

文部省高エネルギー物理学研究所物理研究系

茨城県及び福島県の地質資料一式

昭和 58 年 12 月

パシフィックコンサルタンツ株式会社

目 次

1. 設計条件	1
1-1 トリスタン全体平面図	1
1-2 本坑	3
1-3 地下空間 A	3
〃 B	
2. 地質条件	6
2-1 地質概説	6
2-2 トリスタンと地質について	8
2-3 トリスタン計画の場所	8
2-4 地質と掘削工法について	10
3. 比較案の検討	11
3-1 位置選定上の制約条件	11
3-2 平面計画位置の抽出	12
3-3 各案の比較検討	17
橋梁部	37
4. トンネル湧水について	42
4-1 湧水量の推定	42
4-2 排水について	42
4-3 湧水処理設備	43
5. 電力問題	47
6. 問題点と今後必要な調査	48
6-1 問題点	48
6-2 今後の調査項目	48

資料-1

湧水・湧水の予測手法	1-1
2.4.1 概要	1-1
2.4.2 統計的予測手法	1-2

資料-2

地上権設定について

第 6 章 地表沈下に対する事務的方策	2-1
6-1 損害補償上の考え方	2-1
6-2 損害補償上の検討事項	2-4
6.2.1 施工前に行う検討事項	2-4
6.2.2 施工中に行う検討事項	2-4
6.2.3 施工後に行う検討事項	2-4
6-3 損害補償の方法	2-5
6.3.1 事前補償	2-5
6.3.2 事後補償	2-6
6-4 損失補償	2-7

資料-3

筑波案の概算工費

参考図

本坑及び斜坑施工次第図

図 目次

1. 設計条件	1
全体平面図	2
本坑標準断面図	3
詳細 A	4
詳細 B	5
2. 地質条件	6
3. 比較案の検討	11
図 3-1	13
図 3-2 地質縦断面図（福島第 1 案）	14
図 3-3 地質縦断面図（福島第 2 案）	15
図 3-4 地質縦断面図（福島第 3 案）本坑計画高 $h=310^m$	16
立坑・斜坑の総延長	21
立坑	22
斜坑	22
本坑	23
立坑・斜坑 位置図（福島第 2 案）	26
立坑・斜坑 位置図（福島第 3 案） $E.L=290^m$	28
立坑・斜坑 位置図（福島第 3 案）本坑計画高 $E.L=310^m$	30
大滝根川付近縦断面図（ $E.L=310^m$ 案）	31
古道川付近縦断面図（ $E.L=310^m$ 案）	32
立坑・斜坑 位置図（福島第 3 案）計画高 $E.L=370^m$ （橋梁案）	34
大滝根川付近縦断面図（ $E.L=370^m$ 案）	35
古道川付近縦断面図（ $E.L=370^m$ 案）	36
ボックス	37
橋脚部	37
ブースター（ $R=3^{km}$ ）縦断面図	41
4. トンネル湧水について	42
地質別比湧水量	42
岩質と比湧水量の頻度図	42

排水系統図	44
排水工詳細図（一般部）	45
排水工詳細図（集水桝）	46
5. 電力問題	47
6. 問題点と今後必要な調査	48
資料-1	
図 2.4.1 岩質一坑最大湧水量	1-2
図 2.4.2 岩質一貫通時比湧水（貫通時湧水量トンネル延長）	1-2
図 2.4.3 竣工時湧水量と坑口最大湧水量との相関	1-5
図 2.4.4 トンネル湧水量の分布（ $Q-l$ の関係）	1-6
図 2.4.5 大湧水トンネルの Q_t-l 関係図	1-6
図 2.4.6 地質別比湧水量	1-7
図 2.4.7 岩質別比湧水量と平均土被り	1-9
図 2.4.8 岩質と比湧水量の頻度図	1-10
図 2.4.9 トンネル延長一恒常湧水量	1-10
図 2.4.10 質比湧水量と $\frac{a}{\ln 4a/b}$ との相関	1-11
図 2.4.11 地山分類に対応した透水係数	1-14
図 2.4.12 推定湧水量と実測湧水量との相関	1-14
図 2.4.13 集水地形の例	1-15
図 2.4.14 河川がトンネルに平行している例	1-15
図 2.4.15 偏地形の例	1-16
図 2.4.16 丹那・新丹那トンネル位置平面図	1-17
図 2.4.17 清水・新清水トンネル位置平面図	1-17
資料-2	
図 6-1	2-1
図 6-2	2-3
資料-3	
筑波案平面図 S=1：200000	3-1
立坑・斜坑 位置図（筑波案）本坑計画高 EL=-40 ^m	3-2
地質縦断図（茨城案）	3-3

参考図

本坑及び斜坑施工次第図

表 目次

1. 設計条件	1
2. 地質条件	6
2-4 地質と掘削工法について	10
3. 比較案の検討	11
表-1（平面計画位置の抽出）	12
比較表 1	18
比較表 2	19
表-1（立坑・斜坑設定条件）	20
各案についての工期一覧表	24
概算工事費 <福島第 2 案>	27
概算工事費 <福島第 3 案> 本坑計画高 EL=290 ^m	29
概算工事費 <福島第 3 案> 本坑計画高 EL=310 ^m	33
概算工事費 <福島第 3 案> 本坑計画高 EL=370 ^m 橋梁含む	39
4. トンネル湧水について	41
5. 電力問題	47
6. 問題点と今後必要な調査	47
資料-1	
表 2.4.1	1-2
表 2.4.3 切羽集中湧水の大なるトンネルの例	1-5
表 2.4.4 地質別みたトンネル比湧水量	1-7
表 2.4.5 岩質別、比湧水量別出現数、出現頻度	1-7
表 2.4.6 地山分類（数値は km/sec）	1-12
表 2.4.2 トンネル恒常湧水の分類総括表（1）	1-18
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表（2）	1-19
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表（3）	1-20
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表（4）	1-21

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (5)	1-22
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (6)	1-23
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (7)	1-24
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (8)	1-25
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (9)	1-26
表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (10)	1-27

資料-2

表 6-1 山岳トンネル掘削に伴う地表沈下に対する 一般的な補償の考え方 (損害補償)	2-2
表 6-2 山岳トンネル設置に伴う地下使用に対する 一般的な補償の考え方 (損失補償)	2-8
設定巾	2-10
工作物 (建物) 建築制限に伴う阻害率	2-11
階層別利用効率指数	2-11
立体利用阻害率	2-11
地上権割合	2-11
立体利用阻害率により算定した率	2-12
区分地上権設定補償率	2-12
地上権の設定について	2-12

資料-3

概算工費 (筑波案)	3-4
概算工期 (筑波案)	3-4

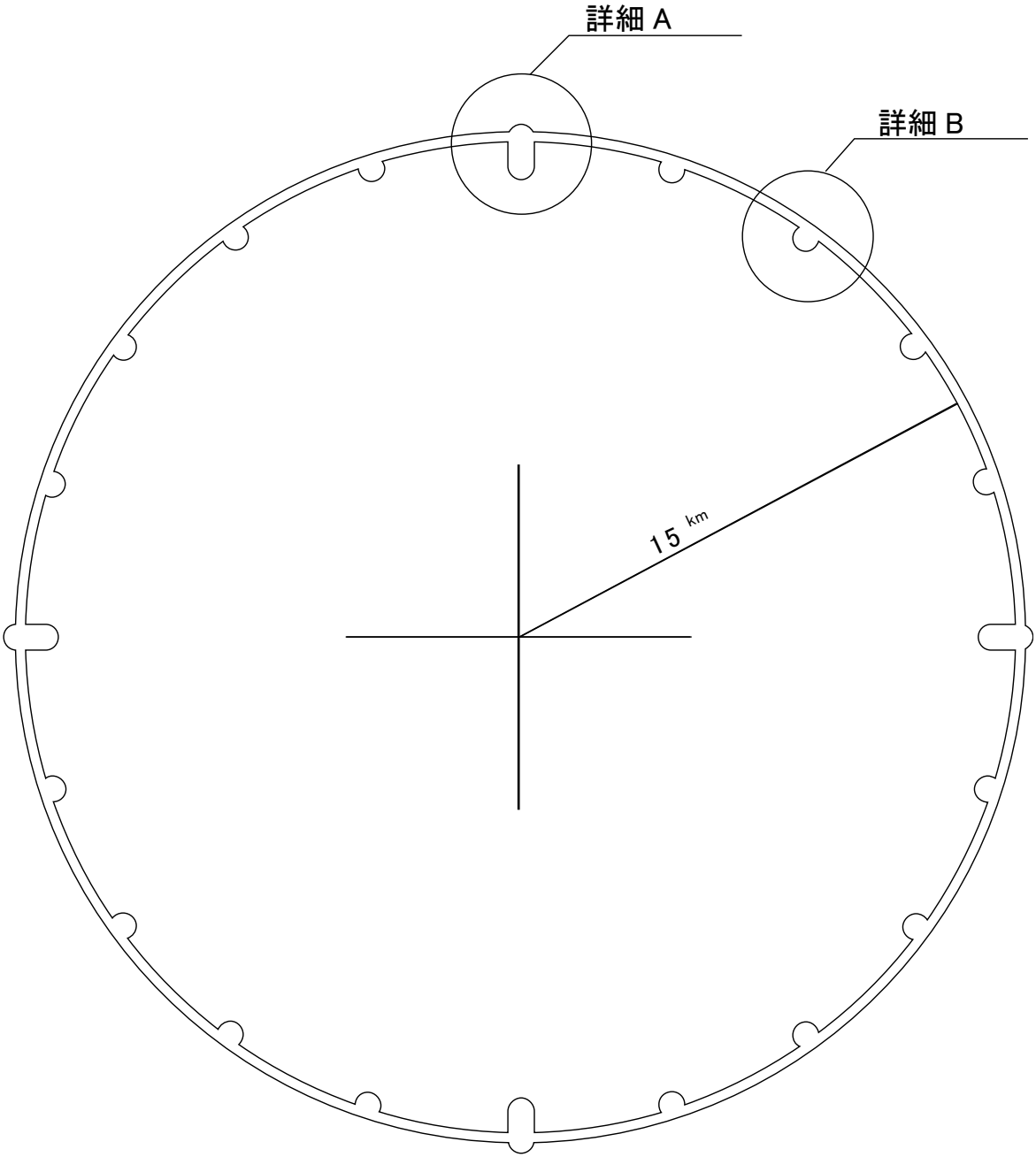
1. 設計条件

1-1 トリスタン全体平面図

トリスタンリングは、半径 15^{km} の水平な円で、縦断的に水平に設定する。その円周上に 20 ヶ所、加速器のはいる空間がある。20 ヶ所の空間は、中心に関して 18° の等角度で並び、そのうち 90° 毎の 4 ヶ所は、他に比べて大断面である。

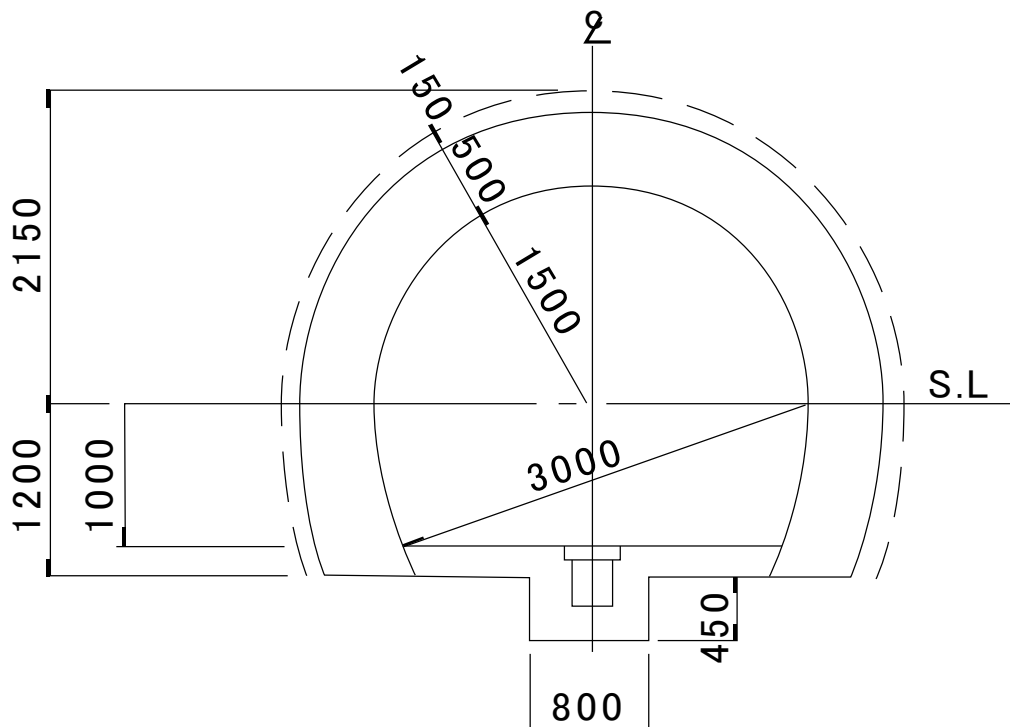
大断面の空間 4 ヶ所を地下空間 A、それ以外の 16 ヶ所を地下空間 B と呼ぶこととする。

