

土 木 研 究 所 資 料

建設分野における新素材・新材料の 活用に関する研究報告書（2）

— 新材料の現状と動向に関する調査 —

昭和63年 2 月

建設省土木研究所
地質化学部化学研究室

「Copyright © (1988) 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いらない。」

建設分野における新素材・新材料の 活用に関する研究報告書 (2)

— 新材料の現状と動向に関する調査 —

化学研究室長	片 脇	清
研究員	西 崎	到

要 旨

建設分野の設計の合理化, 施工の効率化, 耐久性の向上等の技術の革新には, 近年開発されつつある, いわゆる新素材と呼ばれる新しい材料の応用が期待できる。本報告書では, 新素材・新材料の土木分野への応用の現状と動向を明らかにすることを目的として, 特許情報による検索を中心とした調査を行った結果をまとめ, 新素材・新材料の利用の方向を明確にしている。

キーワード: 新素材, 新材料, 特許情報, 検索, 建設分野

ま え が き

新材料の開発は、エレクトロニクス、バイオテクノロジーと並び、我国の重要な先端技術のひとつとして、革新的な技術開発が目進月歩で進められており、今まで考えられなかったような材料が生まれつつある。

一方、現代の土木技術にも、対象とする構造物の領域が拡大され、しかも社会生活の多様化や高度化に伴い、多彩な要求が寄せられるようになってきた。

材料と土木技術の関係は相互依存的であり、互いに一方の進歩が他方の発達を促してきたことは、歴史的な事実である。近代の構造物の大型化は、高張力鋼、軽量コンクリートなどの発展に負うところが大きく、また、海底トンネルや長大吊橋等の建設は、新しい止水剤、ケーブル材等の材料技術開発の原動力となった。

本報告は、土木技術開発の新たな展開を図る上で、新材料の導入が鍵を握る可能性があるとの認識のもとに、新材料の土木分野への応用の現状と動向を明らかにし、より効果的な開発計画を立案するのに必要な知見を得ることを目的として行われたものである。技術開発動向の明確化にあたっては、特許情報を中心とした評価・分析手法を採用し、多方面からの検討を加えた。

目 次

まえがき

第1章 調査の経緯	1
第2章 調査の概要	2
2.1 調査の目的	2
2.2 調査の方法	2
2.2.1 調査方法の概要	2
2.2.2 特許情報分析の概要	5
第3章 各種新材料の土木分野への応用の現状と動向	8
3.1 新材料および土木分野の分類と検索キーワードの設定	8
3.2 新材料と土木分野	11
3.2.1 土木分野別にみた特許出願の現状	11
3.2.2 材料分野別にみた特許出願の現状	15
3.3 材料別機能特性	18
3.4 土木分野別要求材料特性	22
3.5 材料別技術開発動向	22
3.6 土木分野別技術開発動向	22
第4章 土木分野における新材料利用の方向	30
4.1 概 要	30
4.2 河 川	30
4.2.1 河川機能別にみた新材料応用の現状	30
4.2.2 特許出願の動向	32
4.2.3 河川土木への新材料の応用	34
1) 治水・利水機能の向上を目的とするもの	34
2) 親水性の向上を目的とするもの	42
4.3 海 岸	46
4.3.1 海岸開発の特徴	46
4.3.2 特許出願の動向	47
4.3.3 海岸土木への新材料の応用	47
1) 海岸構造物の耐久性向上を目的とするもの	47
2) 海岸レクリエーション機能の向上を目的とするもの	54

4. 4 橋 梁	58
4. 4. 1 橋梁における新材料応用特許の出願動向	58
4. 4. 2 橋梁への新材料の応用	58
1) 橋梁の軽量化を目的とするもの	58
2) 橋梁の耐久性, 耐候性の向上を目的とするもの	63
3) 安全性の確保を目的とするもの	67
4. 5 道 路	69
4. 5. 1 道路における新材料応用特許の出願動向	69
4. 5. 2 道路への新材料の応用	72
1) 舗装材の機械強度および耐久性向上を目的とするもの	72
2) 都市空間における道路周辺環境の向上を目的とするもの	76
3) 道路のコミュニティ性向上を目的としたもの	79
4. 6 基礎土木	82
4. 6. 1 基礎土木分野の技術開発動向	82
4. 6. 2 基礎土木分野への新材料の応用	82
1) 地盤強化および土壌改良を目的としたもの	82
2) 土木機械 (掘削機械等) の性能向上を目的としたもの	84
4. 7 まとめ	86
第5章 土木分野への新材料応用技術開発に関する提言	87
5. 1 土木分野における新材料応用の基本的方向性	87
5. 2 新材料応用テーマの位置づけ	89
5. 3 技術開発上の問題点	92
5. 4 今後の検討課題	96
あとがき	98
参考文献	99

1. 調査の経緯

近年建設分野においては、設計の合理化、施工の効率化や耐久性の向上等、多様なニーズに対処することが求められているが、これらに応えることができるのは新しい工法であり新しい工法を生み出すのは新しい材料である。新素材・新材料の開発と、その利用技術の開拓は、わが国が将来育成すべき先端技術分野のひとつと位置づけられている。

このような趣旨から、建設省においては、先端技術の活用懇談会報告をうけて、建設技術会議答申等にもとずき、本格的な取り組みが行なわれようとしている。その中でも技術研究会の指定課題「建設分野における新素材の活用に関する研究」（昭和62年度～66年度）や、総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材・新材料の利用技術の開発」（昭和63年度～67年度）は、その取り組みにおける中心的活動の一部であるといえる。

公共土木工事においては、鉄鋼、コンクリート、土砂などを大量に消費しているが、土木分野では先ず安価であることが要求されるために、性能及び耐久性の点で、必ずしも満足出来るものではない。例えば、今後の高齢化社会を迎えるにあたって、公共財産を高い水準で維持していくことが極めて重要な社会的要請となるなど、これまでの建設技術をさらに高度化する必要等に迫られている。さらに、社会資本の充実を図るには従来使われてきた材料だけでなく、高性能、高安定性、高耐久性の材料を活用し、建設事業の低コスト化や、構造物の維持管理技術の高機能化、高性能化を図ることが必要である。

このような観点から、新材料を対象として、土木分野での利用の可能性及び利用上の留意点について試験施工も含めて検討するために、建設省技術研究会および総合技術開発プロジェクトでの研究が開始されている。

(1) 建設省技術研究会での研究

建設省技術研究会は、建設技術の向上を図るための組織であり、全国レベルで地方建設局等間に共通する技術課題を解決しようとするものである。

評価や経済性等の把握等新材料の検討にあたっては、情報の交換や実際の試験施工が、新材料の利用技術においても地方建設局等と土木研究所間、あるいは、地方建設局相互間の連携は不可欠である。さらに、研究会の円滑な推進を図る上で地方建設局においては、パイロット事業制度等による試験施工が可能であるので、有望なしかも実用性のみこまれる新材料については、地方建設局等の判断をもとに積極的に試験施工が行われる予定である。

(2) 総合技術開発プロジェクトでの研究

総合技術開発プロジェクトは、特に緊急性、必要性の高い課題について、総合的な取り組みを行うための組織である。新材料に関する研究課題は「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」と題して、昭和63年度から昭和67年度にかけて行われる予定であり、新材料の特性に応じた利用方法や設計法の研究、構造物の安全性、耐久性の評価、コスト評価等の総合評価技術、利用技術指針の策定等を行う予定である。

本研究はこれらの研究と関連して、新材料の現状と動向を主な調査対象として行ったものである。

2. 調査の概要

2. 1 調査の目的

近年、科学技術の発達により、「新材料」と呼ばれるこれまでの材料にはなかった新たな材料が開発されつつある。一方、建設分野においては、今後の高齢化社会を迎えるにあたって、一層の社会資本の充実を計る必要性に直面しており、これまで存在しなかったより高耐久性、高信頼性等の優れた機能をもつ材料が待望されている。しかしながら、現在までのところ新材料の技術シーズと建設分野のニーズは、互いにうまく噛み合わない状態が続いており、有望と考えられる新材料でも、建設分野で実際に利用されることは稀れなのが現状である。

本調査においては、これらの新材料の技術シーズと、建設分野におけるニーズを、明確にするとともに比較検討を行い、シーズとニーズの結びつけを試みた。さらに本調査ではこれらから有望なものを抽出し、実現の可能性およびその際の問題点等についての検討を行うことを目的とする。

2. 2 調査の方法

2. 2. 1 調査の方法の概要

本調査では、「新材料」と「土木・建設」という全く異なった二つの技術について、以下の様な手順により作業を行った。

- 1) 材料（技術シーズ）とその用途（ニーズ）という観点から、これらの間の対応づけを行う。
- 2) 現在までの技術開発動向を明らかにする。
- 3) 将来的に有望な研究開発テーマの抽出を行う。

ここでは、できるだけ客観的でかつ技術的に裏付けされた調査を行うために、特許情報を利用した調査・検討を行った。調査全体のフローを図2-1に示す。以下に調査フローに従って調査方法の概要を示す。

① 技術資料基礎調査

まず、各種の技術資料に基づき、新材料分野および土木分野における技術開発動向のアウトラインを明確にした。この作業により、本調査の方向性を定め、次のステップである特許検索の項目分類、およびキーワードの設定のための基礎的知見を得た。

② 特許情報調査

本調査で対象となる新材料および土木分野を分類し、公開特許の検索にあり、特許マップを作成した。この特許マップにより、ニーズとシーズのマッチングを図り各新材料の分野での応用状況を評価した。さらに、特許の出願状況を時系列的に検討することにより、特許抄録を取り寄せ、詳細な検討を加えた。

尚、特許検討の具体的な手順等については、次節で述べる。

技術資料基礎調査

材料分野および土木分野における
技術開発アウトラインの把握

特許情報調査（特許検索、特許
抄録調査）

- ・ 材料と用途との対応づけ
- ・ 時系列動向の検討

技術開発動向分析

新材料応用有望テーマの抽出

総合評価

実用化のための技術課題等の検討

図2-1 本調査のフロー

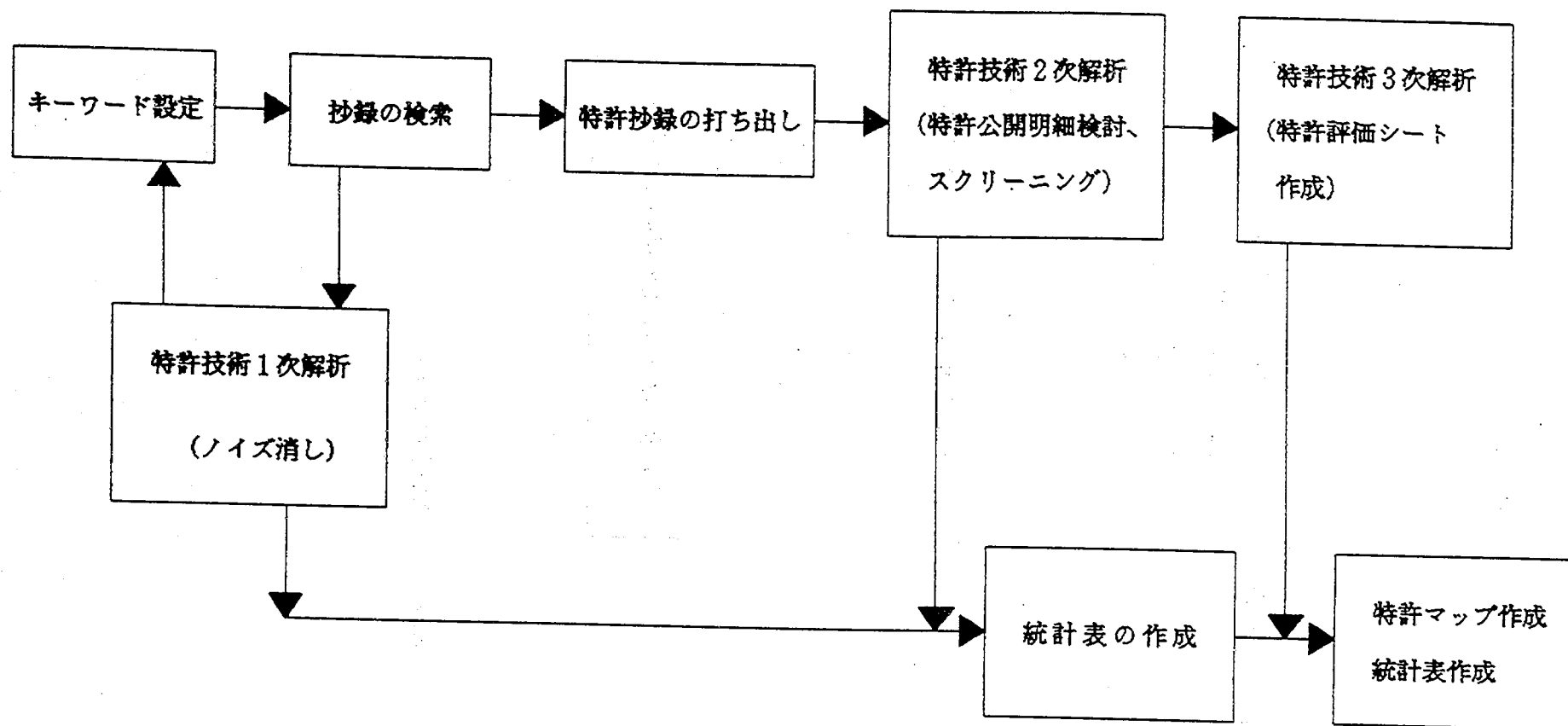


図2-2 特許情報分析作業のフロー

③ 技術開発動向分析

特許情報分析で明らかになった新材料の土木分野での応用研究動向を取りまとめることにより、新材料の応用が有望なテーマを抽出した。

④ 総合評価

以上の調査に基づき、実用化のための技術課題等を検討し、今後の開発体制等の提言を取りまとめた。

2. 2. 2 特許情報分析の概要

本調査研究の中心をなす特許情報分析の具体的な作業手順を図2-2に示す。以下に作業手順に従って作業の概略を示す。

① キーワードの設定および抄録の検索

新材料の最近の開発動向および土木分野の技術開発の現状に関する資料調査に基き、新材料および土木分野を分類した。次に、この分類に対応するキーワードを設定し、過去5年間の公開特許について検索作業を行った。検索には(財)日本特許情報機構のPATOLISを用いた。

② 特許技術1次解析

検索した特許抄録には、不要の技術情報の(ノイズ)も含んでいるため、抄録も一部取り寄せ、検索キーワードの修正を行った。

③ 特許抄録の打ち出し

検索キーワードが確定したところで、特許抄録を検索し、抄録を全て打ち出した。

④ 特許技術2次解析

取り寄せた特許抄録を読み、内容的に不明確な点のあるものについては、特許公開明細書を入手し、詳細を把握した上で、個々の特許のスクリーニングを行った。この作業によりノイズはほぼ完全に取り除かれた。

⑤ 統計表の作成

技術開発のマクロな動向を把握するために、材料分野、土木分野、機能特性、特許公開年などについて統計表を作成した。

⑥ 特許技術3次解析

特許抄録および特許明細書の技術情報に基き、材料の機能特性の用途の具体的素材等の評価を行い、全ての特許それぞれについて特許評価シートを作成した。評価シートの一例を図2-3に示す。

⑦ 特許マップ作成

以上の解析・評価に基づいて特許マップを作成した。本調査における技術開発動向等の解析・評価はこの特許マップに集約されることになる。

以上に示したように、本調査ではニーズ・シーズの評価として、特許マップの作成を

特許評価シート（新材料 V s . 土木分野）

9 P 61-266707 E01C 11/24
61.11.26 =E01C 9/08
出 60-106349
60.05.17

積雪・寒冷地方の道路の改良
【（目的）積雪のファインセラミック製メッシュ
マットを舗装路面上に積層敷設することにより、
スパイクタイヤによる車粉公害を防止するととも
に、凍結時のスリップを防止する。】
（279）

大倉 正己
（大倉 正己）

	交通					海洋			治水			基礎		安全		機械	
	道路	空港	鉄道	トンネル	橋梁	港湾	海岸	海洋	河川	ダム	農業	上水	地下	基礎	砂防	防災	機械
10. 複合材料																	
9. セラミックス	○																
8. ガラス																	
7. 繊維																	
6. 高分子・ポリマー																	
5. アスファルト																	
4. 金属（機能材料）																	
3. 半導体																	
2. 処理用薬剤																	
1. バイオ材料																	
金属（構造材料）																	
セメント・コンクリート																	

1. 機械的関係
- 1. 強度
 - 2. 比強度
 - 3. 硬度
 - 4. 制振性
 - 5. 超弾性
 - 6. 形状記憶
 - 7. 超塑性
 - 8. 摩擦係数
 - 9. 耐食

2. 熱的機能
- 1. 高温耐熱性
 - 2. 低温強靱性
 - 3. 蓄熱性
 - 4. 発熱性
 - 5. 断熱

3. 化学的・生体機能
- 1. イオン交換
 - 2. ガス吸・脱着
 - 3. 気体選択透過
 - 4. 液体選択透過
 - 5. 生体適合・機能
 - 6. 生体適合・ガス透過性
 - 7. 抗血栓
 - 8. 生体内分解
 - 9. 触媒

4. 電気・電子の機能
- 1. 光電変換
 - 2. 焦電性
 - 3. 熱電変換
 - 4. 圧電変換
 - 5. 熱電子放射
 - 6. 導電・耐アーク性
 - 7. 超導性
 - 8. 半導性
 - 9. 絶縁・伝熱性
 - 10. 温度応答抵抗変化
 - 11. 応力応答抵抗変化
 - 12. 電気化学

5. 磁気的機能
- 1. 磁気エネルギー積
 - 2. 透磁率
 - 3. 角形BH機能
 - 4. 磁性流体
 - 5. 磁気バブル
 - 6. 磁気抵抗効果
 - 7. ホール効果

6. 光学的機能
- 1. ルミネッセンス
 - 2. レーザー発光
 - 3. 蛍光
 - 4. 感光
 - 5. フォトリソミック
 - 6. 透光
 - 7. 光選択透過
 - 8. 偏光
 - 9. 光学的異方性
 - 10. 2次電子放出
 - 11. 光導電
 - 12. 磁気光学効果

7. 放射線機能
- 1. 耐放射線・絶縁性
 - 2. 耐放射線・耐熱性
 - 3. 放射線シンチレーション
 - 4. 中性子減速
 - 5. 中性子吸収

- 1. 耐久性・耐候性
- 2. 施工性
- 3. 生産性
- 4. 低コスト

用途：道路材

素材：ファインセラミックス
（メッシュマット）

特性：車粉公害防止

57 58 59 60 (61)

図2-3 特許評価シートの記入例

中心とした、特許情報の分析が重要な役割を果たしている。特許情報は以下のような意義を有しており、技術開発動向の把握さらに技術シーズと土木ニーズとのマッチングをとる有力な手段と考えられる。

特許情報の意義

- 1) 特許は情報を公開することによって、他者に抵抗要件を発生させるという性格上、R & D (Reserch and Development) 開発課題の戦略的展開を適確に把握できる。
- 2) 公開特許件数の様々な応用領域への分布とそれら領域における時系列的な動向変化を定量的に見ることができる。
- 3) 特許技術の中にはキーテクノロジーとして、今後の R & D が避けて通れないものも含まれ、今後の取り組みがその特許技術に変わり得る新しい独創技術をターゲットとするのか、あるいはその特許の発展の延長に位置付けられるのかの評価できる。
- 4) R & D の主体が誰なのか明らかにできる。
- 5) 特許技術は、R & D の中長期に方向づけるものが多く、中長期の技術ニーズを顕在化できる。
- 6) さらに技術シーズは、企業単独の努力によって潜在的可能性を開花することが可能かどうか、あるいは多数の異業種企業、国立研究所、大学、特殊法人等の基礎的研究との結合を図ることにより効果的にその価値が発現し得るものなのかを明らかにできる。

3. 各種新材料の土木分野への応用の現状と動向

3. 1 新材料および土木分野の分類と検索キーワードの設定

ここでは、出願特許の検索を通して、新材料の土木分野への応用の現状を明らかにする。

はじめに、新材料、土木分野それぞれについて、項目の分類および検索に使用したキーワードを示しておく。表3-1には、新材料の分類および対応するキーワードを示した。新材料としては、近年の材料開発動向をふまえ、まず先端的材料として「複合材料（繊維強化材）」、「セラミックス」、「ガラス」、「繊維」、「高分子樹脂」、「機能性金属」、「半導体」および「バイオ材料」を取り上げた。さらに本調査では、土木分野への活用を対象とするため、これに加えて「構造材用金属」、「コンクリート関連材料」および「薬剤」を選定した。それぞれに対応するキーワードは表3-1に示した。特許検索には、前述のように日本特許情報機構のPATOLISを使用したのもので、キーワードは「国際特許分類表」に準拠して設定した。表の中でのアルファベット一文字と数字二文字の組で示したものが分類コードである。また一部のものについては、コード分類だけでは不十分なので、フリーキーワードを使用して調整した。各キーワードが指し示す具体的な内容は表の右側に示した。

新材料分野のキーワード設定にあたり、特に以下の3点について配慮した。

① 「構造材用金属」および「コンクリート関連材料」については、“新材料応用”という本調査の趣旨に鑑み、構造材用金属については「高強度、強靱、制振、防振、超塑性、高強度、強靱、高硬度、耐摩耗、固体潤滑、耐食、一方向性凝固、耐熱」を、またコンクリート関連材料については「耐久性、強度、耐水性、耐食性、軽量」というキーワードを掛け合わせて、機能的に限定されたものだけを取り上げた。

② 「複合材料」は、繊維強化材（FRP、FRM、FRC等）を対象とした。また「機能性金属」は、形状記憶合金、水素吸蔵（水素吸脱）合金、触媒、超伝導材、アモルファス合金、磁性流体、強磁性体および非磁性体を取り上げた。

③ その他の材料については、土木分野への応用特許が少ないことが予想されたため、大分類コードをそのまま使用した。

同様に、土木分野の分類とそれぞれのキーワードおよびキーワードの示す内容を表3-2に示した。「港湾」、「海岸」、「海洋構造物」、「河川」、「ダム」については、国際特許分類では一括して「水工」として取り扱われているため、細分類化したキーワードを選定して検索にあたった。また、砂防および防災については、別途、フリーキーワードを設定して検索した。

表3-1 材料別検索キーワード

材 料	キ ー ワ ー ド *	キ ー ワ ー ド の 定 義 *	キーワードの示す内容
複 合 材 料 (繊維強化材料)	繊維強化、FRP、FRM、FRC		繊維強化材料
繊 維	D01~D07	天然または人造の糸または繊維、糸；糸またはロープの機械的仕上げ；整経または ビームまきとり、織成、組みひも；レース編み、メリヤス編成、縁とり、不織布、 縫製；刺しゅう；タフティング、繊維処理ロープ	繊維、不織布、織布、 シート類 等
高 分 子 樹 脂	C08	有機高分子化合物；その製造または化学的加工；それに基づく組成	表面被覆材、塗料、 プラスチック 等
セ ラ ミ ッ ク ス	C04B33~C04B43	セラミックス（粘土製品、組成に特長をもつ成形セラミック製品、焼成セラミック物 品と他の焼成セラミック物品または他の物品との加熱による接合、多 孔質人造石または多孔質セラミック製品；製品、後処理等）	セラミックス材料
ガ ラ ス	C03	ガラス；鉱物またはスラグウール	ガラス材料
機 能 性 金 属	形状記憶、R134、水素吸蔵、水素吸脱、 触媒、超伝導アモルファス、R135、磁性流体、 R121、強磁性、非磁性	R121；磁性流体 R134；形状記憶合金 R135；アモルファス金属	形状記憶合金、非磁性体、 触媒 等
構 造 用 金 属	12*（高強度、強靱、高硬度、制振、防 振、吸振、超塑性、耐摩耗、固体 潤滑、耐食、一方向性凝固、耐熱）	12；金属	高強度合金、制振合金、 耐食合金 等
コンクリート関連材料	(C04B1~C04B32)*（耐久 性、強度、耐水性、耐食性、軽量）	セメント、コンクリート、モルタル、人造石またはその類似物 (C04B1~C04B32)	軽量、耐久性コンクリート、 セメント、モルタル 等
ア ス フ ァ ル ト	C10C	タール、ピッチ、アスファルト、ビチューメンの処理；木酢酸	アスファルト
薬 剤	R082、R083、 C02F*（CCK~CDZ）	土壌改良剤（R082）、土壌硬化剤（R083）、水・廃水・下水または汚水の処理（C02F）*（油 性物質、発泡性物質、着色性物質、水溶性高分子、フェノール化合物etc.、重金属化 合物、軽金属、化合物、シアン化合物、F化合物、…、BOD源、他に含まれない物 質、微生物等）	土壌改良剤、地盤強化剤 等
半 導 体	H01L	半導体装置；他類に属さない電気的固体装置	ダイオード 等
バ イ オ 材 料	バイオ、C12N	バイオ、微生物または酵素、その組成物、微生物または組織の増殖、保存、繊維等 (C12N)	バイオマテリアル 等

*) 国際特許分類表に準拠した。

表3-2 土木分野別検索キーワード

土 木 分 野		キ ー ワ ー ド	キ ー ワ ー ド の 定 義
海 岸	海 岸	E02B (3、7)	水工；基礎；土砂の移送（河川、海岸またはその他の海域の管理または利用に関する工事、工事シール・ジョイント、えん堤レイアウト・建設、人工運河）
	海洋構造物	" (17)	" （くいまたは類似の支持物上の人工島等）
	港 湾	" (3、5、7)	" （河川、海岸またはその他の海域の管理または利用に関する工事、工事シール・ジョイント、えん堤レイアウト・建設）
治水・利水	河 川	" (3、7)	" （河川、海岸またはその他の海域の管理または利用に関する工事、工事シール・ジョイント、えん堤レイアウト・建設）
	ダ ム	" (7、8、9)	" （えん堤、またはせきの細部、水力発電、レイアウト・建設・または設備・建造の方法・または装置）
	上・下水道	E03B、E03F	取水、集水または配水の設備またはその方法、下水・下水だめ
交 通	道 路	E01C、D01F	道路、飛行場、運動場、競技場、道路または類似構造物の表面の建設または修復、道路付属設備
	ト ン ネ ル	D21D、E21F	立て杭；トンネル；坑道、坑道またはトンネル内の、またはそれらの安全装置、運搬、充てん、救護、通風、排水
	橋 梁	E01D	橋または陸橋の建設；橋の組み立て
	鉄 道	E01B	鉄道または路面鉄道の軌道の構造、道床または軌道の敷設、維持、更新または取りはずし
基 礎	地 下 開 発	E21B、E21C	地中掘さく（深掘井掘さく、深掘井からの石油ガス、水、溶解性または溶融性物質の採取etc）採鉱または採石
	基 礎 土 木	E02D	基礎、根切り、築堤、地下または水中構造物（トンネルを除く）
安 全	砂 防	砂防	
	防 災	防災	
機 械	土木建設機械	E02F	掘さく機、土砂移送機

3. 2 新材料と土木分野

ここでは、それぞれの新材料が、土木分野にどのように応用されているかについて検討する。

表3-3には、新材料の土木分野への応用状況を、特許マップという形にして示した。特許マップとは、縦軸に示した新材料の各項目のキーワードと横軸の土木分野のキーワードを掛け合わせて検索を行い、該当テーマに関する特許の出願数を示したものである。例えば、「道路」と「複合材料」の交点にある6という数字は、道路への応用を目的とした複合材料の開発または複合材料の道路への応用技術に関する特許が過去5年間に6件出願されていることを示している。この出願数が多いテーマほど技術開発のアクティビティが高く、技術的ストックが高いと判断できる。

