



土木研究所資料
第811号

長大トンネル自動車輸送システム研究会
報 告 書

昭和48年3月

建設省土木研究所千葉支所
長大トンネル自動車輸送システム研究会

目 次

1. ま え が き	1
2. 委 員 構 成	1
3. 各種システムの比較	2
4. 選定システムの検討	2
4-1 設 定 条 件	2
4-2 構 成 の 検 討	3
4-3 処理能力の検討	6
4-4 安全性等の検討	9
4-5 費 用 の 検 討	11
5. ま と め	12
6. 参 考 資 料	
6-1 トンネル建設費算定例（本システムの場合）	13
6-2 トンネル建設費算定例（自走式の場合）	18

1. ま え が き

道路網の発達に伴ない、今後長大トンネルが数多く建設されるものと考えられるが、それに併ない、トンネル内の換気の問題はより重大化していく。自動車のエネルギー源が燃焼によっている限り、トンネル内の空気の汚染はまぬがれず、トンネルが長大化するほど換気の困難さは増す。この問題を根本的に解消するためには、自動車のエネルギー源の改変が最も理想的な方法ではあるが、現在、内燃機関にとって換わるべきエネルギー源は実用化されていない。そのため、現段階においては、トンネル内のみ自動車のエンジンを使用せず、他の動力によって自動車を動かす方法が、最も実用的な案として考慮の対象となろう。この方式の検討を行うために土木研究所千葉支所内に委員会を作り、一般的な検討、および、パイロットスタディとして、関越自動車道谷川岳トンネルへの適用の可能性を研究した。本報告書は、その委員会が昭和47年3月にまとめた検討結果を報告するものである。

2. 委 員 構 成

委 員 長	永盛千葉支所長
委 員	市原道路部長
	大橋機械施工部長
北陸地建担当者	牛村上越国道工事事務所長
	花市企画課長
	未田技術管理課検査係長
参加研究室	道路研究室（幹事研究室）
	機械研究室
	トンネル研究室
	交通安全研究室
	企 画 課
協 力 者	中岡鉄構事業部副部長（川崎重工）
	小山設計課長（汽車製造）
	安藤技術部次長（富士電機）
	南技術部課長代理（富士電機）

（昭和47年3月現在）

（文責 道路研究室 柴田）

3. 各種システムの検討

自動車をエンジン以外の動力で動かす方法の大きな分類として、動力の伝達方法によるものが考えられる。

- ① 自動車の駆動系に動力を伝える
- ② ロープ等でけん引する
- ③ タイヤより力を伝える（台車等の使用）

これらの内、①は自動車上に動力が必要であり、自動車の大改造が必要であり、問題にならない。②も、けん引用の装置を自動車にとりつける必要があり、また、加減速時の処理に問題がある。そのため、③の自動車を台車等の上に乗せ、台車等とともに動かす方法が実用的と考えられる。

台車等を分類すると以下の通りである。

- ① レール上を鉄輪で走る台車
- ② タイヤで走る台車
- ③ ベルトコンベア

これらの内、③は、連続的なものであり、設置費、および、加減速時の処理の点で難がある。人間を運ぶ場合のように、速度が遅く、また、乗り移りの容易な対象物ならばよいが、自動車の場合には面倒である。

①と②は、根本的に大きな違いはない。①の特徴は、安全性と信頼性の高いことであり、②の特徴は、加減速性能のよいことである。鉄輪の摩擦係数は0.15程度、タイヤの摩擦係数は、乾燥時には0.8以上で、この差が加減速性に影響してくるが、乗客への影響、荷くずれ、台車と自動車の固定への影響を考えると、急な加減速はできず、タイヤのメリットはあまりないといえる。

動力としては、目的である空気汚染の防止の点から必然的に電動機となる。リニアモータも可能性としては考えられるが、実用化はされていず、現段階では対象とならない。

台車の使用法には2種考えられる。

- ① 単車で使う
- ② 列車として使う

①の方が利用者にとっては待ち時間が少ないため都合がよいが、容量的には②の方が多くの自動車を運べる。この両者の選定は、必要とされる容量によって定まることになる。

以上の検討の結果、本研究会では、レール上を鉄輪で走る台車による輸送システムを研究対象とした。

4. 選定システムの検討

4-1 設定条件（谷川岳トンネルについて）

関越自動車道谷川岳トンネル（仮称）は、水上、湯沢間で谷川岳の下を抜けるトンネルである。

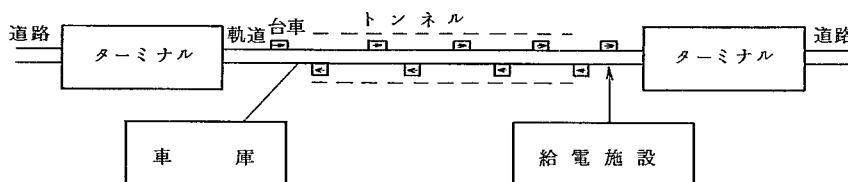
その延長は、5～8 kmの各案が検討の対象になっているが、いずれの案においても自然保護の面、および、トンネルの深さの点から、中央部の換気所間の長さが長くならざるを得ず、換気ダクト断面が大型化している。そのため、本研究対象システムを導入して、換気の必要性を除けば、トンネル断面の大巾な縮小が期待できる。

トンネル内の道路規格は、5 km案で第一種第4級、7 km案および8 km案では第一種第3級であり、当面は対向2車線とされている。本研究では、第一種第3級、設計速度80 kmを設計の標準に選んだ。