全 体 平 面 図



1-2 本坑

本坑断面は、内部に電磁石が設置され、人間が作業できる空間を確保しながら、経済性と施工性の良さから、馬蹄断面とする。

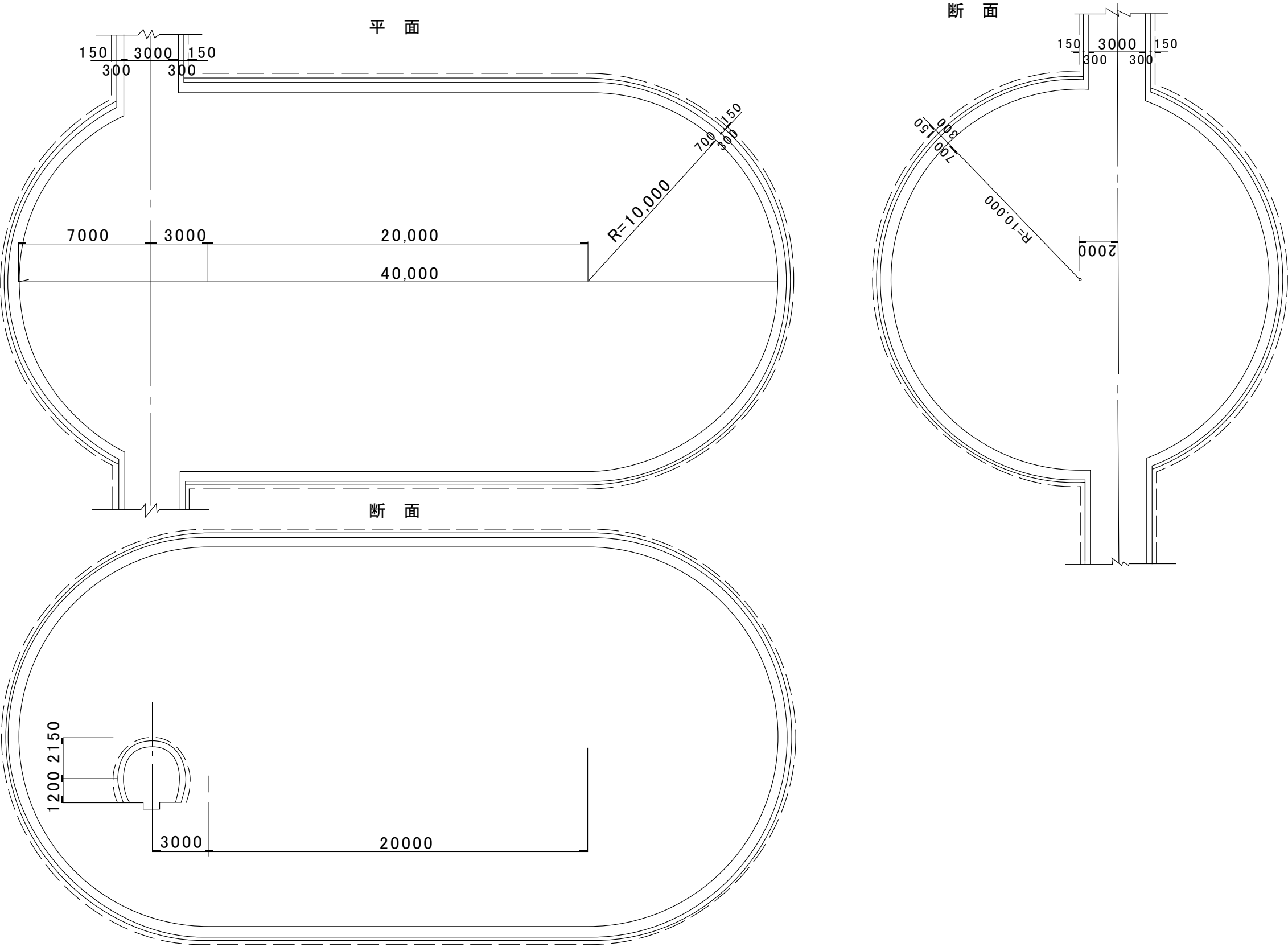


図・ 本坑標準断面図

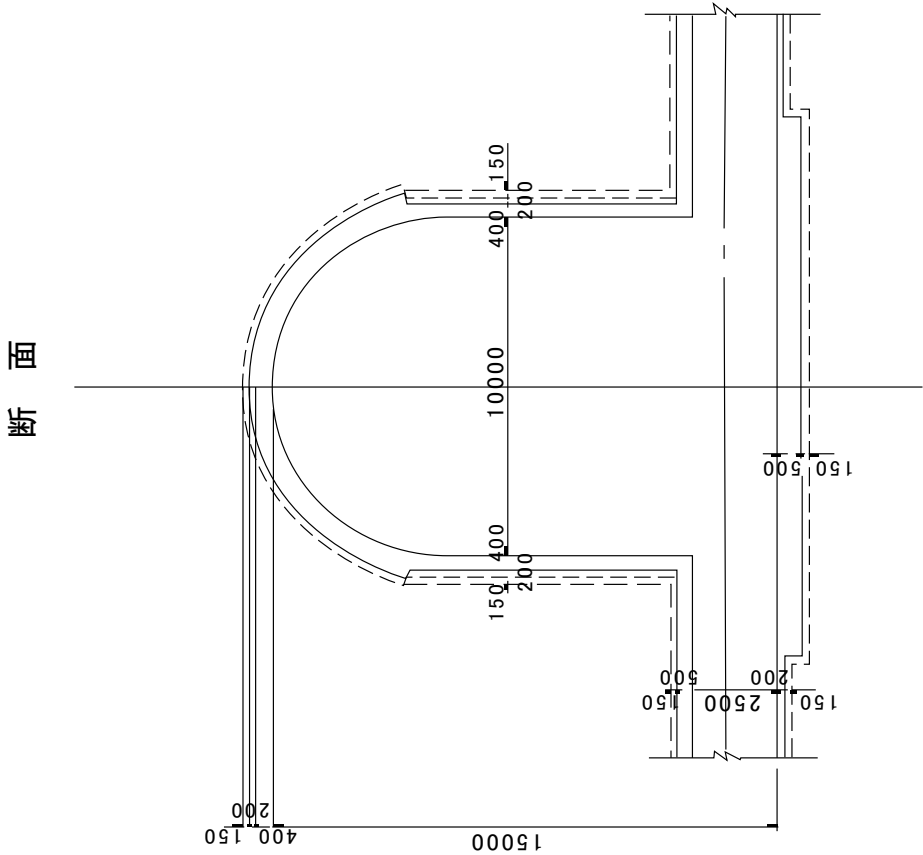
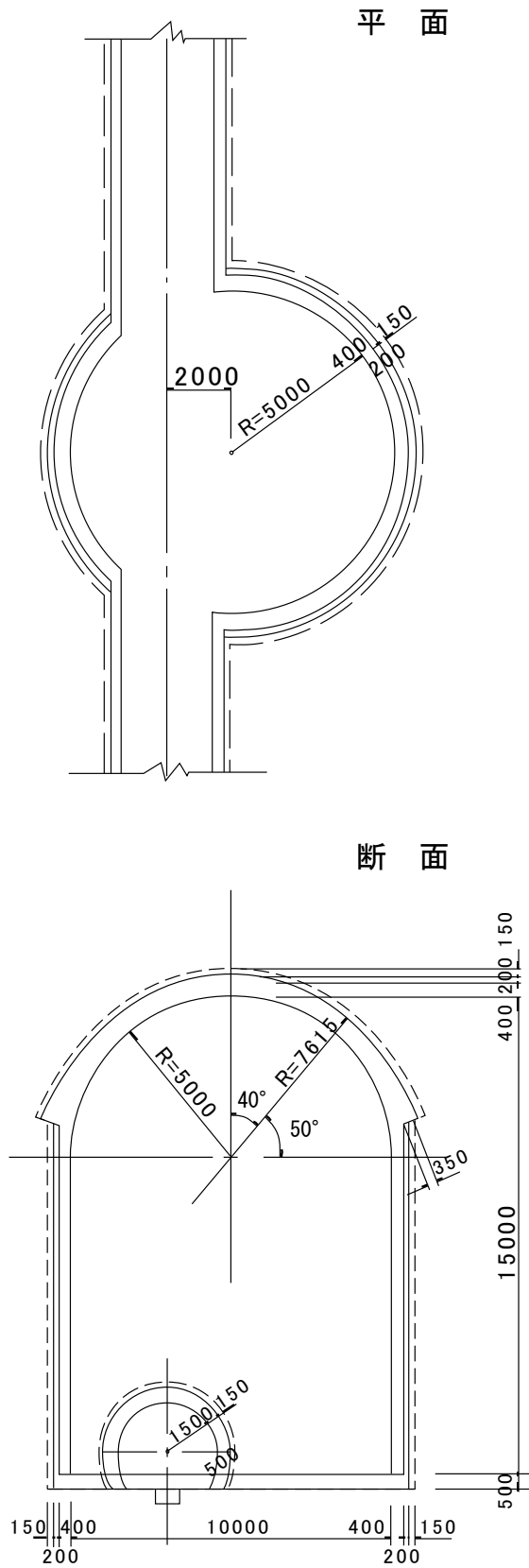
1-3 地下空間 A 及び B

地下空間は、加速器や粒子検出が設置される大断面をもつ。地下空間 A は、円筒の両端に半球をかぶせたような「まゆ形」をしている。地下空間 B は、円筒を立てて、上部に半球をかぶせたような形で、上部半円の断面は、日本道路公団のトンネル設計断面図集の中で $R=5,000$ の形状を採用する。

詳細 A



詳細 B



2. 地質条件

2-1 地質概説

1. 岩石の種類と成因

岩盤を構成する岩石は、その形成の過程によって火成岩、堆積岩および変成岩の3つに大別される。それぞれ成因が違うので、岩石の分布形態、割れ目（地質分離面）の発達状態、物理的性質などに関して、かなり違った特性をもっている。したがって、ある岩盤の工学的性質を適確に把握するには、それを構成する岩石がどのような成因でできたものかについての理解を深める必要がある。

(1) 堆積岩

堆積岩には次の4つのグループがある。

碎屑性堆積岩：陸地を構成する既存の岩石が風化浸食されて岩屑（礫・砂・泥）となって、流水、風、氷河などによって運ばれ、地表、海底、湖沼底に堆積してできた岩石。

有機性堆積岩：陸上あるいは水中の生物の遺骸が集まって堆積してできた岩石。

化学性堆積岩：水に溶解していた珪酸、酸化カルシウム、鉄などのような物質が、水の温度や化学性（PH など）の変化や水の蒸発などによって水底に沈澱堆積してできた岩石。

火山性堆積岩：火山噴出物（火山灰、火山角礫や溶岩など）の空気中あるいは水中で堆積してできた岩石。

これらの堆積岩の多くは水中で堆積したものなので、水成岩ともよばれる。堆積岩、特に碎屑性堆積岩の固結度は、その生成した地質時代の古さによってかなりの違いがある。一般に古生代、中生代のものはよく固結していて、第三紀のものは固結が弱く、第四紀の堆積物はほとんど固結していない。

堆積岩のもつ最も顕著な構造要素は層理面である。1回の堆積作用があつて、その結果、1枚の薄く広がった地層（これを単層という）ができる。そのあと再び堆積物が供給されるとその地層の上に新たな単層が堆積する。このような過程が繰返されると、数10枚の、あるいは数万枚の単層の積み重なった地層ができる。一枚一枚の単層の間の境界面は「層理面」とよばれる。未固結の地層の場合には、地層面はかなり密着していることが多い。しかし、堆積物の固化（続成作用とよばれている）が進む過程で起こる脱水作用、粒子の変形と移動および、それらに伴う堆積物粒子の間隙の減少は、砂質と泥質堆積物とではかなり違うので、その結果、固化した堆積岩では層理面に沿った割れ目ができてくる。続成作用を十分に受けた地層では、地層面そのものがすでに明瞭な

割れ目である。続成作用により地層面方向の収縮が起こると層理面にほぼ直角的な方向の収縮されつができる。

(2) 火成岩

火成岩は地下深部（おそらく数 10^{km} 位）で発生した高温（ $700\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ）の熔融体（マグマ）の上昇選入（貫入）あるいは噴出と、それに引続く冷却固結という過程でできた岩石の総称である。

火成岩には次の 3 つのグループがある。

火 成 岩：マグマが地表あるいは海底に噴出して、空気中あるいは水中でできた岩石。

深 成 岩：マグマが地下数 km 程度の深所で、比較的ゆっくりと冷却して固結した結果できた岩石。

半深成岩：火山岩と深成岩のできた場の中間程度の深さまでマグマが上昇してきて、岩盤の比較的せまい割れ目に沿って貫入して固結した結果できた岩石。

(3) 変成岩

既存の岩石（主に堆積岩）が、地下のいろいろな深さの場所で、加速、圧縮、変形などの作用を受けた結果、鉱物組成や鉱物の配列状態がすっかり変わってしまった岩石の総称である。

変成岩には 2 つのグループがある。

接触変成岩（ホルンフェルス）：地殻深部で発生した高温のマグマが上昇・進入してくると、マグマに接する付近の岩石ではマグマの結晶作用に伴って放出される熱を受けて焼け締まりが起こる。それと同時に、岩石を造っていたものと鉱物の一部あるいは全部が分解して、与えられた温度条件に適した新しい鉱物が生成（再結晶作用）して、岩石は結晶質粒状組織をもったホルンフェルスになる。

巨大なマグマの進入によってできた深成岩体の周囲には、幅数 100^{m} から数 km に及ぶ範囲でホルンフェルスができていますが、岩脈状の火成岩に接する岩石ではホルンフェルスの幅はせいぜい数 m 程度である。ホルンフェルスには頁岩質ホルンフェルス、砂岩質ホルンフェルス、石灰岩質ホルンフェルス（大理石）などいろいろある。

広域変成岩：数 10 億年前の現在までの間に、何回も地殻のいろいろな部分に幅数 10^{km} ～数 100^{km} 、長さ数 100^{km} ～数 1000^{km} の細長い形をもった変動帯（造山帯）が生じた。これらの地帯の岩石は、1 億年ないしそれ以上の長期間にわたる激しい圧縮変形と高温・高圧の作用のもとで分解して広い範囲にわたって結晶片岩や片麻岩になった。このような地帯を広域変成帯といい、そこに分布する変成岩を広域変成岩（または動力変成岩）と総称する。広域変成岩の最も重要な特徴は圧縮変形によってできたはく離性の強い「片理面」をもつことである。片理面に平行に鉱物は配列されていて、片理面は岩盤の著しい力学的異方性を生む。

千板岩、結晶片岩、片麻岩は、再結晶作用の結果できた鉱物の粒度によって区別されている。個々の鉱物が肉眼で明瞭に識別できる程度のものは片麻岩とよばれ、それ以下のものは結晶片岩とよばれ、片理面の発達著しいが構成鉱物の粒子が非常に細かいものは千板岩とよばれている。

2-2 トリスタンと地質について

トリスタン計画としてインジェクターは約 5^{km} に 1 箇所、サービスステーションは約 25^{km} に 1 箇所、大断面の地下空間を設けなければならない。地質は堆積岩よりも火成岩の硬度のある花崗岩系が一番好ましいと思われる。