なお、表では6件以上の出願のあった項目を丸で囲い、区別して示した。

表3-3の特許マップは、いくつかの特徴的な分布を示しているが、以下において材料分野および土木分野別に検討する。

3. 2. 1 土木分野別にみた特許出願の現状

① 海岸、河川およびダム

特許マップのほぼ中央に示してある「海岸」、「河川」、「ダム」については、特許出願の分布が類似している。すなわち、いずれの分野へも「繊維」および「高分子樹脂材料」の応用が多く、特許件数も等しい。

実際に、これらの分野に関して特許明細を逐一検討すると、これら「繊維」、「高分子樹脂材料」を中心として、それぞれの分野に、同一の特許が多数含まれていることがわかった。すなわち、一つ的新材料が「海岸」、「河川」および「ダム」のいずれの分野へも応用し得ることが示されている。このことは、これら3分野が材料開発技術レベルでは、共通点が多いことを示唆している。具体的な応用例としては、繊維材や高分子樹脂材は防水や止水を目的としたシート類や表面保護材として利用されている。また、一部の繊維シートではフィルターとしての応用や汚濁防止を目的とした透水性シートの開発が見られた。

さらに、セラミック材はコンクリートライニングやブロックの表面コーティングに応用されている。いずれも「水」に対して構造物をいかに保護するかに重点が置かれている。

② 海洋構造物および港湾

近年、「海洋構造物」は、生産・通運の場として、さらには石油などの貯蔵、居住、海洋レジャーの場として注目されるようになってきた。

しかしながら、材料面における技術開発は決して多いものでなく、複合材料において数件の特許出願が見られるだけである。今後の「海洋開発」の時代を考えれば、

表3-3 新材料・土木分野特許マップ

土木分野 材 料	海 岸			治 利 水 水			交 通				基 礎		安 全		機 械
	海 岸	海洋構造物	港 湾	河 川	ダ ム	上・ 下水道	道 路	トン ネル	橋 梁	鉄 道	地下開 発	基礎土 木	砂 防	防 災	土木建設機 械
複 合 材 料	3	3	4	3	4	5	(6)	(6)	2	4	2	(12)	0	2	3
織 維	12	1	0	(12)	(12)	1	(6)	1	(6)	1	3	(15)	0	5	2
高 分 子 樹 脂	(9)	3	0	(9)	(9)	0	(39)	(13)	(6)	1	(20)	5	0	(6)	0
セ ラ ミ ッ ク ス	3	0	0	3	5	1	(6)	0	2	1	(9)	4	0	1	(8)
ガ ラ ス	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	1
機 能 性 金 属	0	0	0	0	0	0	3	2	0	(6)	(11)	(7)	0	3	(7)
構 造 用 金 属	2	3	1	0	0	1	3	1	(6)	4	(45)	6	4	0	(23)
コンクリート関連材料	3	3	3	2	1	3	(10)	(8)	2	4	1	(14)	3	0	1
ア ス フ ァ ル ト	1	0	0	1	1	0	(18)	0	0	0	0	0	0	0	4
薬 剤	4	5	5	3	3	3	(17)	(25)	0	(17)	(15)	(121)	0	0	(29)
半 導 体	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
バ イ オ 材 料	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

厳しい海洋環境への材料面からのアプローチに強く望まれるものである。

③ 上・下水道

「上・下水道」分野で注目されるのは、形状記憶合金の特許が多数含まれていることである。形状記憶合金バネにより、温度を感知し、低温時に凝結水を流出させ、凍結を防止させる技術や、形状記憶合金への通電による管路接合技術などが開発されている。

④ 道 路

「道路」では、本調査で取り上げたほぼ全ての材料の応用がなされている。特許マップにおいて、7つの材料項目にわたって6件以上の出願のあった土木分野は「道路」だけである。

「道路」では「高分子樹脂材料」の応用開発が多数行われており、これはアスファルト・コンクリートのフィラーや下地剤、充填剤として用いられている。また、他の土木分野と比較して「セラミックス」の占める割合が高く、これは耐摩耗性に優れたライニング材として応用されているものである舗装材として重要な「アスファルト」や「コンクリート関連材料」についても多くの特許が出題されており、さらに地盤強化や舗装材の改良を目的とした種々の「処理用薬剤」も開発されている。

このように、「道路」には適用し得る材料の種類が多く、「都市空間における道路」や「歩車共存道路」などのようにテーマを絞り込んでも、新材料応用の可能性は高いと考えられる。このため、研究開発プランの作成にあたっては最も広範な新材料応用が考え得る分野と言える。

⑤ トンネル

「トンネル」では、地盤の強化や止水を目的とした表面保護膜およびグラウト材の開発が多数みられる。高分子樹脂としては、イソシアネート、ポリエステル樹脂、エチレン酢酸ビニル共重合体（EVA）などが耐水層形成物として応用されている。また、吸水性高分子を利用した推進管の注入方法の技術開発が行われており、興味深いテーマである。薬剤としては、地盤の強化に加えて樹脂粉体を用いて漏水防止法などが開発されている。

⑥ 橋 梁

「橋梁」は、後述するように、近年技術開発の伸びが著しい分野である。特にケーブル材の表面保護を中心とした研究が多い。材料別にみると、「高分子樹脂材料」、「繊維」および「構造材用金属」の特許が多数出願されている。橋梁用の材料開発は、金属と有機材料の組み合わせにより、構造物の表面をいかに保護するか

に重点が行われている。この傾向は「海岸」、「河川」、「ダム」などにも通じるものがある。

⑦ 鉄 道

「鉄道」では、超電導磁気浮上車（リニアモーターカー）用の設備や路盤枕木の改良・強化などに新材料（非磁性材、セラミックス材、イソシアネート系ポリマー等）が応用されている。

⑧ 「基礎土木」

過去5年間に於いて、最も多くの新材料応用特許が出願されたのは「基礎土木」分野である。この分野は地盤岩盤の改良や隔壁、くい、矢板、板などの基礎工事および根切り、山留め、盛土などを含んでいる。これらは文字通り全ての土木分野の基礎となるものであり、要素技術として重要な分野であることが特許出願数からわかる。

「基礎土木」へ応用された材料をみると、「処理用の薬剤」が121件と圧倒的に多い。これは、ほとんどイソシアネートや水ガラス、セッコウ類などの地盤強化剤であり、近年、炭酸塩を中心とした無機系の処理用薬剤が数多く開発されていることが特徴的である。

⑨ 地下開発

「基礎土木」に次いで多くの出願特許があったのは、地中掘削や採鉱などの「地下開発」である。地下開発の特徴は、掘削用機械部品や輸送設備の技術開発が大きなウェイトを占めていることである。この分野では、高強度で耐摩耗性に優れたドリルシステムや耐食性を向上させた輸送管等の開発が数多くなされている。材料別に見ると、「構造用金属」および「高分子樹脂材料」に数多くの特許出願が見られ、機械的強度や化学的安定性を目指した技術開発が活発に行われていることを示している。

⑩ 砂防および防災

砂防に関する新材料応用特許は全体で7件しかない。材料面における技術開発だけに限らず、砂防分野全体の特許出願数は少なく、技術開発のアクティビティが高いとは言えない分野と言える。このため、以下の詳細検討の対象からは除いた。

一方、「防災」については、耐火性や日光による劣化防止機能を満たす材料の開発が進められている。また、この中には光ファイバーと形状記憶合金との組み合わせによる非電化保安システム等も含まれている。また、形状記憶合金を用いて自動的に温度を感知するスプリングラースシステムなども考察されている。

⑪ 機 械

土木技術の開発においては、建設機械開発も重要な位置を占める。特に、機動性の向上、耐摩擦性の向上におよび施工法を高めるために、セラミック材料をはじめとして耐熱衝撃性に優れた超強力鋼などが開発されている。

3. 2. 2 材料分野別にみた特許出願の現状

次に、各新材料ごとに土木への応用分野等について検討する。

① 複合材料

「複合材料」とは、二つ以上の素材をそれぞれの界面相を化学的になじませて生成させた材料であり、二つの素材のそれぞれの欠点を補うか、または他の性質を取り込んで物性等を改善したものである。

本調査では、土木材料としての応用を検討の目的とするため、強度や耐久性の向上に重点が置かれている「繊維強化材料」のみを調査対象とした。繊維強化材は、複合材料の中で最も多く使用されている材料である。

特許マップ（表3-3）より明らかなように、複合材料の応用例は、数こそ少ないものの、ほぼ全ての土木分野にわたっている。特に基礎土木へは、鋼管支柱や型わくおよび止水構造材として、FRP（繊維強化プラスチック）およびFRC（繊維強化コンクリート）（注）などが開発されている。

現在までのところ、繊維強化材としてはFRPがほとんどを占おり、FRCやFRMの特許は少ない。土木分野におけるコンクリートや金属材料の需要を考えれば、FRCやFRMの開発は急がれてしかるべきものと考えられる。

（注）本報告書では、FRCを繊維強化コンクリート（Fiber Reinforced Concrete）と定義する。なお、今回の特許検索では、繊維強化セラミックス（Fiber Reinforced Ceramics）は該当がなかった。

② 繊 維

「繊維材料」は、コンクリートや金属材料にはない、軽量でかつ引っぱりが強く、柔軟な材料として、急速に土木分野へ応用されてきた。特に、種々の機能を持つシート類の開発が活発であり、基礎土木や海岸、河川、ダムなどの分野で、制水材方面の保護材および地盤強化材（ジオテキスタイル）として応用されている。

繊維素材としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ホリエチレン、塩化ビニルおよびガラス繊維、炭素繊維などが用いられており、一部TPE（熱可塑性エラストマー）の応用例も見られる。

繊維材料の実用化にあたっては、防災性の向上が避けて通れない問題である。公開特許の中には、ハロゲン化物や無機塩（アルミニウム複合塩）を繊維に付着させ、防災性を向上させる試みや素材としてガラス繊維等の無機材を活用する試みがある。

③ 高分子樹脂

「高分子樹脂」材料としては、各種の合成樹脂の塗料・表面被覆材、プラスチック形成物、ゴム材などが含まれている。

特許出願を見ると、塗料・表面保護材、充てん材、および防止水加工剤として用いられており、「道路」、「トンネル」、「地下開発」、「海岸」および「河川」などの分に応用されている。物質別にみると、ポリウレタン系、アクリル系および塩化ビニル系の合成樹脂が開発されてる。

樹脂塗料は、特に耐食性の向上を目的とした技術開発には不可欠の材料であり、今後ますます技術的な向上がはかられるものと考えられる。

④ セラミックス

セラミックスは、硬度、耐摩耗性および耐食性に優れた材料として注目されている。土木分野への応用をみると、以下の3つに分類される。

第一は道路表層材への応用である。これは、セラミックスの耐摩耗性に優れた特性を生かし、道路の摩耗を低減するものである。現在、セラミックスタイル、セラミックメッシュマットおよび路上標示ライン等の反射材としての応用が考えられている。

また海岸、河川、ダムなどにおいては、セラミックスライニング水路の特許が出願されている。これは、セラミックコンクリートタイルでライニングユニットを形成し、耐久性の向上を目指したものである。

一方、地中掘削や土木・建設機械では、ドリルユニットや機械可動部にセラミックス材が応用されている。特に、ドリル刃としては焼結ダイヤモンドについて多数の特許出願がなされている。

⑤ ガラス

特許検索の範囲では、土木分野への「ガラス材」の応用は少ない。しかしながら、この中には路上標示材（反射材）や光ファイバーシステムなど重要な技術も含まれており、今後の技術開発が望まれる材料分野である。

⑥ 機能性金属

「機能性金属」としては、表3-1に示したように、先端材料として注目を

集めている形状記憶合金、水素吸蔵（吸脱）合金、触媒、超伝導剤、アモルファス合金、磁性流体、強磁性体および非磁性体を取り上げた。この中で実際に土木分野への応用がなされているのは「形状記憶合金」、「触媒」および「非磁性体」の三種類のみであった。

「形状記憶合金」は、温度差を利用したアクチュエータとしての利用が多く、着雪氷脱着装置、線路の継目、岩盤等の破碎装置、破碎具等の応用が開発されている。また、形状記憶合金をセンサーとして用いた防災システム用の温度感知検出装置および防災システム用制御装置の特許が出願されている。これらは無電源化に伴う安全性・信頼性の向上を目指しており、注目される技術と言える。

また、「触媒」は主として土木開発、基礎土木分野において、地盤改良の促進剤として利用されている。

一方、「非磁性体」は、リニアモーターカーの技術開発に活用されており、さらにドリル刃への応用の開発例もある。

⑦ 構造材用金属

「構造材用金属」の開発をみると、地下開発および土木建設用機材への応用が多いことがわかる。これら2つの分野へは、耐熱、耐食性および耐摩耗性に優れたカッタービットおよびドリルシステム、さらには耐食輸送管材としての活用がなされている。ただし、橋梁においては構造材用金属の占める割合は高く、これは吊り橋用の鋼線の開発が活発に行われているためである。

⑧ コンクリート関連材料

「コンクリート」は、19世紀以降、土木材料として最も広範に用いられてきた。それは、原材料の入手や構造および運搬の容易さ、任意形状への成形が可能なこと、加えてRCやPCの力学体系の確立があり、構造物として十分な耐久性を有し、経済的にも極めて高い効率を示し得たからと考えられる。

しかしながら、前節で示したような「高強度」、「軽量」、「高耐久性」等のキーワードをあらためて掛け合わせ、高い機能特性を持つ材料だけに限定した場合には、該当する特許は必ずしも多くない。基礎土木や道路の分野で、10数件出願されているだけであり、他の分野でも数件ずつしかない。

近年、コンクリートの早期劣化等や耐久性低下などが議論されており、材料としての“ハイテク化”が強く求められる分野と言えよう。

⑨ アスファルト

「アスファルト」の開発特許は、5年間で25件しか出願されていない。しか

も、これらはアスファルト再生に関するものが大半であり、新たな機能特性をめざした技術開発はほとんど見当らない。アスファルトは舗装材として広範に使用されており、多様なニーズにこたえるべく、活発な技術開発が求められよう。

⑩ 薬 剤

土木分野で「薬剤」として技術開発されているものは、ほとんどが地盤強化剤、土壌改良剤およびアスファルト等の処理用薬剤である。特許マップより明らかのように、これらは基礎土木、地上開発およびトンネルの分野へ応用されている。

処理用薬剤としては、イソシアネートやポリアミン系の有機系の物質とならび、ゼオライト、水ガラス、セッコウ等の無機系材料も活発に開発されている。

⑪ 半導体およびバイオ材料

特許情報にみる限り、土木分野への「半導体」および「バイオ材料」の応用例はほとんど実績がない。

「半導体」としては、発光ダイオードを利用した道路情報板の開発が行われているだけであり、「バイオ材料」も石油採鉱における処理材としての開発例があるだけである。尚、本調査では、昭和61年度建設省総合プロジェクト

「バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発（バイオフィーカスWT）」との重複を避けるため、下水処理へのバイオ材料の応用は除外した。

3. 3 材料別機能特性

新材料の種類はますます多様なものとなっており、一方の土木分野においても構造物への要求は多彩で高度なものとなっている。このため、新材料と土木分野と構造物への要求は多彩で高度なものとなっている。このため、新材料と土木分野との円滑な融合を図るためには、まず、機能特性（材料特性、土木分野の要求特性）を整理し、その上で“機能特性”を仲立ちとしたアプローチが必要と考えられる。本節では、新材料別に機能特性の特徴を検討する。表3-4は各新材料の出願特許を「機能特性」の観点から分類、整理し、該当する特許件数を機能特性別に示したものである。これは、新材料・機能特許マップに相当している。

機能特性の分類は、通商産業省の基礎新素材研究会等の報告を参考として、まず、

1. 機械的機能
2. 熱的機能
3. 化学的・生体的機能
4. 電氣的・電子的機能

表3-4 出願特許件数の材料・機能特性別内訳

材 料				複 合 材 料	繊 維	高 分 子 樹 脂	セ ラ ミ ッ ク ス	ガ ラ ス	機 能 性 金 属	構 造 材 用 金 属	コ ン ク リ ー ト 関 連 材 料	ア ス フ ァ ル ト	薬 劑
特 性													
新材料の機能 分類項目	構造材的 特性	1. 機械的特性	1. 強 度	(3)	7	(10)	(8)	0	3	(29)	(21)	2	(40)
			2. 比強度	5	1	0	2	0	0	1	5	0	1
			3. 硬 度	6	0	1	3	0	0	(9)	1	0	0
			4. 制 振	1	1	5	1	0	1	2	0	1	1
			5. 弾 性	1	3	6	0	0	1	1	2	2	0
			6. 形状記憶	0	0	0	0	0	(15)	0	0	0	0
			7. 塑 性	0	1	2	1	0	0	1	0	1	2
			8. 耐摩耗	5	0	(11)	6	0	2	(26)	2	1	3
	機能材的 特性	2. 化学的特性	耐 食	6	3	(26)	4	0	3	(28)	2	2	10
		3. 熱的特性	耐 熱	1	3	(10)	6	0	1	(18)	2	2	5
		4. 化学的・生体的機能		0	0	9	0	0	(15)	0	0	0	(14)
		5. 電氣的・電子的機能		1	1	4	2	0	0	(9)	0	0	2
		6. 磁 氣 的 機 能		1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
		7. 光 学 的 機 能		1	1	0	2	2	2	0	0	0	0
		8. 放 射 線 機 能		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		耐久性・耐候性		1	3	(13)	5	0	2	(8)	0	2	(10)
土木分野への 応用を考慮し て追加した項 目	透水・吸水・防水性			3	(12)	(18)	0	0	0	0	(3)	2	7
	流動抵抗			5	5	(12)	0	0	2	0	3	0	(18)
	密着性・接着性			0	0	7	0	0	0	0	0	0	3
	施工性			0	2	(8)	0	0	0	1	1	0	0
	低コスト			5	4	(10)	6	0	1	1	(8)	2	(37)
				3	0	5	0	0	0	5	4	5	(18)

*) 通商産業省「新素材研究会」の機能分類をもとに再編成した。

- 5. 磁氣的機能
- 6. 光學的機能
- 7. 放射線機能

を取り上げた。特に、土木分野への応用を考えた場合、強度、硬度、耐摩耗性、耐食性等の機械的機能が強く要求されるため、1の機械的機能はさらに9つの細項目として分類した。

また、実際の特許詳録に盛られている材料特性を拾いあげ、「耐久性・耐候性」、「透水性・吸水性」、「施工性」、「低コスト」等の土木技術特有の特性も多数挙げられてきたので、これらを一括して表の下に示した。

表3-4から、土木分野に应用されているそれぞれの新材料の機能面における特徴を把握することができる。

各材料の機能特性は一樣のものではなく、かなりの特徴的な様相を呈している。表3-4の特許分布をみると、材料特性により概ね4つのグループに分類することができる。

第1は、機械的特性の中でも特に強度特性の向上を第一義的な開発目標としている材料である。強度(表3-4の1. 1)が大きな比重を占めているのは、複合材料、コンクリート関連材料およびセラミックスであり、これらは構造材として重要なものである。しかしながら、これら構造用材料は機能的特性に欠けるきらいがあり、土木技術からの多様なニーズを満たすためには、他の材料との複合化などがテーマとなろう。

第2グループは、特定の機能特性のみを追求した材料であり、形状記憶合金、非磁性体および触媒等の機能性金属が含まれる。一般に、このような限定された機能のみを満たす材料の実用化には多くの制限が加わる場合が多いが、ユニークな特性を十分に生かせば土木技術の新たな展開が期待される材料と言える。

一方、高分子樹脂、繊維および薬剤では、表3-4に示したほぼ全ての材料特性に該当がある。すなわち、これらの材料は多数な機能を合わせ持っており、機能特性から追った材料設計を行う際には、高分子樹脂および繊維材の多機能性は大きなメリットである。

ガラス、アスファルトについては、特許数が少ないために明確な傾向は把握できなかった。

土木分野への新材料の応用にあたっては、材料特性面でのマッチングを行う必要がある。特に新材料の種類は今後ますます増加し、材料の選定は一層複雑になることが予想される。このため、材料のもつ多様な機能特性を整理、体系化し、この「機能特性」を判断基準として土木分野との整合性を判断することは、土木材料設計の有力な手段と考えられる。

この目的を果たすためには、材料 $\rightleftharpoons$ 機能特性 $\rightleftharpoons$ 土木分野使用部位の多元的な、

情報のシステム化が必要である。特に、機能および用途が広範な「繊維」、「高分子樹脂」および「薬剤」等については早急なデータ、情報の整備が求められよう。

次節では土木分野と材料機能特性との関連（機能特性 $\rightleftharpoons$ 土木分野）を検討する。

3. 4 土木分野別要求材料特性

ここでは、材料特性を各土木分野別にとりまとめ、それぞれの土木分野を、要求される材料特性の特徴により分類する。

特許評価シートを土木分野と材料特性に注目して分析し、取りまとめた結果を表3-5に示す。この表は特許に示された材料特性を土木分野別に集計したものであるが、逆にそれぞれの土木分野の技術開発を行うにあたり、材料面で要求される機能特性を示しているとも見ることができる。特許件数の絶対数が各分野で異なるために、単純な比較は危険であるが、道路および地下開発では本調査でとりあげたほぼ全ての機能特性が求められているのに対して、トンネル、基礎土木では「強度」および「施工性」が、さらに橋梁や海洋構造物では特に「耐食性」が要求されていることが読みとれる。

3. 5 材料別技術開発動向

本節では、出願特許を時系列的に検索することにより、技術開発の動向を明らかにする。

図3-1には「複合材料」、「セラミックス」、「ガラス」、「繊維」、「高分子樹脂」および「機能性金属」について、過去5年間の特許出願数を時系列的に示した。この図では、各年次に出願された特許数を移動平均法を用いて表示してある。図3-1に示した材料の中では、現在、「高分子樹脂」の開発が最も栄えに行われている。しかしながら、特許件数は減少の傾向を示しており、地盤の低下が懸念される。一方、「繊維」、「機能性金属」および「セラミック」は確実な特許件数の増加を示しており、特に「繊維」の伸長は著しい。このように、先端材料と把握することのできる繊維材料、機能性金属およびセラミックの特許出願が着実に増加していることは、土木技術の新たな展開のために明るい材料である。

一方、図3-2には「構造材用金属」、「コンクリート関連材料」、「アスファルト」および「薬剤」の時系列的な特許出願数を示した。これらの材料は土木用材料として従来より用いられてきたものである。特許動向を見ても、「構造用金属」、「コンクリート関連材料」、「アスファルト」とともに急減な増減はなく、「薬剤」ではむしろ減少傾向が見られる。

3. 6 土木分野別の技術開発動向

次に、各土木分野別に特許の時系列的な検索を行い、新材料応用の側面から見た土木技術開発の動向を検討する。

図3-3には、土木分野を「交通」、「海洋」、「治水・利水」、「基礎」、「安全」および「機械」と分類した時系列開発動向を示した。

「基礎土木」に関する特許出願数は、従来、他の分野を大きく引き離していたが、

表3-5 出題特許件数の土木分野・材料特性別の内訳

特 性				土 木 分 野				海 岸		治 利 水 水			交 通			基 礎		安 全		機 械
				海 岸	海 洋 構 造 物	港 湾	河 川	ダ ム	上・下 水 道	道 路	トンネル	橋 梁	鉄 道	地下 開 発	基礎 土 木	砂 防	防 災	土 木 建 設 機 械		
新材料の機能 分類項目	構造材的 特性	1. 機械的特性	1. 強 度	4	2	1	5	5	3	(16)	(19)	2	7	(23)	(38)	2	3	(12)		
			2. 比強度	1	0	1	1	1	1	0	1	2	0	2	3	0	0	0		
			3. 硬 度	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	(9)	2	0	0	(10)		
			4. 制 振	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	1	4	0	0	2		
			5. 弾 性	0	0	0	0	0	0	(9)	0	0	2	0	3	1	0	0		
			6. 形状記憶	0	0	0	0	0	5	0	0	0	3	3	1	0	2	0		
			7. 塑 性	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0		
			8. 耐摩耗	0	0	0	0	1	3	(13)	4	0	4	(17)	5	0	0	(28)		
	機能材的 特性	2. 化学的特性	耐 食	1	8	2	0	1	3	(14)	1	(8)	1	(22)	(12)	0	1	3		
		3. 熱的特性	耐 熱	0	0	0	3	3	0	(9)	1	1	1	(19)	2	0	2	7		
		4. 化学的・生体的機能		0	0	0	0	0	1	3	2	0	1	(12)	(9)	0	1	3		
		5. 電氣的・電子的機能		0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	(10)	0	0	0	0		
		6. 磁 気 的 機 能		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	1	2		
		7. 光 学 的 機 能		0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	1	0		
		8. 放 射 線 機 能		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		土木分野への 応用を考慮し て追加した項 目	耐 久 性 ・ 耐 候 性			1	1	1	4	5	1	(14)	2	0	2	4	(8)	4	2	4
透 水 性 ・ 吸 水 性			0	0	0	1	1	0	6	4	0	0	0	(12)	0	1	0			
遮 水 性 ・ 防 水 性			0	1	0	6	6	4	4	5	1	2	0	(16)	0	0	2			
流 動 抵 抗			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0			
密 着 性 ・ 接 着 性			1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0			
施 工 性			4	4	3	5	7	1	(10)	(14)	2	0	(8)	(24)	1	0	(9)			
低 コ ス ト			0	1	0	0	1	0	5	3	0	0	2	(15)	2	0	(8)			

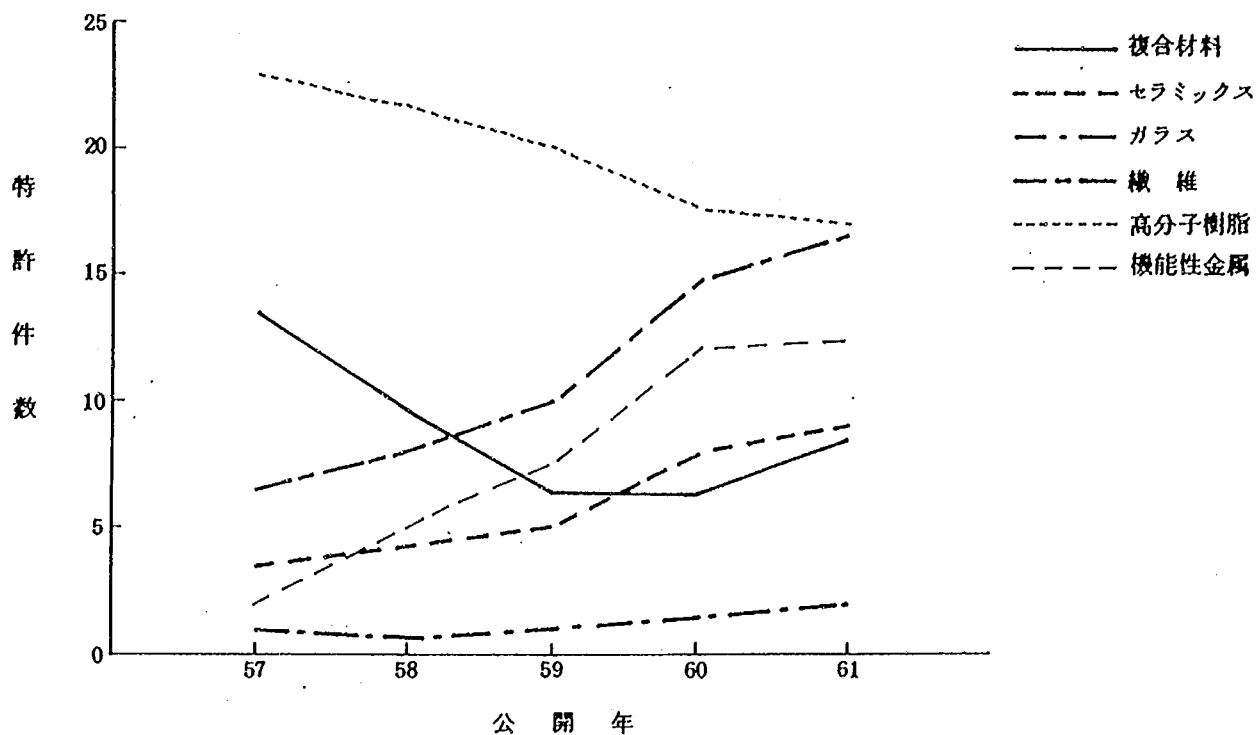


図3-1 材料別時系列特許動向 (I)