4-2 構成

本システムは以下の施設および機器より成る

- ① 軌道（複線）
- ② ターミナル
- ③ 車庫および修理工場
- ④ 給電施設（変電所）
- ⑤ 台車



以下、個々の内容について触れる

i. 台車について

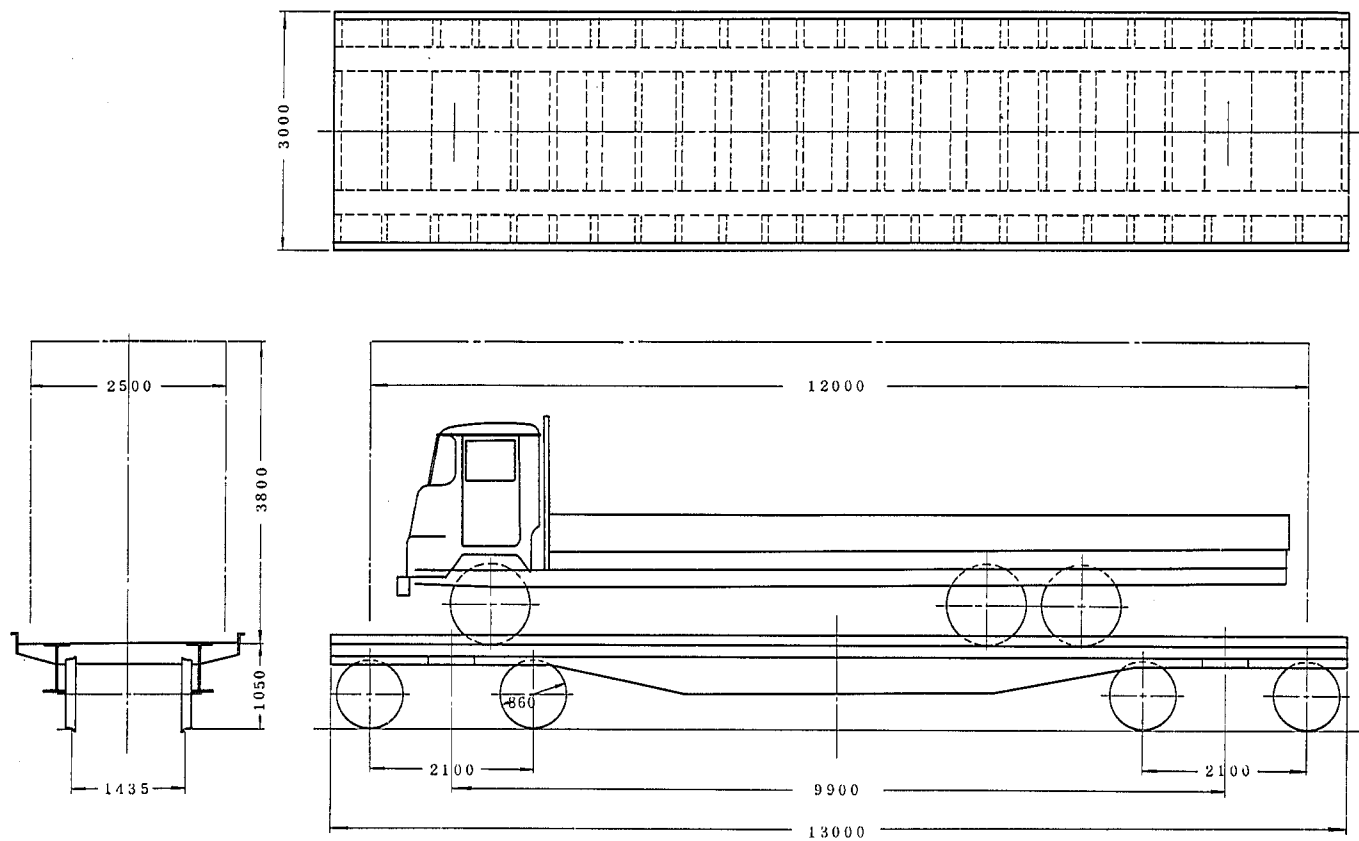
台車の大きさは、搭載する車両によって定まる。代替路線があることからして、本システムでは、一般的な車両のみを対象として考える。道路法による車両制限令の一般基準は、長さ12 m、巾2.5 mであるため、この大きさの車両を考えると、余裕を入れて、長さ13 m、巾3.0 mが台車の最少寸法と思われる。乗用車類は、一般的に長さ6 m以下であるので、この台車には2台積める。貨物車用と乗用車用に別々の台車を用意するのは、管理上好ましくない。

ii. ターミナルについて

ターミナルは、車両を台車に乗り移らせる場所であり、処理能力の点で本システム上最も問題となる部分である。

車両を台車に搭載するには各種の方法があるが、車両に動力がある以上、自走による乗り込みまたはそれに近いものが最も合理的であろう。方法として以下の3方法が考えられた。

- ① 軌道上の台車に直接後から乗り込む方法
- ② 台車を回転させて、斜めから乗り込む方法
- ③ 台車の横に車両を停しさせ、他の動力で台車上に移動させる方法



台 車 案

これらの内、①が最も簡単であるが、ターミナルの大きさが大きくなる、乗り込みに時間がかかるという欠点がある。②の方法は、単車の場合には問題は少ないが、列車とした場合には、連結の切りはずしの点で使用上問題が生ずる。③の方法は、他の2方法に比べると施設としては面倒であるが、ターミナルの大きさ、乗り込み時間の点では有利である。そのため、一応、③の方法をとり上げることとした。

iii. 軌道について

車両を載んだ台車の重両は、せいぜい40 t ほどであり、一般の鉄道の車両と同等であるため、軌道は、鉄道用の軌道をそのまま採用しても問題はない。

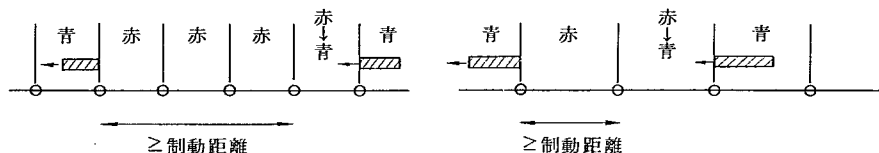
軌道上の制御方法としては、種々の方法が考えられるが、台車の数量の大きいことからして、無人運転である必要があろう。制御方式を列挙すれば以下のようである。

- ① 台車ごとに制御する方式
- ② 移動閉そく方式
- ③ 分割固定閉そく方式
- ④ 完全固定閉そく方式

①は、自動車と同じ考えの制御方式であるが、感知方法や制御方法についての研究が行われている段階であり、実用化には時間がかかろう。②は、台車の速度に応じて閉そく区間（次の台車が進入できない区間）の長さを変化させるものであるが、この方式もまだ研究段階である。④は、一般的に鉄道で用いられている方式であるが、閉そく区間が長くなり、台車の車頭間隔が長くなるため、処理能力が劣る。③は、④の閉そく区間を分割したもので、④と同様の信頼性があり、④よりも頭間距離が短かくとれるのが特長である。③と④の方式を図によって示すと以下の通りである。

③ 分割固定閉そく方式

④ 完全固定閉そく方式



両者とも、前車が一つの区間をでた時点の図であり、後車は図中の位置より前には進入できない。そのため、いずれの方式でも車頭間隔の最小値は、制動距離+区間長+車長となり、一区間の長さの短かい分割固定閉そく方式の方が容量的に有利である。

iv. 車庫および修理工場について

一日の交通量は時間によって変動があるため、走行中の台車の数は時間によってかわる。そのため、台車を収容する車庫が必要である。また、修理のための施設をもうける必要があり、これらは、一つの建物にするのが都合がよい。

v. 給電施設について

車両を塔載する関係上、台車への給電方式は、第3軌条方式となる。この軌条に電力を供給する

変電所が必要である。

4-3 処理能力の検討

① 交通容量および車頭時間

谷川岳トンネルの道路規格は、7 kmおよび8 km案で第1種第3級であり、当面は対向2車線である。道路構造令の解説と運用の表5-3によれば、第1種第3級山地部2車線道路の設計交通容量は1,370台/時である（大型車混入率15%，計画水準1）。この値より片側比率60%として一方向交通量を計算すると820台/時となる。

