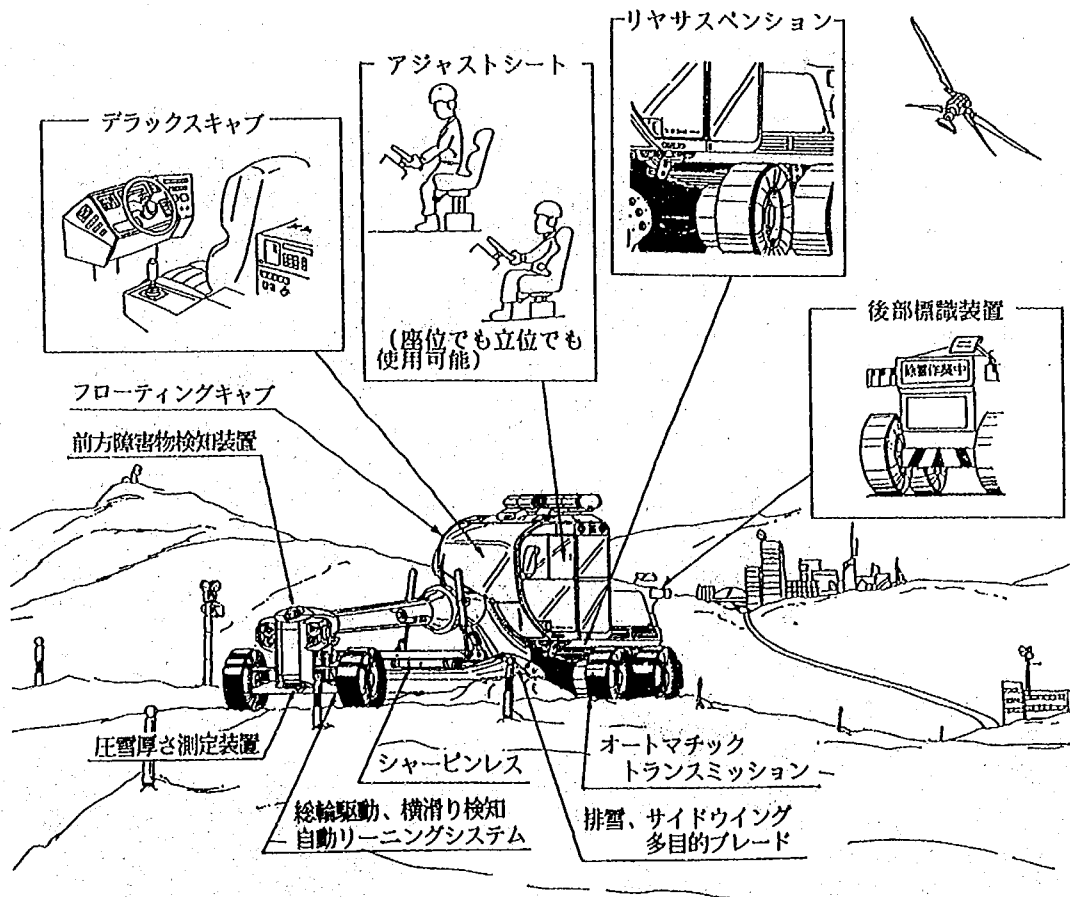


図-5-12-1-2-1 除雪グレーダ実用化構想図

5.12.1.3 ロータリ除雪車

表-5-12-1-3-1 に、ロータリ除雪車実用化の諸元と、図-5-12-1-3-1 にロータリ除雪車実用化構想図を示す。

表-5-12-1-3-1 ロータリ除雪車諸元表

項 目	近 未 来	遠 未 来
1. 性能 回送速度(max)	10km/h以上 70km/h以上	高速化
2. 車 体 全長 全高 全幅 重量 乗車定員	7. 2m以下 2. 6m以下 3. 5m以下 14. 0t以下 1名	小型化・無人化
3. 機 関 形 式 力	水冷式ディーゼル機関 300PS以上	高性能無公害機関 小型高出力化
4. 変速機形式	自動変速機	除雪負荷に応じた最適パターン制御
5. タイヤ	高性能スノータイヤ	耐摩擦、耐ム向上 高性能スノータイヤ
6. 操向方式	4輪操向方式	オペレーションコントロールによる自動操向制御方式