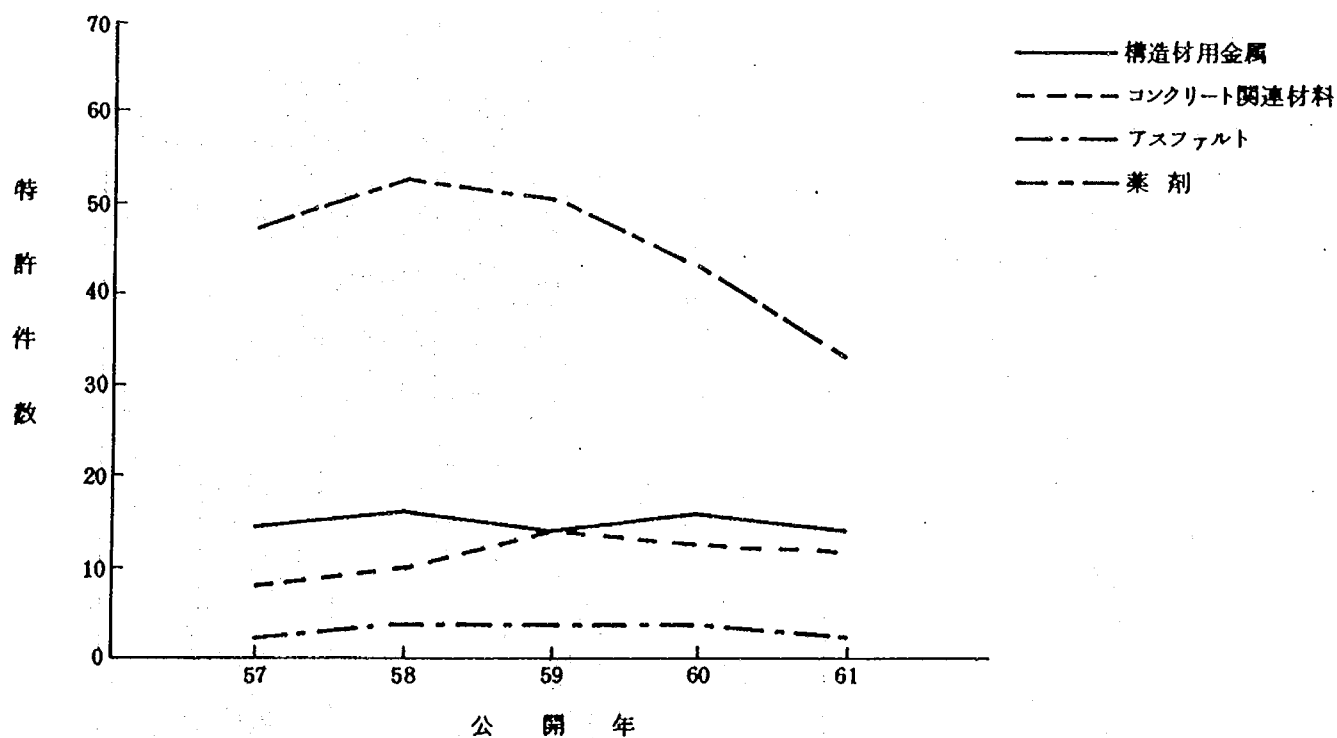


図3-2 材料別の時系列特許出願動向 (II)

近年減少の傾向を見せ始めている。一方、「交通」分野は順調な伸びを示しており、昭和61年には最も多くの特許出願があった。また、昭和58年以降、「治水・利水」分野の技術開発が順調に増加しており、今後の動向が注目されるところである。一方、「機械」、「海洋」および「安全」については急激な増減は認められず、着実な技術開発が行われていると言えよう。

以下では、上記の各分野ごとにより詳細な動向を検討する。

図3-4には、交通に係る「道路」、「鉄道」、「トンネル」および「橋梁」の各分野の新材料特許の時系列動向を示した。

「道路」への応用が依然活発であり、「トンネル」、「鉄道」がこれに続いている。この中では「橋梁」への応用は最も少ない。しかしながら、「トンネル」や「鉄道」ではほぼ横ばいであり、「道路」ではむしろ近年減少傾向であるものに対して、「橋梁」はこの2年間で急速な伸びを示しており注目される。

海洋分野における時系列特許動向は図3-5に示した。「海洋構造物」や「港湾」に比べて「海岸」への応用が盛んであり、この傾向は近年特に強まる傾向にある。

また、治水・利水の分野は概ね順調な技術開発の伸びを示しており、「河川」、「ダム」、「上・下水道」のそれぞれが特許件数の増加を示している（図3-6参照）。

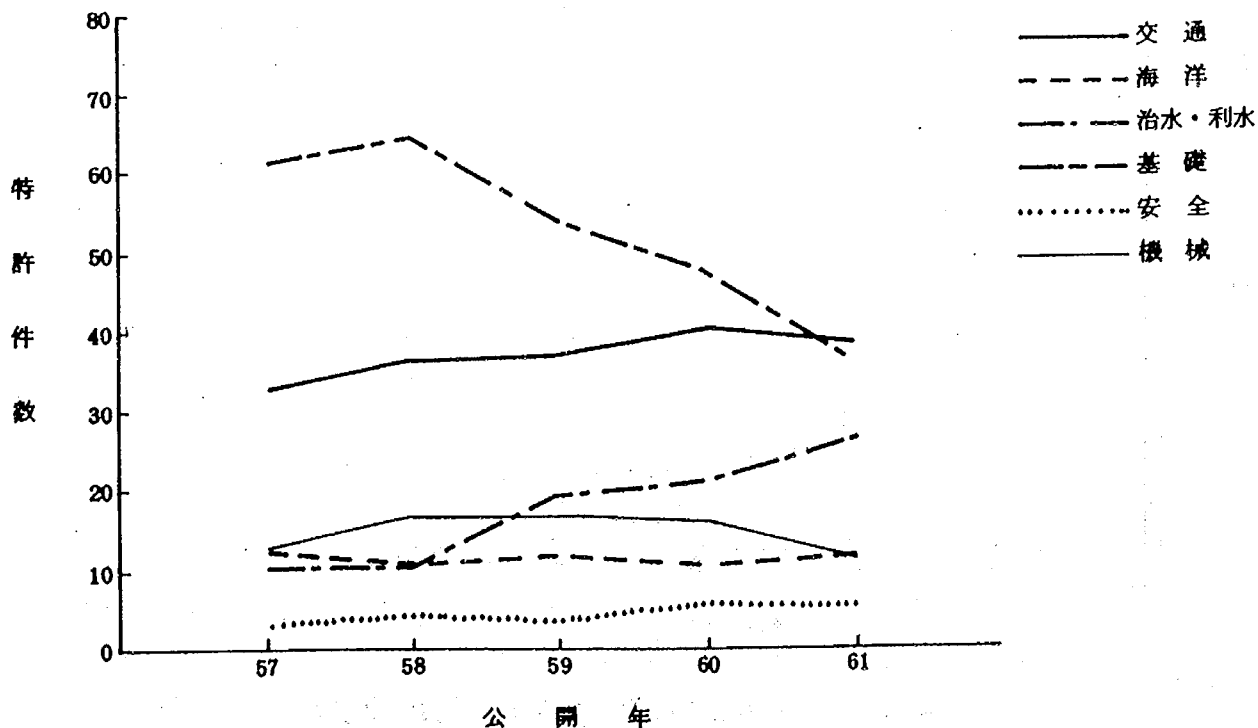


図3-3 土木分野別の新材料特許出願動向

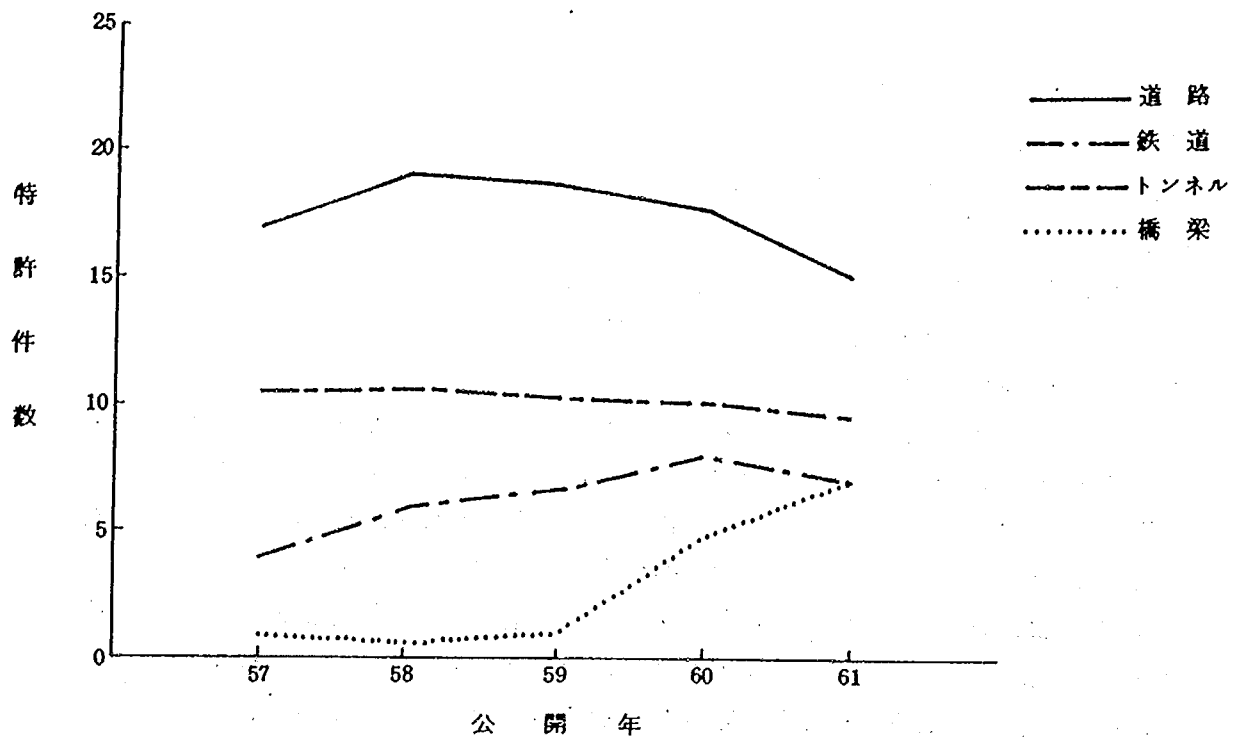


図3-4 交通に係る新材料特許の時系列動向

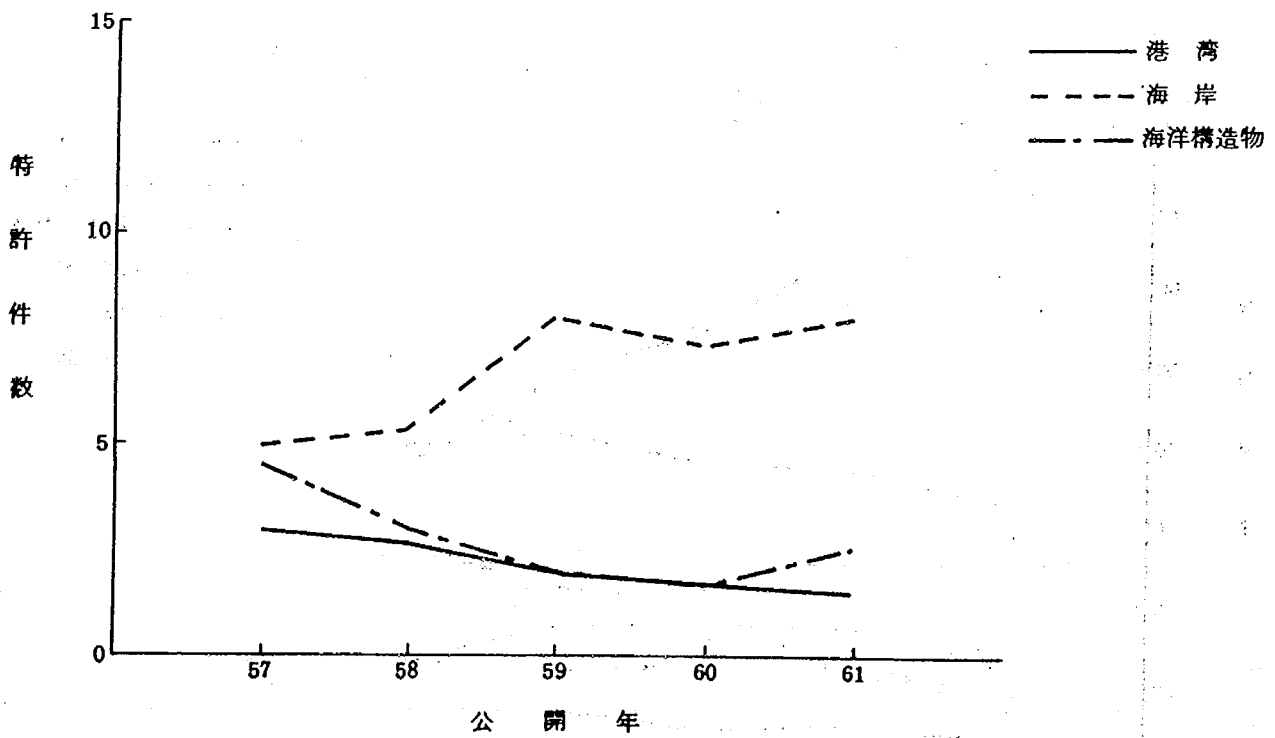


図3-5 海洋に係る新材料特許の時系列動向

一方、「基礎土木」、「安全（砂防、防災）」、「土木建設機械分野」では、前述のように、「基礎土木」が絶対数は依然多いものの、近年減少傾向にある。また、「地下開発」や「土木建設用機械」はほぼ横ばいの特許動向を示しているが、「防災」および「砂防」に関する特許は全般に少く、技術開発のアクティビティは高いとはいえない（図3-7参照）。

以上の動向を総括的にまとめると図3-8のようになる。

同図に示すように、特に注目すべき結果は、近年、「海岸」「河川」「ダム」「上・下水」および「橋梁」への新材料応用が急速に伸びていることである。これらの分野に共通している点は、いずれも「水」に関していることである。これは、ひとつには「水」をいかに制し、かつ構造物をいかに「水」から護るかという土木分野の基本的問題に対して、新材料が広く活用されていることを示している。さらに、近年、街づくりを進める中で、水辺空間に着目し、水辺環境のあり方から都市を見直す動きがみられるようになっており、このような「ヒューマンファクター」の充足に向けた新材料利用の可能性も見逃せない。いずれにせよ、多様な技術的なニーズを伴う「水」に着目し、この点から開発課題掘り起こすことは、一つの大きな指針となる。

一方、特許件数に大きな増減はなく、ほぼ一定の出願数を保っている分野は、「道路」、「トンネル」、「地下開発」および掘削等に係わる「土木設備機械」である。これらの分野では、「土」を主な対象物と捉えることができる。前述の「水」のキーワードを対比させると、興味ある結果である。

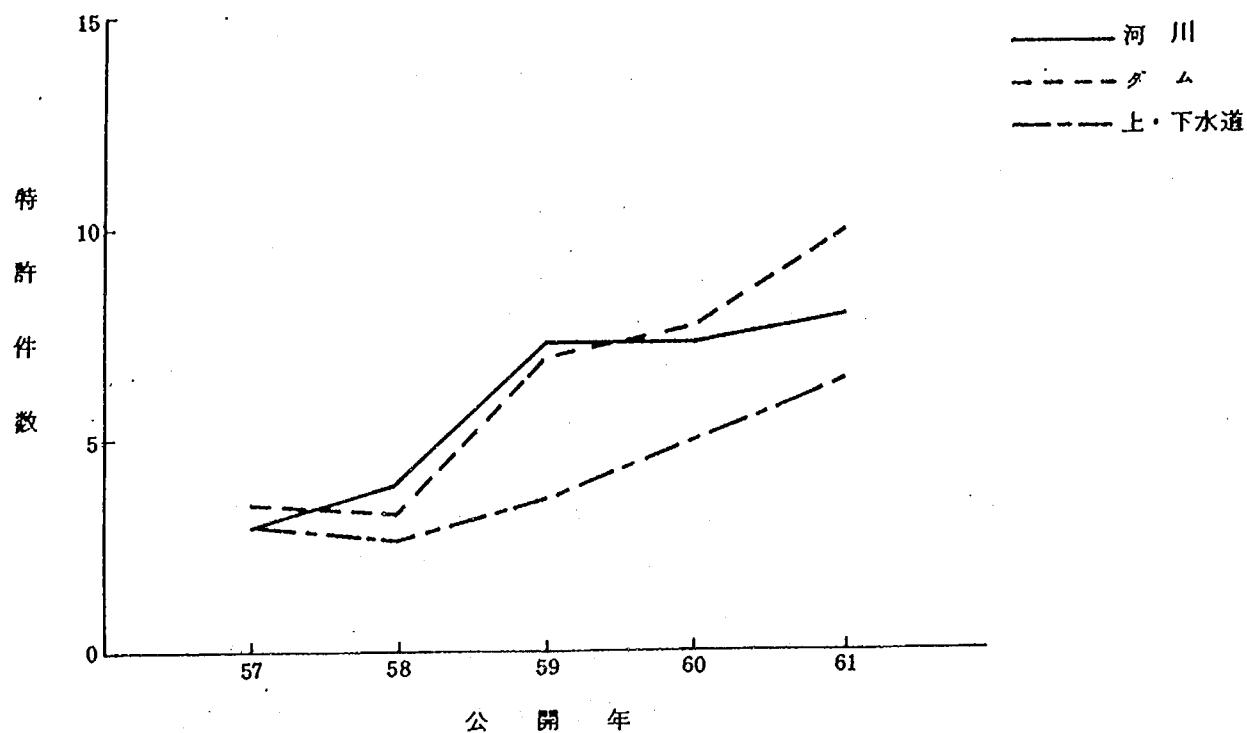


図3-6 治水および利水に係る新材料特許の時系列動向

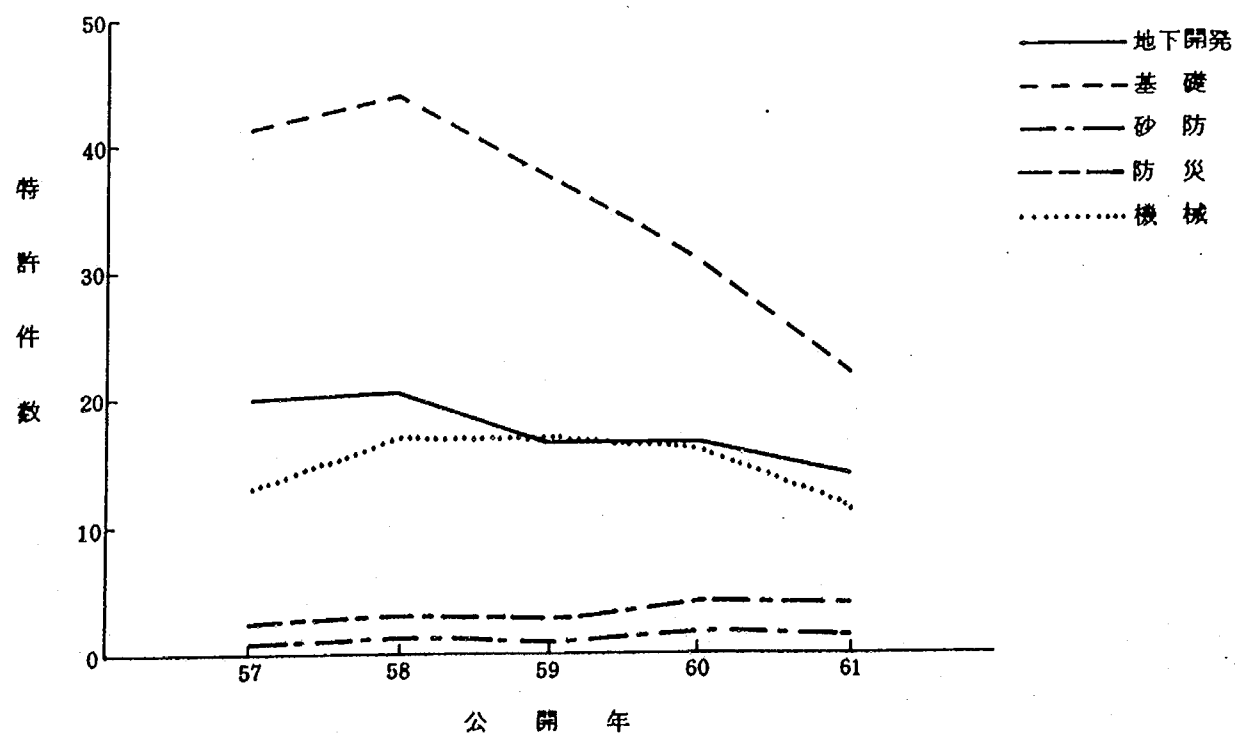


図3-7 基礎土木、安全、および土木建設機械分野に係る新材料特許の時系列動向

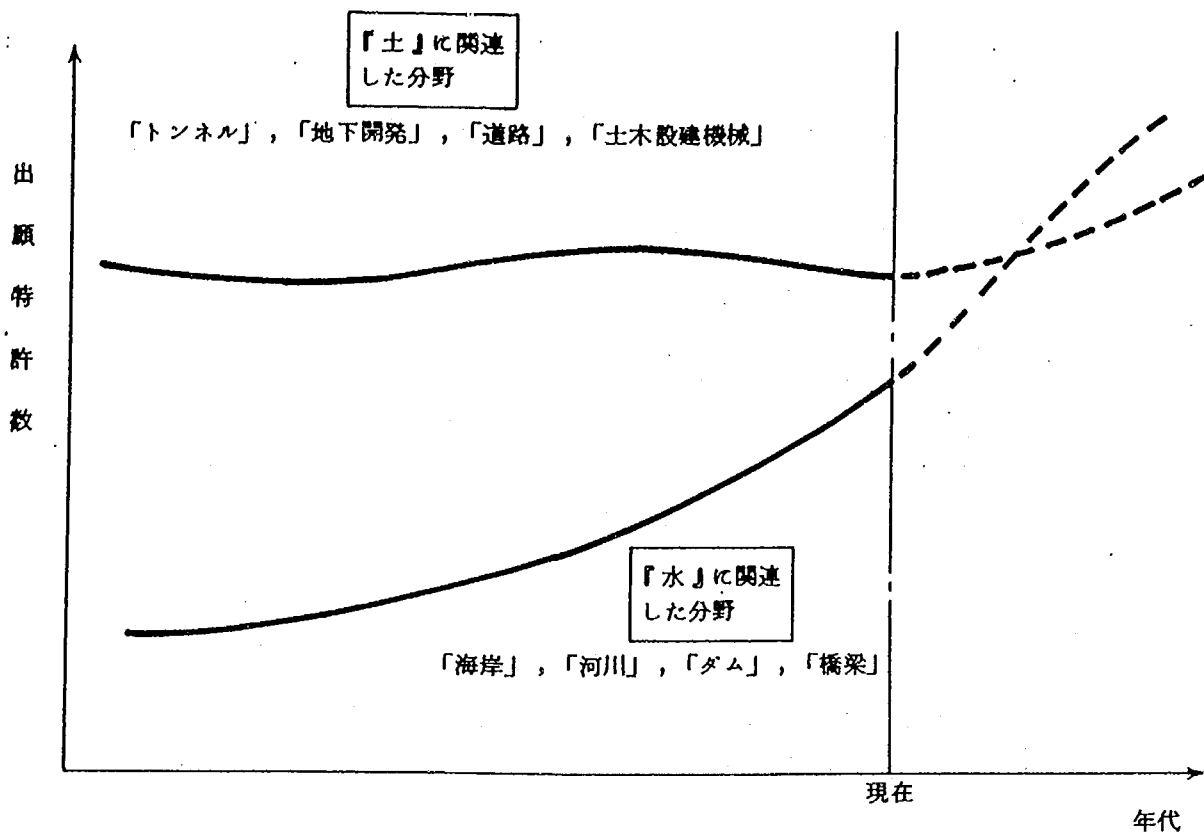


図3-8 新材料応用動向の特徴

4. 土木分野における新材料利用の方向

4. 1 概 要

本章では、前章の特許情報分析による新材料の技術開発動向をふまえ、新材料の活用が期待されるテーマの抽出を行う。

有望なテーマの抽出を行うためには、近年、新材料応用の期待が高い、土木分野を例にとり、具体的な検討を加えることが望ましい。このため、本調査では「河川」、「海岸」、「橋梁」、「基礎土木」および「道路」を対象分野として取り上げた。

ここで、「河川」、「海岸」および「橋梁」は、新材料応用の特許出願が近年めざましく伸びている分野であり、今後の一層の技術開発が期待される分野である。

また、「基礎土木」および「道路」は、新材料応用特許の出願数が他に比べ著しく多く、技術的な蓄積が高いと考えられる。

本章では、上記5分野について、基本的に以下の手順で検討した。

- ① 各土木分野について、構造及び機能的な観点からの分類を行った。この分類は通常用いられている指標に従った。
- ② 次に、特許出願の動向を再度検討し、技術開発の力点が上記分類のどこに置かれているのかを明らかにした。ここで抽出されたものは、材料の開発が実際に行われ、一定の評価がなされているものであり、活用のフィージビリティは高いと考えられる。
- ③ また、先端技術の活用懇談会および新素材懇談会の調査報告等を検討し、特許情報で欠落していると考ええる有望テーマは順次追加した。
- ④ 最後に、ここで抽出された有望テーマの土木技術開発上の位置づけ等に関して総合的に評価した。

以下の節では、この手順に従って検討した結果を分野別にとりまとめた。

4. 2 河 川

4. 2. 1 河川機能別にみた新材料応用の現状

河川を機能面から見た場合、「治水」、「利水」および「親水」に分類することができる。特に、地形、気象などの自然条件からみて災害を受けやすく、かつ資源の乏しい我国においては、「治水」および「利水」機能が古くから求められており、河川土木にとっても重要な目的であった。

上記の三つの河川機能分類に従って新材料応用特許数を示したものが表4-1である。同表では、砂防、ダムおよび農業土木等も取り込んでいるが、治水および利水機能向上を目的とした新材料応用が極めて多く、修景等を目的とした技術開発は4件のみであった。このように、「治水」および「利水」の2つの機能に対する要請は依然強いものがあり、河川開発の大きな柱であることに変わりはない。

しかしながら、河川に対する人々の認識が過去十数年の間に大きく変貌したことも事実である。すなわち、産業・経済の発展は人口の都市集中現象をもたらしたが、密集した建物と舗装された道路という都市内に住む人々にとっては、河川のもつ空間が憩いの場を与えるものとして認識されるようになってきた。このように、河川のもつ治水・利水機能に加えて、河川の存在そのものが有している環境機能に対する評価が高まるとともに、従来の荒れた高水敷を整備して公園などとして利用するための河道整備などが河川事業として行なわれるようになってきた（表4-2参照）。