大型車混入率は、現在の国道17号線の六日町、沼田における実測値（ピーク時14.5%，14.9%）からして15%と考えてよいであろう。

よって、本システムが当面処理すべき交通量は、一車線あたり、小型車697台/時、大型車123台/時となる。

なお、道路が4車線となった段階での設計交通量は15,000台/日であり、ピーク率14%，片側比率60%として片側交通量は1,260台/時である。これは、先ののべた交通量のほぼ5割増である。

台車の長さを13 mと18 mとした場合、1台の台車には、大型車は1台、小型車はそれぞれ2台と3台が搭載可能である。よって、前記台数を処理するために必要な車頭時間は以下の表のようになる。

連結数	13 m 車		18 m 車	
	編成数	車頭時間	編成数	車頭時間
1	大 123 小 349	7.6 秒	大 123 小 233	10.1 秒
2	大 62 小 175	15.2	大 62 小 117	20.1
3	大 41 小 117	22.8	大 41 小 78	30.2
4	大 31 小 88	30.2	大 31 小 59	40.0

上記の車頭時間は、交通量処理のための最大値であるが、一方、台車間の衝突を避けるための最小値も存在する。

最高速度80 km/h，減速度3.5 km/h/s，空走時間2秒とした場合の停止距離は

$$L = \frac{80 \times 2}{3.6} + \frac{80^2}{7.2 \times 3.5} = 44.5 + 252 = 296.5 \text{ m}$$

このため、閉そく長を300 mとして、1区間100 mの閉そく区間を3区間閉そくすることになれば、車頭時間の最少値は以下の表のようになる。

連 結 数	1 3 m 車		1 8 m 車	
	車 頭 距 離	車 頭 時 間	車 頭 距 離	車 頭 時 間
1	413 m	18.6 秒	418 m	18.8 秒
2	426	19.2	436	19.6
3	439	19.7	454	20.4
4	452	20.4	472	21.2

両表より、13 m車を3台連結し、22秒間隔で走らせるものとする。

22秒の車頭時間に対し、各区間での制限速度と閉そく長の関係は以下のようになる。

i) トンネル内(本線上)

制限速度 80 km/h 車頭距離 490 m

閉そく長 300 m (100 m 3 区間)

ii) 転てつ機前区間

制限速度 50 km/h 車頭距離 305 m

閉そく長 150 m (75 m 2 区間)

iii) ホーム内

制限速度 25 km/h 車頭距離 152 m

閉そく長 55 m (55 m 1 区間)

iv) 定位置停止

制限速度 3 km/h

閉そく方法 特殊へいそく

これらの内、iv)は、最後にホーム上の定められた位置に停止させるための制御であり、他の安全確保のための制御とは異なる。

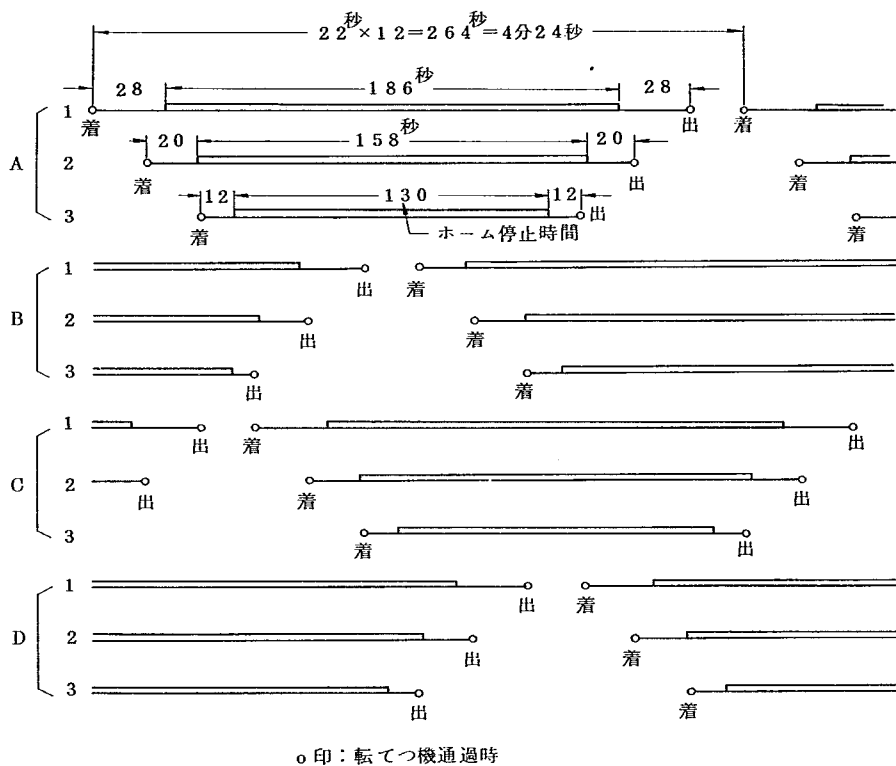
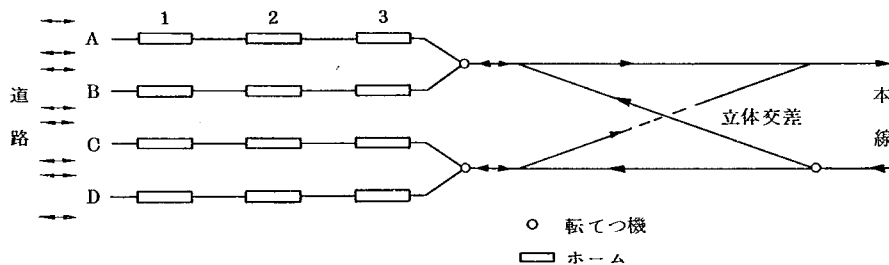
なお、連結台数を7台とすれば、先にのべた4車線時の設計交通量15,000台/日を通すことができる。

② ターミナルの構成

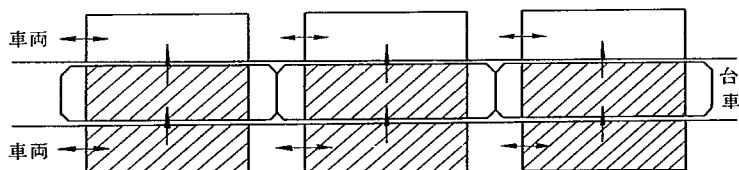
前段で検討した処理能力は、線路上のものであり、ターミナルも、それ以上の処理能力を必要とする。ターミナルの構成およびタイムスケジュールを以下に示す。

③ 車両横込み方式

②で示したホームの形式では、ホーム停止時間は、最も小さいもので130秒である。この時間内に車両が自走して乗り降りするのは、安全上問題の生ずることも考えられるので、4-2のⅡで検討した通り、ベレット方式を用いることとする。これは、下図に示すように、車両をベレットにのせておき、台車が到着すると、台車上のベレットを横にずらし、反対側より、車両をのせたベレ