2-3 トリスタン計画の場所

トンネル直径 30^{km} 、リングトンネル延長約 100^{km} のトリスタンを計画する場所として一番好ましい地質は花崗岩系である。

そこで日本地質図から、領家花崗岩類、阿武隈花崗岩類、北上花崗岩類が最適と思われる。

しかし、直径 30^{km} 範囲が一様に近い地質の場所は阿武隈花崗岩類があるだけである。

従って今回は筑波と阿武隈山地の 2 地域について検討を行うものとする。

(1) 筑波地域

地質平面図（付録参照）より筑波地域は、全体をローム、泥で覆われその下部には、土砂が存在する。この地質に、サービスステーションの $12,100^{\text{m}^3}$ の大空間と、インジェクターの $1,300^{\text{m}^3}$ の大断面を掘削するには、莫大な工事費となる。

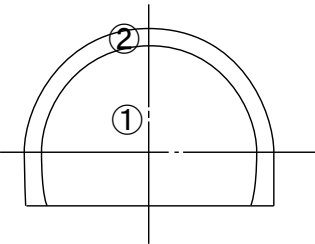
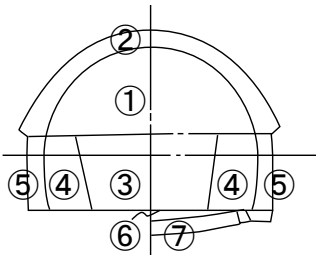
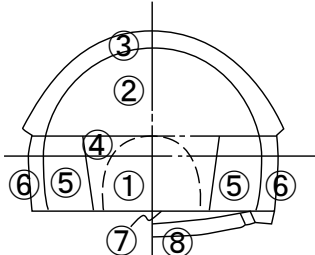
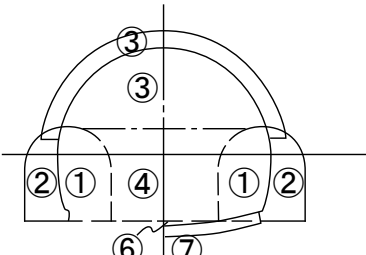
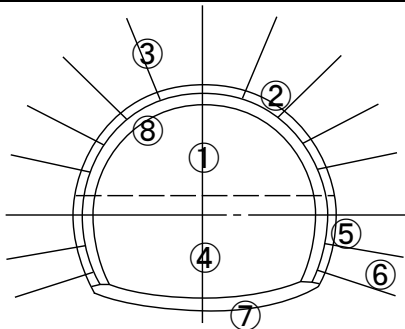
また、地上には民家、水田等が多く存在し、地表沈下や、水の枯渇などの問題がもち上がってくる可能性が大きい。

従って、筑波の高エネルギー研究所の近くが立地条件上最も好ましいが、地質的要因および地表状況より、筑波地域にトリスタンを考えることは不適當である。

(2) 阿武隈山地

前述したように、福島県阿武隈山地は、地質的に広域が花崗岩であり、トリスタン計画を検討するには適当である。地上は大半が山地なので、位置の選定を適当に行うことによって地表に及ぼす影響を最小限にすることができる。よって以下に阿武隈山地を対象とした位置の比較検討を行うものとする。

2-4 地質と掘削工法について

掘削工法 項目	全断面工法	上部半断面先進掘削工法	底設導坑先進掘削工法	側壁導坑先進掘削工法	NATM 工法
				上部判断面工法	
加背割略図					
特 色	○大型施工機械による省力化が計れ、工期短縮が可能で経済性にも優れている。	○この工法は、経済的な一般汎用大型機械の利用が可能である。	○この工法は、底設導坑が地質調査・水抜き坑・上半掘削のずり搬出などに使用され、安全で経済的な施工ができることから、我国の標準工法となっており、その施工例も数多い。	○この工法は、一般的に地質不良で湧水の多いトンネル、切羽が自立しないような場合、地山の弛みによる偏圧の作用する恐れがある場合及び、地盤支持力の不足から、アーチ部の支持ができない時に採用する。	○支保工材と岩盤が一体化した構造物で、フレキシブルな覆工で大きな地圧まで耐えられる。 ○測定により、正確な設計と施工ができる。 ○現在、関係機関において、研究開発及び施工が行なわれている。
適 用 岩 質	○地質が極安定して風化帯や破碎等の影響を受けていない長大トンネルに適する。	○地質が連続に安定しており、湧水が少なく延長の短いトンネルに適する。	○普通の地質で比較的安定しているが、湧水の恐れがある場合。	○地質変化の激しい場合。 ○不時の湧水の恐れがある場合。 ○地盤支持力が不足する場合。	○強大な地圧作用を受ける硬岩から、土被りの薄い、軟弱な土砂及び、膨張性の岩まで全岩質に適用。
利 点	○大型機械による施工の省力化が計れる。 ○省力化により、経済性に優れる。 ○坑内作業が単純化される。 ○トラック工法の場合、ズリ、資材の積替え不用。	○坑外設備が簡単である。 ○大型機械の使用が可能である。 ○切羽が自立しない場合には、核残し工法とかリングカット工法に変えられる。 ○ズリ、資材の積替え不用。	○地質の悪い場所に遭遇した場合、工法の切替が比較的容易である。	○同左 ○予想外の土圧が作用しても、補強が簡単、迅速にできる。 ○地質が良好な場合、導坑以外の切払は原爆（きのこ）型に、能率的に掘削できる。	○変形、沈下を極力おさえることが可能である。 ○防水工が処理しやすい。 ○大型機械の使用が可能である。
問 題 点	○地質の急変に対する順応性が悪く他工法への変更が困難。 ○工程の恐れの回復が困難。 ○タイヤ方式とした時は、坑内換気、設備の規模・工事車両走行・路盤の維持に十分注意しなければならない。	○上部と下部の併行作業が困難であり、工事工程は長期となる。 ○地質の急変に対する順応性が悪く湧水にも弱い。 ○同左。	○大型機械の使用に制限があり、導坑の作業能率が悪い。 ○作業箇所が増えるので作業管理が難しい。 ○地質が悪くなると地山を弛めることがある。	○同左 同左 ○地山を弛めやすく、地質によっては側壁が動く（前傾する）ことがある導坑が増え掘削単価が高くなる。	○施工経験の少ない現在では、経済的に有利とはいえない。 ○湧水が多いとロックボトル工、吹付工が困難になる場合がある。
トリストラン計画への 適応性	○掘削断面積が小さい本坑には、経済的に最適である。岩質は花崗岩で、大規模な破碎帯を避けているので、採用することに特に問題はない。	○本坑に関しては、加背割が多いために経済的に不利である。	○同左	○同左	○大断面の地下空間 A・B は、在来の工法では掘削が困難である。何段階にもわたる掘削が必要であり、NATM で多段ベンチカット方式を採用する。

3. 比較案の検討

3-1 位置選定上の制約条件

阿武隈山地においては、地質平面図より以下のように 4 方位方向に関して制約条件が考えられる。

東側 ……福島県北部より南北に走る破碎帯（畑川破碎帯）があり、湧水の問題や施工上の不連続性を避けるために、これより西側に計画すること。

西側 ……大河川である阿武隈川が南北に流れており、それに沿って礫・砂・泥の層が地表を覆っている。よって、これにより東側に計画すること。

北側 ……花崗岩がり、東側および西側の制約条件にかからない範囲で直径 30^{km}の円が設定できる北限は、川俣町と飯舘村の境にある花塚山付近である。

南側 ……地質が緑色片岩となるため、平田村―神楽山付近が南限となる。

3-2 平面計画位置の抽出

3-1 に示した制約条件をもとに土被り、高低差、地表の状況等を考慮して次の 3 案を考える。また 3 案の位置図を図 3-1 に示す。また断面図を図 3-2～3-4 に示す。

第 1 案：磐越東線いわきときわ駅中心案（磐城常葉駅案）

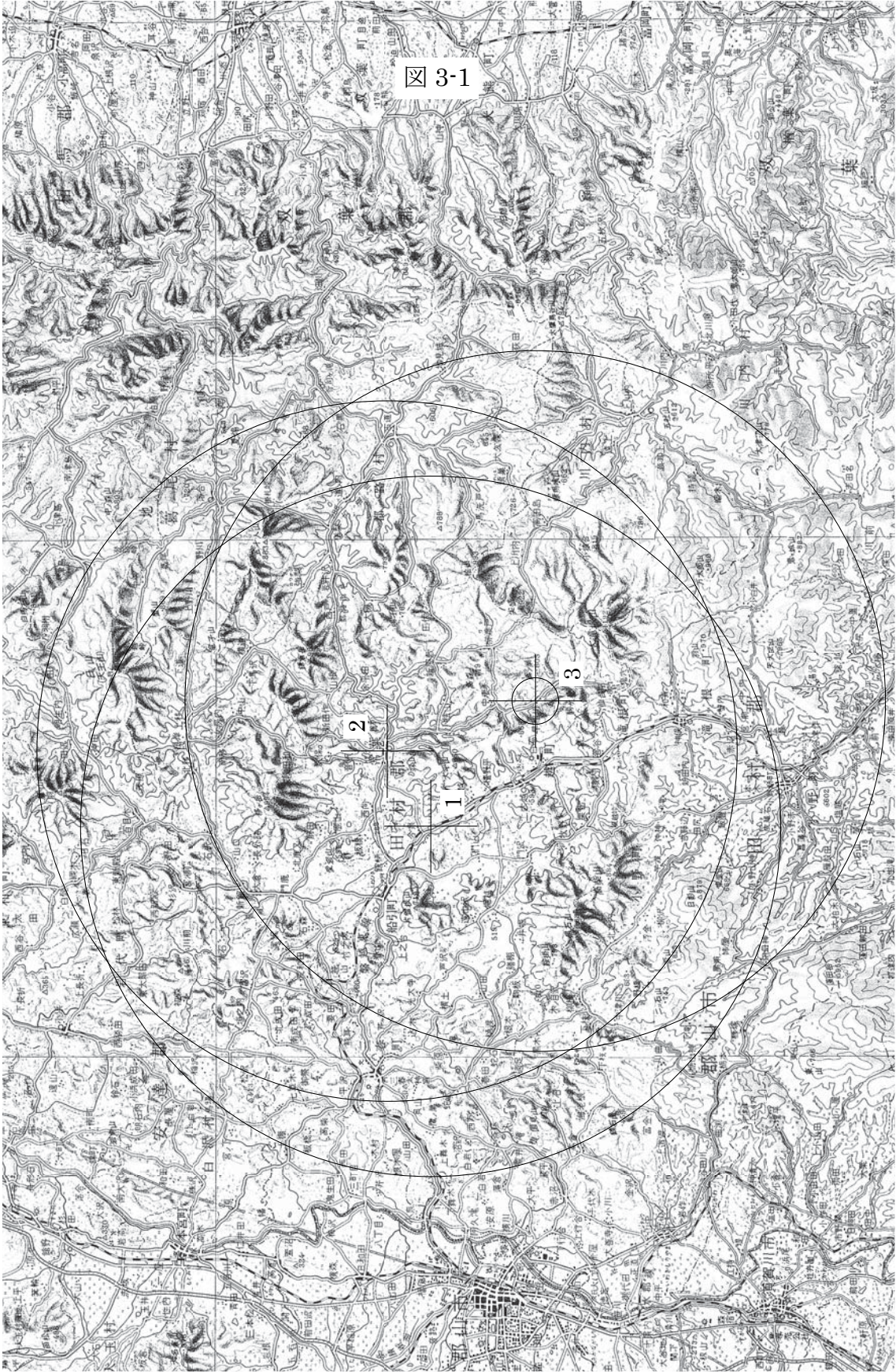
第 2 案：常葉町中心案（常葉町案）

第 3 案：水晶山付近中心案（水晶山案）

表-1

案	選定上の理由	縦断的特徴
第 1 案 いわきときわ (磐城常葉案)	3 案中最も西側に寄った中心で、なるべく平坦部の地下を多くしようとしたものの。	平坦な部分は他の案よりも多いが、天王山など 1,000 ^m 級の山もあるため、地形の高低差が激しく、施工上必要となる立坑や斜坑の延長が膨大なものとなるため、経済比較の対象とはしない。
第 2 案 ときわちょう (常葉町案)	第 1 案より、地形の高低差を小さくするために、山地側に寄せた案。	第 1 案より低地部は少ないが、高低差は小さくなる。
第 3 案 (水晶山案)	第 2 案より南に中心を下げ、全体を山地の中に入れた案。	3 案中、最も高低差が小さく、山の標高も 700 ^m が限度である。平坦な部分も若干ある。

表 1 より、第 1 案については、地形の高低差が他案よりも大きく、概算工費を算出するまでもなく、金額が大きいことが予測されるため、今回の比較検討の対象案としない。



地質縦断図(福島第1 案)

V = 1 : 15,000
H = 1 : 300,000

地質分類記号 凡 例	
記 号	名 称
G $\acute{e}$ I)	花 崗 岩
G $\acute{e}$ II)	花崗閃緑岩(古期)
G $\acute{e}$ III)	花崗閃緑岩(新期)
Gb	斑析岩質岩石
Gs	綠色片岩類
gsm	泥 砂 礫(含泥炭)
Ry	流 紋 岩