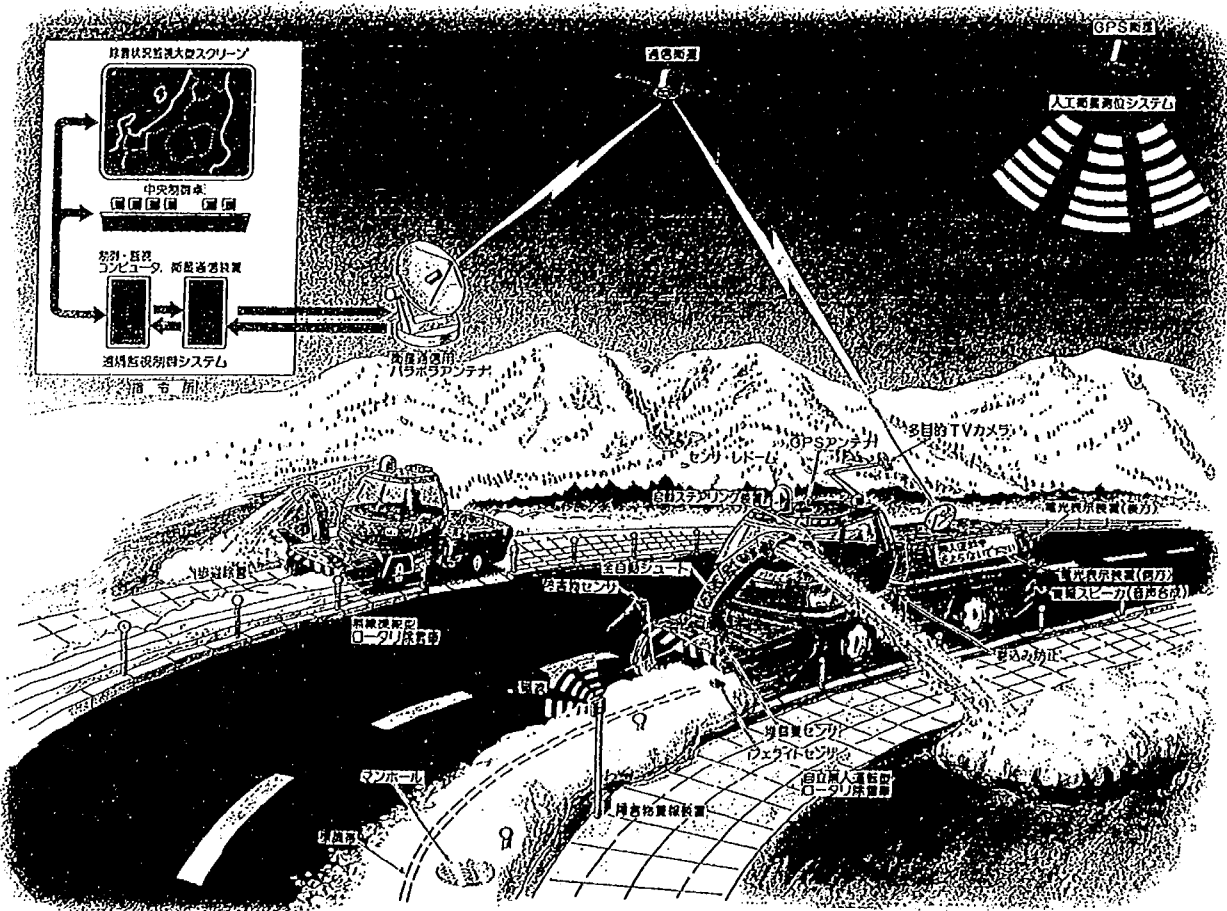


図-5-12-1-3-1 ロータリ除雪車実用化構想図

5.12.2 運用体制の提案

5.12.2.1 機種共通の提案

(1) 気象条件、路面状況の変化に迅速に対応するため、より高度で効率的な除雪体制が可能な「除雪機械支援システム」の開発と、このシステムによる適切な管理運用体制を整える検討が必要である。