トを台車上にのせるもので、車両の乗り降りにかける時間を、次の台車がホームに着くまで延長することができる。



この方式の欠点として、台車の定位置停止を精密に行う必要があること、ベレットおよびその移動装置が必要であること、ベレット分だけ台車上の車両の位置が高くなることが挙げられる。

④ 必要車両数と電力

トンネル内および転てつ部を制限速度より 5 km/h 小さい速度で走ったとすれば、所要時間はそれぞれ、335 秒および 64 秒（両側で）となる。よって、車頭時間 22 秒で走行すれば、必要台数は、トンネル内で、 $335 \times 2 \div 22 \times 3 = 93$ 台、転てつ部では $64 \times 2 \div 22 \times 3 = 18$ 台である。ターミナルでのホーム数は、 $4 \times 3 = 12$ ホームであり、両側では、 $12 \times 2 \times 3 = 72$ 台が必要である。よって、総必要台車数は $93 + 18 + 72 = 183$ 台となるが、予備車を考慮して、250 台とする。

トンネル内の台車は、80 km/h 走行で、抵抗 440 kg 効率 0.85 とすれば、 $2.72 \times 440 \times 80 \div 0.85 \times 10^{-3} = 112$ kW の電力を必要とする。よって、総必要電力は、 $112 \times 93 = 10,500$ kW である。転てつ部も 50 km/h、250 kg、18 台として 720 kW を必要とする。ターミナルでは加速中の台車は、3 km/h/s の加速をするとして 3,900 kg のけん引力が必要であり、1 台あたり 620 kW 必要である。他の台車の内走行中のものは 40 kW 必要とする、 $620 \times 2 \times 3 + 40 \times 5 \times 3 = 4,320$ kW の電力が必要である。補機用電力として、1 台あたり 5 kW をみこめば、必要電力は、 $183 \times 5 = 915$ kW となる。よって、必要な総電力は、16,500 kW となる。損失を 20 % みこんで、変電所の能力としては 20,000 kW のものが必要である。

必要電力計算表

	kW	台	kW
① トンネル内車両	112	$\times 93 =$	10,500
② 転てつ部車両	40	$\times 18 =$	720
③ ターミナル部車両 (加速中)	620	$\times 6 =$	3,720
④ ターミナル部車両 (定速走行中)	40	$\times 15 =$	600
⑤ 補機用電力	5	$\times 183 =$	915
	計 16,500 kW		
	20 % の損失をみて 20,000 kW		

4-4 安全性等の検討

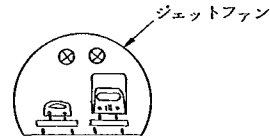
① 排気ガスに対する考慮

本システムでは、トンネル内では自動車のエンジンは使用しないが、寒冷地であるため、暖房のためのアイドリングは行われる可能性がある。そのため、アイドリング時の排気に対する考慮は必要である。

対象とするガスをCOに限り、以下の条件で換気能力を調べた。

トンネル延長 8,290 m
交通量 1,500 台/h (大型車混入率 30%)
走行速度 80 km/h
許容CO濃度 5% (アイドリング時)
規制違反車割合 50%

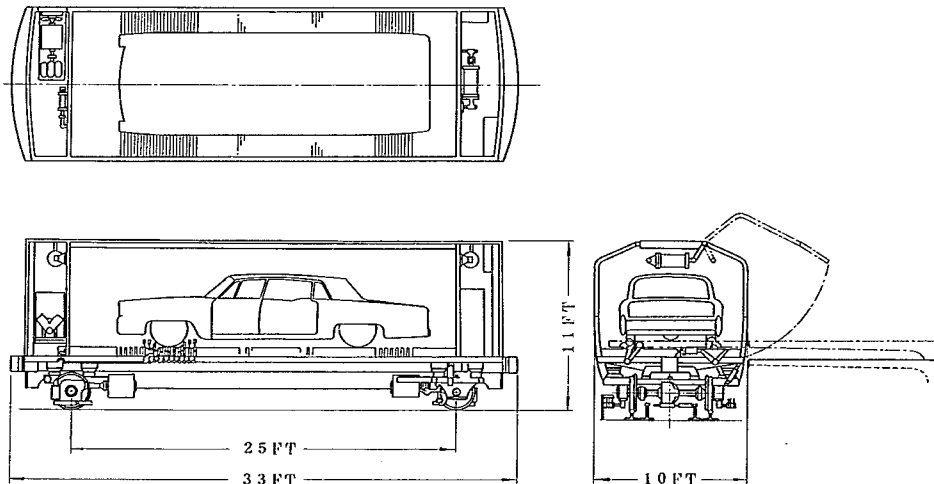
この条件において、COガス発生量は $4.43 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}$ となり、必要換気量は、 $102 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。トンネル断面を 53 m^2 とすれば、必要風速は $1.92 \text{ m}/\text{sec}$ であり、これは、ジェットファンを54セット(108台)とりつければよい。この換気量は、自動車を自走させた場合の十数分の一である。



② 車両の台車への固定方式

本システムでは、車両をペレットに固定し、そのペレットを台車にのせる方式をとっているが、この車両の固定方法は難かしい問題を含んでいる。

現在、我国においては、自動車を移動する際における固定方法は、主として、車輪に歯止めをかける方法がとられている。これは、人間が行うのであり、本システムのように、短い間隔で台車が発着する場合には、時間的な余裕が少ないきらいがあり、この固定方法の自動化を企てることが望ましい。方式としては、G.E. で提案しているような、ペレットを横方向にすだれ状にしておき、その間から、車輪の形にあわせて横棒が上にあがる方式などが考えられる。



G . M 社 の 台 車 案

③ 異常発生時の処理

本システムにおいては、台車の運転は無人であるため、電源異常等の事故が発生した場合には、

何らかの誘導を行うための施設が必要である。本委員会では、詳しくは論議しなかったが、実用化に際しては、大きな問題点となろう。

また、ターミナルでの交通の誘導は常時必要であり、この良否がターミナルの処理能力に影響をおよぼす。

4-5 費用の検討

本システムに必要な初期費用の概算は以下の通りである。

項 目	数 量	単価(百万円)	金額(百万円)
車 両	250 台	21 ^{*1}	5,025
軌 条	20 km	16	320
積込装置(ベレット)	120 基	10	1,200
車 庫	250 台分	1 ^{*2}	250
変電所(屋外据付)	2	300	600
電車線	20 km	32	640
システム制御 ^{*3}	1	2,100	2,100
計			10,135

*1 参考、国電はモータ付33，モータなし16百万円である

*2 車両1台あたりで考えた

*3 電子計算機システム，定位置停止装置

また、本システム用のトンネルの建造費の概算は以下の通りである。条件は、トンネル断面は、堀削断面71.53 m²，内空断面53.29 m²であり、トンネル延長は8,290 mとしている。

トンネル本体工事	6,062,500 千円
換気設備	155,700
自家発電設備	15,800
制御設備	180,000
計測設備	96,200
管理施設	80,000
受変電施設	118,800
そ の 他	335,500
計	7,044,500 千円