このため、「親水性」実現をめざした新材料活用も大きなテーマを捉えなければならない。

表4-1 河川機能の分類と関連する新材料特許数

河川機能	具 体 例	特許件数
治水	洪水対策（築堤等）、砂防	26
利水	多目的ダム、流水調整、維持用水、農業用水	57
親水	高水敷利用、修景護岸	4

表 4 - 2 河川改修における公園化および親水公園開発計画

計 画 名	計 画 の 概 要
淀川河川公園整備計画（大阪府）	高水敷の公園化（自然地区、野草広場地区、施設地区に分けた公園整備）
平谷川修景計画（三田市）	市域における緑ネットワークの一環としての河川修景
古川親水公園（江戸川区）	ドブ川から、人々が憩い、遊ぶ場への再生
仙台堀川（江東区）	人工河川の親水公園化
西川緑道公園（岡山市）	総合的な緑道公園化
次太夫堀公園（世田谷区）	歴史的農業用水を復元するなかで、田園風景を創出

4. 2. 2 特許出願の動向

ここでは、河川に係る新材料応用特許の状況を検討し、技術開発の現状を把握する。

表 4 - 3 には、河川に係る新材料応用特許に関し、土木分野への応用例、素材および出願者を一覧した。最も多くの応用がみられるのはシート状の繊維材料である。表からもわかるように、土木用シート材として開発された素材は極めて豊富であり、その機能も多岐にわたっている。また、フィルター、エラストマー性等の、より多機能性を追求した材料の技術開発も進められている。

このようにシート類を中心とした繊維材料に関する技術的ストックは、極めて高いと判断される。

一方、修景用の材料としては、緑化を目的とした法面土留や模様つきモルタルの技術開発が行われている。

表4-3 河川に係る新材料特許出願の現状

応 用 例	特許数	素 材	特許出願者
軟弱土層上の護岸構造物	1		(神戸製鋼)
法面土留	2		(東亜工学)
アスファルト形成物	3	ガラス繊維ストランド含有 アスファルト	(日瀝化学) (日本海上工事)
護岸用当板	1		(富士不燃建材工業)
模様 (凹凸) つきモルタル	2		(原 義夫)
セメント構造物の防水施工	1	セメント系無機質浸透防止材 +エポキシ系防水剤	(三井石油化学工業)
接着法	1	エチレン酢酸ビニル共重合体 (EVA) + 自己粘着材	(宇部興産)
編成構造物	1	オープンメッシュワイヤー	(ベカエルト)
水中コンクリート	1		(上武産業)
シート状繊維材	15	合成樹脂フィラメント編織布(不織布) +水硬性ポリマー	(三井石油化学)
		通水性シート+連続線条	(大和紡績)
		ポリプロピレン短繊維 +ポリエステル長繊維	(東亜紡績)
		耐衝撃防水シート	(日立電線)
		フィルターシート	(太陽工業)
		オレフィンシート系部分架橋熱 可塑性エラストマー防水シート	(三井石油化学)
		シート連結用織物	(菊地工業)
		ABC樹脂+エポキシ+可塑剤 +塩化ビニル樹脂遮水シート	(トヨタ自動車)
		線形型低密度ポリエチレン	(三井石油化学)
		熱可塑性エラストマー +エチレン重合体防水シート	(三井石油化学、 ブリジストン)
		エラストマーシート含有膜	(ユニロイヤルInc)
		異材質ゴムシート間接続	(ブリジストン)
		防水シート接合	(三ッ星ベルト)
		布製袋体	(旭化成)

4. 2. 3 河川土木への新材料応用

新材料応用が有望なテーマ以下の通りである。

1) 治水・利水機能の向上を目的とするもの

① 繊維材料の河川堤防への応用

特許情報にみる限り、河川土木分野への材料シーズとしては、「繊維材料（シート）」の技術的蓄積が高く、多種多様な材料が開発されている（表4-3参照）。特に、土質安定用繊維材はジオテキスタイルと呼ばれ、急速に注目を集めている材料である。

以上を考慮すると、河川土木分野への応用で、最もフィージブルな材料としては繊維材料を挙げることができよう。具体的には、繊維材料の引っ張り強度、他の材料との接合性、透水性あるいは遮水性などの特性を生かし、

- ・ 河川堤防の強化
- ・ 地盤漏水の防水
- ・ 漏水防止のフィルター

として利用が有望と考えられる。

以下に、繊維シートの具体的な開発例を示す。

開発例（河川－１）

遮水シート

（特開昭５７－１２８７３２、トヨタ自動車工業㈱）

ABS樹脂、ニトリルゴム、可塑剤および充填剤等を塩化ビニル樹脂に配合してなる、接着加工性が良好で、熱安定性に優れ、硬度等を改善した広面積の遮水、防水用に好適なシート。

塩化ビニル樹脂 100重量部に対して、ABC樹脂も30～50重量部、充填剤、安定剤などからなる添加物を20～25重量部を配合した、組成物を、カレンダー加工によってシート状成形加工した遮水シートである。

第 1 表

	本発明に従う 遮水シート		比 較 例			
			PVCシート A		PVCシート B	
硬度（ショアA）	95	○	72	△	62	△
引張力（kg/cm ² ）	295	○	185	△	145	△
伸 び（％）	230	△	380	○	450	○
熱変形温度（℃）	95～ 105	○	80～ 90	△	80～ 90	△
軟化温度（℃）	120～ 180	○	50～ 60	△	50～ 60	△
融 点（℃）	220～ 280	○	170～ 180	△	170～ 180	△
総 合 評 価	○		△		△	

○：良 △：可

第 2 表

	本発明に従う 遮水シート		一般土木用 PVCシート A	
接 液 性 （遮水シート）	不良箇所 なし	○	不良箇所 6～7箇所あり	△
作 業 性	作業速度 1.2分/m	○	作業速度 1.8分/m	△
総 合 評 価	○		△	

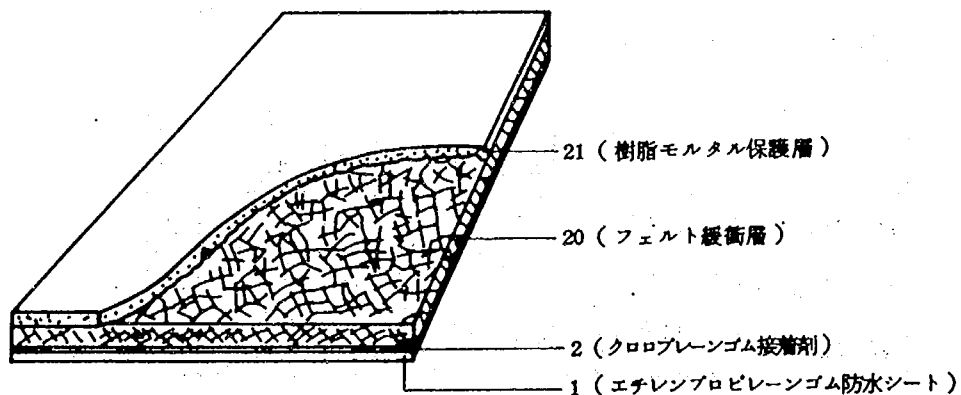
○：良 △：可

開発例（河川－２）

耐衝撃性防水シート

（特開昭６０－２２５７４６、日立電線㈱）

防水シートの１．２倍以上の厚さの緩衝層を張り合わせ、その上の層に防水シートの０．８倍以上の厚さの保護層を設けることにより、耐衝撃性に優れた防水シート。



	防水シートの損傷エネルギー (kg-m)
実施例	12.5
比較例１	4.6
比較例２	5.2
比較例３	7.3

開発例（河川－３）

土木シートおよびその製法（透水シート）

（特開昭61-155270）

合成樹脂フィラメントからなる編織布、不織布のフィラメント間空隙中に、ポリマーの分散した水硬性物質を充填し一体化することにより、水中での沈降性のよい、強度、可撓性に優れた砂並みの透水性を持ち、かつ水硬性物質の脱落が少ない土木シート

	材 質				厚さ (mm)	透水性 (L/m ² /s)	透 水 性 質			透水性 (m/s)	透水性 (g/m ²)
	品名	メーカー	規格	単位			透水性 (L/m ² /s)	透水性 (L/m ² /s)	透水性 (L/m ² /s)		
土木シート	ポリプロピレン	12	400	400	1	10	透水 15000 不透 5000	130 65	80 90	透水 1×10 ⁻⁴ 不透 1×10 ⁻⁴	10
・ 2	・	・	・	800	2	10	透水 25000 不透 8000	130 65	80 90	透水 1.5×10 ⁻⁴ 不透 9×10 ⁻⁵	20
・ 3	・	・	・	1200	3	10	透水 35000 不透 10000	140 65	100 110	透水 6×10 ⁻⁵ 不透 6×10 ⁻⁵	25
・ 4	・	・	・	1600	4	10	透水 45000 不透 15000	150 70	100 110	透水 5×10 ⁻⁵ 不透 5×10 ⁻⁵	30
・ 5	・	・	・	800	2	30	透水 25000 不透 9000	130 65	80 90	透水 3×10 ⁻⁵ 不透 7×10 ⁻⁵	10
・ 6	・	・	・	1400	4	30	透水 45000 不透 10000	150 75	90 100	透水 1×10 ⁻⁵ 不透 2×10 ⁻⁵	20
土木シート	・	・	・	800	2	2	透水 20000 不透 5000	130 65	80 90	透水 3×10 ⁻⁵ 不透 9×10 ⁻⁵	200

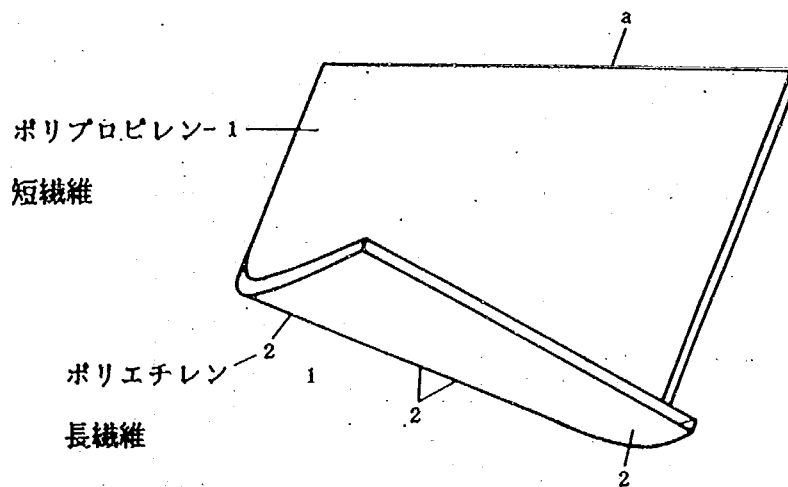
開発例（河川－４）

土木資材不織布

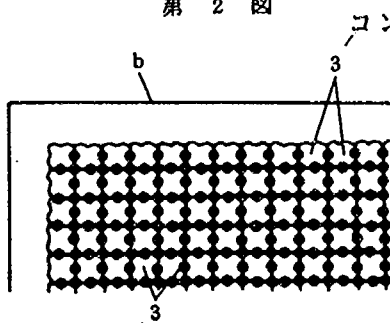
（特開昭５７－１２８２４９、東亜紡績㈱）

ポリプロピレン短繊維を主とし、これに経方向のポリエステル長繊維を重量比 0.5～4.0 の割合で混合してニードルパンチングを施し、経方向の強度が 300kg / 5cm以上でかつ透水係数を $1 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ 以上にした土木資材不織布。

第 1 図

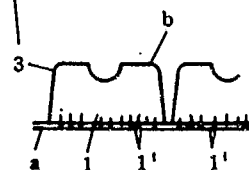


第 2 図



第 3 図

コンクリートブロック



*短繊維を使用するため、不織布表面に毛羽が形成され、コンクリートブロックの半固定状態において、ブロック内部に侵入し、アンカーとしての作用を容易に強固できる。

② 高耐久性塗料およびFRPの河川構造物への応用

樋門、樋管、水門、閘門などの河川構造物は、常に水流にさらされており、厳しい環境下にあると言える。しかもこれらの構造物は、治水上、機能上、重要な役割を果たしており、耐久性の向上は極めて重要な課題である。

一般にこれらの構造物は、鋼材により構成されており、このような腐食しやすい鋼構造物には従来から防錆防食対策が講ぜられているが、必ずしも十分ではなく、維持補修に多大の経費を要しているのが現状である。より耐久性の優れた防食技術が確立されれば、より信頼性の高い河川構造物を構築することが可能となり、このためには新しい防食材料の導入が必要とされる。

この目的のためには、高耐食性、耐久性を備えたポリスチレン、ポリウレタン等の合成樹脂塗料およびセラミックス等の無機塗料の活用による防食性、耐久性の向上が有力と考えられる。尚、塗料に関する検討は次の海岸の項で行い、ここでは割愛する。

また、将来技術としては、エポキシ樹脂や不飽和ポリエステルをマトリクスとしたFRCの応用も考えられる。FRCを用いれば耐食性のみならず、構構強度の向上も実現できる。現在のFRPの技術開発動向をみると、繊維成分については、ガラス、カーボン、ボロン、アラミドへと推移しており、大勢を占めてきたガラス繊維FRPは、軽くて安価であるが弾性係数の低い欠点のために、比強度の高いものへの要求性が高くなっている。

繊維強化材料の応用にあって、最大の問題はコストである。一般に、複合材料の大きな展開は繊維成分のコスト低減にかかっているといわれており、特に炭素繊維入りFRPは、例えばゴルフのシャフト等、高価格品に限られているのが現状である。しかしながら、レーヨン系、PAN系、ビッチ系へと原料と製造技術の変革により、または全く新しい技術の登場によって低コスト化が進めば、土木分野への広範な応用が図られるものと予測される。表4-4には関連するFRP開発特許を示し、図4-1には応用プランを示した。

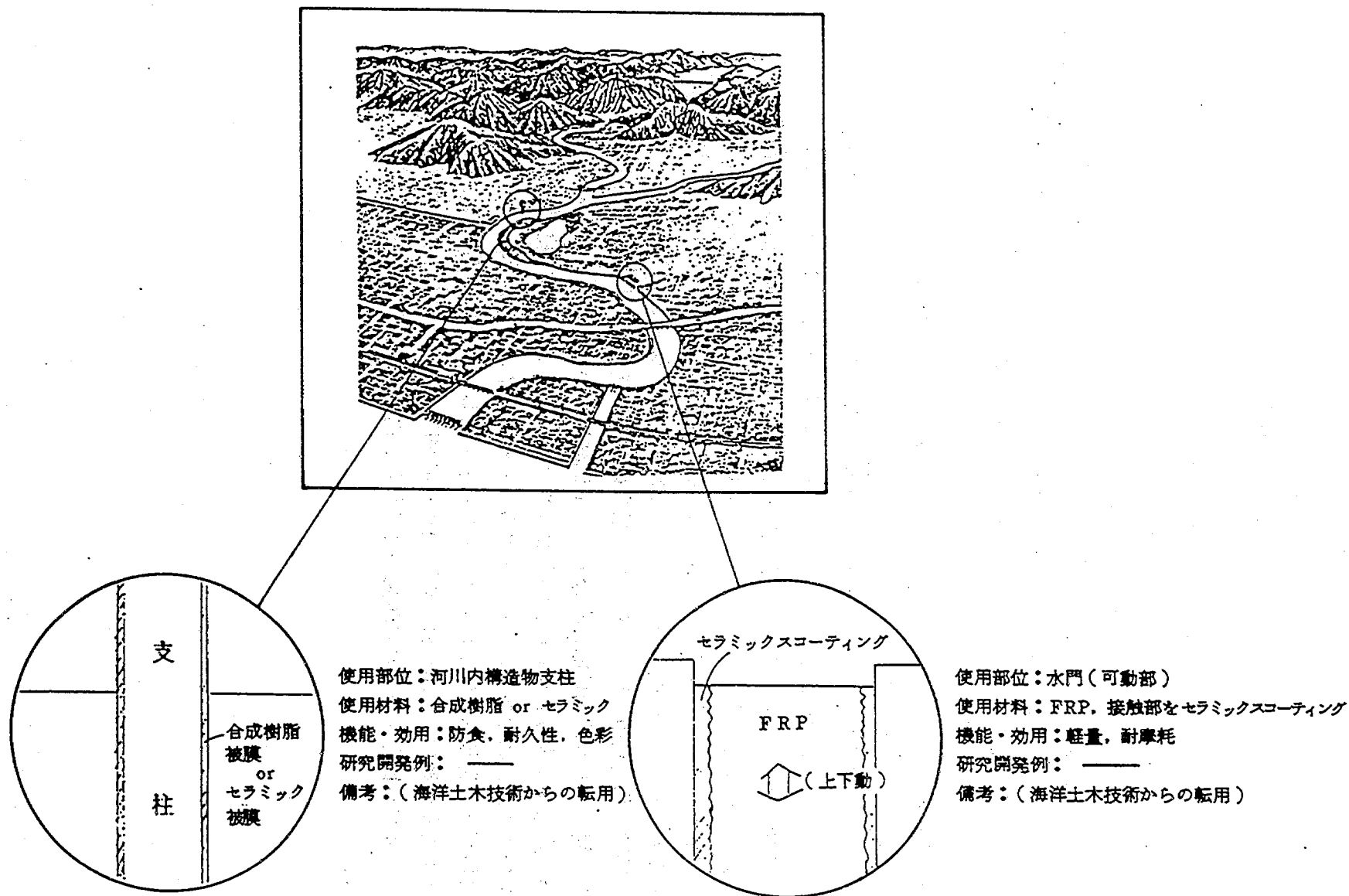


図4-1. 高耐食性塗料およびFRPの河川構造物への応用プラン

表 4-4 関連するFRP開発特許例

開発テーマ	特許出願者	公開特許番号
鋼管支柱の防蝕工事（防蝕カバー）	大東興業	特開昭58-26125
FRP水門扉	西田鉄工㈱	特開昭61-237714
閉断面FRP部材の補鋼方法	西田鉄工㈱	特開昭61-250211
防水工事不用簡易型枠	広沢徳則	特開昭57-119025
FRP製水槽の構築	竹中工務店	特開昭57-155448
固定オイルフェンスの先端シール	鈴 英 ㈱	特開昭60-51216

③ 超軽量材、強化材の築堤への応用

軽量であり、かつ構造強度を保持する材料は、近年の構造物の大型化が進むにつれて、ますます重要なものとなっている。

コンクリート構造物の難点の一つは躯体重量が大きいことであり、このため大型構造物の建造にあたっては基礎工事に多大の費用を要し、とりわけ、地盤条件によっては建造コストを大幅に増大させることになる。

躯体重量を軽減するためにはコンクリートの軽量化が必要であり、現在、表4-5に示したものが認められている。

しかしながら、既存の構造用軽量コンクリートでは比重が1.7程度であり、軽量化のメリットが低く、また、気泡の混入あるいは既存の非構造用軽量骨材使用による軽量化については、強度上及び耐久性の面で問題があるとされている。

現在のところ、超軽量コンクリートに関する特許は認められなかったが、特殊混和剤の使用など調合に特別な配慮を加え、使用骨材の特性を高めることにより、コンクリートの強度および耐久性等の向上が進めば、築堤材としての活用がはかれるものと考えられる。

また、近年、超軽量材として発泡スチロール（Expanded Polystyren）を用い、これを盛土材料として活用する試みがなされている。既にノルウェーでは1972年から実用化されており、ほぼ70件の施工例が報告されている。発泡

スチロールは密度が約 $20\text{kg}/\text{m}^3$ と土の $1/20$ にすぎず、超軽量材としてさらに応用分野が広がることが期待される。

表4-5 軽量コンクリートの種類

コンクリートの種類		用いる骨材	
		粗骨材	細骨材 ⁽²⁾
軽量コンクリート	1 種	人工軽量骨材	砂・砕砂・スラグ砂
	2 種	人工軽量骨材	人工軽量骨材またはこれに砂・砕砂・スラグ砂を加えたもの
	3 種	天然軽量骨材または副産軽量骨材 (強度による区分300以上 ⁽¹⁾)	砂・砕砂・スラグ砂
	4 種	天然軽量骨材または副産軽量骨材 (強度による区分200 ⁽¹⁾)	砂・砕砂・スラグ砂
	5 種	天然軽量骨材または副産軽量骨材 (強度による区分200 ⁽¹⁾)	天然軽量骨材または副産軽量骨材 (強度による区分200 ⁽¹⁾)

(注) (1) JIS A 5002 (構造用軽量コンクリート骨材) による。

(2) 砂・砕砂・スラグ砂は、これらを混合して用いる場合を含む。

(出典:「新素材便覧」通産資料調査会(1986))

2) 親水性の向上を目的とするもの

都市における河川は水や緑、魚類など自然との触れ合いを可能にする空間でもあり、また散策や運動などの公園的利用も可能な空間でもある。こうした河川の水辺空間は近年の都市化による環境の悪化の中でこれまで以上にその有効利用が望まれている。現在までのところ、直接親水性向上を目的とした新材技術開発は少ないが、今後治水、利水といった機能を満たしながら、「親水」性をどこまで、またどのように創出できるかとの問いかけに、新素材の応用がひとつ答えとなる可能性は高いものと考えられる。

以下に応用プランを列举する。

① 透水性コンクリートの親水公園プール材への応用

「親水」という言葉は、水遊び、魚釣り、散策、ジョギングなど、水辺を中心とした空間の中でのレクリエーション的な利用をイメージさせることが多い。

特に能動的なレクリエーション機能考えた場合、「親水性」の実現は直接水と接することに真骨頂があるものと考えられる。このため第一の応用例として親水公園プールを取り上げ、材料としての透水性コンクリートの応用

を考えた。

透水性コンクリートは、本来、路床を通して降面水を地中に提示する道路舗装材として開発されたものであるが、河川公園の親水プールへの応用には以下のメリットがある。

- ・ 水の流入にあたっては、フィルターの役割を果たす。
- ・ 表面の凹凸によりすべり止めの効果があり、子供達が安全に遊べる。
- ・ 多孔性のため、晴天時における蒸発散がさかんであり、気化熱により温度が低下し、“素足”で歩くことができる。

以下に、応用プランおよび透水性コンクリートの開発例を示す。

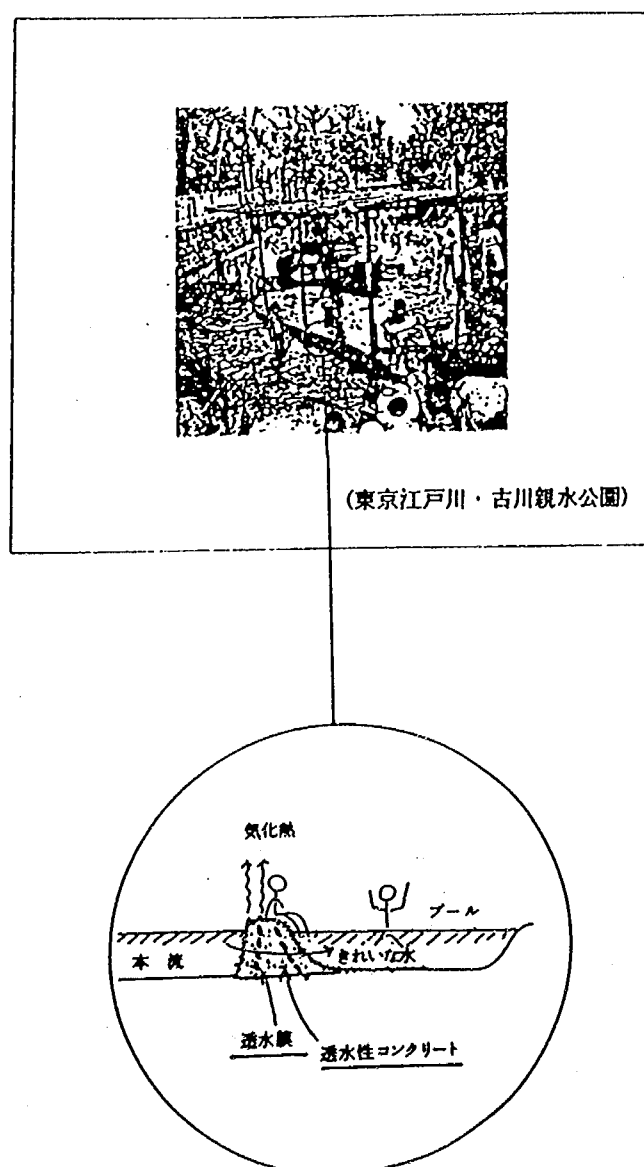


図4-2 透水性コンクリートの親水プールへの応用プラン

開発例（河川－５）

高い透水性を有するセメントコンクリート構造物の製造法

（特開昭６０－２１５５６５、佐藤コンクリート）

ポルトランドセメントとバインダーと水と特定の骨材とからなるセメントコンクリート混合物を硬化させることにより、透水性、強度の優れた標記構造物を製造する。

- ・ 空隙率 ～２５％（目詰りしにくい）
- ・ 透水性 10^{-1}cm/s
- ・ 曲げ強度 25kgf/cm^2
- ・ 彩 色 可能（舗設後、耐久性、防滑性に優れた無機質の水溶性顔料を吹きつける）

② 多孔質材（モルタル、コンクリート、セラミックス）の河川敷歩道への応用

遊歩道としては、「美観」、「歩きやすさ」などヒューマンファクターの要請が強い。ここでは、河川敷歩道への新材料応用例として、モルタル、コンクリートまたはセラミックス等の多孔質形成物の表層ブロックとしての応用を挙げる。多孔質であるメリットは、雨水が貯まらないのみならず、晴天時における表面温度の低下をもたらす。また、これらの素材は耐久性、防滑性に優れた無機質の顔料との親和性もよく、彩色が可能であるため、景観に合わせた設計も可能である。さらに、セラミックス材を応用すれば、耐候性、耐摩耗特性の向上もはかれる。

実際の応用にあたっては、上記材料の柔軟性に欠けることを補うために、ゴム材および繊維材料との組み合わせが有力と考えられる。

以下に、応用プランを図4-3として示した。尚、歩道に関する特許は道路の項で述べることにする。

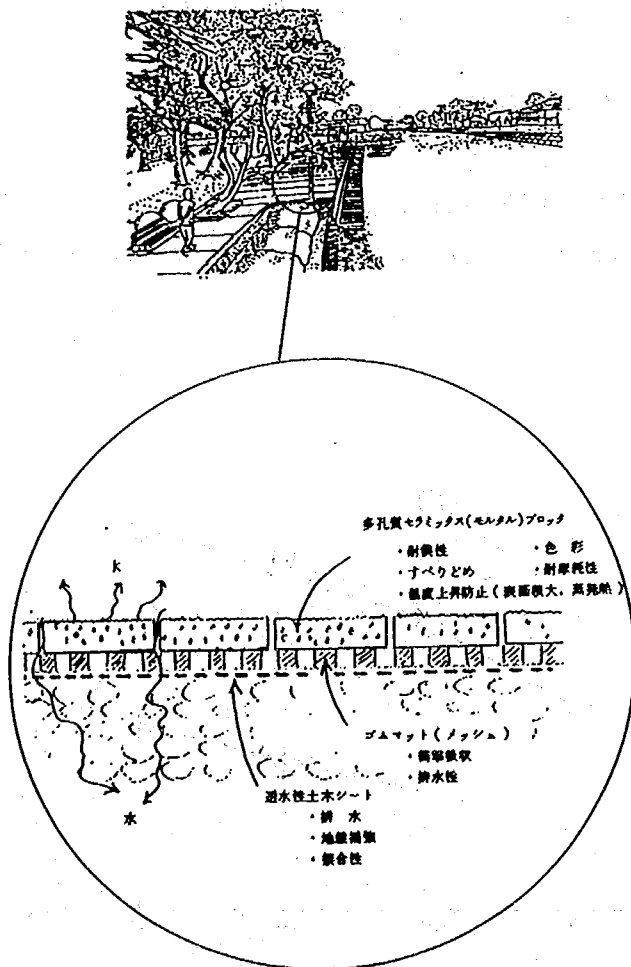


図4-3 河川敷歩道へのセラミックス材、繊維材の応用プラン
(上記の図の出典：古村元男、芝原幸夫「水辺の計画と設計」)