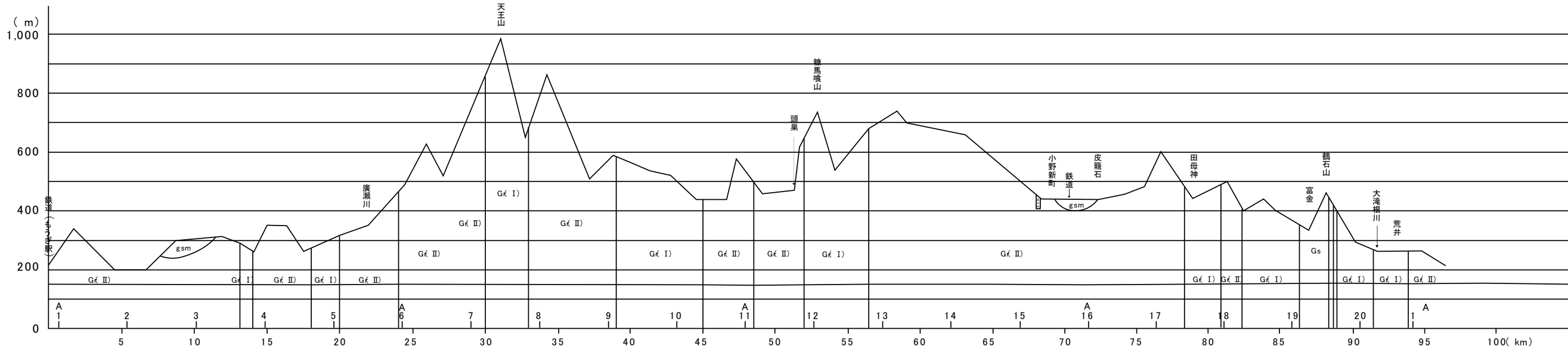


図 3-2

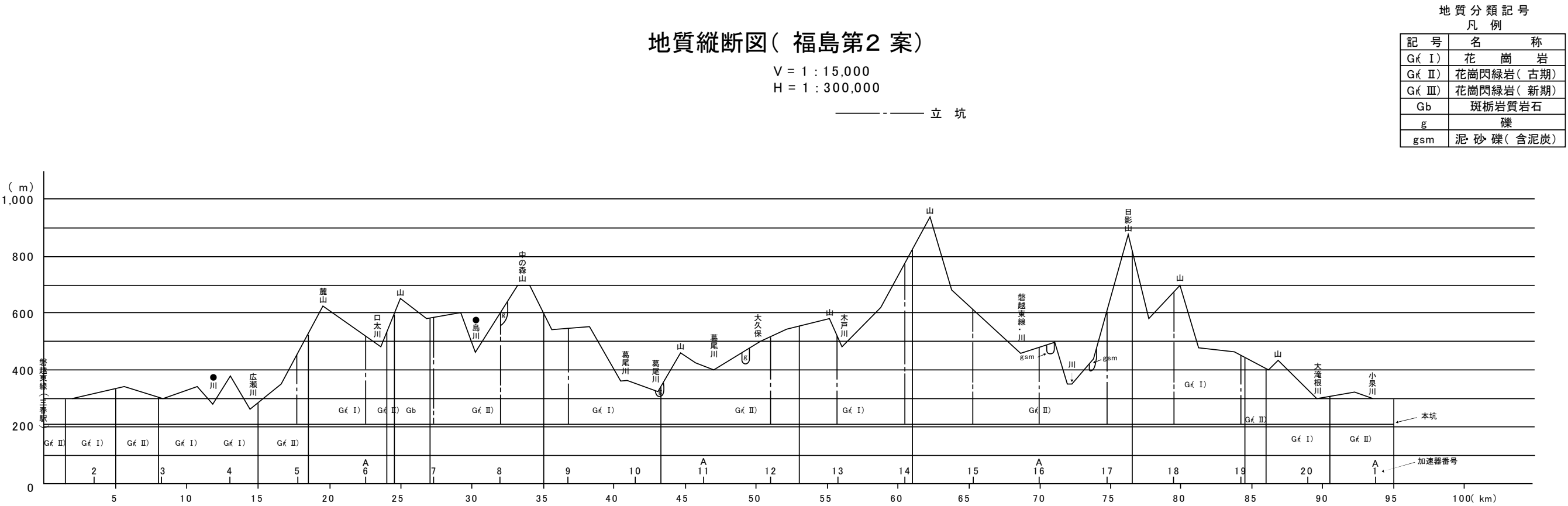


図 3-3

地質縦断図(福島第3 案) 本坑計画高 h = 310 m

V = 1 : 15,000
H = 1 : 300,000

----- 立 坑

地質分類記号 凡 例	
記 号	名 称
Gκ I)	花 崗 岩
Gκ II)	花崗閃緑岩(古期)
Gκ III)	花崗閃緑岩(新期)

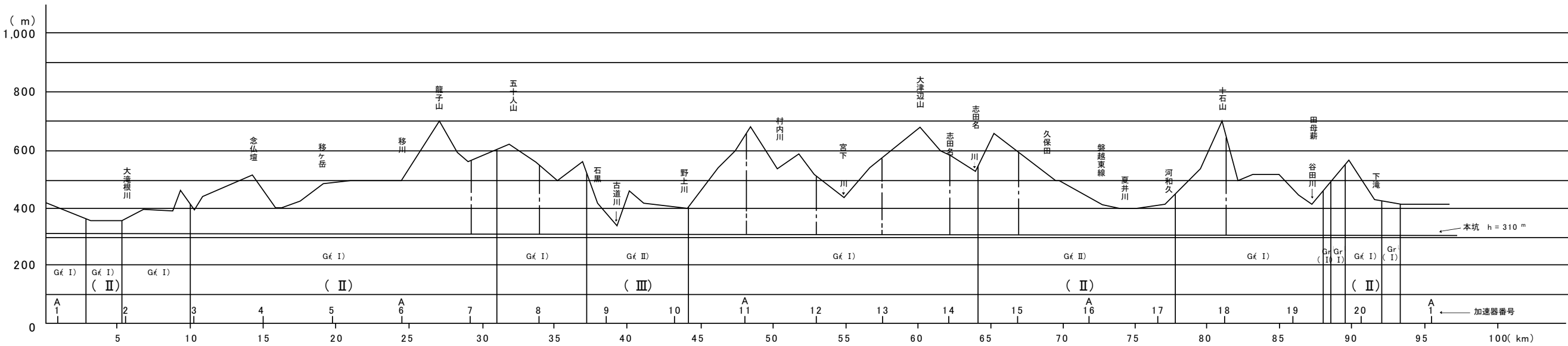


図 3-4

3-3 各案の比較検討

平面位置選定で第 2 案（常葉町案）と第 3 案（水晶山案）が経済的に有利だと判断されるため、このふたつの位置案について、検討を行なう。その際、第 3 案については、本坑の計画高（EL）を 3 通りに変えて、比較検討する。3 通りのうち、EL=370^mの場合は、地上に橋梁部がでてくる案である。

以上、第 2 案と第 3 案（3 ケース）の計 4 案について比較検討を行なう。

比較表 1

案 比較項目		第 2 案（常葉町） EL＝210 ^m	第 3 案（水晶山案）		
			EL＝290 ^m 案	EL＝310 ^m 案	EL＝370 ^m 案（橋梁案）
地質条件		花崗岩・花崗閃緑岩が主体で、一部斑栃岩質岩石が存在する。	全体が花崗岩系岩石で、花崗岩と花崗閃緑岩（古期）が主体である。 一部に花崗緑岩（新期）を挟む。		
地上条件		河川は、主だったもので 12 ヶ所で交差する。土被りが 100 ^m 以下になる箇所にある河川としては、移川、広瀬川、大滝根川、小泉川などがある。また、鉄道路線で、磐越東線が 2 ヶ所で交差するが、三春駅付近が土被り 90 ^m である。 直上付近の町としては、三春町がある。	河川は、主だったもので、大滝根川、移川、古道川、夏井川、谷田川などがある。そのうち、古道川は土被りが 50 ^m であり、縦断的にみて最も薄い箇所である。また、古道川の上流には、ダムの貯水池がある。 鉄道は磐越東線が 1 ヶ所で交差する。 大きな町は無く、小集落が点在する。リングの直上にある集落は、3 つほどある。（鐺田、仲森、田母神）	河川の状況は左に同じ。古道川の土被りは、30 ^m となり、左の案よりさらに薄くなる。 鉄道は左の案と同じ。 集落も左の案と同じ。	地上条件は、他の第 3 案と変わらないが、大滝根川と古道川の地点で、リングが地上にでるため、河川がリング下を流れることになる。
土木規模	立坑 N：総本数 L：総延長 ℓ _{max} ：最長立坑長 ℓ _{min} ：最短立坑長	N＝13 本 L＝4,940 ^m ℓ _{max} ：580 ^m ℓ _{min} ：260 ^m	N＝10 本 L＝2,990 ^m ℓ _{max} ：390 ^m ℓ _{min} ：200 ^m	N＝8 本 L＝2,370 ^m ℓ _{max} ：370 ^m ℓ _{min} ：220 ^m	N＝5 本 L＝1,300 ^m ℓ _{max} ：310 ^m ℓ _{min} ：220 ^m
	斜坑 N：総本数 L：総延長 ℓ _{max} ：最長斜坑長 ℓ _{min} ：最短斜坑長	N＝7 本 L＝4,160 ^m ℓ _{max} ：880 ^m ℓ _{min} ：430 ^m	N＝10 本 L＝6,070 ^m ℓ _{max} ：880 ^m ℓ _{min} ：350 ^m	N＝12 本 L＝6,940 ^m ℓ _{max} ：840 ^m ℓ _{min} ：270 ^m	N＝13 本 L＝6,050 ^m ℓ _{max} ：840 ^m ℓ _{min} ：180 ^m
	工事用道路 N：総本数 L：総延長 ℓ _{max} ：最長立坑長 ℓ _{min} ：最短立坑長	N＝13 ^{ヶ所} L＝7,100 ^m ℓ _{max} ：1,300 ^m ℓ _{min} ：200 ^m	N＝10 ^{ヶ所} L＝4,300 ^m ℓ _{max} ：1,100 ^m ℓ _{min} ：100 ^m	N＝8 ^{ヶ所} L＝4,000 ^m ℓ _{max} ：1,100 ^m ℓ _{min} ：200 ^m	N＝5 ^{ヶ所} L＝2,650 ^m ℓ _{max} ：1,100 ^m ℓ _{min} ：200 ^m

比較表 2

案 比較項目	第 2 案	第 3 案		
		E.L＝290 ^m	E.L＝310 ^m	E.L＝370 ^m
概算工期	44. ⁵ ヶ月	41. ³ ヶ月	41. ⁰ ヶ月	39. ⁸ ヶ月
概算工費	87,589 百万円	84,954 百万円	84,557 百万円	106,224 百万円
判 定	各 4 案を概算工期で比較すると、第 3 案、E.L＝370 ^m が最も工期が短かく、第 2 案が最も長いが、各案とも、土木工期 4 ^ヶ 年（48 ^ヶ 年）を満期しており、工期的には問題はない。ゆえに概算工費において経済性で一番有利である第 3 案 E.L＝310 ^m を採用する。			
ブースター概算工費			7,992 百万円	
トリスタン本体 ＋ ブースター			92,549 百万円	

(1) 立坑・斜坑設定条件

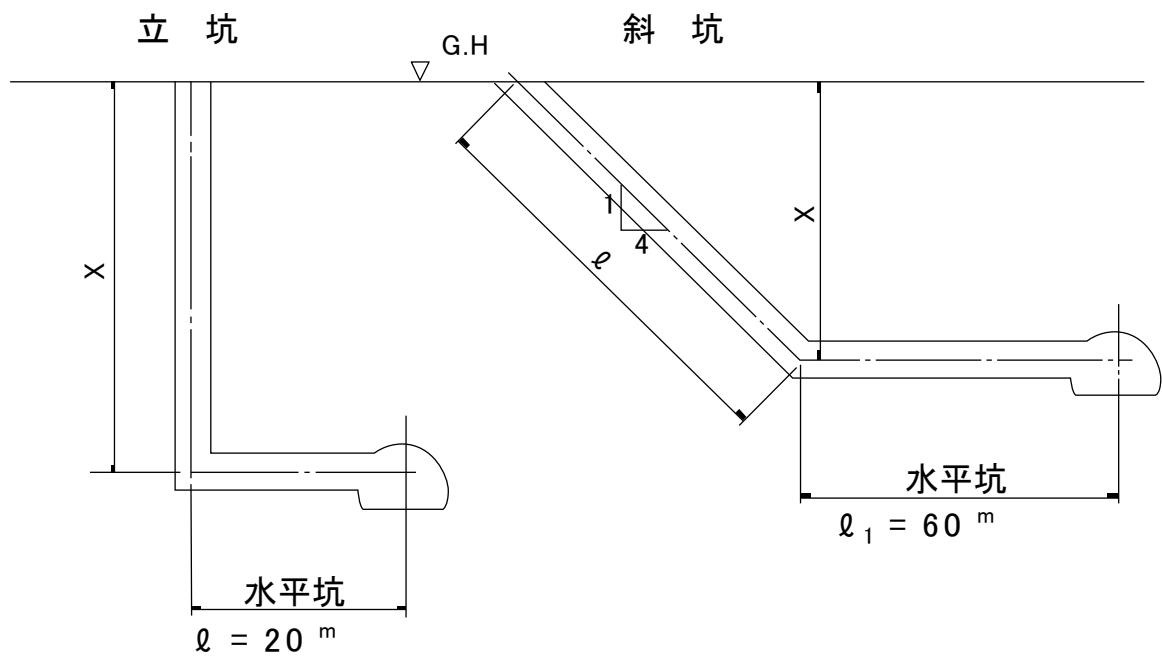
作業坑として斜坑・立坑の選択については、地形、地質などの問題もあり、一概には断定できないが、一般的には、表-1のような優劣があり、地質によって異なるが立坑延長 200^m程度（斜坑延長約 800^m）を境として短い場合は斜坑が、長い場合には立坑が、工期的にも、経済的にもそれぞれ有利である。

表-1

項 目	斜 坑	立 坑
準 備 期 間	(短い) 応急的な設備で作業できる。	(長い) 設備が完成しないと作業できない。
坑底設備期間	(短い) 坑底設備が完成しなくても、本坑に着手できる	(長い) 設備が完成しないと、本坑に着手できない。
全 長	(長い) 同一の高低差なら約 4 倍。	(短い)
作 業 性	堀さくと覆工は併行作業ができる。	堀さくと覆工は連続作業となる。
湧 水	(やや弱い)	(弱い)
ずり運搬能力	ベルトコンベヤの場合連続的で大きい。	断続的で小さい。
本坑用コンクリート運搬	別に、コンクリート立坑などの設備が必要となる。	立坑にパイプを敷設できる。
測 量	バックを長くとれるので精度が高く容易である。	バックが短く、精度が低い。困難性が大きい。
保 安 度	(やや低い) トロの逸走に注意を要する。	(低い) 落下の危険性あり、本坑の有事の際の脱出困難である。
工期、工事費の切合	延長の短いとき有利である。	延長の長いとき有利である。