また、この他に、ターミナルの土木工事が必要であり、これは、ターミナルの位置によって大きく変化するが、大きさを800 m×50 mとし、一般的な道路の工事費5万円/m²を使うと、20億×2＝40億円となる。

よって、全体の建設費は101＋70＋40＝211億円である。

一方、トンネル内を自動車が自走する方式の場合では、建設費の概算は以下の通りとなる。ただし、トンネル断面は、堀削断面105.72 m²，内空断面82.93 m²，換気断面34.57 m²とし、トンネル延長は8,290 mとしている。また、換気のための内径4.5 mの斜坑を2本考えている。

トンネル本体工事	8,394,000	千円
換気斜坑工事	2,331,000	
換気所工事	903,000	
換気設備	964,000	
受変電設備	672,000	
自家発電設備	90,000	
計測設備	180,000	
管理施設	138,000	
その他	80,000	
計	14,440,000	千円

また、年間維持費は、本システムでは、システム関係4.4億円、トンネル関係1.0億円、計5.4億円が必要と思われる。自動車を自走させる方式では、年間維持費は1.5億円と思われる。

費 用 一 覧		
方 式	建 設 費	年 間 維 持 費
自動車輸送システム	211 億円	5.4 億円
自動車自走方式	144	1.5

よって、現段階では、本システムは、経済的に自走方式のトンネルに対抗できない。

しかし、交通量が増えた段階では、自走方式のトンネルでは、もう一本のトンネルが必要となるが、本システムにおいては、サービスの低下（待ち時間の増加）が多少考えられるが、列車の編成数の増加によって対処することができる。そのために必要な経費は、台車の増加とターミナルの増強費用であり、トンネル本体には手をつける必要はない。よって、そのような段階では、経済的にも対抗しうる可能性がある。

5. ま と め

本委員会においては、長大トンネルにおいて、自動車を他の動力にて輸送するシステムについて研究した。その結果、一つのシステムを提案し、関越自動車道の谷川岳トンネルへの適用の可能性を調査したが、現段階においては、経済的に通常の換気方式に換わるべきメリットはないとする結論が得られた。しかし、今後、トンネルの長大化が進むにつれて、また、換気上の問題が生まれることも考えられ、その場合、本委員会での検討がわずかでも参考になれば幸いである。

参考資料 6-1 トンネル建設費の算定例（本システムの場合）

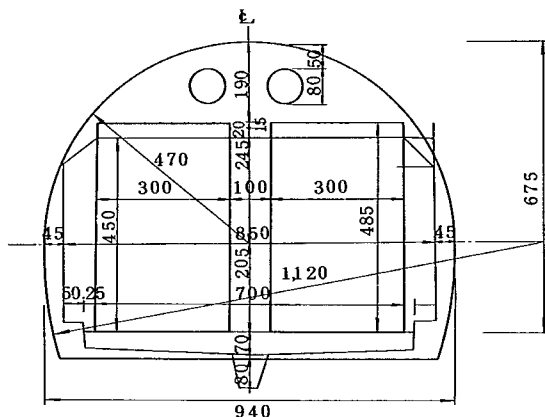
1. ビギーバック方式 建設費（土木関係工事のみ）

1) 断面

種 別	第一種	3 級
内空断面		53.29 m ²
掘削断面（巻厚 60 cm）		71.53 m ²
覆工断面（ " " ）		11.66 m ²
舗装その他 "		6.50 m ²

2) ビギーバック方式に於ける換気

トンネル延長	8,290 m
交 通 量	1,500 台/時（大 型車混入率 30%）
走行速度	80 km/h （ 222 m/sec ）



許容CO濃度	100 ppm
単車 1 台当り乗車台数	大型車——1 台/車 小型車——3 台/車
	車頭間隔 250 m
排気ガス濃度	5% CO（アイドリング時）運輸省規制値
エンジン稼働率	50%

○ 1 km 当り自動車台数

$$N = 1,500 \text{ 台/H} / 80 \text{ km/H} = 18.75 \text{ 台/km}$$

$$N_{\text{ガソリン}} = N \times 0.7 = 13.125 \text{ 台/km}$$

○ COガス発生量

$$x = 13.5 \text{ m}^3/\text{H}/\text{台} \times 0.05 = 0.675 \text{ m}^3/\text{H}/\text{台}$$

（ガソリン車アイドリング時排気量 1,500 cc 車）

$$X = x \times N_{\text{ガソリン}} = 0.675 \times 13.125 = 8.86 \text{ m}^3/\text{H}/\text{km}$$

$$X_{50\%} = 8.86 \times 0.5 = 4.43 \text{ m}^3/\text{H}/\text{km}$$

○ 所要換気量 Q

$$Q = \frac{X_{50}}{T \cdot K} \times L = \frac{4.43 \text{ m}^3/\text{H}/\text{km}}{3,600 \text{ sec/H} \times 0.000100 \text{ (100 ppm)}} \times 8.29 = 102 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}$$

$$\text{車道内風速 } V_r = \frac{Q}{A_r} = \frac{102}{53 \text{ m}^2} = 1.92 \text{ m/sec}$$

。風圧計算

$$\Delta P_r = (1 + \zeta_e + \lambda \frac{L_r}{D_r}) \cdot \frac{P}{2} V_r^2 = (1 + 0.6 + 0.025 \frac{8.290}{7.6}) \times \frac{0.125}{2} \times 1.92^2$$

$$= (1.6 + 27.3) \times 0.023 = 6.65 \text{ mmAg}$$

$$\Delta P_t = \frac{P}{2} \cdot \frac{A_e}{A_r} \cdot 2 \cdot r U \cdot V_r = \frac{0.125}{2} \times \frac{2.5}{53} \times 2 \times 155 \times 22.2 \times 1.92$$

$$= 0.125 \times 2.5 \times 155 \times 22.2 \times 1.92 \times \frac{1}{53} = 39 \text{ mmAg}$$

$$\Delta P_{MTW} = 10 \text{ mmAg}$$

$$55.7 \text{ mmAg}$$

。ジェットファン設置台数

$$\Delta P_j = \frac{P}{2} \cdot V_j^2 \cdot 2\phi(1-\phi) \cdot i = \frac{0.125}{2} \times 30^2 \times 2 \times 0.0049(1-0.064) \times 2$$

$$= 0.125 \times 900 \times 2 \times 0.0049 \times 0.936 \times 2 \times \frac{1}{2} = 1.03$$

$$Z = 55.7 / 1.03 = 54.1 \text{ セット}$$

$$8,290 \text{ m} / 54 \text{ セット} =$$

(2) 換気機械及設置費

	単 位	数 量	単 価	金 額
ファン価格 (φ 800)	台	108	730 千円	78,800 千円
電動機 "	kW	108×11 1,188	17.8	21,100
取付工事 "	台	108	24.3	2,600
ケーブル "	台	108	271.8	29,400
電源設備 "	kW	1,188	20	23,800
計				155,700