4. 3 海 岸

4. 3. 1 海岸開発の特徴

わが国の海岸は地理的、気象条件等から高潮、津波による災害、冬期風浪による越波及び海岸侵食等がくり返され、非常に厳しい自然条件におかれている。このような特殊な立地条件下にあるわが国においては、沿岸の土地利用が高度化し、また、沿岸諸施設の築造によってその付加価値が高められ伴って、海岸の保全および防災がますます重要な課題となってきた。

材料面から、海外の保全を見た場合、波圧および波（海水）の打ち上げを直接受けることは、極めて厳しい条件といえる。図4-4は亜鉛溶射層の厚さと耐用年数との関連を示したものである。大気中および水中のいずれの場合も塩分を含んだ環境中では、通常的环境と比べて、同程度の耐用年数を得るには約2倍の厚さが必要になることがわかる。このように海岸への材料活用にあたっては「耐侵食性」の向上が重大な課題である。

また、近年は、海岸の利用、開発から更に沿岸域にまで我々の活動の場を拡大しようとする動きが活発になってきた。これら海岸（沿岸）地域の利用形態は、①生産（臨海工業、エネルギー供給）、②交通（港湾、空港）、③生活（人口（臨海部）、廃棄物埋立、土地造成、公園）、④レクリエーション（海水浴、マリーナ、魚釣、キャンプ場、海中公園、水族館）と多様で高度なものとなっている。国土庁の調査によれば、近年、都市機能用地や公園、緑地等のレクリエーション用地としてのニーズが高まっているといわれ、「海岸」の利用ニーズを考慮した技術開発も強く求められている。

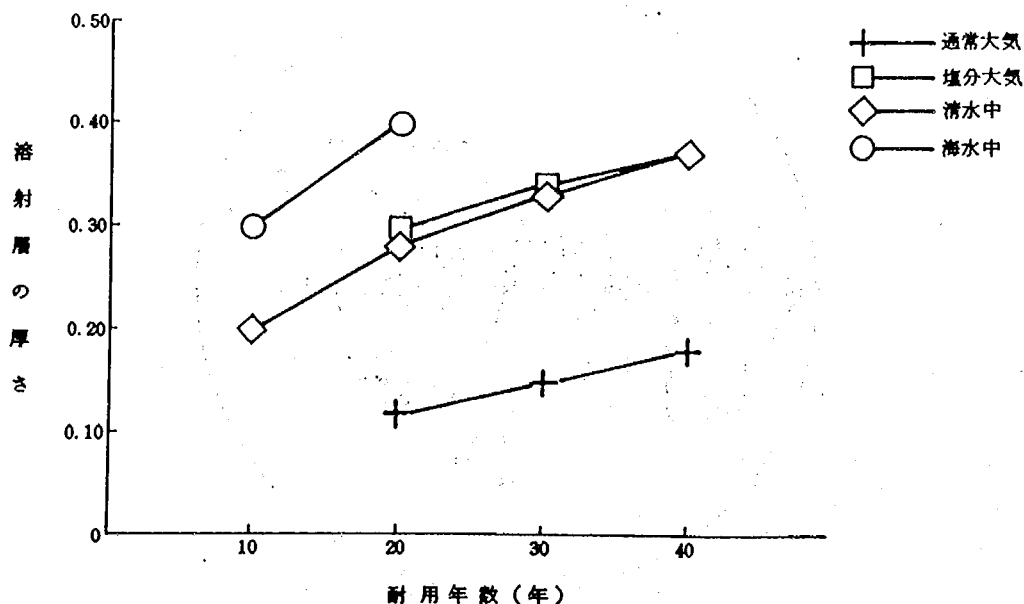


図4-4 各種環境下における亜鉛溶射層の厚さと耐用年数

(出典：「新材料便覧」、通産資料調査会(1986))

4. 3. 2 特許出願の動向

海岸分野への新材料応用特許は、河川分野と共通するものが多い。これら共通材料には、遮水性または透水性の繊維シートおよびセメント構造物の表面保護材（エポキシ系防水材）などが含まれている。

表4-5には上記の特許を除いた海岸応用材の出願特許を示した。高耐久性護岸セル鋼板やエポキシ系を中心とした防食材の技術開発が挙げられており、河川に比べより一層「耐食性」の向上に力点が置かれていることが、出願特許からもうかがえる。

表4-5 海岸分野の新材料応用特許

開発材料	海岸構造物応用例	特許出願者
埋立工法 (CaCO ₃ 、セライト etc)	堤防、突堤、離岸堤	(田熊総合研究所)
護岸セル鋼板	護岸	(神戸製鋼所)
フライアッシュスラリー	堤防、突堤、離岸堤	(清水建設)
防食材 (エポキシ樹脂+リン酸化合物)	堤防、護岸	(日東電気工業)
防食材 (エポキシ樹脂)	堤防、護岸	(日本鋼管)

(注) 河川と共通した特許は除いた。

4. 3. 3 海岸土木への新材料の応用

1) 海岸構造物の耐久性向上を目的とするもの

前節の特許動向でも明らかになったように、海岸土木では耐食性向上の要請が極めて強い。ここでは、防波堤および堤防等の構造物の耐食性、耐久性の向上を目的とした新材料応用テーマを挙げる。

① 耐食性合金の海岸構造物への応用

耐食性合金とは、侵食性の厳しい環境中で耐食性の優れた鋼であり、添加合金元素量の合計が数%以下の低合金鋼である。

耐食性合金はステンレスや塗装などのように、不活性な保護層の形成によって耐候性を示すのではなく、鋼中のP、Cu、Crなどの有効元素が腐食から地鉄を保護することによって、耐食性を示すものである。従って、保護コーティングによるものよりも、より低コストで構造物の構築が可能となる点が大きなメリットである。

海中での侵食に対する合金元素の効果についての報告は少ないが、共通的にいえることはPo、Cr、Alの効果は顕著である。

耐食性鋼の応用としては、離岸堤（特に、カーテンウォール型および二重カーテンウォール型）、導流堤および水門などの他、フィッシングピア、海上遊歩道、人工島および臨海展望タワーなどへの適用が考えられる。

② 高耐食性樹脂塗料による海岸構造物の保護技術の向上

建造物の耐食性を向上させるもう一つの方法は、耐侵食性に優れた材料で目的部材の表面を被覆することである。ここでは、議論を有機系樹脂にしぼり、無機系被覆材は後に述べることにする。

表4-6には合成樹脂に関する出願特許件数を土木分野別に示した。土木分野全般には、エポキシ系、イソシアネート系、ポリウレタン系およびポリエステル系樹脂の開発が活発であるが、海洋の分野に限れば、エポキシ系樹脂およびポリエチレン系の樹脂が活用されている。これは、エポキシ系の樹脂が機械的強度も大きく、接着性、化学的安定性に優れているためと考えられる。代表的な樹脂に関して、その特徴と特許出願のあった応用分野との対応を表4-7にまとめた。

海岸構造物の耐食性向上を目指した場合、絶縁抵抗は一つの目安となる。一般にエポキシ樹脂に比べて「ポリエチレン」および「ポリウレタン」の抵抗の方が2桁～4桁ほど大きいことが知られているが、これら2つの開発特許は多くはなく（表4-6参照）、今後の開発が望まれる樹脂である。

また、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、ポリビニリデンフルオライド（PVDF）等のふっ素樹脂は耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性などに優れた材料として近年急速に注目を集めている。現在、土木材料としての特許はないが、今後の応用が期待される材料である。

表4-6 各土木分野別にみた合成樹脂開発の特許件数

土 木 分 野 合 成 樹 脂		交 通					海 洋			治 水			基 礎		安 全		機 械	
		道 路	空 港	鉄 道	ト ン ネル	橋 梁	港 湾	海 岸	海 洋	河 川	ダ ム	農 業	上 水	地 下	基 礎	砂 防	防 災	機 械
アルキド樹脂	最も一般的な合成樹脂塗料、フタル酸樹脂ともいう																	
アミノアルキド樹脂	一般にメラミン樹脂塗料と言われている																	
シリコン変性シリキド樹脂																		
不飽和ポリエステル樹脂	電子線、紫外線硬化塗料として応用可能	2			④		1		1	1				2		2		
エポキシ樹脂	タールとブレンドしたものにタールエポキシ塗料がある	③		1		2	1	③	1	1			③	2		1		
ポリウレタン樹脂	湿気硬化形塗料もある	④												③				
アクリル樹脂	アクリルラッカーともいう	1		1		2												
塩化ビニル樹脂		2				1								1				
ビニルブチラル樹脂	ウォッシュプライマ																	
塩 化 ゴ ム																		
フ ッ 素 樹 脂																		
合 成 樹 脂 エ マ ル ジ ョ ン	酢酸ビニル、スチレン・ブタジエン、アクリル系などがある。	1		1	2								1	1				
水溶性焼付塗料	各種の合成樹脂の応用が考えられている。																	
イソシアネート		④		⑤	③							1	2	1				
ポリエチレン					1		2		2	2		1		1				
E V A		④			2		1		1	1								
ポリプロピレン		1					1		1	1				1				

表 4-7 合成樹脂の特性と特許情報からみた応用分野

樹 脂	特 徴	特 許 出 願 例
エポキシ系	接着および機械的強度が大きく、耐熱、耐製品性、電気的特性が良く、 <u>湿気により劣化、酸化しにくい</u> が耐候性はあまり良くない。	道路、 <u>海洋</u> 地下、橋梁、基礎
ポリエステル系	耐水、耐酸、耐候性が良く、電気的特性もよいが、硬化収縮が大きく、強アルカリに弱い、また、湿気により劣化、脆化する傾向にあり、耐熱性は低い、比較的低価である。	トンネル、道路、防災、基礎
ポリウレタン系	機械的強度が大きく、耐衝撃、耐摩耗、耐候性が良く、高硬度でもゴム弾性を有する。耐熱、耐水、耐酸、耐アルカリ性はあまりよくない。吸水性は中程度で伸び能力が大きい。	道路、基礎
アクリル系	機械的強度が大きく、加工、低周波電気絶縁、耐候性が良く、表面硬度が高いが断熱性は低く、強アルカリや有機溶剤には侵される。	橋梁
シリコン系	有機物と無機物の中間的性質を持ち、耐熱、耐薬品、耐水、耐寒性が良く、電気的特性にも優れ、撥水性、非粘着性を有するが耐油性、接着性に劣る。	
フッ素系	耐熱、耐寒、耐薬品、耐候性にきわめて優れ、電気的特性も良く、非粘着性であるが、強度は大きくなく変形しやすい。比較的高価である。	
塩化ビニル系	可塑剤により強度、剛度は大きく変動し、耐水、耐酸、耐アルカリ性によく、耐候性もかなり良いが耐熱、耐衝撃、耐屈曲性等に劣る。	道路

注) 樹脂の特性は、宮川豊幸、土木学会誌、70、43 (1985) による

開発例（海岸－１）

防水層の表面保護方法

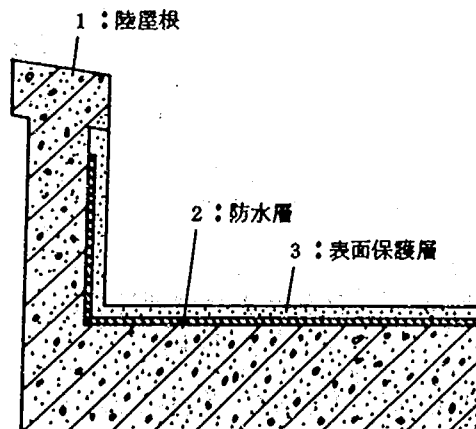
（特開昭61-134403、菊水化学工業株式会社）

防水層の表面保護にポルトランドセメント、石膏、ポリマーディスパージョン、骨材および水を主成分とするモルタル組成物が形成されていることを特徴とする防水層の表面保護方法。

表１

No.	アルミナ セメント	石膏	ポリマー ディスパージョン		砂	水
			部	使用量		
1	—	20	Acry	72	100	10
2	—	40	Acry	42	100	10
3	200	—	Acry	120	700	120
4	250	—	Sl-BR	70	700	120
5	300	80	Acry	114	900	120
6	250	100	EVA	90	900	110
7	45	10	Acry	50	350	20
8	30	30	EVA	31	350	20

（注）表１中のポリマーディスパージョンの名称を示すAcryはポリアクリル酸エステル、Sl-BRはステレン-ブタジエンゴム、EVAはエチレン-酢酸ビニル樹脂であることを示している。



③ セラミックスコーティング材およびFRPの水路、水門への応用

前節で示した有機系樹脂は、表面被覆材としては最も一般的なものであり、多種多様な製品が開発されている。しかしながら、有機物質であるがゆえに、紫外線および酸化作用による劣化や摩耗性、耐熱性に劣るという欠点があり、使用部位によっては全く効果がない場合もある。

一方、セラミックスコーティング等の無機系の被覆材は、耐食性、耐摩耗性、耐熱性、耐紫外線性等に際立った特長を示している（表4-8参照）。

このため、海岸、海洋、河川等の厳しい自然環境下においても有効な土木材料と考えられ、水門および排水設備等のゲート部分や今後の開発が期待されている海洋構造物への利用も考えられる。セラミックス材等は一般に柔軟性（屈曲性）および作業性に難があるため、実用化にあたっては高分子材料との複合化や施工法の技術改良が検討されなければならない。また、セラミックスコーティング技術は経験則に基づいた技術手法に依存しており、閉鎖的ノウハウの積み重ねによって支えられているところが多い。このため、原料の選定からコーティング被膜形成までのプロセス技術および被膜の化学的、物理的性質や現象のミクロスコピックな理解などが今後の課題である。また、海岸等の水門および水路にはアルミ溶射材やFRPなども有望と考えられる。

表4-8 無機塗料と有機塗料の特性の比較

項 目	無 機 塗 料	有 機 塗 料
公 害	ほとんどの場合、水溶性で製品公害は少ない。	製品を利用する過程で有機物による大気汚染、水質汚濁、悪臭などの公害発生の確率大
耐熱耐燃焼性	不燃または難燃性で、約600~800℃まで耐える。	容易に燃え、場合によっては有害ガスが発生する。
耐放射線性	紫外線・放射線でほとんど劣化しない。	紫外線・放射線でチョーキングあるいは脆化する。
硬度・耐摩耗性	鉛筆硬度は9H以上あり、ほとんど摩耗しない。	鉛筆硬度はせいぜい4Hで、容易にキズつき摩耗する。
耐油・耐溶剤性	まったく変化しない。	膨潤、あるいは溶解する。
屈 曲 性	容易にキレツが入りやすい。	すぐれている。
塗 装 作 業 性	塗装方法が限定され、下地の調整条件が厳密。	特に制限条件がなく、適用が容易

出典：参考文献9「セラミックスコーティング技術の開発動向及び新産業分野への利用動向に関する調査研究」

開 発 例 (海 岸 - 2)

水路のライニング構造

(特開昭61-197872、川重工事株式会社)

水路の耐切削摩耗機能を有するライニング構造において、路床のベースコンクリート層にライニングユニットが多数相俟って敷設され、而して、該ライニングユニットがセラミック製骨材とセメントとのセラミックコンクリートタイルで形成されていることを特徴とする水路のライニング構造。

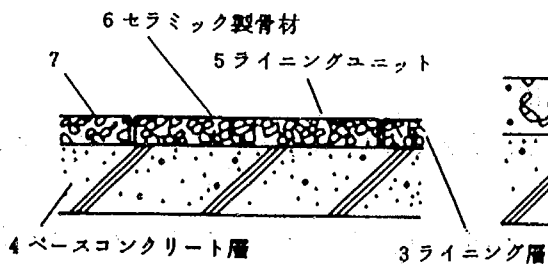
3'、3'...ライニング層

4...ベースコンクリート層、

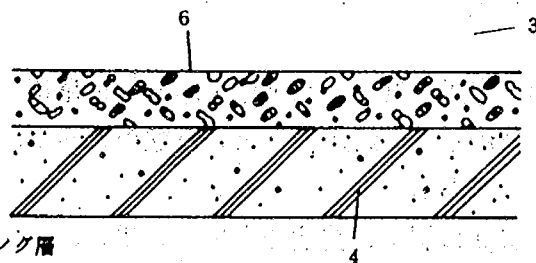
5...ライニングユニットセラミックコンクリートタイル

6...セラミック製骨材

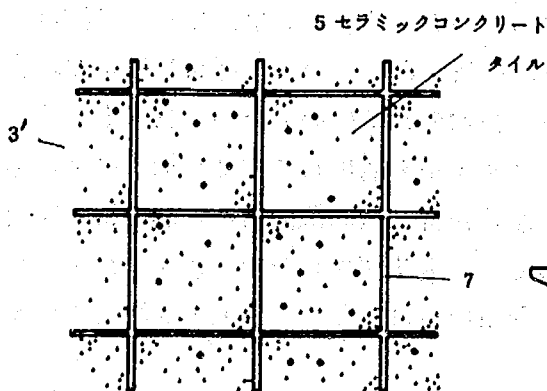
第1図



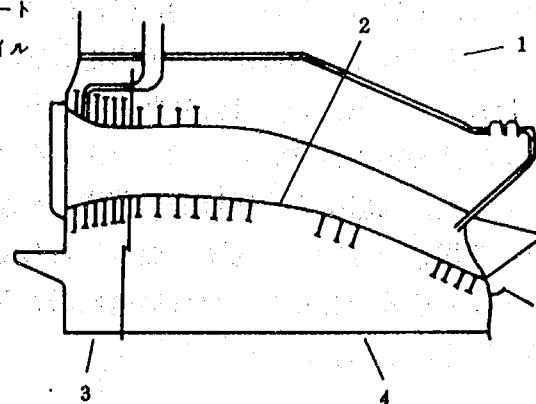
第3図



第2図



第4図



④ 生物付着制御法の開発

海岸構造物へユニークな取り組みとしては、電解膜を利用した生物付着防止法の開発がある。船舶を始め海洋構造物などに対し、海洋生物が付着すると腐食が促進され、機能上は勿論のこと、外観的にも好ましくない等の問題がある。このため、従来は防汚塗料を塗布したり、防汚能をもつ高価な金属材料が用いられていた。しかし、防汚塗料は人体、魚介類に対し有害な物質が含まれているのが常であり、塗料を塗布する際の衛生上の問題や公害上の問題がある。

このような生物付着の防止に対して、安全でかつ有効な手段として電解皮膜を利用した方法が開発されており、以下にその詳細を示す。

2) 海岸レクリエーション機能の向上を目的とするもの

わが国では多くの人口が海岸を中心とした低地に集中しており、従来、海岸の整備は津波や高潮等の自然の災害から海岸を保護し、海岸地に接している地域社会の安全や安定的な社会活動を維持することを主目的としてきたことは前述のとおりである。これまでのほとんどの海岸施設の設備では、安全性の確保に主眼が置かれてきたと言ってよい。しかし、高度経済成長期に噴出した公害問題を契機とする生活環境に対する地域住民の生活意識の変化は、そうした海岸整備のあり方に疑問を投げかけることとなった。このような状況を背景として、全国の臨海部で「水辺のレクリエーションの場づくり」、「人と海の自然との触れ合い」を目的とした水辺の公園や緑地の整備が進められてきた。ここではそのような海辺の公園・緑地化をふまえ、新材料応用の観点から2、3のプランを示す。

① 修景を考慮した海岸土木材料の応用

いわゆる「親水性」という観点からは、自然としての水辺の認識が重要なファクターである。

法面の保護と美観を考慮した場合、「緑化」という手法が挙げられる。この場合、植苗・播種後の手間を省くのに役立つものとして「高吸水性樹脂」がある。水で数百倍にも膨潤するポリマーであり、水溶性高分子を必要な程度に架橋してあるものが使われている。これは、網目構造になっているため、ばらばらになって溶けるということはなく、植栽基盤への応用も熱心に研究されている。保有した水が植物に吸われると通気性の多孔質になることも、植物の成育にいいという利点もある。

また、法面の安定剤としては、ジオテキスタイルを活用して強度を補う必要がある。土質安定用繊維材とも呼ばれ、不織布を水抜き材、法面保護材、軟弱地盤安定材に用いる場合の呼び名である。原素材としては、ポリプロピレン、ポリエステルなどの土中微生物の作用を受けない合成繊維が用いられており、法面の勾配をきつくすることができる。

開 発 例 (海 岸 - 3)

海洋生物付着防止膜およびその製法

(特開昭58-167798、パイロットプレジジョン(株))

A₂ (合金) に多孔性陽極酸化皮膜を生成後、水溶液金属塩を含む電解浴中で電解して皮膜の微細孔内に適当な金属を電析させることにより、安価で耐食性、耐クラッチ性の良い海洋生物付着防止膜を得る。

第 一 表

	防汚性能*	耐食性*
実 施 例 1	海洋生物付着なし	良 好
実 施 例 2	海洋生物付着なし	良 好
実 施 例 3	海洋生物付着なし	良 好
キュープロニッケル	うすく付着	やや変色
マ ン ガ ン 鋼	海洋生物付着なし	変 色

(Cu充填)

(Sn-Cu充填)

(Ag充填)

* 海面下50cmにて、1ヶ月間 (冬期) 暴露

② 海岸リクリエーション施設への応用

海岸をレクリエーションの場と扱えた場合、新材料応用としては、以下のものが挙げられる。

- ・ フッシングピア …… 水産養殖塗料（成育を促進させる物質を塗膜から溶出）、セラミックス多孔板（プラシントン等の微生物付着）、免振および吸音ゴム
- ・ 海上遊歩道 …… セラミックス人工芝（耐食、防滑性）、透水性コンクリート、カラーブロック
- ・ 展望タワー、人工島 …… 耐食性合金、高耐久性塗料
- ・ 後背保安林 …… 吸水性高分子材（保水、栽植）、遮水シート（防塩）

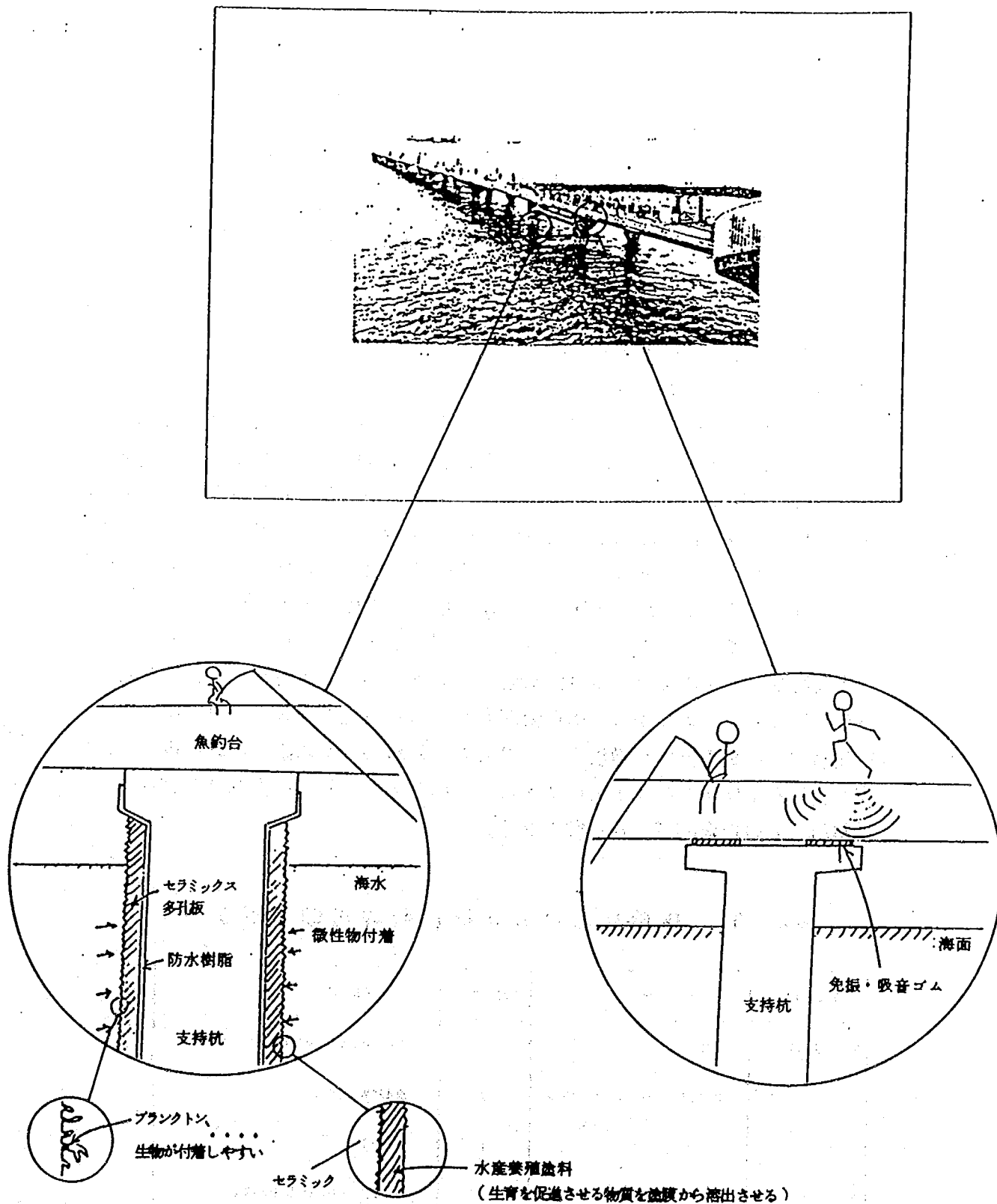


図4-5 フィッシングピアへの新材料応用プラン

4. 4 橋 梁

4. 4. 1 橋梁における新材料応用特許の出願動向

橋梁分野への応用を目的とした新材料の開発の特許を表4-9に示す。

橋床へのFRCおよび橋桁へのPCの応用など、橋梁独特の技術開発もみられるが、表4-9から読み取れる最大の特徴は、ケーブル材に関する技術開発の占める割合が高いことである。これらは、鋼製ケーブルの耐食性、防錆性および施工性の向上を目的としたものであり、大型吊橋用のケーブル開発を意図した技術開発である。

4. 4. 2 橋梁への新材料の応用

1) 橋梁の軽量化を目的とするもの

① 吊橋ケーブルへのスーパー繊維材料の応用

古来、橋梁技術には橋桁支間長をより長くするという果てしない目標がある。支間長の変遷を図4-6に示したが、現在世界最長のスパンをもつ橋は英国のハンバー橋(1,410m)である。ハンバー橋を超えての長大吊橋としては、本年4月26日に起工式が行われた明石海峡大橋はスパン 1,990m、また現在フィジービリティスタディの仕上げをまっているメッシナ海峡吊橋は、スパン 3,300mを目標としている。この 3,300mの吊橋は、現在の技術における実用的限界に近いものと考えられる(表4-10参照)。これは、支間長が大きくなれば、同じ荷重のもとでも橋桁やケーブルにかかる負担は増し、それに応じて橋桁やケーブルを太くしなければならない。しかし、構造物が太くなると自重が増し、それによってさらに構造物にかかる負担が増加する。従って、材料の強度に限界がある以上、橋の支間長にも限界が存在するものである。このため、より長い支間長の実現のために材料面での技術的革新が必要となる。

表4-9 橋梁における新材料特許出願の現状

適用部位	素 材	特許件数	特許出願者
橋 梁 上 部 工	FRC	1	大和高分子工業、セントラルエンジニアリング
	樹脂塗料 ・塩化ビニデン系樹脂 ・エポキシ樹脂	2	東北鋼鉄、日東電工
	PC	1	前田製管
ケ ー ブ ル	鋼 材	7	住友電工、新日本製鐵、日本鋼管 ウルリッヒフィンスターヴァルグー
橋 梁 添 加 管	セラミックスファイバー	1	天龍石綿
防水基材(下部工)	アスファルト改良物 etc.	3	三星産業、アービンディーフィッツ、 電気化学工業