現在、建設省で計画し試験施工中である「道路交通情報システム」に、図-5-12-2-1 に示す「除雪機械支援システム」を付加し、近未来の積雪寒冷地での安全で快適な道路空間の確保が望まれる。

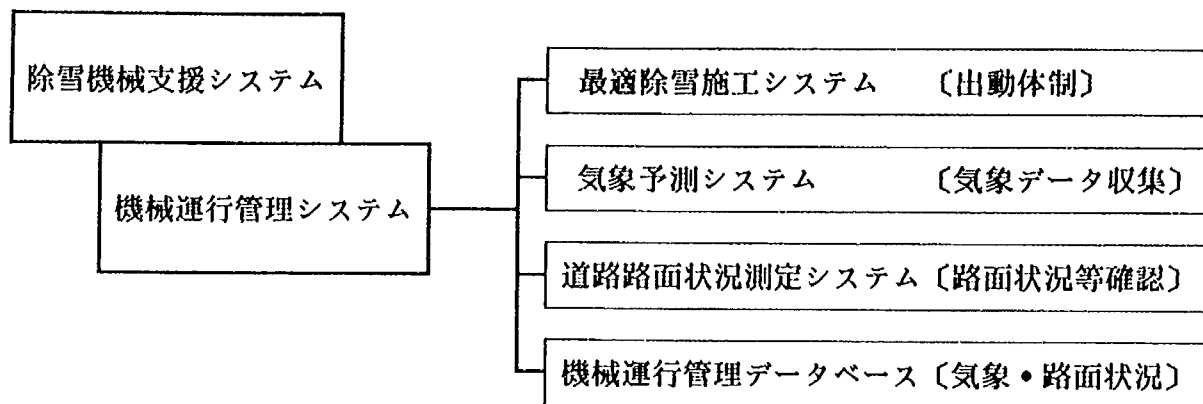


図-5-12-2-1 除雪機械支援システム構成図

(2) 開発機は、道路交通情報システムと一体となって機能を発揮するため、道路交通情報システムの整備計画に合わせた、除雪機械支援システムの段階的導入の検討が必要である。

(3) 開発機の機能、操作、施工等に適合したマニュアルの作成、オペレータへの研修及び指導が必要である。

(4) 開発機の導入にあたっては、在来機に比べ製作コストが高くなることが予想され、施工単価への影響が考えられるので、損料、配置、施工等を総合的に検討する必要がある。

(5) 開発機は、各操作装置のコントロールに電子機器類を多く使用するので、耐低温電子機器及び結露防止対策が必要であり、さらに極寒地への対応として -30°C 耐寒仕様の電子機器等の開発が必要である。

(6) 除雪機械の故障、事故等による作業不能条件に対して、バックアップする機械の補充体制及び、故障時の手動操作体制も整える必要がある。

(7) 除雪精度、除雪レベルの基準化を図り、除雪作業工種と、道路管理の基準及び範囲の明確化を図り除雪機械支援システムの中で運用できる体制を整える必要がある。

5.12.2.2 機種別の提案

(1) 除雪トラックの近未来開発機においては、コマーシャルベースに除雪装置の架装、各種の情報収集機器、自動操縦機構、自動走行機構及び電子機器等が搭載されるため、車両重量が増えることが予測される。さらに、遠未来除雪ロボットの開発では、重量の軽減を含め小型高性能化が想定されるが、道路構造令、道路運送車両法、電波法等の関連をも合わせて検討する必要がある。

(2) 除雪グレーダの近未来開発機が高度化されても、気象条件、道路状況、地域特性によっては、その効果を発揮できない場合もあることから、効果的な運用を図るため、表-5-12-2-2-1 に示すような、高出力（高速化）、オートブレード、可変ブレード、振動抑制装置、自動変速機構などの高度化項目を備えた高度化除雪グレーダを配置する場合に、除雪ステーションの気象条件により、小雪地区、多雪地区、豪雪地区で分類して検討する必要がある。