立坑・斜坑の本坑取り付けは、水平坑を設け、ずりの積換え作業、本坑の切上げが一部完了するまでの材料の仮置場や充電、機械修理、仮釜場などの一時的な保守作業の重要な作業空間とし、その延長は、立坑 20^m、斜坑 60^mとする。

立坑・斜坑の総延長は以下の様に求める。



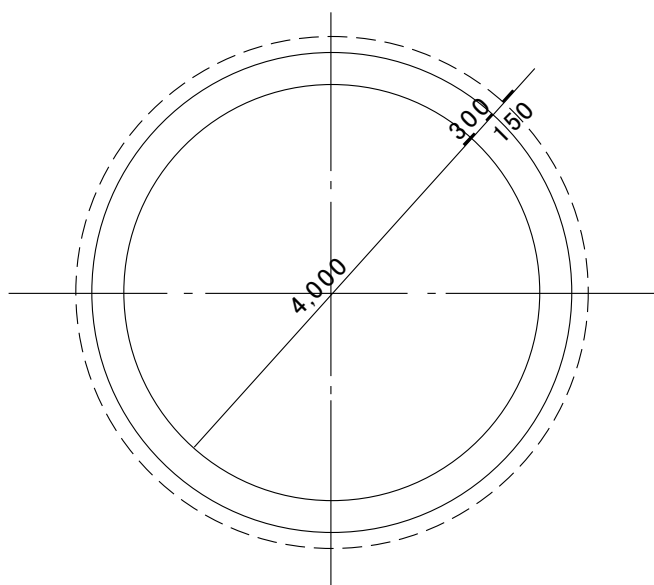
(1) 立坑総延長 $L = X + l$

(2) 斜坑総延長 $L = l + l,$

$$l = \sqrt{17} \times X$$

(2) 工費について

1) 立坑

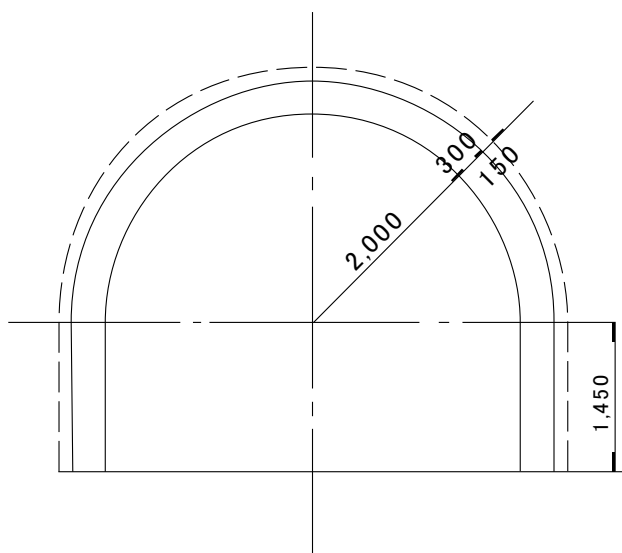


$$\begin{aligned}
 A &= \pi r^2 \\
 &= \pi (2.0 + 0.3 + 0.15)^2 \\
 &= 18.86 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

A : 掘削断面積
(支払線含む)

$$\begin{aligned}
 \text{単価} &= 18.86 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 15 \text{ 万円/m}^3 \\
 &= 284 \text{ 千円/m}
 \end{aligned}$$

2) 斜坑

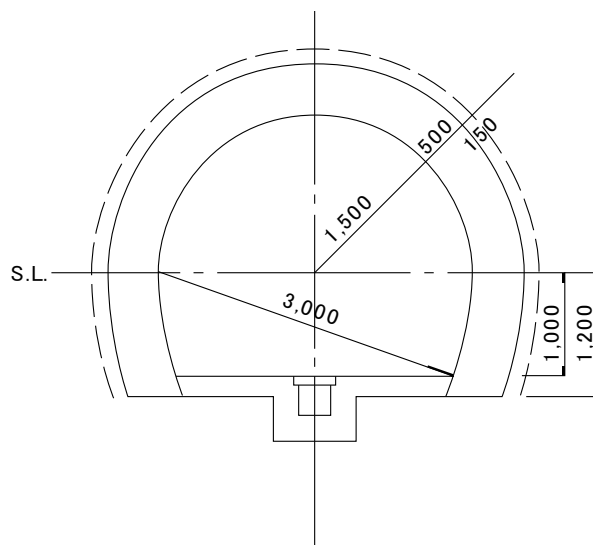


$$\begin{aligned}
 A &= 1/2 \cdot \pi (2.0 + 0.3 + 0.15)^2 \\
 &\quad + 1.450 \times 2 \times (2.0 + 0.3 + 0.15) \\
 &= 16.54 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

A : 掘削断面積
(支払い線含む)

$$\begin{aligned}
 \text{単価} &= 16.54 \times 1 \times 10 \text{ 万円/m}^3 \\
 &= 165 \text{ 千円/m}
 \end{aligned}$$

3) 本坑



$$\begin{aligned}
 A &= 1/2 (1.5 + 0.5 + 0.15)^2 \pi \\
 &\quad \text{上半部} \\
 &\quad + 5.360 \\
 &\quad \text{下半部} \\
 &= 7.261 + 5.360 \\
 &= 12.62 \text{ m}^2 \\
 \text{単価} &= 12.62 \times 1 \times 5 \text{ 万円/m}^3 \\
 &= 631 \text{ 千円/m}
 \end{aligned}$$

4) 地下空間 A

形状は別紙参照

体積： V_A

$$\begin{aligned}
 V'_A &= 4/3 \pi (10.0 + 0.7 + 0.3 + 0.15)^3 \\
 &\quad + \pi (10.0 + 0.1 + 0.15)^2 \times 20.0 \\
 &= 12,407.8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

本坑分の体積を差引いて

$$\begin{aligned}
 V_A &= V'_A - 14.52 \times 21.0 \\
 &= 12,102.9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{単価} = 12,102.9 \times 3 \text{ 万円/m}^3 = 363 \text{ 百万円/1ヶ所}$$

5) 地下空間 B

形状は別紙参照

体積： V_B

$$\begin{aligned}
 V'_B &= 4/3 \pi (5.88)^3 + 1/2 \pi (5.75)^2 \times 10.0 \\
 &= 425.9 + 1038.7 = 1464.6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

本坑分の体積を差引いて

$$\begin{aligned}
 V_B &= V'_B - 14.52 \times 11.0 \\
 &= 13.04.5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{単価} &= 1,304.5 \text{ m}^3 \times 3 \text{ 万円/m}^3 \\
 &= 40 \text{ 百万円/1ヶ所}
 \end{aligned}$$

(3) 各案についての工期一覧表

			2 案	3 案		
				EL=290 ^m	EL=310 ^m	EL=370 ^m
各 ケ ー ス 月 数	ケ ー ス 1	最長立坑 ＋ 工事用道路	$\frac{580^m}{54^m/月} + \frac{600^m}{130^m/月}$ =10. ⁷ ＋4. ⁶ =15. ³ ヶ月	$\frac{390^m}{54^m/月} + \frac{1,100^m}{130^m/月}$ =7. ² ＋8. ⁵ =15. ⁷ ヶ月	$\frac{370^m}{54^m/月} + \frac{1,100^m}{130^m/月}$ =6. ⁹ ＋8. ⁵ =15. ⁴ ヶ月	$\frac{310^m}{54^m/月} + \frac{1,100^m}{130^m/月}$ =5. ⁷ ＋8. ⁵ =14. ² ヶ月
	ケ ー ス 2	最長斜坑	$\frac{880^m}{63^m/月}$ =14. ⁰ ヶ月	$\frac{880^m}{63^m/月}$ =14. ⁰ ヶ月	$\frac{840^m}{63^m/月}$ =13. ³ ヶ月	$\frac{840^m}{63^m/月}$ =13. ³ ヶ月
	ケ ー ス 3	最長工事用道路 ＋ 立坑	$\frac{1,300^m}{130^m/月} + \frac{480^m}{54^m/月}$ =10. ⁰ ＋8. ⁹ =18. ⁹ ヶ月 =15. ⁷ ヶ月	$\frac{1,100^m}{130^m/月} + \frac{390^m}{54^m/月}$ =8. ⁵ ＋7. ² =15. ⁷ ヶ月	$\frac{1,100^m}{130^m/月} + \frac{370^m}{54^m/月}$ =8. ⁵ ＋6. ⁹ =15. ⁴ ヶ月	$\frac{1,100^m}{130^m/月} + \frac{310^m}{54^m/月}$ =8. ⁵ ＋5. ⁷ =14. ² ヶ月
本坑月数			19. ⁶ ヶ月	19. ⁶ ヶ月	19. ⁶ ヶ月	19. ⁶ ヶ月
雑工月数			6. ⁰ ヶ月	6. ⁰ ヶ月	6. ⁰ ヶ月	6. ⁰ ヶ月
合計月数			44. ⁵ ヶ月	41. ³ ヶ月	41. ⁰ ヶ月	39. ⁸ ヶ月

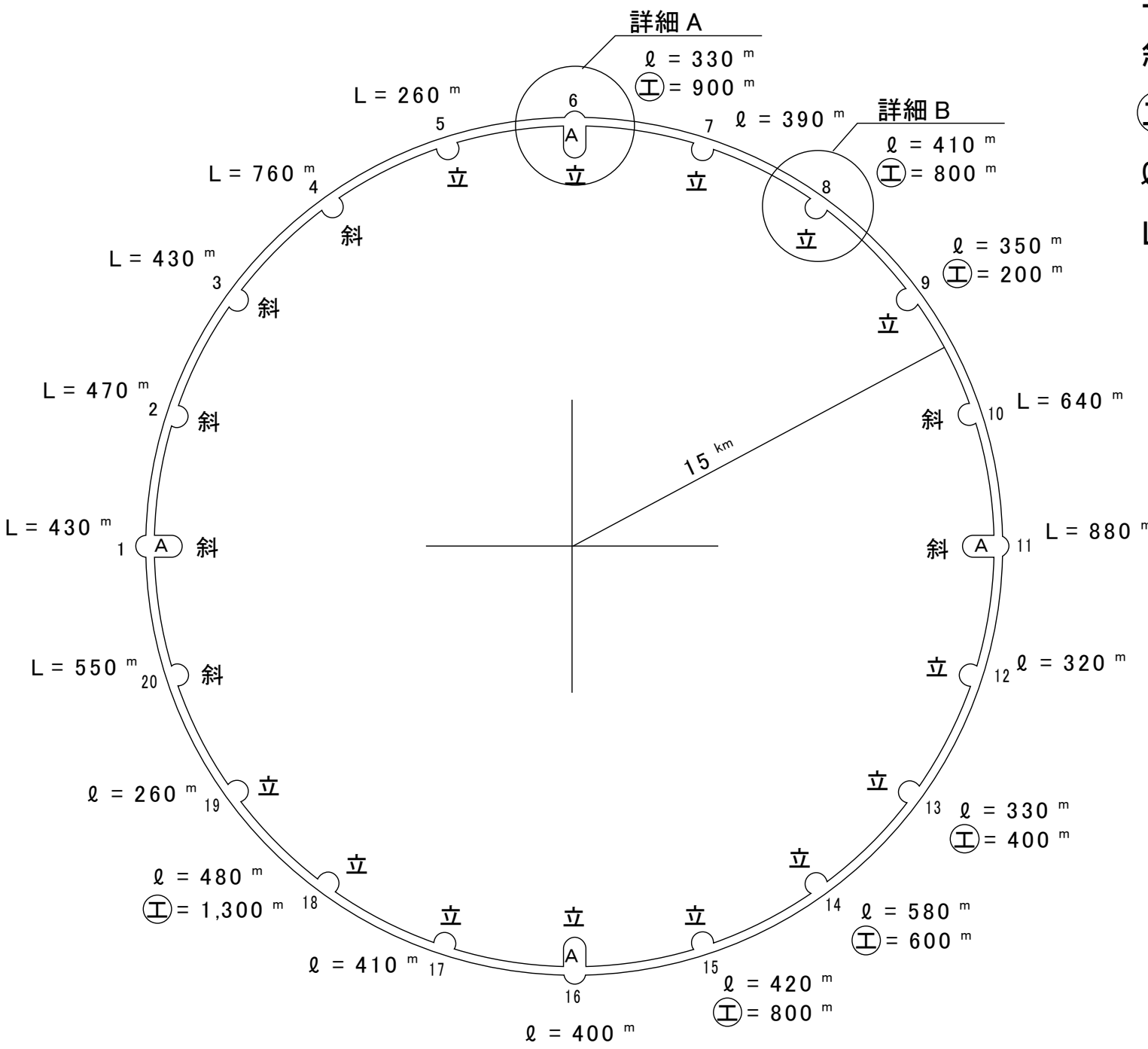
注) ○ ケース 1、2、3 で最大のものを月数として、本坑、雑工月数を加算して合計月数とする。

○ 地下空間 A、B と橋梁は本坑施行中に同時施行するため、合計月数には加算しない。

○ 工事用通路：130 m／月、立坑施工：54 m／月、斜坑施工：63 m／月を月進とする。

(4) 各案の立坑斜坑位置図及び概算工事費内訳

立坑・斜坑 位置図(福島第2 案)