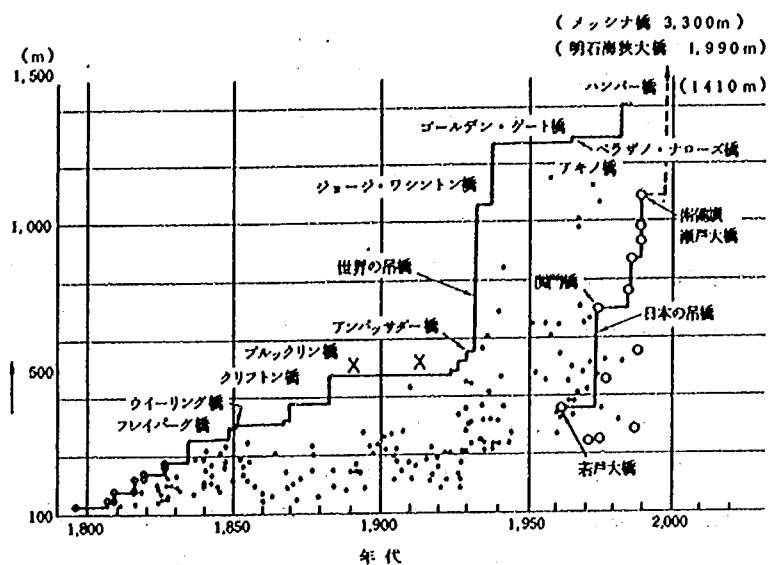


図4-6 橋梁の最長スパンの変遷

表4-10 橋梁の長さの限界に関する論文

出典	橋梁長 (支間長)	想定したケーブルの 強度 (引張強さ)	備考
Chang and Cohen, Proc. of ASCE (1981)	3,700 m	155 kgf/cm ²	
本四公団だより (1981)	4,000 m	165 kgf/cm ²	自重破壊を起こすのは 5,000 m
Mallick, (1983)	4,100 m	-----	主部材のみ考慮すると 5,140 m

表4-11 アラミド繊維の引張強度

材 料 名	製 造 者	引張り強度
Kevlar	デュポン	~ 300kg/cm ²
HM-50	テイジソ	"
吊橋示方書		160~ 180kg/cm ²

引っぱり強度や耐食性に関しては、繊維材料が際立った特性を示す。

表4-11には、高強度繊維として知られる代表的なアラミド繊維の引っぱり強度を吊橋示方書で示されている値と対比して示した。引っぱり強度に関しては、これらアラミド繊維は十分な値を持っていることがわかる。

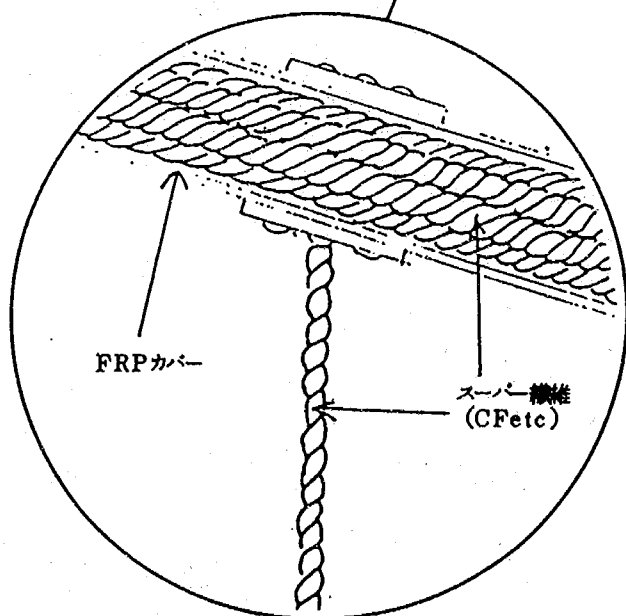
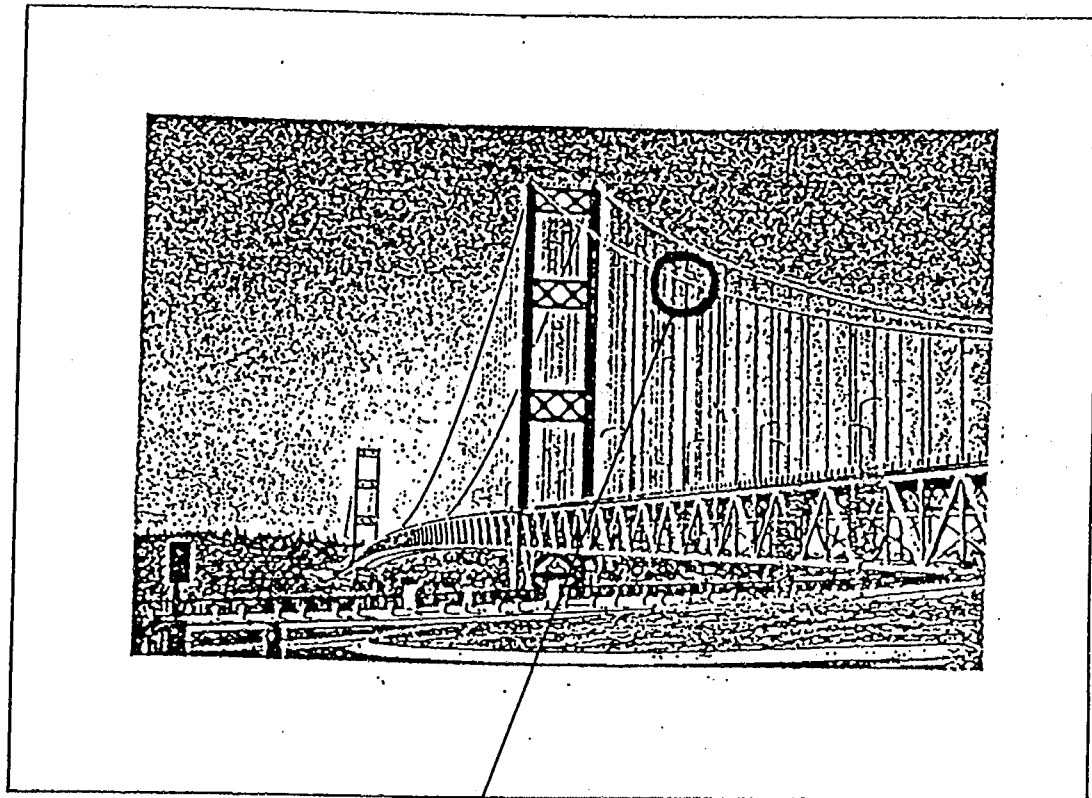
炭素繊維は、アクリル系のPAN系炭素繊維とピッチ系炭素繊維に分けられるが、PAN系炭素繊維では、 $400 \sim 500 \text{ kg/mm}^2$ 、さらに実験段階では 600 kg/mm^2 を超えるものも得られるようになってきており、信頼性の向上もはかられている。

繊維材のさらにもう一つの特性は軽量性にある。比重は鉄の 7.8 に対して 1.4 である。すなわち、比強度ははるかに強いことになる。このため、耐火性等の難点を克服すれば、吊橋のメインケーブルとしての利用は十分可能であり、超長大吊橋の実現をもたらすものと期待される（図4-7参照）。

② FRC等の軽量高強度コンクリートの橋梁上部工への応用

橋床構造は橋面上の荷重を直接支える床版と、この床版を支持して荷重を主桁に伝達する縦桁・横桁などの床組とに分けられる。特に道路橋の場合には、床版の上に舗装を施工するが、橋面舗装は交通荷重の衝撃などによる摩耗およびせん断に抵抗し橋床版を保護すること、雨水その他の気象作用および輸送貨物などの落下により橋床版が直接損傷を受けることのないよう保護することなどにより、橋梁や高架橋の寿命を延ばすことなどが要求される。後の道路の項でも述べるように、コンクリートの引っぱり強度、曲げ強度の向上およびひびわれ抵抗性、伸び能力が靱性の著しい改善を目的として、短繊維を分散混入した、いわゆる繊維強化型コンクリート（FRC）が開発されてきた。

繊維強化型コンクリートとしては、石綿をセメント中に分散混入した石綿ストレート板やフレキシブル板などが代表的であるが、近年は、耐アルカリ性ガラス繊維でコンクリートを補強したGRC（Glass Fiber Reinforced Concrete）や鋼繊維でコンクリートを補強したSFRC（Steel Fiber Reinforced Concrete）等が活発に研究・開発されており、橋床材としての活用は極めて有力と考えられる。米国においてはSIFCONとして実用段階にあるものもある。（鋼繊維率：5～18%；曲げ強度：27～69 Mpa；圧縮強度 103～207 Mpa）。



使用部位：ケーブル

使用材料：繊維材料

機能・効用：軽量高強度、耐食、色彩

研究開発例：_____

備考：橋上における火災等の対策
が必要

図4-7 吊橋ケーブルへのスーパー繊維の応用プラン

③ 軽量高強度鋼の橋梁材料への応用

軽量高強度鋼とは、軽量であり、かつ構造強度、引っ張り強さなどを保持するという材料で、近年の建築物の高層化、大型化、船舶の大型化、高速化などの傾向が進むにつれ、ますます重要となってきている。

一般に、引っ張り強さが、普通鋼で $20 \sim 40 \text{ kgf/mm}^2$ であるのに対し、これを上回るものをいい、うち $40 \sim 100 \text{ kgf/mm}^2$ のものを「高張力鋼」、 $100 \sim 300 \text{ kgf/mm}^2$ の軽量高強度材料を「超強力鋼」と呼んでいる。

表4-12には、代表的な超強力鋼の組成と強度を示した。これらの軽量高強度鋼の橋桁等への応用は、橋架の大型化および耐久性の増大に伴う経済性や合理性の向上をもたらすものと期待される。

表4-12 代表的な超強力鋼の組成と強度

分類	成分系	合金名	化学成分 (重量%)										引張強さ (kgf/mm ²)
			C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Co	V	Ti	Al	
低合金	Ni-Cr-Mo	4340 (SNCM8) 300M	0.40	0.30	0.70	1.85	0.80	0.25					180
			0.40	1.60	0.80	1.85	0.80	0.40		0.05			200
中合金	5Cr-Mo-V	H-11(SKD6)	0.37	1.0	0.30		5.0	1.5		0.40			200
	5Ni-Cr-Mo-V	HY130	0.12	0.27	0.75	5.0	0.55	0.5		0.07	0.02		100
高合金	9Ni-4Co	HP9-4-20	0.20	<0.10	0.30	9.0	0.75	0.75	4.50	0.10			135
		HP9-4-30	0.30	<0.10	0.20	7.5	1.00	1.00	4.50	0.10			155
	10Ni-8Co	HY180	0.12	0.15	0.20	10.0	2.0	1.0	8.0				135
		HY240	0.16		0.15	10.0	2.0	1.0	14.0				170
	高Ni マルエージ	18Ni 200	<0.03	<0.10	<0.10	18.0		3.25	8.5		0.2	0.1	140
		18Ni 250	<0.03	<0.10	<0.10	18.0		4.90	8.0		0.4	0.1	175
		18Ni 300	<0.03	<0.10	<0.10	18.5		4.90	9.0		0.6	0.1	210
		18Ni 350	<0.01	<0.10	<0.10	18.0		4.50	12.0		1.4	0.1	245
		400 級	<0.01	<0.10	<0.10	13.0		10.0	15.0		0.2	0.1	280

出典：阿部義邦「超強力鋼」(「極限に挑む金属材料」, p.34)

2) 橋梁の耐久性、耐候性の向上を目的とするもの

① 高耐食性ケーブルの橋梁部材への応用

特許情報にみる限り、橋梁材料の技術開発として、近年急速に増加しているのはケーブル材である。前節において示したように、これらは吊橋用材として耐食性および防錆性等の向上を目的として開発されたものであり、本四連絡橋プロジェクトの産物と考えられる。

このように、技術的蓄積が高いケーブル材を長大吊橋用材だけに限定せずに、各種の斜張橋、可動橋等への活用を図ることは、橋梁技術のイノベーションにとって重要なテーマと考えられる。

② 高耐食性塗料および耐食性合金の橋梁部材への応用

一般に、橋梁は川または海を渡るものが多い。このため、河川や海岸で示した「耐食性」の向上は、橋梁開発においても十分検討されなければならない。殊に、わが国の長大橋の多くは海上橋であり、潮流、風なども含めてきびしい自然条件の中にある。しかも、橋梁は構造も複雑で、その補修には大きな困難を伴う。このため、耐食性、耐久性の向上は、材料面からのアプローチが強く求められ、橋桁や橋脚への耐候性鋼やフッ素樹脂等を含めた高耐食、高耐久性塗料の活用が有効である。以下に開発例およびプランを示す。

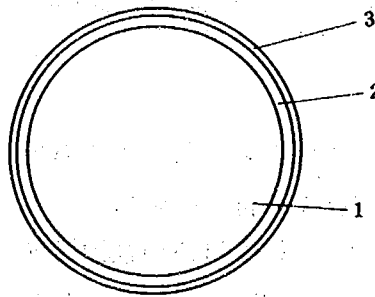
開 発 例（橋 梁 - 1）

防錆処理を施した吊橋ケーブル用鋼線

（特開昭 61-55281 ， 新日本製鐵(株)）

抗張力 $160\text{kg}/\text{mm}^2$ 以上の硬鋼線に目付量 $300\text{g}/\text{m}^2$ 以上の熔融亜鉛系めっき層を設け、さらにその上にアクリル系有機合成樹脂分60~90重量%と SiO_2 分10~40重量%とを主成分とする目付量 $5\sim 15\text{g}/\text{m}^2$ の組成物層を設けたことを特徴とする防錆処理を施した吊橋ケーブル用鋼線。

本発明は防錆処理を施した吊橋ケーブル用鋼線に係り、さらに詳しくは、特に長大吊橋に使用する防錆処理被覆層を有する平行線ケーブル用めつき鋼線に関わるものである。



1……硬鋼線、2……熔融亜鉛めっき層、3……組成物層。

開 発 例 (橋 梁 - 2)

コンクリート塗装方法

(特開昭61-275181, 東北鋼鉄株式会社)

コンクリート面に塩化ビニリデン系樹脂エマルジョンを塗布して乾燥し、次いでステンレス含有エポキシ樹脂塗料を塗布して硬化することにより、塩分、硫化水素、亜硫酸ガス等に耐食性のある塗装面を得る。

エポキシ樹脂塗料は耐久性、耐薬品性に優れている。この優れた塗料に、耐久性、耐薬品性に優れ、さびにくい、熱を伝えにくい、紫外線を反射する等の特性を有するステンレスフレークが混合されており、しかも塗装すると鱗片状のステンレスフレークが層状に形成されるので、上記コンクリート製品をガッチリとガードする。特に2段層の塗膜を形成すると一層丈夫な塗膜が得られる。

更に、エポキシ樹脂塗料の下には、耐久性が高く、コンクリートとの密着性がよい塩化ビニリデン系樹脂の膜が形成されているので、ステンレス含有エポキシ樹脂塗料は塩化ビニリデン系樹脂の膜を介してコンクリートにしっかりと密着し、コンクリート製品を保護する。

開 発 例 (橋 梁 - 3)

水中構造物の保護方法

(特開昭 6 1 - 9 1 2 1 7、日東電気工業株式会社)

〔目的〕 エポキシ樹脂と特定のリン酸化合物とから得られるベース樹脂と硬化剤からなる組成物を使用して、付着力の優れた防蝕性塗膜により、水中でも陸上と同様の操作で容易に水中構築物を保護可能とする。

〔構成〕 P-OH結合を少なくとも1固有するリン酸、そのエステル及びその場の少なくとも1種エポキシ樹脂とから得られるベース樹脂、及び

(ロ) エポキシ樹脂用硬化剤

とを主成分として成る二液型組成物を用いて水中構築物を保護することを特徴とする水中構築物の保護方法である。

第 1 表

	初期付着性	浸漬1ヶ月後密着力	凝集破壊率 (%)	錆の発生
実施例 1	○	90 (kg/cm ²)	100%	無し
実施例 2	○	80 (kg/cm ²)	100%	無し
実施例 3	○	90 (kg/cm ²)	100%	無し
比較例 1	×	0 (kg/cm ²)	剥離 (カッター刀での切取り時)	有り
比較例 2	△	20 (kg/cm ²)	0%	有り

③ 支承部へのセラミックス材の応用

金属と比較してセラミックスは高耐熱性、高硬度、軽い、化学的に安定耐摩耗性等の優れた長所を持つ一方、もろいという機械・構造用材料としては大きな欠点を持っている。

SiCやSi₃N₄、サイアロン (silicon aluminium oxinitride) 等の非酸化物系材料は強度が高く、耐熱衝撃性が高い (低膨張率、高熱伝導率) というエンジニアリング材料として重要な要素を備えている。また高靱性ZrO₂ はセラミックス中で最も高い靱性 (約10MN/m^{2/2}, Si₃N₄ は約5MN/m^{3/2}) を持つので、室温付近で使用する高強度材料としてはセラミック中で最も優れた材料の一つである。これらとAl₂O₃ や新種のZrB₂ 系高密度焼結体等を含めてエンジニアリングセラミックスとも呼ばれる。

一方、橋梁の支承は上部構造を安定に支持し、その荷重を下部構造に均等に分布されるとともに、戴荷や温度変化、クリープなどによる上部構造の伸縮、回転を円滑に行なわせる機能を有しており、極めて高い強度特性と耐摩耗性が要求され、エンジニアリングセラミックスは有望な応用材料といえる。

3) 安全性の確保を目的とするもの

① 電波吸収材の超大橋への応用

電波吸収体とは、フェライトを主材料とした複合材料であり、ステルス飛行機などの軍事利用面で注目されているが、近年高層建築による電波障害の防止等にも利用されはじめている。

わが国の長大橋の多くは海上橋であり、このため、船舶レーダーや通信などの偽像防止等の対策としてシート状またはタイル状に成形した電波吸収材の利用が検討されよう。すでに、本州四国連絡橋の因島大橋では実用化が図られている。

② 光ファイバーの保安システムへの応用

橋梁構造の複雑化、大型化に伴い、橋梁の保安性の確保はますます重要なものとなってきた。特に、今日の超大吊橋の出現にあたっては、風・地震・潮流などの厳しい自然環境の克服はもちろん、部材の疲労や構造上のひずみ等を、早期に検出することが必要である。このような保安システムとして、近年光ファイバーを用いた種々の方法が開発されており、橋梁分野、特に剛性の低い吊橋への活用が期待される。

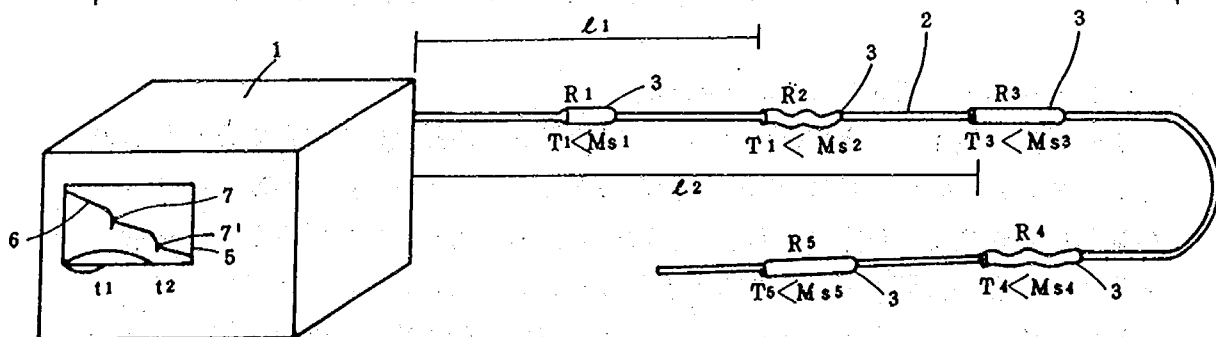
関 連 開 発 例 （橋 梁 - 4）

防災システム用温度検出装置

(特開昭61-115197, 日本鋼管工事㈱)

〔目的〕 所定部分が設定温度以上になると検知部材が変形し、この検知部材の変形にともなって光ファイバーが屈曲させられ、この屈曲部分で光パルスが戻ることになるので、この戻り光を検出手段で検出することにより、無電減化することができ、無加害性、無誘導性を有し、誤動作のない防災システムを得る。

〔構成〕 検知部材3としては針金状、筒状等の形状記憶合金が用いられており、この形状記憶合金は、設定温度 M_s 以上で波状に変形させるために、屈曲成形したものを所定温度で熱処理を施し、針金状、筒状等に成形して直してある。位置 R_4 のモータの温度 $T_4 > \text{設定温度}$ となった場合、形状記憶合金製の検知部材3が変形し、この検知部材3の変形にともなって、光ファイバー2もこの R_2 と R_4 の部分で屈曲する。光パルス試験器1の発光手段から出力された光パルスは光ファイバー2中を伝送され、光ファイバー2が



1 : 光パルス試験器

2 : 光ファイバー

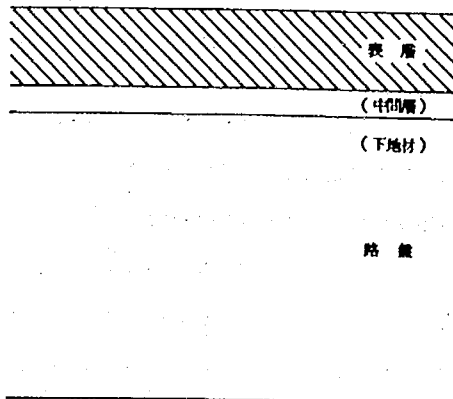
3 : 検知部材

4. 5 道 路

4. 5. 1 道路における新材料応用特許の出願動向

前章でも示したように、道路は最も多く種類的新材料が応用されている分野である。過去5年間に特許出願された特許例を、適用部材ごとに図4-9以下に示した(図4-9: 車道表層材; 図4-10: 道路の中間層および下地材; 図4-11: 路上標示材(センターライン等)、図4-12: 目地材; さらに図4-13: 歩道用材; 図4-14: 発光表示装置および車道吸音材)。

特許情報にみる限り、道路材に関して数多くの技術開発が行われてきたことがわかる。しかしながら、それらは車道舗装に関するものが大多数であり、しかも表層材に関するものが極端に多い。歩道および関連設備に関する特許は合わせて5件程度であり、技術開発に大きな偏りがみられる。また、ユニークな機能特性をもつものとしては、低周波公害対策としてのアスファルト・パーライト・吸音材(ビチューメン、TPO、ゴム材)、通気性、通水性をもつガス、触媒圧入コンクリート等が取り上げられているが、その数は多くはない。



☆ 剛 性	プラスチックモルタル(大成道路)
☆ 亀裂防止	モルタル(ポルトランドセメント、石膏、ポリマー、骨材)(菊水化学)
☆ 強 度	セラミックスタイル、セラミックスレンガ(国 村)
☆ 車道公害防止	ファインセラミックメッシュマット(大 金)
○* 耐凍、H ₂ S、SO ₂	塩化ビニル系樹脂+ステンレス含有、エポキシ樹脂(東北硝子)
△ 変質安定性	SiO ₂ +人造ゼオライト 添加グーアスファルト(デグサA O)
△ 再利用	再生アスファルト(日本石油)(千代田R&D)(渡辺組)(伊藤建設)
△ 低周波公害改善	アスファルト+パーライト(堀)
○ 傾み性	セメントペースト(大成道路)
△ 熱劣化防止	ゴム混入アスファルト(日産化学工業)
△ 耐久性、抗動底性	再生アスファルト、ゴム、EVA(東亜道路工業)
□ 剛 性、反跳性	ポリマーラテックス、イソシアネート化合物(大日本インキ化学工業)
□ 安 価	イソシアネート含有ウレタンプレポリマー+ゴム(第一工業製薬)
△ 耐スパイクタイヤ	骨材+細骨材+フィラー+アスファルト(日本道路)
△ 耐久性	ウレタンプレポリマー含有アスファルト(日新硝子建設)
△ 安定度、強 度	ポリ塩化ビニル粉末+H ₂ O ₂ +アスファルト(山陰建設工業)
安定性、耐久性	エポキシ化合物、チオグリコール酸エステル化合物、第三級アミン系硬化剤組成物(大日本インキ化学工業)
□ 増粘性	アクリル系ポリマー繊維状化剤(ハーキュルス)
水密性、防水性	
△ 可塑性、耐剪断性	ガラス繊維ストランド配合アスファルト(日産化学)
* 耐熱性、剛 性	EVAポリマー、ビチューメン組成物(エクソン)
○△通気性、通水性	ガス触媒圧入(阿 部)

(☆: セラミックス・モルタル, ○: コンクリート, △: アスファルト, *: 表面処理, □: その他)

図4-9 車道表層材に関する特許例

(☆: セラミックス・モルタル, ○: コンクリート, △: アスファルト, *: 表面処理, □: その他)

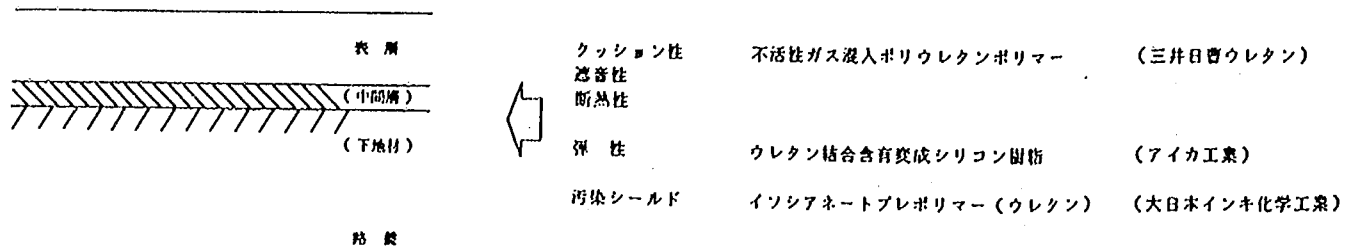


図4-10 車道中間層および下地材に関する特許例

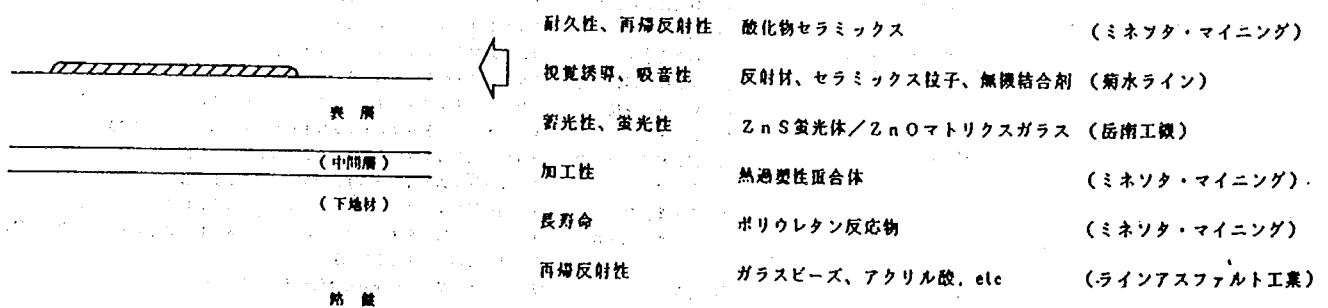
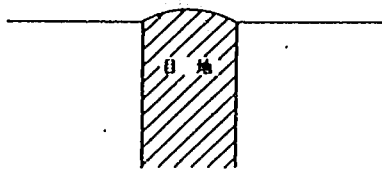


図4-11 路上標示材に関する特許



接着性	トールピッチ、アタクチック型ポリプロピレン（アオイ化学）
通電軟化	伝導繊維分布材（大塚）
伸縮性、弾力性、柔軟性、復元性	アタクチックポリプロピレン（土肥）