表-5-12-2-2-1 高度化された除雪グレーダの配置計画（案）

気象条件 高度化項目	小 雪 地 区			多 雪 地 区			豪 雪 地 区		
	標準	寒冷	特に寒冷	標準	寒冷	特に寒冷	標準	寒冷	特に寒冷
高出力、高速化	×	×	×	◎	◎	◎	◎	◎	◎
オートブレード	*×	×	×	◎	◎	◎	◎	◎	◎
可変ブレード	○	○	○	◎	◎	◎	○	○	○
振動抑制装置	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○
自動変速機構	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎

凡 例 × 装着不用
 ○ 装着適
 ◎ 装着最適

* オートブレードは常にブレードを路面に押し付けるので小雪地区は不用とした。

(3) ロータリ除雪車の近未来開発機は、高度化機能の効果的な運用を図るため、1次除雪、2次除雪（拡幅、排雪）ともに有効となる施工方法を検討する必要がある。

また、ロータリ除雪車については、とくに沿道条件により投雪位置が制限されるため、路線ごとの沿道条件などの情報管理伝達システムの整備を検討する必要がある。

5.13 道路除雪と自動化の方向性

(1) 安全性の向上

吹雪、地吹雪等の視界不良に対する対策、及び路面上の障害物検知については、コンピューターと組合せたレーダー、または、磁気探知器等による道路障害物検知システムの開発が要望される。

また、路面のスリップについては、除雪トラックの場合、除雪負荷自動制御装置、自動変速機構等、除雪グレーダの場合は、オートブレードによる負荷検知や自動リーニング装置、新型タイヤチェーンの開発導入により今まで以上に改善されると思われる。

ロータリ除雪車の場合は、道路敷地外への投雪頻度が多いため、限られた地点へ投排雪を行う機構の導入が必要である。また、雪中障害物検知等は、高速で回転しているオーガの保護と、雪中物の飛散を防止し事故防止に対処する必要がある。

(2) 苦渋性の解消

除雪トラックのキャビンはコマーシャルベースで、除雪機用に開発されたものではなく、除雪装置の架装に伴い操作盤等は後付けとなっており、走行関連の操作レバーと比較すると、取付位置が悪く操作しにくい状況にあるため、オペレータにやさしい運転環境が確保された専用キャビンの開発が要望される。

除雪グレーダは、とくに、座り姿勢やフローティングキャブの装着、足廻りサスペンションが完成すれば、大型トラック並の操作性や乗り心地が達成できる。しかし現状ではタイヤチェーンの振動の要素が高く、これらを改善するには、高性能なスタッドレスタイヤの開発が待たれる。

ロータリ除雪車の運転は、長時間同一姿勢にて作業を行わなければならないため、運転姿勢を考慮したキャビンの確保及び騒音、振動対策を考慮し、また、イージオペレーティング型の操作機構を採用することによって、苦渋作業から開放を図る必要がある。

(3) 生産性の向上

開発機の導入に伴い、高出力・高速化や、除雪負荷自動制御装置、自動変速機構等により生産性の向上が期待できる。しかし、機械の自動化による改善だけでは不十分で除雪効率の向上を図るためには、道路情報システムの開発導入が強く望まれる。

今後、重要な課題である道路障害物の検知については、電子技術等の最先端技術の導入が必要である。

(4) 道路維持管理における自動化の方向性

近年、道路除雪に対する国民のニーズも多様化、高度化しており、道路管理に対しても、一層の除雪レベルの向上や、よりきめ細かな除雪が求められている。

一方、現場においては、除雪機械のオペレータ不足や高齢化、熟練度の不足による技術力の低下など、年々極めて厳しい状態の中で除雪を行っているのが現状である。

オペレータ不足については、建設業の3Kと言われている「危険」「きつい」「汚い」と言った作業環境に原因があるように思われ、魅力ある作業環境を作る必要がある。この点についてはアンケート調査結果を踏まえながら、安全性の向上、苦渋性の解消、生産性の向上という観点で検討し、除雪機械の自動化や高出力、高速化、キャビン内の改良などで、作業環境の改善に寄与できることが判明した。