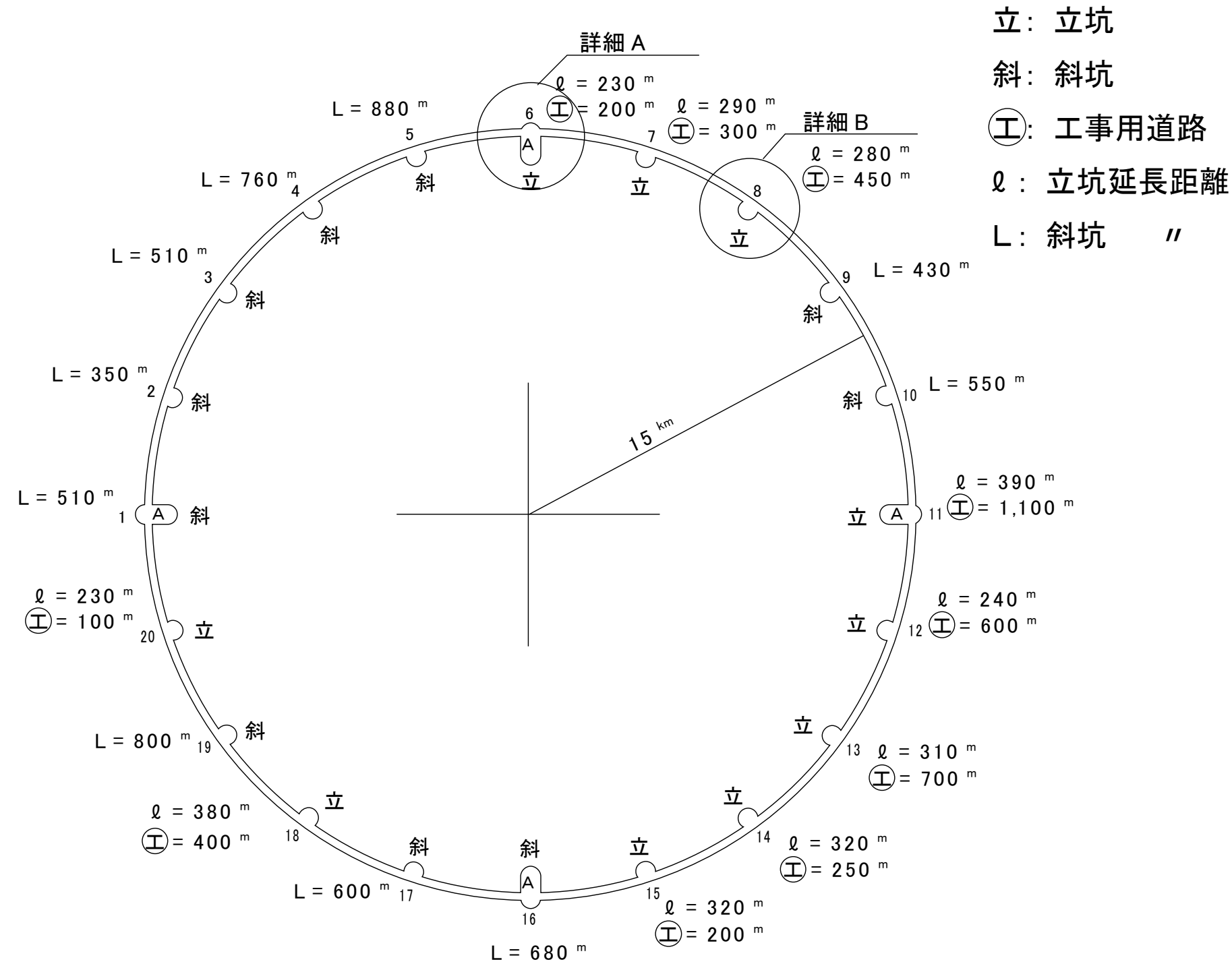
立：立坑
斜：斜坑
 $\textcircled{I}$ ：工事用道路
 l ：立坑延長距離
 L ：斜坑 //

概算工事費

<福島第2案>

項 目	総延長 (m)	単 価	全 額 (百万円)
立 坑	4,940 (13 本)	2,835 千円/m	14,005
斜 坑	4,160 (7 本)	1,654 千円/m	6,881
本 坑	94,200	631 千円/m	59,440
工事用道路	5,000	200 千円/m	1,000
地下空間 A	(4 ケ所)	363 百万円/1ヶ所	1,452
〃 B	(16 ケ所)	40 百万円/1ヶ所	640
小計 (S)			83,418
仮設広場	S×0.05＝		4,171
合 計			87,589

立坑・斜坑 位置図(福島第3 案) E.L = 290 m

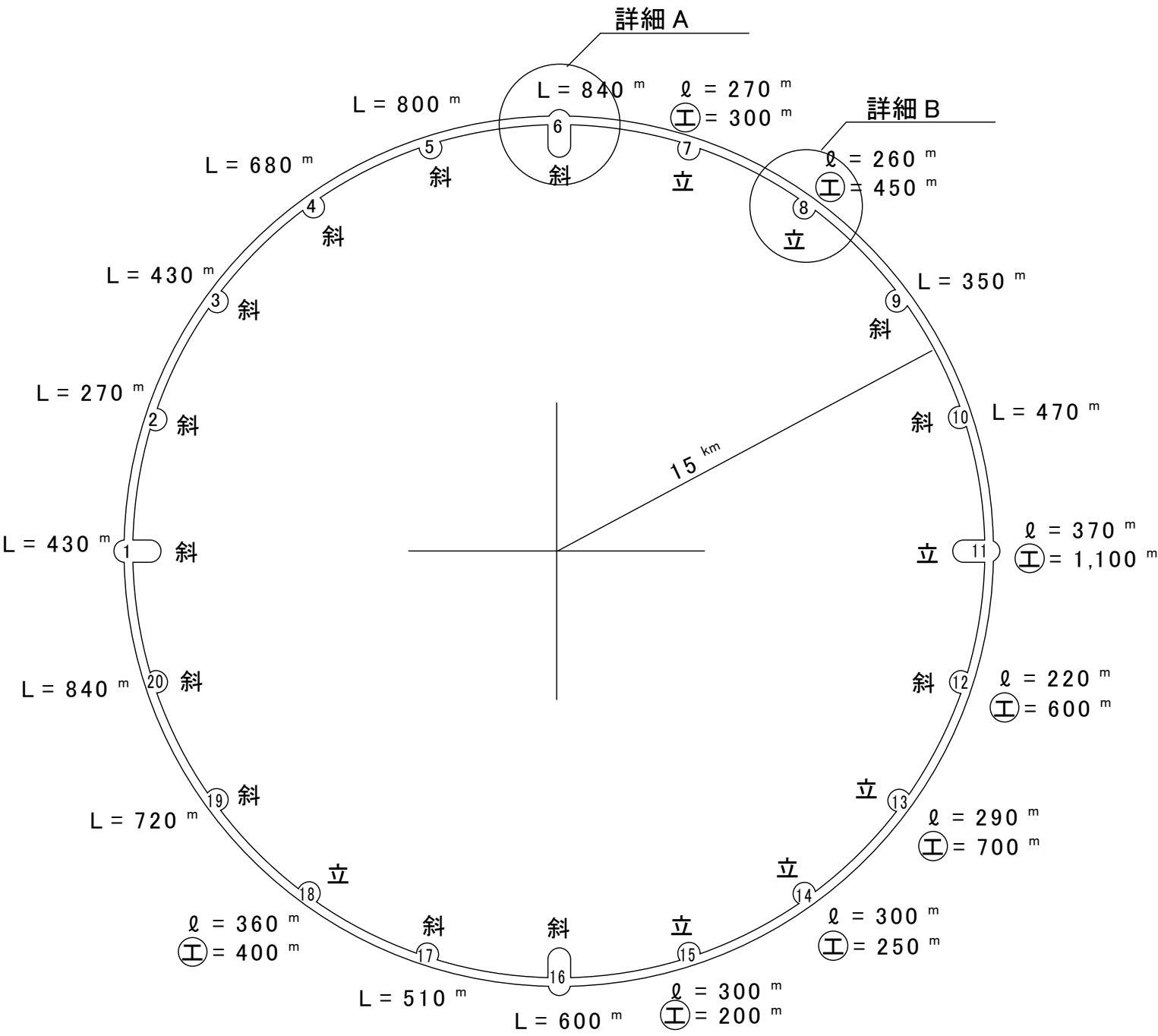


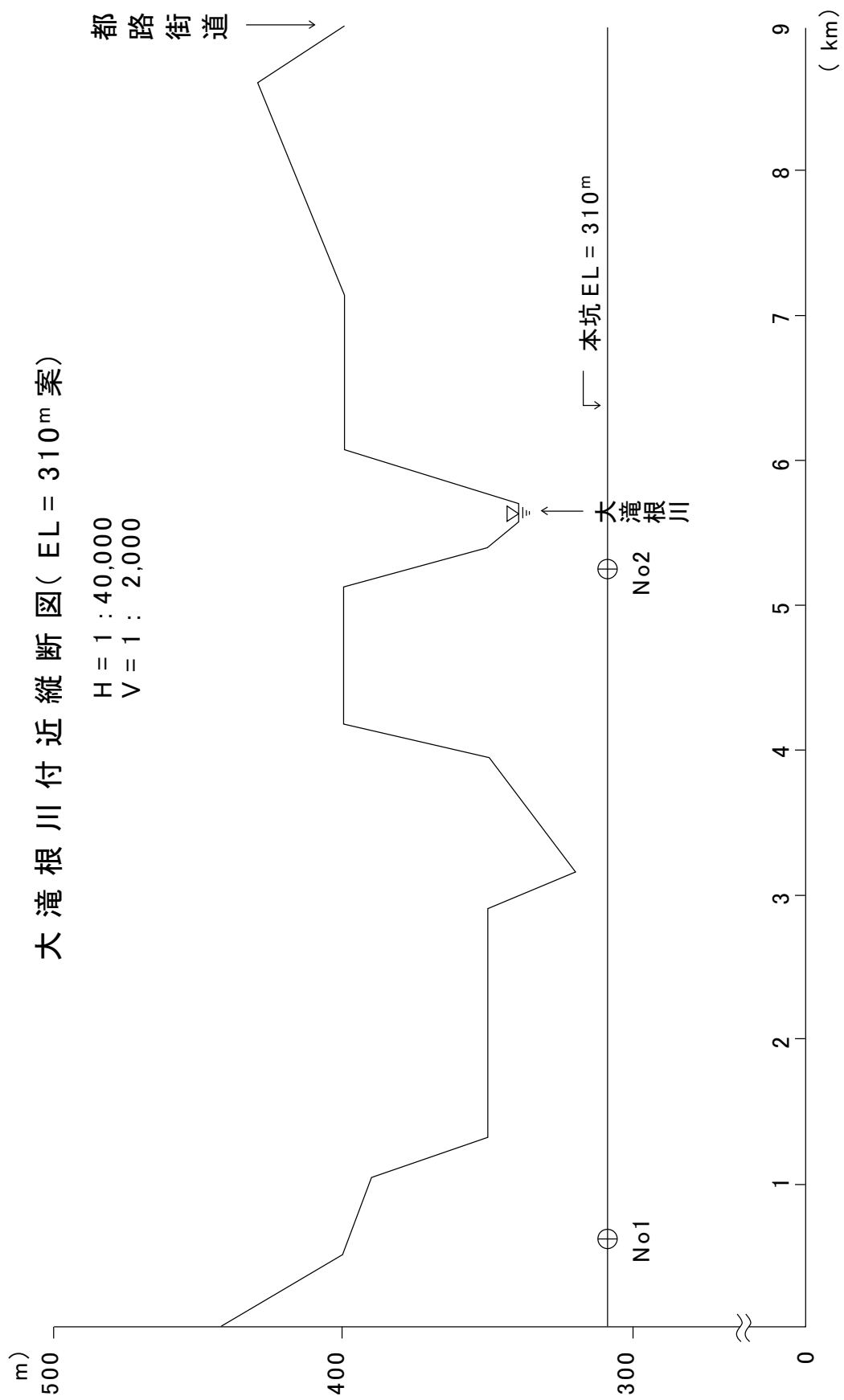
概算工事費

<福島第3案>本坑計画高 EL=290^m

項 目	総延長 (m)	単 価	全 額 (百万円)
立 坑	2,990 (10 本)	2,835 千円/m	8,477
斜 坑	6,070 (10 本)	1,654 千円/m	10,040
本 坑	94,200	631 千円/m	59,440
工事用道路	4,300	200 千円/m	860
地下空間 A	(4 ケ所)	363 百万円/1ヶ所	1,452
〃 B	(16 ケ所)	40 百万円/1ヶ所	640
小計 (S)			83,909
仮設広場	(S×0.05)		4,045
合 計			84,954

立坑・斜坑 位置図(福島第3 案) 本坑計画高 E.L = 310 m

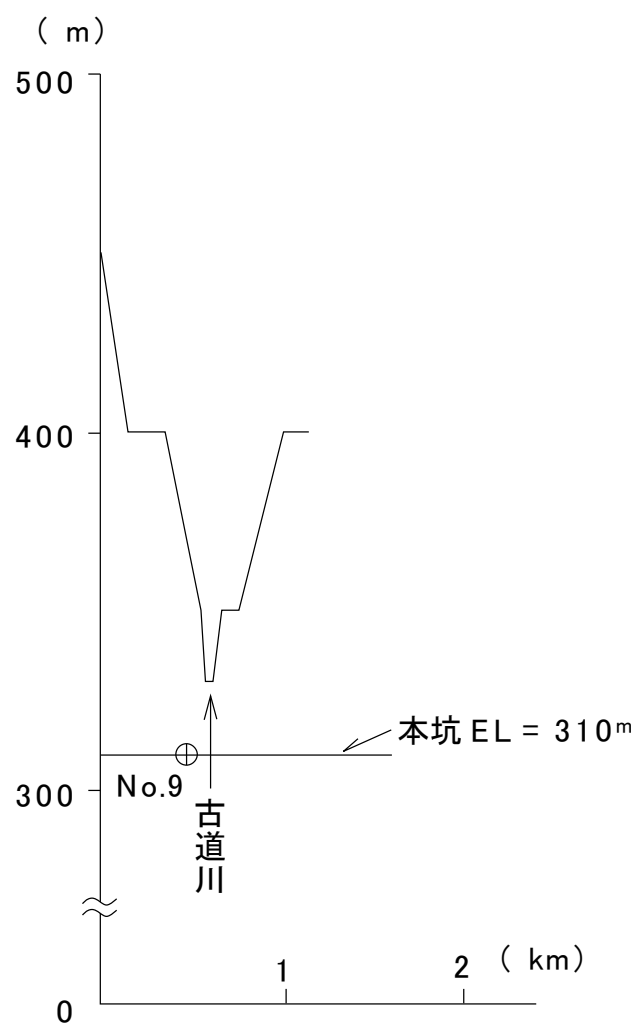




古道川付近縦断図(EL = 310^m 案)