図4-12 目地材に関する特許例

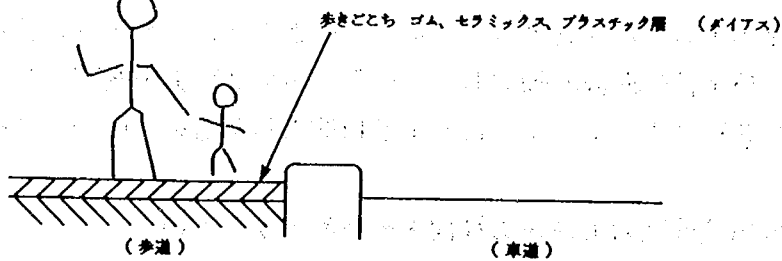


図4-13 歩道材料に関する特許例

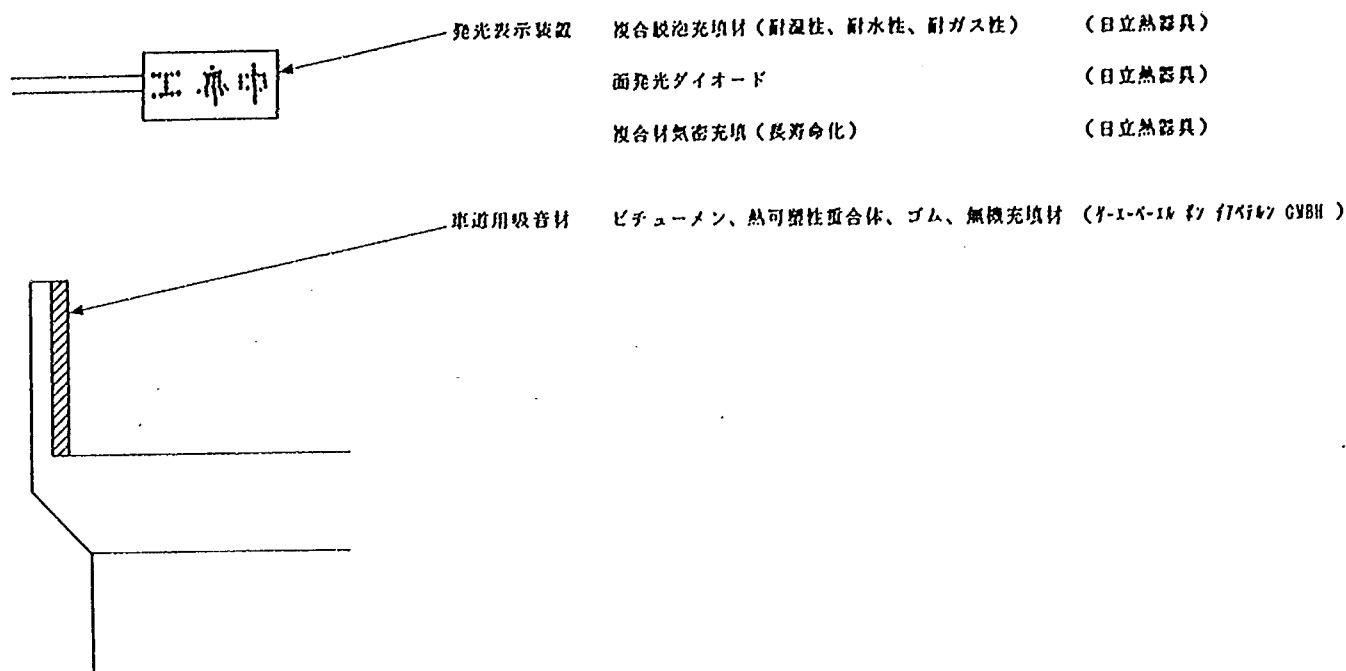


図4-14 道路付属物に関する特許例

4. 5. 2 道路への新材料の応用

道路は、国民の日常生活や経済活動に欠かすことのできない最も基本的な社会資本であり、多面的な機能を有している。道路の機能は、大別すれば、交通機能と良好な居住環境や防災機能の強化を目的とした空間機能とに分けられ、さらに交通機能は自動車、自転車等のトラフィック機能と沿道の土地・建物への出入りサービス等のアクセス機能とに分けられる。近年の経済活動の活発化および都市化の波は、これら機能要求に対して全て充足することを要求している。このような状況を考慮し新材料応用テーマとして、1) 舗装材の機械的強度向上、のみならず2) 都市空間における周辺環境の向上、および3) コミュニティー性向上を目的としたもの、について検討する。

1) 舗装材の機械強度および耐久性向上を目的とするもの

近年の交通量の増大および車両の大型化、重量化に伴い、舗装面のひびわれ、流動等の損傷が問題となってきた。また、降雪地ではスパイクタイヤ等による舗装面の摩耗が激しく、粉塵公害として社会問題化している。

このような社会的要請に対して、従来の舗装技術だけで応えていくことは困難であり、新材料の活用が求められる。以下では、舗装材の強度、耐久性、耐摩耗性等の向上を目的とした新材料を取り上げる。

① 繊維強化型材料の舗装材への応用

繊維強化舗装材とは、コンクリート等のマトリックス中に短繊維を一様に分散させることにより、引っ張りおよび曲げ強度、ひび割れ抵抗性および靱

性の改善を図ることを目的とした複合材料である。

繊維補強材は、使用する繊維の材質や種類によって、その特性が著しく変化し、使用繊維としては各種のものが実用化されている。一般には、縦弾性係数や強度が大きい鋼繊維ならびに耐アルカリガラス繊維系が主に用いられているが、さらに一層の機能向上のためには炭素繊維等のスーパー繊維の活用も考えられる。

② ポリマーコンクリートの舗装材への応用

ポリマーコンクリートとは、コンクリートとプラスチックを併せ用いたものであり、以下の3つに分類される。

- ・レジンコンクリート
- ・ポリマー含浸コンクリート
- ・ポリマーセメントコンクリート

レジンコンクリートは結合材にポリマーのみを用いたコンクリートであり、使用ポリマーとしては、不飽和ポリエステルやエポキシなどが利用されている。レジンコンクリートは、普通のセメントコンクリートに比べて、強度、耐薬品性、耐摩耗性、耐凍結融解性および防水性に優れ、また硬化時間を広範囲に制御できる。

ポリマー含浸コンクリートは、コンクリートを乾燥し、その内部空げきに低粘度のモノマー・プレポリマー・ポリマーなどを含浸させ、重合などの操作を経てコンクリートとポリマーとを一体化させたものである。含浸用材料としては、メタクリル酸メチルとスチレンがよく用いられている。ポリマー含浸コンクリートは、普通のコンクリートに比べて、一般に強度、剛性、耐久性、耐凍結融解性、耐薬品性などに優れているが、施工に若干手間がかかるという難点がある。

ポリマーセメントコンクリートは、従来のコンクリートに各種のポリマーを混入して、これにより、付着性曲げ性能の向上、収縮の減少、水密性、耐摩耗性、耐衝撃性などの改良を図るものであり、SBR系、アルリルエマルジョン系、ビニルエマルジョン系などのポリマーが用いられる。

これらのポリマーコンクリートは、強度、耐久性等の機能面では、十分に舗装材としての要求を上回っているが、経済性や施工性に難点があり、今後の技術開発が待たれるところである。当面は、補修材や目地および耐食性が要求される降雪地帯（スパイクタイヤ使用地域）および海岸部等の舗装への活用が考えられる。

③ セラミックス材料の舗装材への応用

近年、セラミックスは超電導等の電磁氣的・光学的機能を有する素材として急速に注目されるようになった。いわゆる「ファインセラミックス」の登場である。しかしながら、土木分野から見た場合、最も注目される特性は、硬度、耐食性、耐摩耗性等の機械的特性である。これらの特徴を踏まえ、舗装材としては以下に示した活用法が期待される。

- ・表層材へのセラミックスタイルまたはセラミックスブロックの応用
- ・アスファルト、コンクリートの高強度骨材としての応用
- ・歩道へのセラミックコーティングブロックの応用

関連する公開特許例および開発プラン（図4-15参照）を以下に示す。

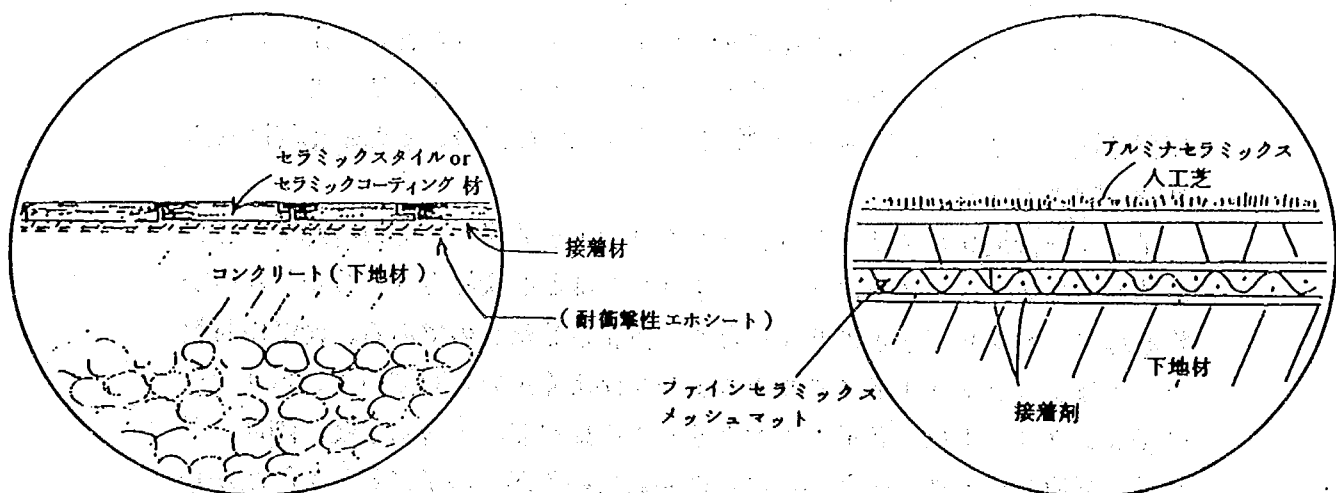


図4-15 セラミックス材料の舗装材への応用プラン

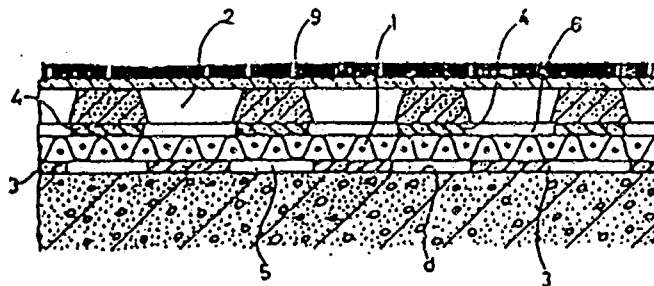
開 発 例

積雪・寒冷地方の道路の改良

(特開昭61-266707, 大倉正巳)

(目的) 複数のファインセラミックス製メッシュマッドを舗装路面上に積層敷設することにより、スパイクタイヤによる車粉公害を防止するとともに、凍結時のスリップを防止する。

(構成) ファインセラミックス製であって網目の細かいメッシュマッド1を舗装路面dに合成樹脂系接着剤3で接着し、その上に網目の大きいメッシュマッド2を接着剤4で接着する。更に、必要に応じてメッシュマッド2上に、アルミナセラミックでつくった人工芝9を接着し、タイヤと芝生9との摩擦抵抗を高める。これにより、舗装路面がファインセラミックス製のメッシュマッド2で隠蔽されるので、スパイクタイヤで走行しても、車粉公害が発生しない。さらにメッシュマッド2が凍結しても、高い接触圧で融解しやすく、スリップ防止の効果がある。



2) 都市空間における道路周辺環境の向上を目的とするもの

① 吸音材料の遮音壁および道路材への応用

都市の過密化に伴い、自動車等の交通運輸機関から発生する騒音は、生活環境を害するものとして大きな社会問題となっている。

道路交通騒音の低減法としては、住宅地と交通量の多い道路との境界での吸音・遮音壁および吸音板等の設置が広く行われている。

吸音板としては、グラスウール、ロックウール等の無機質繊維を有機結合剤で結合したものを使用した金属製吸音壁等が道路用として多用されていたが、強度および耐久性の問題があった。近年においては、多孔性セラミックを主体としたもの（例えば実公昭49-4321、特公昭55-23795）、あるいは異なる厚みの吸音材を適宜、比率で組み合わせて一体形成したもの（実開昭58-115508）等が開発されており、特にセラミックス吸音板は吸音性に優れているほか、不燃性、耐水性、耐食性、耐触性等、金属やプラスチックでは得難い諸性能を備えており、その関心が高まっている。

また、交通騒音そのものの発生を減らす方が、より経済的でかつ好ましいとの考えから、道路材そのものへの応用も検討されており、さらに反射特性を持つ吸音性も開発される（開発例参照）。

開 発 例

吸音被覆材およびその製造方法

(特開昭57-102951、バルター・ボン・デア・ベテルン)

〔目的〕 ビチューメンと熱可塑性重合体と高速度ミキサーで高温均質化した後、再生ゴムと無機充填剤とを混合し、常法により加工することにより、機械的特性をそこねることのない車道用吸音被覆材を得る。

〔構成〕 ビチューメンと熱可塑性重合体（例：ブタジエンとスチレンを重量比75／25～60／40の割合で重合した分子量5万～60万を有するブタジエン-スチレン共重合体等）を、重量比95／5～75／25の割合で高速度ミキサー（例：ビチューメンポンプとローターステイターシステムを組合せたもの等）を用い、180～220℃で0.3～2時間で均質化した後、5～30重量%の再生ゴムと無機充填剤とを混合し、更に従来の被覆材の製造方法によって加工することにより、吸音被覆材を得る。この方法によれば、上記の通り多量の再生ゴムを添加して車道用被覆の機械的特性を著しくそこねることなく吸音被覆材を得ることができる。

開 発 例

夜 間 反 射 性 吸 音 板

(特開昭61-200212、 菊水ライン)

〔目的〕セラミック固体粒子と無機質結合剤との混合剤を下層部とし、反射材、セラミック固体粒子および無機質結合剤の混合材を表層部として加圧成形することにより、視線誘導機能をもつ吸音板を作る。

下層部として、セラミック固体粒子にシリカゾルを均一に混合した後、成形型に混合物を注入する。次に、表層部として、ガラスビーズとセラミック固体粒子に均一に被覆されるようにシリカゾルを混合攪はんした後、成形型の下層部上に注入する。次いで、上部から加圧成形した後、焼成する。

② 制振合金の高架橋への応用

高架道路の発達や、交通車両の大型化によって車両から生じる振動の影響も無視できなくなってきた。特に近年、低周波音、つまり可聴域より低い周波数の音が新たな環境問題となっている。

このような、高架構造物の振動の抑制には、制振（吸振）合金の応用が期待される。制振合金とは、内部摩擦が非常に大きく、弾性エネルギーと熱エネルギーに変換する能力が大きいために、振動が速やかに減衰する機能を有する材料である。その種類として複合型、強磁性型、転位型、双晶型の4つに大別され、いずれの場合も同強度の他の材料の10～100倍もの大きな制振係数をもつ。

しかしながら、制振合金は、(a)材料のコストが高く、(b)減衰能の値そのものが高分子材料のそれに比べると小さくて性能的に不十分な場合があり、また(c)材料の入手が困難なことなどの問題点がある。このため、特許情報にみる限り、制振合金の土木部材への応用は見当たらず、有機材料の防振材があるだけである。しかしながら、有機系のものでは強度等に不安があり、高架橋制振材としては金属系のものが強く求められる。このためには、金属・合金のみならず、高分子材料やセラミックス材料との組合せ等による性能の向上や低コスト化が期待される。

3) 道路のコミュニティー性向上を目的としたもの

歩行空間整備の必要性が強く叫ばれるようになってから久しく、新市街地においては歩行者専用道路のネットワークを構成することが多くなってきた。

このような状況をふまえ、道路審議会は「21世紀をめざした道路づくりへの提言 — 豊かさへの選択 — 」と題する建議を行った。これは、従来の道路整備がどちらかといえば機能中心であったのに対し、今後は道路整備の基本的方向を(a)機能の分化、(b)ネットワークの強化、(c)親しみと潤い、(d)災害に強い道づくり、(e)多様化するニーズへの対応に於いて整備を推進すべしという内容のものである。

このなかで、親しみと潤いのある道路づくりに関する具体的な提言として、

- ① 人間性豊かな道づくりを推進する。
- ② 安全で快適な歩道を充実する。
- ③ 緑豊かな道路空間を創出する。

を掲げている。

このような中で、親しみと潤いのある道路づくりを進めていく上で、コミュニティー道路はその代表例として果たす割合も高まっており、今後の展開が期待されている。以下に道路のコミュニティー性向上のための新材料応用プランを掲げる。

① 吸水性高分子の道路植栽への活用

コミュニティ道路の植栽において、保水性等の生育促進の要素を向上させるために、吸水性、高分子性を基盤に活用し、緑化を図る。

② カラーモルタルおよびセラミックス材によるカラー舗装の開発

コミュニティ道路は、歩車の共存を目的としており、現状では特殊な街路といえるため、その道路の存在を明解にすることが必要である。街の一部として景観の向上も求められており、カラーモルタル及びセラミックス材等による耐久性の高いカラー舗装を実施する。

③ 透水性コンクリートおよびゴム材による遊歩道の開発

コミュニティ道路は、公園の一部としての性格も持つため、ゴム材と組み合わせた透水性コンクリートにより、公園等の園路又は運動場において透水性が高く、しかもジョグ等での衝撃の少ない舗装を実現する。

①～③以外の活用案も含めた新材料応用プランを図4-16に示す。

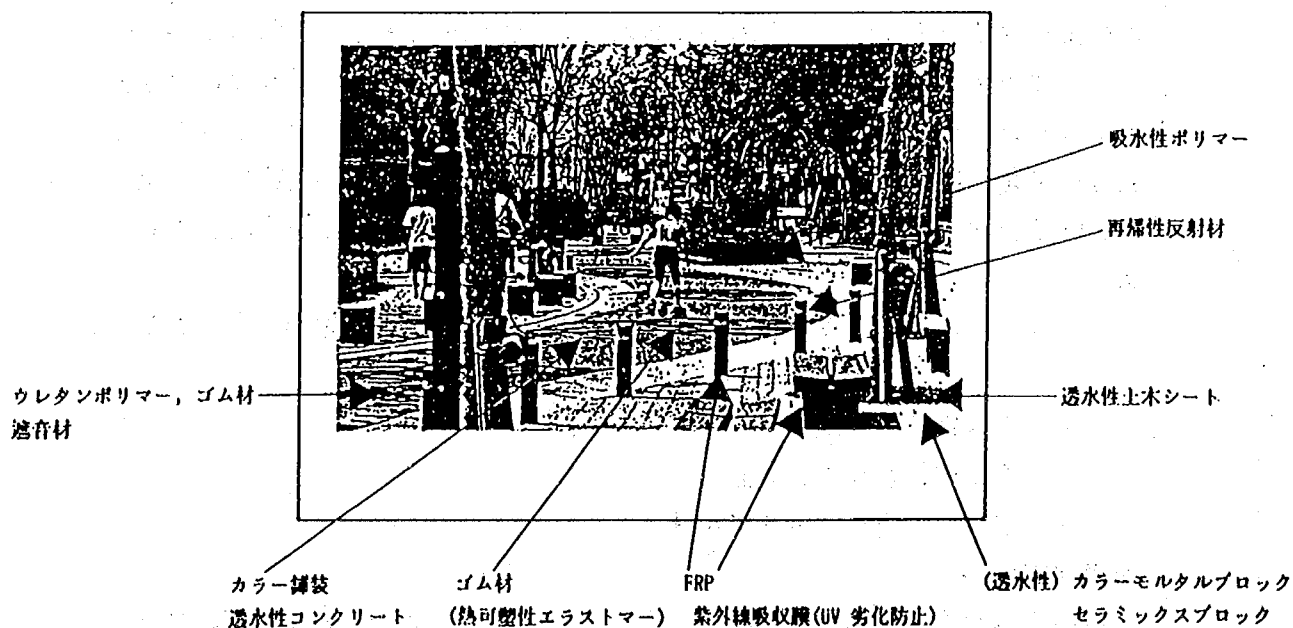


図4-16 コミュニティー道路への新材料応用プラン
(写真は「歩道共存道路の理念と実践」に依った)

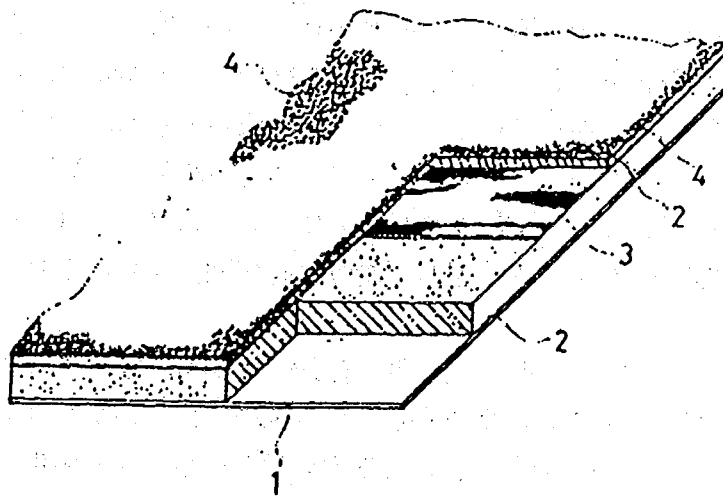
開 発 例 (歩 道)

路 面 等 の 舗 装 材

(特開昭59-170302、(独)ダイアス)

(目的) 剝離紙上に形成したアスファルト層に織物地を埋設し且つアスファルト層上面には粒状のゴム、プラスチック及びセラミックの少なくとも一種を埋設することにより、歩き心地を良くする。

(構成) シリコン樹脂等を塗布した剝離紙1に形成したアスファルト層2に合成繊維又は硝子繊維等の織物地3を埋設し且つアスファルト層2上面には粒状のゴム4、プラスチック及びセラミックの少なくとも一種を植設する。これにより、剝離紙1を剥して所要の路面、鋼床面等に貼着するだけで舗装施行、路面補修を簡単に行なうことができると共に防水作用を有効に発揮させられる。



4. 6 基礎 土 木

4. 6. 1 基礎土木分野の技術開発動向

本調査では、土壌の改良、地盤強化および岩盤掘削等の各土木分野に横断的に必要とされる要素技術を「基礎土木」として包括的にとり上げた。

前章で示したように、「基礎土木」に関する技術開発は、活発なものがあり、特に処理用薬材を中心とした地盤の強化法に関して数多くの特許出願がある。しかしながら薬剤では、地盤強化のほかにひび割れ防止のための減水剤や脱臭剤などが開発されているが、その数は多いと言えない。

以下の項では、要素技術として特に重要と考えられる2つのテーマにしばって検討を加えるものとする。尚、他の分野との重複を避けるために、ここではジオテキスタイル等の繊維材による地盤強化は割愛した。

4. 6. 2 基礎土木分野への新材料の応用

1) 地盤強化および土壌改良を目的としたもの

① 機能性薬剤による地盤強化・土壌改良法の開発

土木分野への応用を目的とした薬剤は、特許が出願されたものだけでも開発例が多く、しかも減水剤や汚染改善（脱臭、汚濁防止等）のための処理剤など、非常に数多く開発されている。

しかしながら、地盤強化や土壌の改良に限定した場合、開発例は確かに多いものの、特定の物質に技術開発が集中する傾向にある。表4-13は過去5年間に特許出願された土壌の改良および安定剤を物質別に示す。同表より、第一の特徴は、有機系のものに比べて無機系の薬剤が高い比率を占めることである。これは、地下をはじめとする環境の汚染への影響を考慮したためと考えられる。また、無機系の材料の中でも、水ガラス（ケイ酸塩）系のものに約3分の2の特許が集中しており、技術開発が大きく偏っていることがわかる。

ここで、水ガラスは、安全性・信頼性も高く、技術的なストックも大きい材料と考えられるが、地盤安定という単一機能しか果たさないことも事実である。このため、今後は、有害物質の封じ込め及び無害化、地下水系を保全した地盤強化などの機能的特性を有した薬剤の開発が必要である。

表4-13 土壌改良・安定剤の開発状況

	有 機 系	無 機 系
特 許 出 願 数 (昭和57年～61年)	6	94
物 質 別 内 訳	・カルボン酸エステル 1 ・イソシアネート 1 ・そ の 他 4	・水ガラス (ケイ酸塩系) 60 ・炭酸塩系 28 ・硫化物系 4 ・そ の 他 2

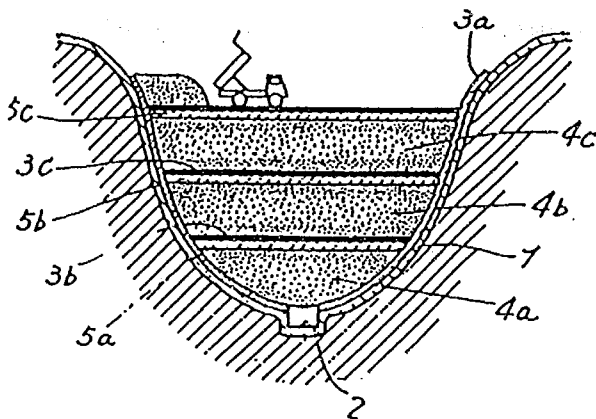
開 発 例

有害物質流出防止埋立法

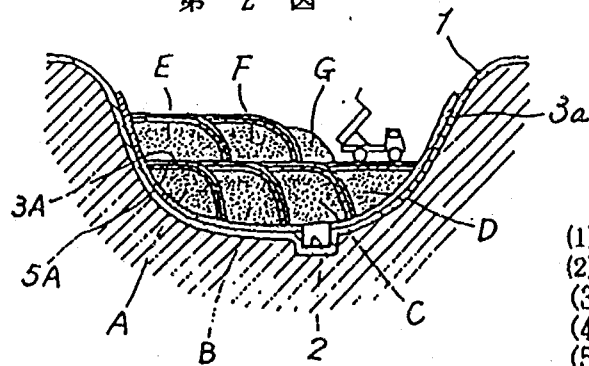
(特開昭57-85414、 (株)田熊総合研究所)

埋立地形成に際し、廃棄物、覆土と共に炭酸カルシウム、ゼオライトを含む粉粒体を封鎖材として用いることにより、遮水構造の有無に拘らず有害物質の浸出を防止する。

第 1 図



第 2 図



- (1)・・・アースライニング層、
- (2)・・・集排水ビット
- (3_a) (3_b) (3_c)・・・封鎖材層
- (4_a) (4_b) (4_c)・・・廃棄物層
- (5_a) (5_b) (5_c)・・・覆土層
- A B C G ...セル
- (3A)・・・セルA を囲む封鎖材層
- (5A)・・・セルA を囲む封覆土層

2) 土木機械（掘削機械等）の性能向上を目的としたもの

① セラミックスおよび人造ダイヤモンドのドリルビットへの応用

岩掘削機等のドリル刃材料としては耐摩耗性、じん性、高度硬さ、耐熱衝撃性などの特性が要求される。しかしながら、これら諸特性は、たとえば硬度が増すとじん性が落ち、じん性が高まると硬さがおちるというように併存しにくい場合が多い。

従来は、炭素分が 0.6~1.3 %、高融度金属の Cr, Mo, W, V, Coなどをさまざまな割合で含む炭素工具鋼、高速度工具鋼、合金工具鋼などや、超硬合金（炭化チタンとニッケルやコバルトでつないだもの）が用いられてきたが、ファインセラミックスや人造ダイヤモンドは、これらの材料以上の高温硬度、耐摩耗性を持つ。特にダイヤモンドは機械特性の極致と評価されており、耐衝撃性や加工技術の向上をはかれば十分に活用可能な材料といえる。