また、高齢化や熟練度の不足による技術力の低下に関しても、除雪機械の操作の容易性、自動化の方向性や実用化についても、具体的な提案を行っており今後の成果が待たれる。

しかしながら、これらの提案については遠未来に託した部分もあるので、今後共、この研究課題を技術開発の重要な課題として検討を行い、実用化を推進する必要がある。

除雪工事における自動化の方向性としては、機械除雪と、流雪溝や無散水消雪などによる施設型除雪との、組合せによる一連の除雪システムの開発、及び除雪作業時の一般交通阻害の解消のため、ロータリ除雪車等の低速除雪機械車体幅の縮小化、並びに自動化が提案された除雪機械の実用化を図り、現場に普及できるシステム作りなどを検討する必要がある。

さらに、機械による除雪作業の自動化を進めるに当たって、堆雪帯幅、歩道幅員の考え方、スノーポール、標識類等の設置位置、道路縦断勾配、曲線半径など、道路構造面からの検討も必要であると考えられる。

あ と が き

我が国では戦後、経済の発展や国民ニーズにより河川や道路等の社会資本整備が順次進められてきた。これらの社会資本が将来にわたって良好に機能水準を確保するためには、適切な維持・管理を施す必要がある。一方、建設業を取り巻く環境は、熟年労働者不足や若年労働者の建設業離れ等の問題が現れており、このような状況は維持・管理作業でも例外ではない。

そこで本研究では、河川・道路・除雪の維持・管理作業を取り上げて、このような問題に対応した適切な維持管理のあり方について自動化の側面から研究を実施した。

平成2年度は、河川・道路の維持管理作業を実際に行っている各機関にアンケート調査を行い、自動化が必要とされている項目の洗い出し等を行った。

平成3年度は、維持・管理作業のうち機械化・自動化すべき作業に対して、安全性の向上・苦渋性の解消・生産性の向上の観点から、詳細調査等を行い、抽出された各項目を定量的に評価し、その結果を基に開発目標の設定を検討し、開発機械のイメージを提案した。

平成4年度は、平成2年度より平成3年度まで検討した、作業の現状や改善項目等の検討を基に、維持管理作業の改善前後の状態を比較することによりその改善効果を検討した。また、対象機械の実用化、運用体制等の検討を行い、自動化の方向性に関する考察を行った。

以上の検討より、以下の点を明らかにした。

①河川維持管理作業、道路維持管理作業及び道路除雪の各作業において、改良技術や新規開発技術を導入し、各作業における新技術等の導入した前後改善効果を定量的に検討を行った結果、その度合いを明らかにすることができた。その結果は表-6-1に示すとおりである。ただし、今回は3量に項目を分け評価を行ったが、定量的に検討できる手法については、今後さらに詳細な詰めが必要である。

表-6-1 近未来における維持管理作業の改善度合い

作業名 項目	河川維持管理						道路維持管理			道路除雪		
	点検作業		維持作業		清掃作業		点検	工事		清掃	除雪	ローリ
	橋門・橋脚	堤防	除草	集草	水面	河岸	作業	切削	取り壊し	作業	トラック	除雪車
生産性	114	160	184	195	171	182	131	117	115	187	175	180
安全性	108	148	164	-	172	133	156	141	141	165	170	160
苦渋性	108	155	174	184	173	159	139	149	134	187	129	184

(現状を100とする)

②河川維持管理作業、道路維持管理作業及び道路除雪の各作業において、新技術の導入促進等を図るためには、行政的側面、事業的側面の検討が必要であり、そのためにも、導入効果の事前把握が必要となる。その際には、本研究で示したような、イメージの提案と定量的評価が有効である。本研究で提案した機械の一覧は表-6-2に示すとおりである。