H = 1 : 40,000

V = 1 : 2,000

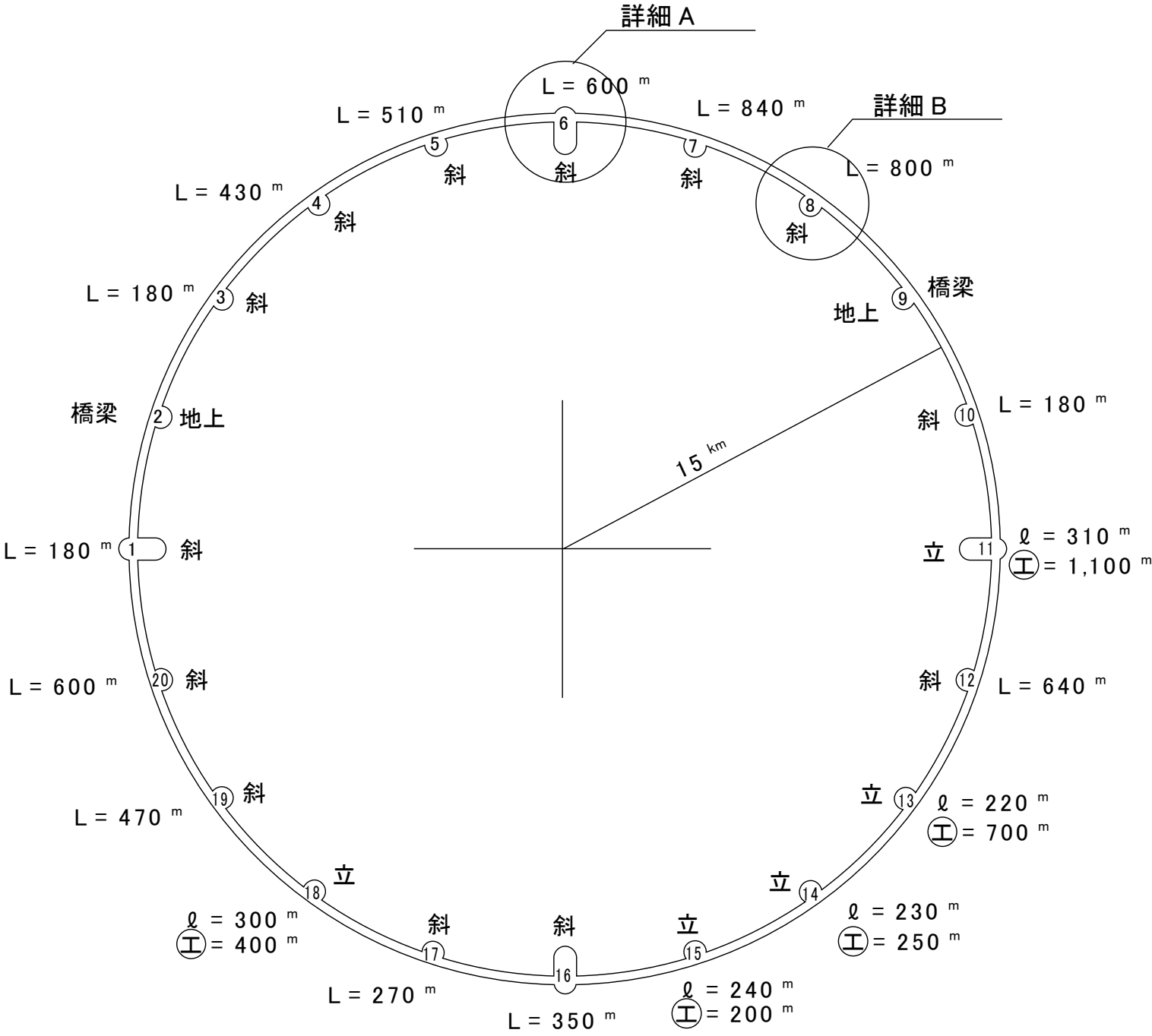


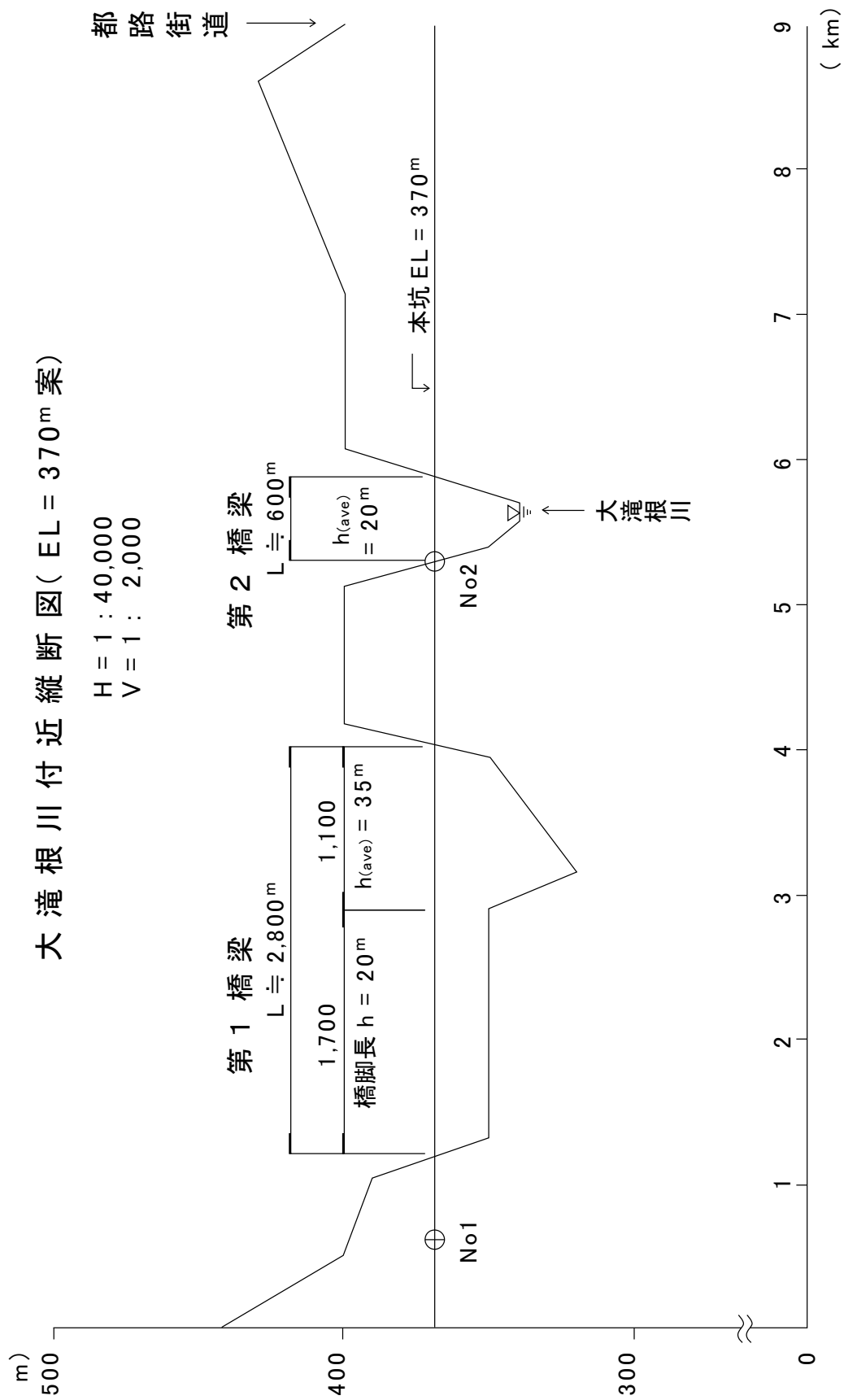
概算工事費

＜福島第 3 案＞本坑計画高 EL=310^m

項 目	総延長 (m)	単 価	全 額 (百万円)
立 坑	2,370 (8 本)	2,835 千円/m	6,719
斜 坑	6,940 (12 本)	1,654 千円/m	11,479
本 坑	94,200	631 千円/m	59,440
工事用道路	4,000	200 千円/m	800
地下空間 A	(4 ケ所)	363 百万円/1ヶ所	1,452
〃 B	(16 ケ所)	40 百万円/1ヶ所	640
小計 (S)			80,530
仮設広場	S×0.05		4,027
合 計			84,557

立坑・斜坑 位置図(福島第3 案) 計画高 $E.L = 370\text{ m}$
(橋梁案)

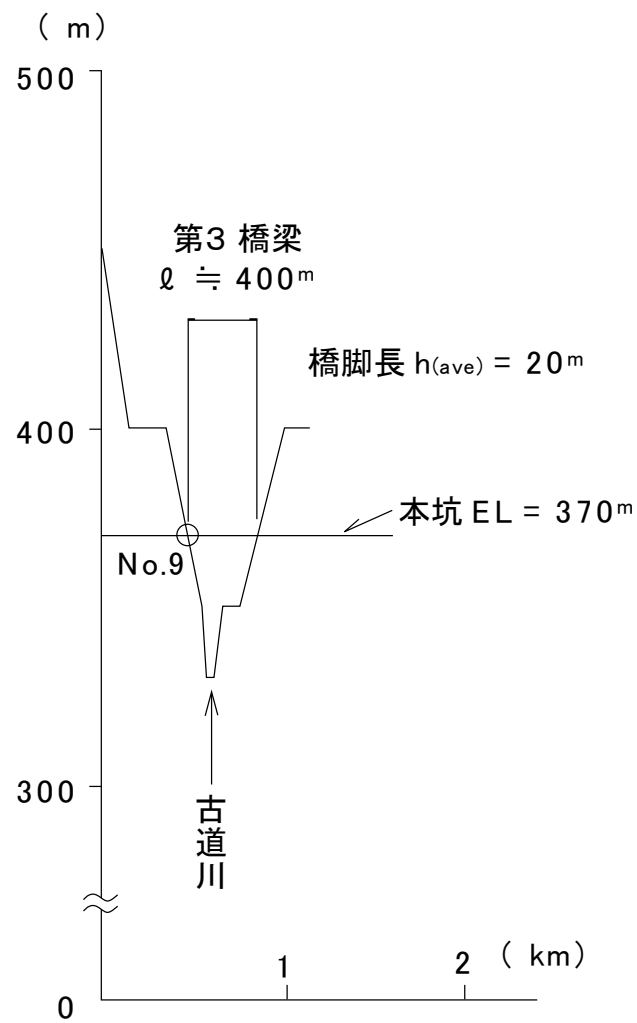




古道川付近縦断面図(EL = 370^m 案)

H = 1 : 40,000

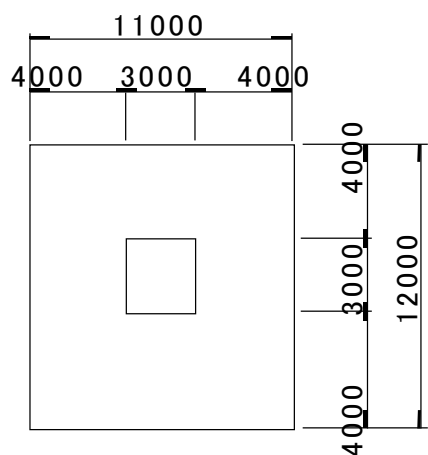
V = 1 : 2,000



橋梁部

(1) ボックス

(i) 断面形状



$$\begin{aligned}
 V &= 11 \times (4 + 5) + 3 \times (4 + 4) \\
 &= 11 \times 9 + 3 \times 8 \\
 &= 99 + 24 \\
 &= 123 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

(ii) 単価

コンクリート費用

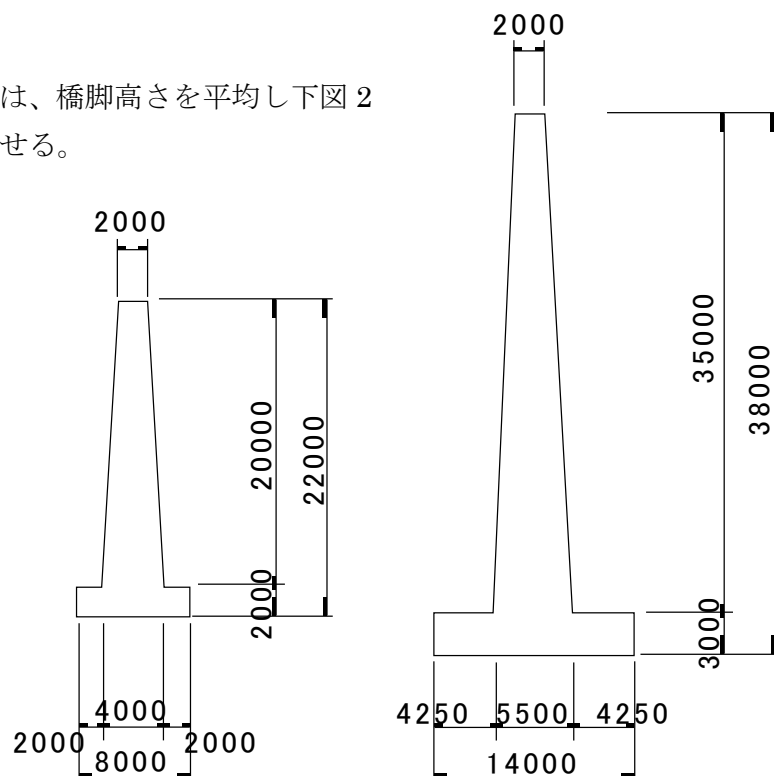
$$123 \text{ m}^3 \times 5 \frac{\text{万円}}{\text{m}^3} = 615 = 620 \frac{\text{万円}}{\text{m}}$$

(ボックスのみ)

(2) 橋脚部

(i) 断面形状

橋脚の形状は、橋脚高さを平均し下図 2 形状に代表させる。



(ii) 単価

イ. 橋脚高 20^m のとき

断面積 : S

$$S = (2 + 4) \times 20 / 2 + 2 \times 8 = 76 \text{ m}^2$$

$$= 76 \text{ m}^2$$

体 積 : V

$$V = 76 \text{ m}^2 \times 11 \text{ m} = 836 \text{ m}^3 / \text{基}$$

単 価 : C

$$C = 836 \times 4 \text{ 万円} / \text{m}^3 = 3,360 \text{ 万円} / \text{基}$$

ロ. 橋脚高 35^m のとき

$$S = (2 + 5.5) \times 35 / 2 + 3 \times 14 = 173 \text{ m}^2$$

$$V = 173 \text{ m}^2 \times 11 \text{ m} = 1,906 \text{ m}^3 / \text{基}$$

$$C = 1,906 \times 4 = 7,624 \text{ 万円} / \text{基}$$

(3) 橋梁部全体工費

大滝根川付近縦断図 (EL=370^m 案) より、橋梁は 3 ヶ所に考えられる。支間長 30^m とする。

(i) 第 1 橋梁 (L=2,800^m)