3) ビギンバック方式 工 事 費

トンネル本体工事費 6,062,500 千円

換気機械及設置費 155,700

自家発電 " 15,800

制御設備 " 180,000

計測設備 " 96,200

管理施設 " 80,000

受変電 " 118,800

その他 6,709,000 千円 × 0.05 335,500 上計の 5%

計 7,044,500

850 千円/m

(1) トンネル本体工

	単 位	単 価	数 量	金 額
掘 削	m ³	5,200 円	593,000	3,083,500 千円
覆 工	"	7,500	96,700	725,000
舗 装	m ²	2,800	62,200	174,000
内 装	m	41,400	8,290	343,000
排水工	"	48,000	8,290	398,000
電らん管水道	"	35,000	8,290	290,000
照 明	"	40,000	8,290	332,000
防 災	"	80,000	8,290	663,000
待 避 所	ヶ所	9,000,000	6	54,000
計				6,062,500

(3) 受変電設備費

換気機械動力 11 kW × 100 台 = 1,188 kW

1,188 kW × 100,000 = 118,800 千円

(4) 自家発電設備費

1,188 kW × 1/3 × 40,000 = 15,800 千円

(5) 制御設備費

換気機台数……… 適当な計算方式無く、横流式の 180,000 千円を採用

(6) 計測設備費

種 別	単 位	単 価	数 量	金 額
CO 計	台	8,000,000 円	8	64,000
トラフィックカウンター	"	5,000,000	2	10,000
そ の 他				22,200
計				96,200 千円

上計の 30 %

2. トンネル維持管理費 ピギーバック方式

1) 管 理 費

- ・ 管理所に必要とする機器
 - ・ 各設備の簡単な故障を修理するに必要な機器
 - ・ 点検用貨車
 - ・ 消 防 車
 - ・ 照明灯取替用リフト車
- ・ 管理所の人員配置

所 長 1 人

庶務	3人	
技師	4人	土木2 機械1 電気1
制御運転員	12人	ビギーバック運転管理(3交代+予備=4名)電気(3交代+予備=4名)制御室(3交代+予備+4名)
パトロール	7人	トンネル内パトロール2人1組3交代+予備
運転手	4人	3交代+予備
計	31人	
事務費		160万/年人(46年度北陸地建工事事務費)
管理機器維持償却費		40万/年人
計		200万/年人
		31人×2,000千円=61,000千円

2) 照明用動力費

- 基本照明 60W(ナトリウム4.6m間隔)

$$8,290/4.6\text{m}=1,802\text{灯}$$

$$1,802\text{灯} \times 2\text{列} \times 0.09\text{ kW/灯} \times 1/2 \times 24\text{H} \times 365 = 1,420,700 \text{ (1/2が24時間)}$$

$$1,802\text{灯} \times 2 \times 0.09 \times \text{〃} \times 16 \times \text{〃} = 947,100 \text{ (1/2が16〃)}$$

$$\text{計 } 2,367,800 \text{ KWH}$$

- その他照明 70kW 1日 16時間点灯

$$70\text{ kW} \times 16\text{ H} \times 365 = 409,000$$

電力料金を基本料金を含め 6円/kWHとする

$$(2,367,800 + 409,000) \times 6 = 2,776,800 \times 6 = 16,700 \text{ 千円}$$

3) 換気用動力費 1日フル回転平均3時間とする

$$1,188 \times 3\text{ H} \times 365 \times 6\text{円/kWH} = 7,800 \text{ 千円}$$

4) 修繕費

- 灯具ランプ代 60W 6,000円とし寿命は6,000時間とする

$$60\text{ W} = \frac{1,802 \times 24\text{ H} \times 365\text{ 日}}{6,000} \times 6,000\text{ 円/灯} = 15,800 \text{ 千円}$$

$$60\text{ W} = \frac{1,802 \times 16\text{ H} \times 365\text{ 日}}{6,000} \times 6,000\text{ 円/灯} = 10,500 \text{ 千円}$$

$$\text{計 } 26,300 \text{ 千円}$$

- 照明用電力設備 1kW当り1,500円とする

$$1,802 \times 0.09 = 162$$

$$162\text{ kW} \times 1,500\text{ 円/kW} = 200 \text{ 千円}$$

- 換気用電力設備 1kW当り1,000円とする

$$1,188\text{ kW} \times 1,000\text{ 円/kW} = 1,200 \text{ 千円}$$

◦ 送排風機

108 台 × 10 千円 = 1,100 千円

◦ 保安設備その他 1 km 当り 1,000 千円

8,290 km × 1,000 千円 = 8,300 千円

5) 舗 装

8,290 × 7.0 m² × 110 円 = 6,400 千円

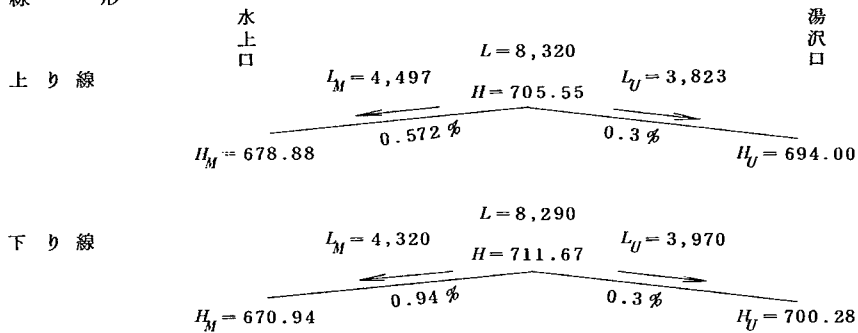
	トンネル一本当り	トンネル二本当り
	千円	千円
管 理 費	30,500	61,000
照明用動力費	16,700	33,400
換気用動力費	7,800	15,600
灯具修繕費	26,300	52,600
照明用電力修繕	200	400
換気用電力 "	1,200	2,400
送排風機 "	1,100	2,200
保安設備その他	8,300	16,600
舗 装	6,400	12,800
計	98,500	197,000