表-6-2 開発機械のイメージ

作業	河川維持管理							道路維持管理					道路除雪		
項目	点検作業		維持作業		清掃作業			点検作業	工 事		清掃作業	除 雪 トラック	除 雪 グレーダ	ロータリ 除 雪 車	
	橋 門	堤 防	除 草	渠 草	水面	河岸	ゴミ処理		切 断	取 壊					
近未来	探査センサ付き測定器	ラジコン操作自走式探査車	半自動運行システム	ラジコン操作自走式探査車	熊手型炭芥かき寄せ装置付き又舐型自航式水面清掃車			超音波式路面計測器搭載車	ラジコン操作舗装版切断機	連続積み込み式破壊掘削機	一体処理型清掃作業	装置の自動化	装置の自動化	装置の自動化	
遠未来	自走式探査機器	万能型点検システム車	草刈・渠草・処理・排出一体型自走式草刈車		熊手型炭芥かき寄せ装置付き水陸両用清掃車			路面埋設式センサの設置	ワンパス施工無騒音・無振動型切断取り壊し機		地中式清掃シャトルシステム	人工衛生利用ロボット化システム	ロボット化システム	ロボット化システム	

本研究は、維持管理作業の自動化を進める上で定量的にその導入効果を予測評価した試みである。本研究の成果が今後技術管理業務やパイロット事業等に活用され維持管理作業の自動化の実現に寄与することを念願し結びとする。

<参考文献>

- 1) ロボットの安全性について 藤井、岡 機械学会誌 Vol. 90 No. 827 pp. 1356-1361
- 2) 建設ロボットに期待するもの 村松 建設機械 1988. 1 pp. 23-25
- 3) 建設機械のロボット化の方向性① 村松 建設機械 1989. 1 pp. 27-35
- 4) 建設機械のロボット化の方向性② 村松 建設機械 1989. 2 pp. 19-27
- 5) 先端技術を導入した建設機械の研究開発 村松 建設物価臨時増刊 1989. 7
- 6) 建設作業システムロボット化の現状と諸課題 長谷川 油圧と空気圧 Vol. 34 No. 3 pp. 208-215
- 7) 建設作業ロボット化の促進 赤松 油圧と空気圧 Vol. 34 No. 3 pp. 216-222
- 8) 建設機械自動化のコンセプトと要素技術の開発 村松 油圧と空気圧 Vol. 34 No. 3 pp. 223-229
- 9) 情報量統計学 坂元ほか 共立出版
- 10) 建設ロボット化への期待 野村 建設機械 Vol. 27 No. 10 pp. 23-27
- 11) 建設ロボット 1 (歴史・現状) 野村 土木技術資料 Vol. 34 No. 5
- 12) 建設ロボット 5 (各分野のロボット) 野村、山中 土木技術資料 Vol. 34 No. 7
- 13) 建設ロボット 7 (展望) 野村 土木技術資料 Vol. 34 No. 9
- 14) メカトロニクス化の進む建設機械 野村 建設機械 Vol. 28 No. 2 pp. 19-22
- 15) 「工場から出るロボット」発刊に際して 小野 日本機械学会 1990. 12 P953
- 16) 建設ロボット、建設機械要覧、P1451
- 17) 建設ロボットの現状 田中 建設の機械化 1988. 6 pp. 15-18
- 18) 最新の技術動向と建設ロボット 田中 建設の機械化 1991. 4 pp. 57-64
- 19) 施工合理化技術開発のビジョン 建設技術開発会議 1990. 3
- 20) 建設用ロボットに関する技術講習会 土木学会 1983. 4
- 21) 自動化・ロボット化の現状と今後の課題 土木学会 1987. 2
- 22) 第 4 4 回 建設省技術研究発表会 共通部門指定課題論文集 建設省
- 23) 第 4 5 回 建設省技術研究発表会 共通部門指定課題論文集 建設省
- 24) 第 4 6 回 建設省技術研究発表会 共通部門指定課題論文集 建設省