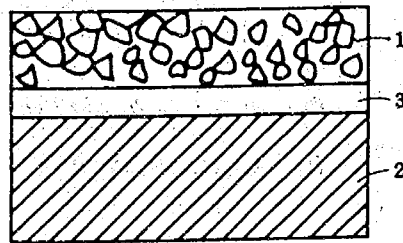
開 発 例

掘 削 工 具 用 焼 結 体

(特開昭57-175776、 住友電気工業)

〔目的〕ダイヤモンド焼結体の結合相を強化し、ダイヤモンドの含有量と粒度を特定し、中間接合層を介した複合焼結体とすることにより、耐耗性が充分で、ビットクラウンへ高温でロウ付けできる焼結体を得る。

〔構成〕WC又は(Mo、W)Cと鉄族金属からなる焼結超硬合金母材2上に、周期律表IVa、Va族金属窒化物域はこれと高圧相型BN混合物の粉末を置く。この量は形成される中間接合層3の厚さが5～500 μ となる様にする。その上に1～500 μ のダイヤモンド粒子を70～95容積%含み、残部が15容積%以下の鉄族金属を主体とする金属と周期律表IVa、Va、Vla族金属炭化物からなる混合粉末を置く。この全体を超高圧、高温発生装置内でダイヤモンド安定な条件で焼結し、ダイヤモンド焼結体層1が有離炭素を含まない層3を介し、母材2に接合した焼結体を得る。



4. 7 まとめ

本調査で抽出した有望テーマを、表4-14に一括して示す。

表4-14 新材料の応用が有望なテーマ

土木分野	開発目的	有望テーマ
河川	治水・利水機能の向上を目的とするもの	① 繊維材料の河川堤防への応用
		② 高耐久性塗料およびFRPの河川構造物への応用
		③ 超軽量材、強化材の築堤等への応用
	親水性の向上を目的とするもの	① 透水性コンクリートの親水公園プール材への応用 ② 多孔質材（多孔セラミックス）の河川敷歩道への応用
海岸	海岸構造物の耐久性向上を目的とするもの	① 耐食性合金の海岸構造物への応用
		② 高耐食性樹脂塗料による海岸構造物の保護技術の開発
		③ セラミックコーティング材およびFRPの水路、水門への応用
		④ 生物付着制御法の開発
橋梁	橋梁の軽量化を目的とするもの	① 修景を考慮した海岸土木材料の応用 ② 海岸レクリエーション施設への応用
		① 吊橋ケーブルへのスーパー繊維の応用
		② FRC等の軽量高強度コンクリートの橋梁上部工への応用
	橋梁の耐久性、耐候性の向上を目的とするもの	③ 軽量高強度鋼の橋梁材料への応用
		① 高耐食性ケーブル材の橋梁部材への応用
		② 高耐食性塗料および耐食性合金の橋梁部材への応用
		③ 支承部へのセラミックスの応用
道路	舗装材の機械的強度の向上を目的とするもの	① 電波吸収材の超大橋への応用 ② 光ファイバーの保安システムへの応用
		① 繊維強化型材料の舗装材への応用
		② ポリマーコンクリートの舗装材への応用
	都市空間における道路周辺環境の向上を目的としたもの	③ セラミックス材料の舗装材への応用
		① 吸音材料の遮音壁および道路材への応用
	道路のコミュニティ性向上を目的としたもの	② 制振合金の高架橋への応用
		① 吸水性高分子の道路植栽への応用
		② カラーモルタル およびセラミックス材によるカラー舗装の開発
基礎土木	地盤強化および土壌改良を目的としたもの	③ 透水性コンクリートおよびゴム材による遊歩道の開発
		① 機能性薬剤による地盤強化・土壌改良法の開発
	土木機械（掘削機械）の向上を目的としたもの	① セラミックスおよび人造ダイヤモンドのドリットへの応用

5. 土木分野へ新材料応用技術開発に関する提言

5. 1 土木分野における新材料応用の基本的方向性

土木技術は、社会生活において必要となる種々の構造物を対象としているので、土木技術の開発は、その合理的な計画から効率的な運用にまでかかわっている。近年、社会的なニーズが多様化するのに伴い、土木技術に対しても多彩な要請が寄せられるようになったが、このことは土木技術開発の大きな要素である材料面においても、従来の材料だけではなく、「新材料」の導入をせまる大きな要因となっている。

しかしながら、新しい土木材料の開発を考える場合でも、コンクリート、鉄鋼および土などの基本的材料の存在を無視するわけにはいかない。これらは、大量でかつ安価に供給が可能なものであり、依然として土木構造物の主流をなすことに変わりはない。

そこで、新材料の応用の基本的方向性として最良と考えられるのは、「新材料を基本的材料と組合せることにより、基本的材料の難点を克服し、構造材としての性能の向上をはかること」であろう。このための材料としては、表4-14に示したテーマに対して、高耐久性塗料、ジオテキスタイル、FRP、FRC用高強度繊維およびセラミックスコーティング材などが含まれているが、これらは鋼材やコンクリートの耐久性および耐候性を向上させたり、土の強度強化を図ったものである。

一方、新材料の優れた機能特性に着目し、土木部材そのものとして利用することにより、高度な特性を引き出すという活用法も考えられる。これはさらに、従来の材料にとって替わることにより「土木構造物等の構造的または機能的な特性を向上させるもの」と、「新材料の新たな導入により、従来には見られなかった機能を実現させるもの」とに分けられる。

前者には、セラミックス、人造ダイヤモンドおよびスーパー繊維のように、高機能特性を部材、部品として利用するものおよび超軽量鋼、耐候性鋼、透水性コンクリートなどのように、基本的材料の特性を向上させたものなどが含まれている。また、後者には、電波吸収材や光ファイバーなどが属しており、電磁的特性や光学的機能に優れた高機能材料である。

以上の新材料応用の基本的方向性をまとめて図5-1に示す。

新材料の実用化に際しての最大の障害は、コストにあると言われている。これは、コンクリートや鉄等の基本的材料に比べ、一般に新材料が高価なためである。このため、新材料の導入、特に図5-1の(b)、(c)に示した基本的材料の代替、または新規の導入にあたっては、土木分野におけるニーズ等を含めた総合的な検討を行う必要がある。

(a) 基本的材料（コンクリート，鉄鋼，土など）との複合化



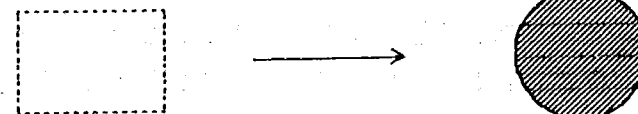
- 高耐久性塗料，機能性塗料
- ジオテキスタイル
- 繊維強化材（FRP，FRC）
- セラミックスコーティング材

(b) 基本的材料の代替



- スーパー繊維
- セラミックス，人造ダイヤモンド
- 超軽量鋼，耐候性鋼
- 透水性コンクリート

(c) 新規の活用



- 電波吸収材
- 光ファイバー
- 吸水性高分子
- 制振合金，吸音材

図5-1. 新材料応用の基本的方向性

(□ : 基本材料, ○ : 新材料)

5. 2 新材料応用テーマの位置づけ

前節では、新材料応用の方向を新材料と基本的材料との関連から考えたが、今後の技術開発の課題を明確にするためには、新材料導入の目的（動機）を考慮した検討を行わなければならない。ここでは、第3章において抽出した新材料応用有望テーマをその開発の目的に添って分類し、それぞれの開発目標が土木技術開発の中でどのような位置を占めるかについて考察を加えることにより、技術開発のランク付けを試みる。

前章では、特許情報分析を中心とした技術開発動向を踏まえ、新材料応用が有望なテーマとして、5つの土木分野についてそれぞれ5～8テーマを抽出した。ここで取り上げたテーマは極めて多岐にわたっているが、①新たな土木ニーズ創出を目指したもの、②多様化、高度化する社会ニーズへの対応を目指したもの、③耐久性、耐候性、安全性等の構造物の基本的機能の向上を目指したものの、3つに大きく分類することができる。

① 新たな土木ニーズの創出を目指したテーマ

スーパー繊維による長大橋の開発や高度光学材料を用いた保安システムの開発などは、繊維材料の極立った引っ張り強度や、パルスレーザーとリンクした光ファイバーの光学的特性を利用して、今までにない構造物やシステムを構築しようとするテーマである。これらは、長大橋、新保安システム、地下都市など従来の材料では全く実現不可能な構造物をもたらす可能性があり、最も夢のあるテーマと言える。

しかしながら、これらは材料の信頼性や有効性の評価など基礎的な技術検討課題も数多く残されており、場合によっては材料の開発レベルへフィードバックする必要がある。

このため、その実用化のためには長期ビジョンに立った技術開発が必要であろう。

② 多様化、高度化する社会的ニーズへの対応を目指したテーマ

近年の都市機能の向上や生活環境の変化によって、人々の社会的ニーズはますます多様で高度なものとなってきた。特に国民のライフサイクルの変化による自由時間の増大に伴う、観光・レクリエーション需要の質的高度化は、今後の都市づくり、地域づくりを考える上で、極めて重要なファクターとなるに至った。とりわけ、

「河川」「海岸」等の水辺空間や地域に密着した「道路」の計画設計においては、

安全性のみならずレクリエーション性やコミュニティー性の整備を十分に配慮した技術開発が求められており、これらの要求に対する一つの解答として、新材料の応用による「ヒューマンファクター」の付与が期待される。

人々をとりまく社会の環境は日々変化しており、社会への要請も多様で不透明なものとなってきた。特に「ヒューマンファクター」の定量的な評価には極めて大きな困難が伴い、これらのテーマの技術開発にあたっては、まず多様化した社会ニーズを的確に把握することからはじめなければならない。

③ 「耐久性」、「耐候性」、「安全性」等のより一層の向上を目指したテーマ

耐久性および耐候性を向上させ、構造物の長寿命化を図り、安全性を確保するとは、土木技術開発の大きな目標の一つである。とりわけ、土木材料の開発は、使用部位、使用環境等に応じてこれら構造物の基本的機能を満たすことに、最大限の努力が払われ続けてきたと言っても過言ではない。

特に、ケーブル材、橋床、橋脚、脚台、堤防、防波堤、舗装材などでは、厳しい環境条件に対処するため、より一層の耐久性および耐候性等の向上を図り、信頼性を確保することを第一義的な目的とした材料開発が行われてきた。

このことは、表5-1にみられるように有望テーマの数が最も多いことからも知ることができる。

これらの土木分野の技術開発は、歴史も古く、多くの技術的検討がなされてきたが、新材料応用という観点からのアプローチは実績が少なく、早急に関係しなければならぬテーマと位置づけることができよう。

以上をまとめて、図5-2に示す。また、各テーマとの対応は表5-1に一覧した。これらの有望テーマの位置づけは、今後の効率的な技術開発を行う上での有力な指針となる。

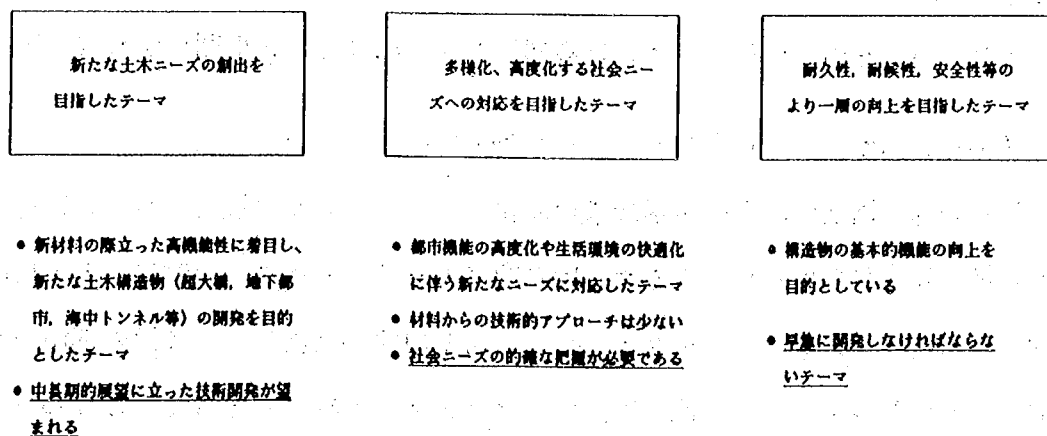


図5-2 新材料応用テーマの分類

表5-1 新材料応用テーマの技術開発上の位置づけ

土木分野	開 発 目 的	有 望 テ ー マ	新たな土木ニーズの創 出	多様化・高度化するニーズへの対応	耐久性・耐候性のより一層の向上
河 川	治水・利水機能の向上を目的とするもの	① 繊維材料の河川堤防への応用	○		○
		② 高耐久性塗料およびFRPの河川構造物への応用			○
		③ 超軽量材、強化材の築堤等への応用	○		○
	親水性の向上を目的とするもの	① 透水性コンクリートの親水公園舗装材への応用		○	
		② 多孔質材（セメント系）の河川敷歩道への応用		○	
海 岸	海岸構造物の耐久性向上を目的とするもの	① 耐食性合金の海岸構造物への応用			○
		② 高耐食性樹脂塗料による海岸構造物の保護技術の開発			○
		③ セメントライニング材およびFRPの水路・水門への応用			○
		④ 生物付着制御法の開発			○
	海岸リクリエーション機能の向上を目的とするもの	① 修養を考慮した海岸土木材料の応用		○	
		② 海岸レクリエーション設備への機能性塗料等の応用	○	○	
橋 梁	橋梁の軽量化を目的とするもの	① 吊橋ケーブルへのスーパー繊維の応用	○		
		② FRC等の軽量高強度コンクリートの橋梁上部工への応用			○
		③ 軽量高強度鋼の橋梁材料への応用	○		
	橋梁の耐久性、耐候性の向上を目的とするもの	① 高耐食性ケーブル材の橋梁部材への応用			○
		② 高耐食性塗料および耐食性合金の橋梁部材への応用			○
		③ 支承部へのセラミックスの応用			○
	安全性の確保を目的とするもの	① 電波吸収材の超大橋への応用		○	
		② 光ファイバーの保安システムへの応用	○	○	
道 路	舗装材の機械的強度の向上を目的とするもの	① 繊維強化型材料の舗装材への応用			○
		② ポリマーコンクリートの舗装材への応用			○
		③ セラミックス材料の舗装材への応用			○
	都市空間における道路周辺環境の向上を目的としたもの	① 吸音材料の遮音壁および道路材への応用		○	
		② 制振合金の高架橋への応用		○	
	道路のコミュニティ性向上を目的としたもの	① 吸水性高分子の道路植栽への応用		○	
		② カラー舗装 およびセラミックス材によるカラー舗装の開発		○	
		③ 透水性コンクリートおよびゴム材による遊歩道の開発		○	
基礎土木	地盤強化および土壌改良を目的としたもの	① 機能性薬剤による地盤強化・土壌改良法の開発	○		○
	土木機械（掘削機械）の向上を目的としたもの	① セラミックスおよび人工ダイヤモンドのドリットへの応用			○

5. 3 技術開発上の問題点

従来、建設分野において使用されていた材料は、鉄、鋼、コンクリート、土などの基本的材料が中心であり、新材料の応用の実績は一般に少ないのが実態である。このため、新材料の導入にあたっては、下記に示したような課題が存在することを認識した上で、十分な検討を加え、新素材の応用に努める必要がある。

① 基本的にシーズ先行的な材料開発形態がとられやすい

新材料は高機能の反面、用途が限定されがちである。このため、従来の材料に比べ、十分にユーザーの要求を把握した上で技術開発を行うことが望ましいとされている。

すなわち、ユーザーニーズが確かに把握されていれば、安定な需要が確保できるため、スケールメリット等による価格の安定化や新たな需要の拡大という好循環が期待されるからである。

しかしながら、特に新材料を対象として現段階においては、土木・建設分野からの確たる要請に基づいて組織的な材料開発を行っている例は稀であり、“はじめに新材料ありき”というシーズ先行的な材料開発が行われていることが多い。

前節までに示したように、近年の土木構造物には「強度」や「耐久性」という従来からあった要請のみならず、都市機能や生活環境の変化に伴う「ヒューマンファクター」を考慮したより複雑で多様な機能も求められつつある。このため、今まで以上にきめ細かな材料開発を行う必要があり、ユーザーニーズを十分に評価、把握した上での材料開発が必要となろう。

② 新材料に関するデータの蓄積が不十分である

一般に、新材料の開発・実用化を促進するためには、ユーザーの要求と材料特性のマッチングが必要であり、そのためには材料の開発状況および諸物性に関するデータが十分に揃っていることが不可欠の要件である。

しかしながら、後に示すように、新材料についてはその開発を個々の材料メーカーに大きく頼らざるを得ないのが実情であり、このため各材料の物性・性能・機能をはじめ製品の規格・価格等のデータは極めて散在していて、組織的な整備はほとんどなされていない。

とりわけ、土木分野への応用を考えた場合、強度、硬度および耐久性などの構造物としての性質に関するデータは、材料の選定・実用化にとって極めて重要であるが、このようなデータの蓄積は不十分である。

新材料の物性に関する情報、周辺技術、開発動向および各種の指針等の情報の蓄積および体系化を図ることにより、効率的な実用化技術の開発を推進することが必要である。

③ 材料ユーザーとメーカーとの結びつきが希薄である

材料開発面から見た土木分野の最大の特徴は、エレクトロニクスや繊維衣料分野などと異なり、材料ユーザーと材料提供者が別の存在であることである。すなわち、材料の開発は、多くの場合「材料メーカー」が独立に行っており、材料ユーザーとしての「建設会社」がこの供給を受け構造物に組み上げるのが通例である。

このため、ともするとユーザー側（建設会社）では新材料に関する情報が不足し、一方材料メーカーではユーザーのニーズを的確に把握し得る体制にないという事態も生じかねない。

実際このような土木材料開発特有の実情を端的に示しているのが表5-2である。同表は新材料応用の出願特許数を、出願者別に「材料メーカー」、「建設会社」、「材料メーカーと建設会社との共同出願」とに分けて示している。その他の項目には個人や海外の企業の特許が含まれている。出願数は材料メーカーが圧倒的に多いが、ここで特に注目したいのは材料メーカーと建設会社の共同出願特許が総数約800件中、わずか9件しか含まれていないことである。すなわち、直接施工に携わる建設会社と材料メーカーが一体となって技術開発にあたり、研究の成果を特許という形で残した例は総出願のわずか1パーセントにすぎないということである。

今後、土木分野への新材料の本格的実用を目指すためには、材料提供者と材料ユーザーが協力して、技術開発を行える体制が必要になるであろう。

④ 安全性・信頼性の試験評価法が確立されていない。

土木分野では、その性格上、安全性および信頼性が極めて重要な要素となっている。このため、一度確定した土木材料のライフサイクルはかなり長期にわたるという特質がある反面、新しい土木材料の使用には概して保守的であり、実績が重視される傾向にある。そこで、新しい材料の導入にあたっては、新材料の機能、特性をはじめ、構造物として特に要求される耐久性・安全性等の信頼のおける十分な試験評価が必要である。しかし、耐久性等の構造材的性質の評価も多大な費用と長期間を要し、新しい材料であるが故に、適切な評価法が確立されていないことが多く、試験・評価は困難な場合が多い。実際の特許においても、長期の実地試験に基づいた材料の定量的試験データを添えたのは、ごく限られたもののみであった。また例えば、有望なテーマの一つである「水とのかかわり」についても、出願特許では、耐水性や耐食性の添付データは定性的な比較のみを示したものが多く、実際の使用にあたってはその使用環境に応じた更に十分な検討を要するものと考えられる。

さらに、有望材料の中には、「歩きごこち」および「美麗」など、定量的な評

表5-2 出願者別新材料応用特許数の現状

土 木 分 野		材料メーカー	建設会社	材料メーカーと 建設会社共同	その他(個人, 公益 法人, 外国企業等)
海 洋	海 岸	24	4	0	4
	海洋構造物	14	0	0	0
	港 湾	9	1	0	1
治水・利水	河 川	22	2	0	4
	ダ ム	21	6	0	3
	上水・下水	13	2	2	5
交 通	道 路	39	19	4	28
	トンネル	21	16	2	12
	橋 梁	14	0	0	2
	鉄 道	11	5	0	15
基 礎	地下・開発	45	7	0	26
	基礎土木	126	29	1	29
安 全	砂 防	9	0	0	1
	防 災	12	2	0	3
機 械	機 械	44	12	0	10

価が本質的に困難なものも数多く含まれており、材料選定の新たな基準が求められつつあることも事実であり、使用環境および目的に応じた適切な安全性・信頼性の評価技術の早急な確立が必要となるであろう。

⑤ コストの評価が困難である。

新材料も土木分野に導入する場合の最大の問題はコストといわれており、コスト減を含めた幅広い「経済性」の検討が必要である。

しかしながら、新材料の及ぼす経済的効果については、流動的で不確実な要素が多いと言わざるを得ない。これは、新材料が主として特異的な限られた機能を満たすことを目的として開発されるため、その供給量は概して少なく、さらに原料が少ないこともあり、一般には高価なものが多いので、イニシャルコストは高いものとならざるを得ないためである。

しかし、新材料は一般的な傾向として、将来的には大幅なコストダウンの可能性がある。需要が増加し、安定することにより、価格を開発時に比べ、大幅に下げることが可能であろう。とはいえ、在来の鉄鋼やコンクリート等の材料に比べると、高価であることが予想されるので、新材料の土木分野への応用に当たっての経済性評価は、イニシャルコストだけではなく、土木構造物の維持管理コストや社会的価値および長寿命化などを考慮したトータルコストの評価を行うべきであろう。さらに土木分野のように大量ニーズが開拓された場合のイニシャルコストに及ぼす波及効果も考慮しなければならない。このような評価方法は数多くの要素を含むため未だ確立されたものはなく、早急な確立が必要となるであろう。

5. 4 今後の検討課題

新材料を積極的に土木分野に活用することは、土木技術の革新的な進捗をもたらすだけでなく、材料提供者側にとっても大量でかつ安定した供給先を得ることになり、さらに構造物を利用する立場にある国民にとっても新たなサービスを享受できる等の多大なメリットがある。しかし、全体的には、現在までのところ高機能特性を有する新材料は、セラミックス、塗料等の一部のものを除いて必ずしも十分に活用されているとは言えない。研究開発レベルにおける大きな問題の一つは、材料メーカーと材料ユーザーがそれぞれ個別的に開発をすすめていて、情報面を中心とした技術的交流があまり行われていないことがあげられよう。このため、効率的な技術開発に支障を来していて、このままの開発体制では新材料の効果的な活用は望めない可能性が強い。

また、新材料の実用化にあたっては、オーソライズされた新材料の試験および評価が必要である。しかしながら、これには長期の時間を要し、方法も確立したものはないため、公的機関への期待も高くなっている。

以上のような状況を考慮すると、新材料を積極的に土木分野へ応用するためには、国の研究体制を整えることが大切であり、これとともに材料、建設双方の技術分野を取り込んだ体制のもとでの、情報の交流、共同技術開発および試験評価方法の確立などが研究促進のために有効であろう。

とりわけ、情報面における整備は技術開発の基礎となるものであり、そのためには、以下の項目に関する検討が考えられよう。

① 社会ニーズの把握・評価

土木分野への新材料の応用を推進するためには、土木分野のユーザーニーズを十分に把握した上で、中長期展望に立った研究開発を行わなければならない。とりわけ、現代は生活環境の変化等により、国民の意識（社会ニーズ）が多様化、高度化、複雑化の一途をたどっている。土木構造物が、究極的には国民生活の向上を目的とする以上、経済面への波及効果のみならず、レクリエーション性や快適性等のヒューマンファクターまで含めた社会ニーズの的確な把握および評価を行う必要がある。

② トータルコスト評価方法の確立

新材料の応用に際しては、コスト面での評価が大きな問題となっている。コストの検討においては、新材料の導入による維持管理、構造物の寿命、社会的インパクト（メリット）等を総合的に勘案したトータルコストへの波及効果を評価することが有効であろう。

③ 情報の整理・体系化

新材料の土木分野への応用実績は概して少なく、現段階では材料特性や試験結果などの信頼できるデータを蓄積することも有効であろう。

このためには、(a)新材料の物性、機能特性及び製品（試作品）の性能、規格、価格等のデータの組織的な収集、(b)各研究機関に埋没しているデータの発掘、収集および(c)実使用条件下における試験データの収集等を行い、データの蓄積をはかる必要がある。

得られたデータは、他との比較が容易な形で整備され、種々の評価に有効であるように体系化されていることが望ましい。このため、上記の材料ファクトデータのみならず、土木分野への応用特許情報や周辺技術およびユーザーニーズ等の情報に関しても、データベース化などの体系的な整備を行うことが有効であろう。

あとがき

特許情報による新材料の現状と動向の調査結果を報告したが、この他に、アンケートを中心とした調査も行っていて、その報告書も近日完成する予定であるので、参考にして頂きたい。

なお、本調査を行うにあたっては、大臣官房技術調査室藤野忠技術調査官、土木研究所企画部青木佑久先端技術開発研究官、地質化学部桑原啓三部長、財団法人国土開発技術研究センター研究第2部常田賢一氏、三菱総合研究所社会情報システム部朝倉堅五氏、石川正道氏、亀井信一氏、以上の方々の多大な御協力・御援助をいただいた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

1. 先端技術の活用懇談会、新素材懇談会「建設分野における新素材の活用について」
(1984)
2. 通商産業省編「21世紀をひらく新素材開発」東洋経済新報社 (1984)
3. 通商産業省編「新素材」オーム社 (1986)
4. 通商産業省編「新素材便覧」通産資料調査会 (1986)
5. 科学技術庁資源調査所「先端技術動向バイオ・材料・センサ」日刊工業新聞 (1985)
6. (財)国土開発技術研究センター「道路の機能分類に関する調査報告書」 (1984)
7. (財)国土開発技術研究センター「海洋開発における建設技術の現状と
開発の方向調査」 (1986)
8. 日本材料学会編「材料学の最近の進歩」オーム社 (1982)
9. 土木学会「土木学会誌」11月号 (1985)
10. 土木学会「土木学会誌」5月号 (1986)
11. 土木学会「土木学会誌」10月号 (1986)
12. ファインセラミックス協会、(財)日本産業技術振興協会「セラミックスコーティング技術の開発動向及び新産業分野への利用動向に関する調査研究」 (1985)
13. 工業調査会「化学装置」2月号 (1987)
14. 田中良平編著「極限に挑む金属材料」工業調査会 (1979)
15. 日本経済新聞社「'84新素材展論文集」 (1984)
16. 吉村元男、芝原幸夫「水辺の計画と設計」鹿島出版会 (1985)
17. 都市住宅編集部編「歩車共存道路の理念と実践」鹿島出版会 (1983)
18. 三島良績、岩田修一「新材料開発と材料設計学」ソフトサイエンス社 (1985)
19. 伊藤学「グラフィックス くらしと土木(6)橋」オーム社 (1985)
20. 酒匂敏次他「海洋環境のデザイン」彰国社 (1981)

建設分野における新素材・新材料の
活用に関する研究報告書(2)
—新材料の現状と動向に関する調査—

土研資料 第2586号
昭和63年2月(1988年)
片 脇 清
西 崎 到

要 旨

建設分野の設計の合理化, 施工の効率化, 耐久性の向上等の技術の革新には, 近年開発されつつある, いわゆる新素材・新材料と呼ばれる新しい材料の応用が期待できる。本報告書では, 新素材・新材料の土木分野への応用の現状と動向を明らかにすることを目的として, 特許情報による検索を中心とした調査を行った結果をまとめ, 新素材・新材料の利用の方向を明確にしている。

キーワード: 新素材, 新材料, 特許情報, 検索, 建設分野

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

建設省土木研究所

地質化学部化学研究室
行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第2586号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印