トンネル 1 本維持管理費 98,500 千円

参考資料 6-2 トンネル建設費の算定例（自走式の場合）

1. 横流式建設費 8 K 案

1) 線 形



2) 基本換気量 200 m³/s/km

ジーゼル混入 30 % 透過率 50 % 許容交通量 1,450 台/時

" 30 % " 40 % " 2,200 台/時

3) 換 気 量

上り線（一方向） 1,762 m³/sec

下り線（一方向） 1,969 m³/sec

換気風速 20 m

許容 CO 100 ppm

4) トンネル断面

種 別 第一種 3 級

内空断面（舗装面工部）

82.93 m²

換気断面（隔壁 0.91 m² 除く）

34.57 m²

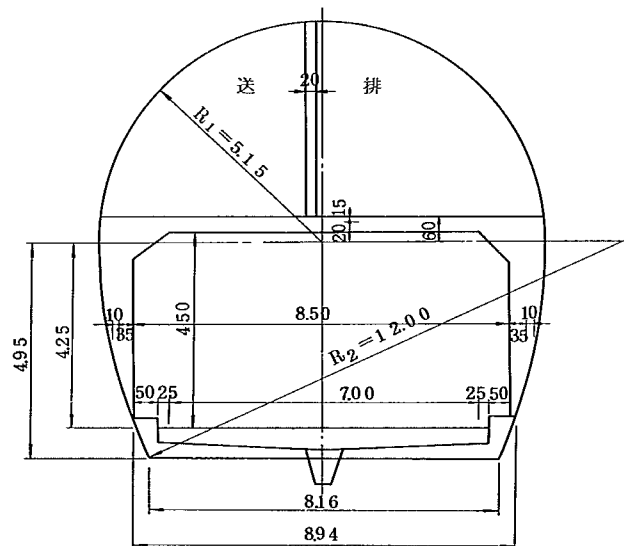
堀削断面（巻厚 60 cm とする）

105.72 m²

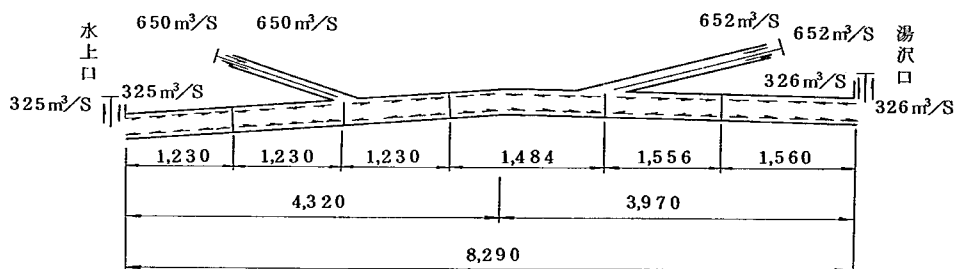
所要換気断面

送気 排気 34.20 m²

16.3 m² 17.9 m²



5) 換気方式

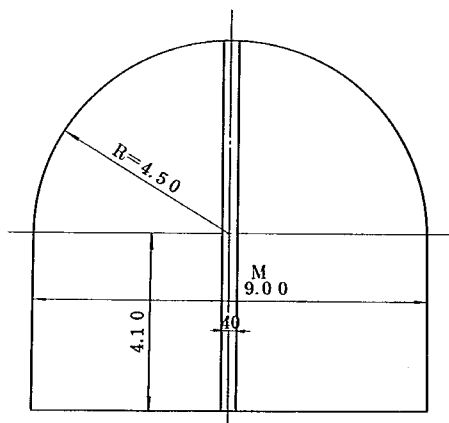


本トンネル (下り線)

延長	8,290	
坑口標高	670.94	(水上側)
	700.28	(湯沢側)
フレスト標高	711.67	
勾配	0.3%	(湯沢側)
	0.94%	(水上側)
堀削断面 (巻厚 60 cm)	105.72 m²	(内空 82.93 換気 34.57)
斜坑	水上側	湯沢側
内径	4.5 m (高 8.6 m 馬蹄形)	4.5 m (")
傾斜	5° ~ 45'	4° ~ 1'
延長	1,256 m	1,855 m
標高差	126 m	130 m
堀削断面 (巻厚 60 cm)	85.7 m² (内空 65.3 m²)	85.7 m² (")

6) 下り線換気斜坑

	水上側	湯沢側
風量		
送気	650 m³/sec	652 m³/sec
排気	650 m³/sec	652 m³/sec
風速	20 m/sec	20 m/sec
所要断面	65 m²	65.2 m²
内空断面	65.3 m²	65.3 m²
	(送 32.65 m²)	(")
	(排 32.65 m²)	
隔壁断面	3.4 m²	3.4 m²
堀削断面 (巻厚 60 cm)	3.4 m²	
	85.7 m²	85.7 m²



延長 1,256 m 1,855 m
 勾配 5°～45'(10%) 4°～1'(7%)
 換気区間長 2,460 m 3,040 m

7) 換気機械及び換気所規模

	水上坑口換気		水上地下換気		湧沢地下換気		湧沢坑口換気	
	送	排	送	排	送	排	送	排
風量	m ³ 325	m ³ 325	650	650	652	652	326	326
風圧	mmAg 120	mmAg 147	214	241	279	279	140	167
台数	3	3	3	3	3	3	3	3
段数	1	1	2	2	2	2	2	2
口径	mm 2,725	mm 2,575	3,900	3,800	3,675	3,550	3,100	2,950
軸動力	kW 190	kW 230	330	370	420	460	110	130
建物面積	16.4m×13.6m 223 m ²		23.4×19.5 456		22.1×18.4 407		18.1×15.1 273	
床面積	4階建 392 m ²		1,825		1,627		1,092	
建物体積			9,580 m ³		8,540 m ³			

8) 谷川岳トンネル8K案工事費

(下り車線トンネル1本)

トンネル本体工事費	8,394,000	千円
換気斜坑工事費	2,331,000	
換気所工事費	903,000	
換気機械及設備費	964,000	
受変電設備費	672,000	
自家発電費	90,000	
制御設備費	180,000	
計測設備費	138,000	
管理施設	80,000	
その他	13,752,000 × 0.05	688,000 上計の5%
計	14,440,000	千円
	174万円/m	

(1) トンネル本体工事費

L = 8,290 m

		単 価	数 量	金 額
		円		千円
掘 削	m ³	5,200	876,400	4,557,000
覆 工	m ³	7,500	137,200	1,029,000
舗 装	m ²	2,800	62,200	174,000
天 井 版	m ²	4,500	123,100	554,000
内 装	m	41,400	8,290	343,000
排 水 工	m	48,000	8,290	398,000
電 ら ん 管 水 道	m	35,000	8,290	290,000
照 明	m	40,000	8,290	332,000
防 災	m	80,000	8,290	663,000
待 避 所	ヶ所	9,000,000	6	54,000
計				8,394,000

(2) 換気斜坑工事費

 水上側 1,256
 湯沢側 1,855 } 3,110 m

		単 価	数 量	金 額
		円		千円
掘 削	m ³	5,100	266,600	1,360,000
覆 工	m ³	7,400	55,100	407,000
隔 壁	m ³	20,000	10,600	212,000
底 版	m ³	5,100	8,400	43,000
取 付 道 路	m	40,000	4,000	160,000
排 水	m	48,000	3,111	149,000
計				2,331,000

(3) 換気所工事費

		単 価	数 量	金 額
		円		千円
水 上 坑 口 換 気 所	m ²	100,000	892	89,000
水 上 地 下 換 気 所	m ²	100,000	1,825	183,000
	m ³	11,000	9,580	105,000
湯 沢 地 下 換 気 所	m ²	100,000	1,627	163,000
	m ³	11,000	8,540	94,000
湯 沢 坑 口 換 気 所	m ²	100,000	1,090	109,000
換 気 所 連 絡 路				10,000
斜坑本トンネル連絡坑	m	200	750,000	150,000
計				903,000