「維持・管理作業の自動化に関する研究」担当者名簿

所 属	職 名	氏 名	担 当 期 間
建設経済局 建設機械課 河川局 治水課 道路局 国道第一課	課長補佐	所 輝雄	2. 4～3. 3
	〃	上田 敏	3. 4～5. 3
	直轄係長	近藤 治久	2. 4～3. 3
	〃	阿部 新治	3. 4～5. 3
	調査第二係長	進藤 崇	2. 4～3. 3
	〃	土井 弘次	3. 4～4. 8
	維持修繕係長	斉藤 清志	4. 9～5. 3
	災害水防係長	澤本 重成	2. 4～3. 3
	〃	有田 幸治	3. 4～4. 3
	〃	船橋 昇治	4. 3～4. 8
土木研究所 機械施工部 機械研究室	課長補佐	高村 裕平	4. 9～5. 3
	〃	高村 裕平	4. 9～5. 3
	維持修繕係長	田口 定一	2. 4～3. 3
	〃	板谷 勉	3. 4～5. 3
	室長	杉山 篤	2. 4～5. 3
	主任研究員	村松 敏光	2. 4～3. 3
	主任研究員	野村 正之	4. 4～5. 3
	研究員	野村 正之	3. 4～4. 3
	研究員	高津 知司	2. 4～4. 3
	研究員	梶田 洋規	2. 4～4. 3
東北地方建設局道路部道路管理課 道路部機械課 東北技術事務所工作課	課長補佐	米村 克己	3. 4～5. 3
	〃	高松 秀雄	2. 4～4. 3
	課長補佐	手塚 信弘	4. 4～5. 3
	〃	赤坂 富雄	2. 4～3. 3
	業務第二係長	深堀 哲男	3. 4～5. 3
	〃	阿部 新治	2. 4～3. 3
	課長	斎野 純二	3. 4～5. 3
	〃	佐藤 文夫	2. 4～3. 3
	設計係長	池田 八郎	3. 4～5. 3
	〃	関野 広光	2. 4～4. 3
関東地方建設局河川部河川管理課 道路部機械課 関東技術事務所機械課	課長補佐	佐々木 重和	4. 4～5. 3
	課長補佐	小島 博之	3. 4～5. 3
	〃	須田 光俊	2. 4～3. 3
	建設専門官	中澤 秀吉	3. 4～4. 3
	業務第一係長	阿部 武	4. 4～5. 3
	開発調査係長	小池 賢司	2. 4～4. 3
	課長	佐々木 喜八	4. 4～5. 3
	〃	佐々木 敏彦	2. 4～4. 3
	管理係長	小池 賢司	4. 4～5. 3
	〃	後藤 正洋	2. 4～5. 3
北陸地方建設局道路部道路管理課 道路部機械課 北陸技術事務所機械課	課長補佐	吉田 紘一	2. 4～3. 3
	課長補佐	中森 良次	2. 4～4. 3
	〃	羽賀 清治	4. 4～5. 3
	業務第一係長	三日月 晋一	2. 4～3. 3
	〃	穂苅 正昭	3. 4～5. 3
	課長	上村 弘	2. 4～5. 3
	整備係長	堤 雄生	3. 4～4. 3
	〃	本間 政幸	4. 4～5. 3
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃

所 属	職 名	氏 名	担 当 期 間
中部地方建設局河川部河川管理課 道路部機械課 中部技術事務所機械課	課長補佐	志津 和穂	2. 4～5. 3
	課長補佐	中澤 秀吉	2. 4～3. 3
	"	安江 規尉	3. 4～4. 3
	"	植村 靖	4. 4～5. 3
	整備係長	永江 豊	2. 4～3. 3
	"	長谷 誠	3. 4～4. 3
	"	山崎 茂雄	4. 4～5. 3
	課長	梅田 佳男	2. 4～3. 3
	"	野呂 純行	3. 4～5. 3
	機械設計係長	山崎 茂雄	2. 4～3. 3
	"	野村 良一	3. 4～4. 3
	"	相羽 学	4. 4～5. 3
近畿地方建設局道路部道路管理課 道路部機械課 近畿技術事務所機械課	課長補佐	高橋 昭一	3. 4～5. 3
	課長補佐	高津 敏夫	2. 4～3. 3
	"	堀内 憲	3. 4～4. 3
	"	松島 隆憲	4. 4～5. 3
	業務第一係長	石松 豊	2. 4～4. 3
	"	石田 啓直	4. 4～5. 3
	課長	吉岡 壮明	2. 4～3. 3
	"	川崎 収	3. 4～5. 3
	機械調査係長	松本 克英	2. 4～2. 9
	"	榑原 孝志	2. 10～4. 3
	"	元木 真二	4. 4～5. 3
中国地方建設局河川部河川管理課 道路部機械課 中国技術事務所機械課	課長補佐	国原五十夫	2. 4～4. 3
	"	鬼武 義英	4. 4～5. 3
	課長補佐	須田 道夫	2. 4～3. 3
	"	村上 輝久	3. 4～5. 3
	整備係長	中村 照行	2. 4～3. 3
	"	森田 敏文	3. 4～5. 3
	課長	今本 輝信	2. 4～3. 3
	"	児玉 浩	3. 4～5. 3
	機械設計係長	丸本 忠明	3. 4～5. 3
四国地方建設局道路部道路管理課 道路部機械課 四国技術事務所機械課	課長補佐	田邊 辰男	2. 4～3. 3
	"	岡 米男	3. 4～4. 3
	課長補佐	大谷 徳男	4. 4～5. 3
	"	喜多 良男	2. 4～3. 3
	"	末宗 仁吉	3. 4～4. 3
	整備係長	尾崎 宏一	4. 4～5. 3
	"	村上 正典	2. 4～3. 3
	"	小松 修夫	3. 4～4. 3
	課長	宮本 正司	4. 4～5. 3
	"	末宗 仁吉	2. 4～3. 3
	"	尾崎 宏一	3. 4～4. 3
	機械調査係長	小松 修夫	4. 4～5. 3
	"	河野 信雄	2. 4～3. 3
	"	泉川 暢宏	3. 4～5. 3

所 属	職 名	氏 名	担 当 期 間
九州地方建設局道路部道路管理課 道路部機械課 九州技術事務所機械課	課長補佐	中山 高虎	2. 4～3. 3
	〃	緒方 良一	3. 4～5. 3
	課長補佐	西 武人	2. 4～5. 3
	業務第一係長	出原 浩	2. 4～3. 3
	〃	河崎 英己	3. 4～4. 3
	〃	安藤 泰宣	4. 4～5. 3
	課長	村上 輝久	2. 4～3. 3
	〃	篠原 眞	3. 4～5. 3
北海道開発局建設部道路維持課 局長官房機械課 建設機械工作所技術開発班	機械設計係長	畑中 隆晴	2. 4～4. 3
	〃	川野 晃	4. 4～5. 3
	課長補佐	難波 重寿	3. 4～5. 3
	課長補佐	大島 精壽	2. 4～5. 3
	設計係長	山田 義弘	2. 4～4. 3
	〃	打矢 徹也	4. 4～5. 3
	建設監督官	橋本 勉	3. 4～4. 4
	〃	松長 利臣	4. 4～5. 3
建設機械工作所技術開発班	設計係長	近藤 保	3. 4～4. 3
	〃	伊藤 正樹	4. 4～5. 3
沖縄総合事務局道路管理課	機械係長	喜納 敏男	3. 4～5. 3

維持・管理作業の自動化
に関する研究

I S S N 0386 - 5878
土木研究所資料第3153号
平成4年12月 (1992)

杉山 篤, 村松 敏光, 野村 正之
高津 知司, 梶田 洋規, 米村 克己

社会資本の整備充実に伴い、その維持管理の重要性が増大している。また、建設産業における労働者の高齢化の進展、若年労働者の入職の減少、高度化する技術への対応等が求められている。そこで本研究では、河川及び道路構造物の維持・管理作業と除雪作業について、生産性の向上・安全性の向上・苦労性の解消の観点から、作業機械の自動化・ロボット化の方策を検討した。

キーワード：維持管理、河川維持工、道路維持工、道路除雪、
機械化施工、自動化、建設ロボット、定量評価

郵便はがき

41円切手
をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

機械施工部機械研究室
御中

No. 395



土木研究所資料
~~共同研究報告書~~第 3153 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名 印