斜坑単価

(4) 換気機械費

換気所名	口 径	軸 動 力	台 数	単 価	金 額	運搬据付費	計
	m	kW	台	千円	千円	15% 千円	
水上坑口送	2,725	190	3	22,500	67,500	10,000	77,500
排	2,575	230	3	22,500	67,500	10,000	77,500
水上地下送	3,900	330	3	45,000	135,000	20,000	155,000
排	3,800	370	3	46,000	138,000	21,000	159,000
湯沢地下送	3,675	420	3	46,500	140,000	21,000	161,000
排	3,550	460	3	47,000	141,000	21,000	162,000
湯沢坑口送	3,100	110	3	25,000	75,000	11,000	86,000
排	2,950	130	3	25,000	75,000	11,000	86,000
							964,000

(5) 受変電設備費

換気機械動力

$$6,720 \text{ kW} \times 100,000 = 672,000 \text{ 千円}$$

(6) 自家発電設備費

換気機械動力

$$6,720 \text{ kW} \times \frac{1}{3} \times 40,000 = 89,600 \text{ 千円}$$

(7) 制御設備費

換気機械台数

$$24 \text{ 台} \times 7,500 \text{ 千円} = 180,000 \text{ 千円}$$

(8) 計測設備費

VI 計	8 台	4,000,000 円/台	32,000 千円	
CO 計	8 台	8,000,000	64,000	
トラフィックカウンター	2 台	5,000,000	70,000	
その他			32,000	上計の 30 %
計			138,000	

2. 横 流 式

トンネル維持管理費 8 K案 (トンネル 2 本)

◦ 管 理 費

- ・ 管理所に必要とする機器
- ・ 各設備の簡単な故障を修理するに必要な機器
- ・ 点検用自動車
- ・ 消 防 車
- ・ 清掃用散水車
- ・ 照明灯取替用リフト車

・管理所の人員配置

所 長	1 人	
庶 務	3 人	
技 師	4 人	土木 2 機械 1 電気 1
制御運転員	12 人	換気 (3 交代 + 予備 = 4 名) 電気 (3 交代 + 予備 = 4 名) 制御室 (3 交代 + 予備 = 4 名)
パトロール	7 人	トンネル内パトロール 2 人 1 組 3 交代 + 予備
運 転 手	4 人	3 交代 + 予備
計	31 人	
事 務 費		160 万 / 年人 (46 年度北陸地建工事事務費)
管理機器維持償却費		40 万 / 年人
計		200 万 / 年人

$$31 \text{ 人} \times 2,000 \text{ 千円} = 61,000 \text{ 千円}$$

◦照明用動力費

・基本照明 60 W (ナトリウム, 4.6 m 間隔)

$$8,290 / 4.6 \text{ m} = 1,802 \text{ 灯}$$

$$2 \text{ 本} \times 1,802 \text{ 灯} \times 2 \text{ 列} \times 0.09 \text{ kW / 灯} \times 1/2 \times 24 \text{ H} \times 365 = 2,841,400$$

(1/2 が 24 時間)

$$2 \times 1,802 \times 2 \times 0.09 \times 1/2 \times 16 \times 365 = 1,894,200$$

(1/2 が 16 時間)

$$\text{計 } 4,735,600 \text{ kWh}$$

・緩和照明 140 W 90 灯 200 W 280 灯 145 m 間

$$90 \text{ 灯} \times 2 \times 0.19 \text{ kW / 灯} \times 10 \text{ H} \times 365 = 125,000 \text{ kWh}$$

$$280 \text{ 灯} \times 2 \times 0.26 \text{ kW / 灯} \times 10 \text{ H} \times 365 = 531,000 \text{ kWh}$$

$$\text{計 } 656,000 \text{ kWh}$$

・その他照明 換気所その他照明 70 kW 1 日 16 時間点灯

$$70 \text{ kW} \times 16 \text{ H} \times 365 = 409,000$$

※電力料金を基本料金を含め 6 円 / kWh とする

$$(4,735,600 + 656,000 + 409,000) \times 6.00 = 5,800,600 \times 6.00 = 34,800 \text{ 千円}$$

◦換気用動力費 1 日フル回転平均 3 時間とする

$$6,720 \times 2 \text{ 本} \times 3 \text{ H} \times 365 \times 6 \text{ 円 / kWh} = 88,300 \text{ 千円}$$

◦修繕費

・灯 具 ランプ代 60 W 6,000 円 140 W 9,000 円 200 W 12,000 円とし寿命は 6,000 時間とする

$$60 \text{ W} \frac{3,604 \times 24 \text{ H} \times 365 \text{ 日}}{6,000 \text{ H}} \times 6,000 \text{ 円 / 灯} = 31,600 \text{ 千円}$$

$$60 \text{ W} \quad \frac{3,604 \times 16 \text{ H} \times 365 \text{ 日}}{6,000 \text{ H}} \times 6,000 \text{ 円/灯} = 21,000 \text{ 千円}$$

$$140 \text{ W} \quad \frac{180 \times 10 \times 365 \text{ 日}}{6,000 \text{ H}} \times 9,000 \text{ 円/灯} = 1,000 \text{ 千円}$$

$$200 \text{ W} \quad \frac{560 \times 10 \times 365 \text{ 日}}{6,000 \text{ H}} \times 12,000 \text{ 円/灯} = 4,000 \text{ 千円}$$

計 57,600 千円

・照明用電力設備 1 kW 当り 1,500 円とする

$$\left. \begin{array}{l} 1,802 \times 2 \times 0.09 = 324 \\ 90 \times 2 \times 0.19 = 34 \\ 280 \times 2 \times 0.26 = 146 \end{array} \right\} 504 \text{ kW}$$

$$504 \text{ kW} \times 1,500 \text{ 円/kW} = 800 \text{ 千円}$$

・換気用動力設備 1 kW 当り 1,000 円とする

$$6,720 \text{ kW} \times 1,000 \text{ 円/kW} \times 2 = 13,400 \text{ 千円}$$

・送排風機 1 台当り 300 千円

$$24 \text{ 台} \times 300 \text{ 千円} \times 2 = 14,400 \text{ 千円}$$

・保安設備その他 1 kW 当り 1,000 千円

$$8,290 \text{ km} \times 1,000 \text{ 千円} \times 2 = 16,600 \text{ 千円}$$

・舗 装

$$8,290 \times 7.0 \text{ m}^2 \times 110 \text{ 円} \times 2 = 12,800 \text{ 千円}$$

管 理 費	61,000 千円
照明用動力費	34,800
換気用動力費	88,300
灯具修繕費	57,600
照明用電力修繕費	800
換気用動力 "	13,400
送排風機 "	14,400
保安設備その他	16,600
舗 装	12,800
計	299,700 千円

8 K 案トンネル 2 本維持管理費 299,700 千円

" 1 本 " 149,850

" 1 本 k 当り " 18,000 千円/k