$\ell = 1,700 \text{ m}$ で橋脚高 20^m とする。
 $\ell = 1,100 \text{ m}$ で橋脚高 35^m

ボックスの費用を B、橋梁の費用を P とする。

$$B = 620 \text{ 万円} / \text{m} \times 2,800 = 17,360 \text{ 百万円}$$

$$P = 3,360 \times ((1,700 / 30) - 1) + 7,620 \times ((1,100 / 30) - 1)$$

$$= 4,588 \text{ 百万円}$$

$$B + P = 21,948 \text{ 百万円}$$

(ii) 第 2 橋梁 (L=600^m)

$$B = 620 \times 600 = 3,720 \text{ 百万円}$$

$$P = 3,360 \times ((600 / 30) - 1) = 630 \text{ 百万円}$$

$$B + P = 4,358 \text{ 百万円}$$

(iii) 第 3 橋梁 (L=400^m)

$$B = 620 \times 400 = 2,480 \text{ 百万円}$$

$$P = 3,360 \times ((400 / 30) - 1) = 414 \text{ 百万円}$$

$$B + P = 2,894 \text{ 百万円}$$

(i) ～ (iii) の費用より

$$\begin{aligned}\Sigma (B+P) &= 21,948 + 4,358 + 2,894 \\ &= 29,200 \text{ 百万円}\end{aligned}$$

概算工事費

<福島第3案>本坑計画高 EL=370^m
橋梁含む

項 目	総延長 (m)	単 価	全 額 (百万円)
立 坑	1,300 (5 本)	2,835 千円/m	3,686
斜 坑	6,050 (13 本)	1,654 千円/m	10,006
本 坑	90,400	631 千円/m	57,042
工事用道路	2,650	200 千円/m	530
地下空間 A	(4 ケ所)	363 百万円/L _{ケ所}	1,452
〃 B	(16 ケ所)	40 百万円/L _{ケ所}	640
小計 (S)			73,356
仮設広場	S×0.05		3,668
橋 梁	L=3,800 ^m		29,200
合 計			106,224

注) 本坑総延長は橋梁延長、3,800^mを差し引いた 90,400^mを使用。

(5) ブースター概算工事費

i) ブースター (Φ 3000^m)

$$\text{ブースター延長 } L = \pi \times 3000\text{m} \div 9425\text{m}$$

$$\text{斜坑延長 } L = 140\text{m} \times \sqrt{17} + 60\text{m} \div 637\text{m}$$

概算工事費

$$\text{ブースター } 9425\text{m} \times 631 \frac{\text{千円}}{\text{m}} = 5947175 \text{ 千円}$$

$$\text{斜坑 } 637\text{m} \times 1654 \frac{\text{千円}}{\text{m}} = 1053598 \text{ "}$$

$$\text{合 計} = 7000773 \text{ 千円}$$

ii) ブースター (Φ 500^m)

$$\text{ブースター延長 } L = \pi \times 500\text{m} \div 1571\text{m}$$

$$\text{概算工事費 } 1571\text{m} \times 631 \frac{\text{千円}}{\text{m}} = 991301 \text{ 千円}$$

iii) 概算工事費

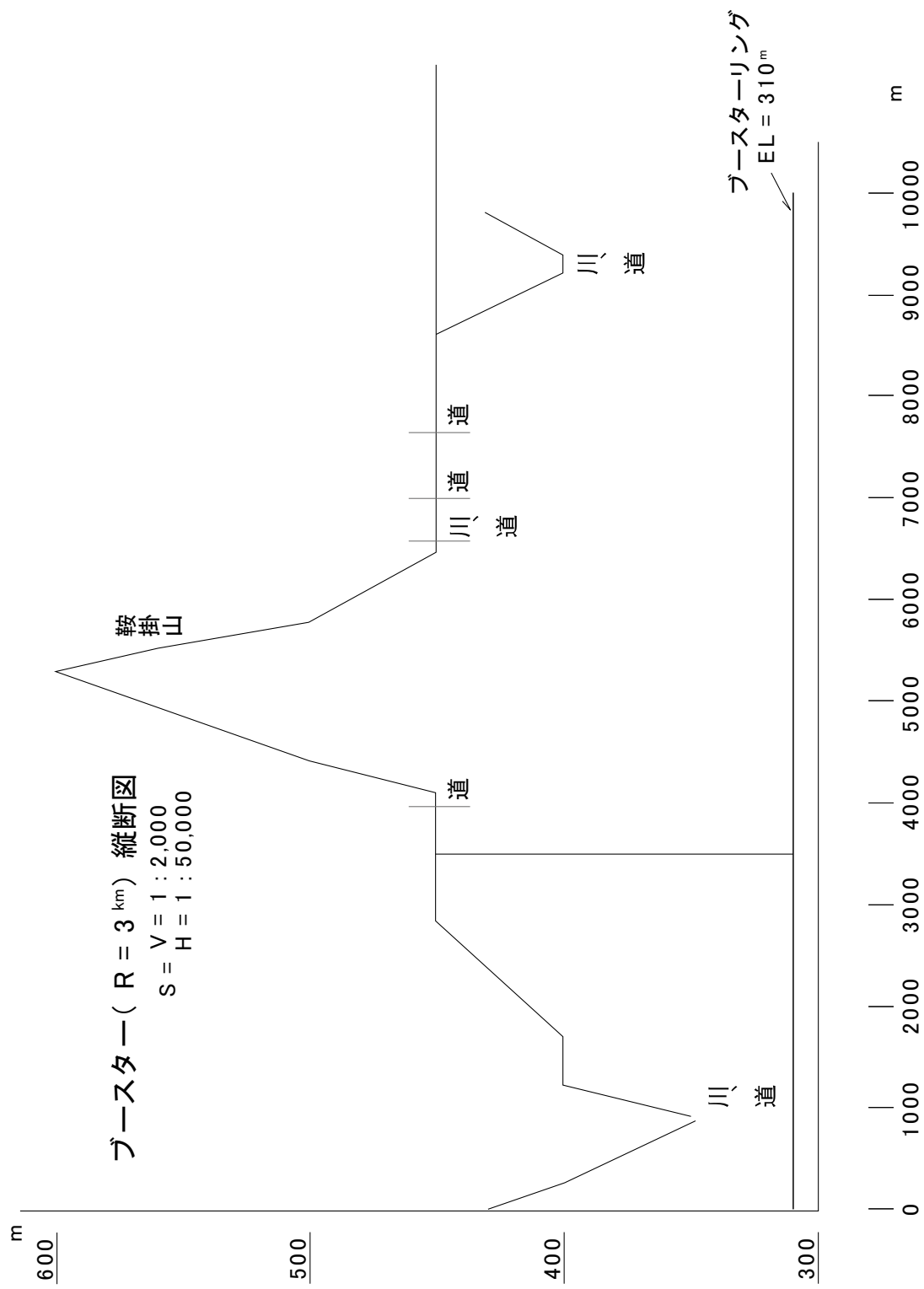
$$\text{ブースター (Φ 3000^m)} = 7000773 \text{ 千円}$$

$$\text{ブースター (Φ 500^m)} = 991301 \text{ "}$$

$$\text{合 計} = 7992074 \text{ 千円}$$

||

$$\underline{\underline{7,992 \text{ 百万円}}}$$



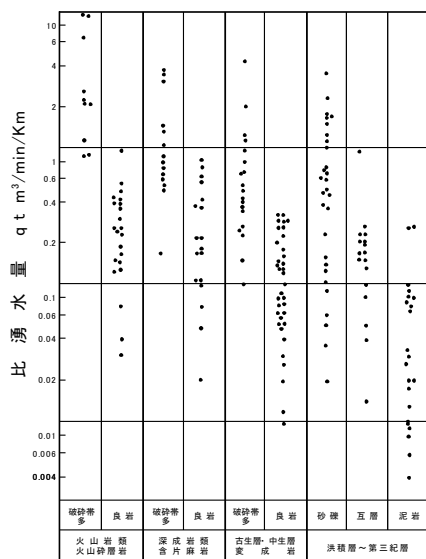
4. トンネル湧水について

4-1 湧水量の推定

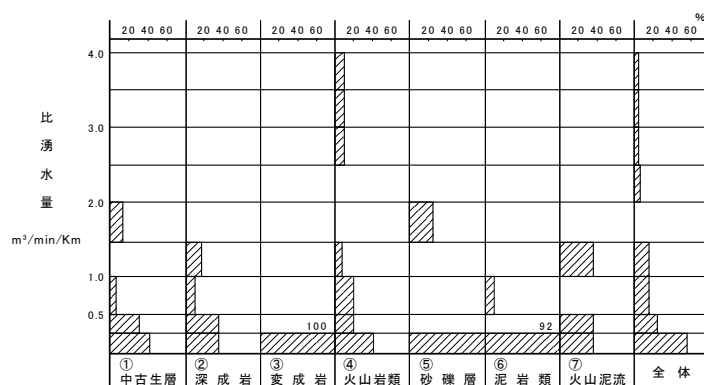
トンネル湧水量に関しては、日本トンネル技術協会の『トンネル施工に伴う湧水・漏水に関する調査研究（その2）報告書』によって次の様に予測する。

本トリスタン施工場所は、阿武隈山地の花崗岩であり、この花崗岩は、地質分類では深成岩類に属する。深成岩内をトンネル掘削した実績からトンネルの比湧水量（トンネル湧水量をトンネル延長で割ったもの： $\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ ）が、 $0 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ と予測される。

下に、実績のグラフを示す。



地質別比湧水量



岩質と比湧水量
の頻度図

4-2 排水について

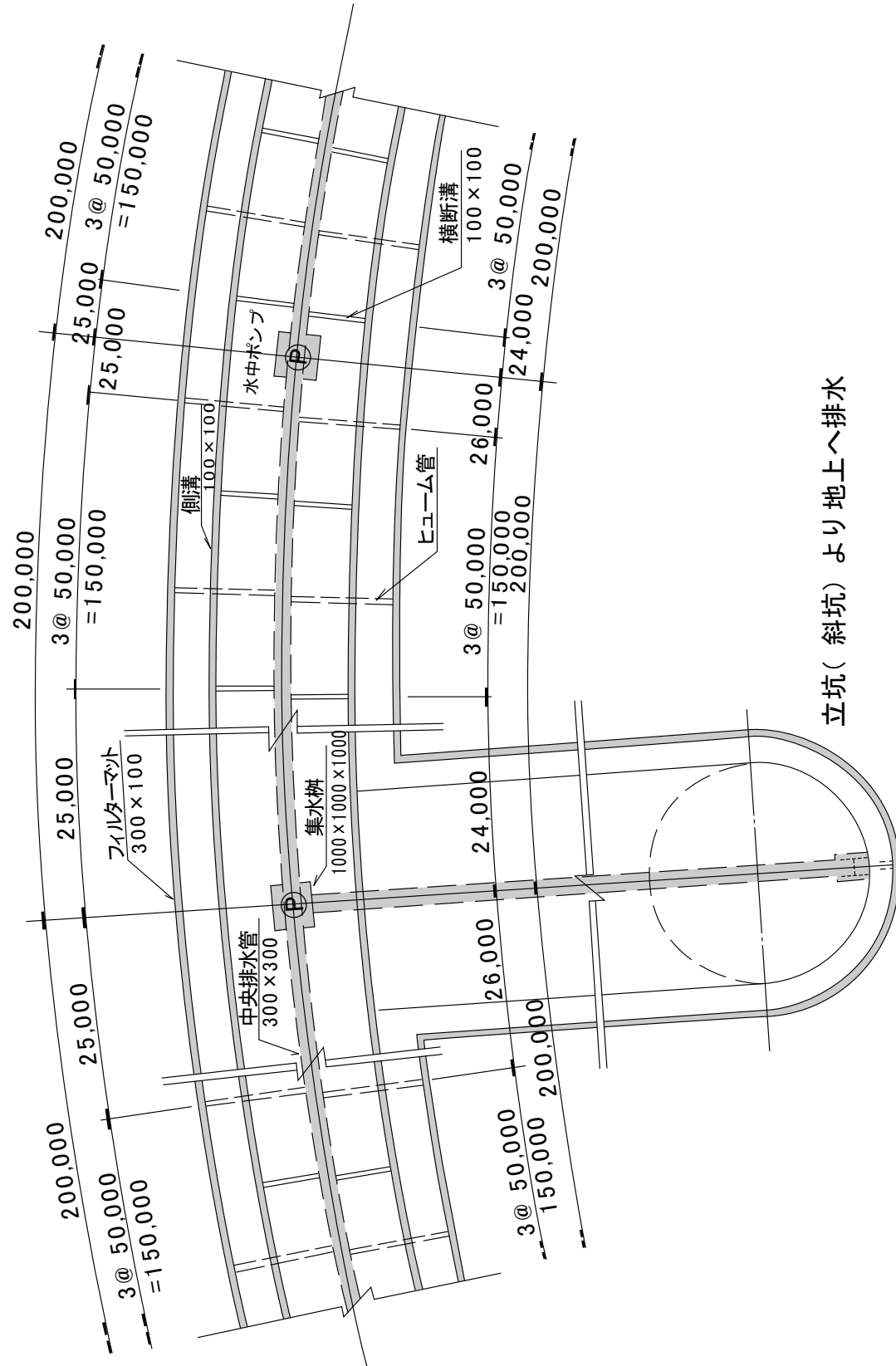
トンネル内には、施工中、施工後にわたって、湧水があり、これを排水しなければならない。トンネル内に滲み出てくる湧水については、内空の両下端につけた側溝に流して中央排水管に導水する。また、トンネル覆工の裏面排水については、フィルターマットで水を集め、ヒューム管を経て、中央排水管へ導く。

今回の設計では、トリスタンリングは縦断的に水平としているので、排水はポンプによる強制排水とする。水中ポンプは 200m 毎に、集水桝に設け、中央排水管を経て、立坑又は斜坑から地上へポンプアップする。

4-3 湧水処理設備

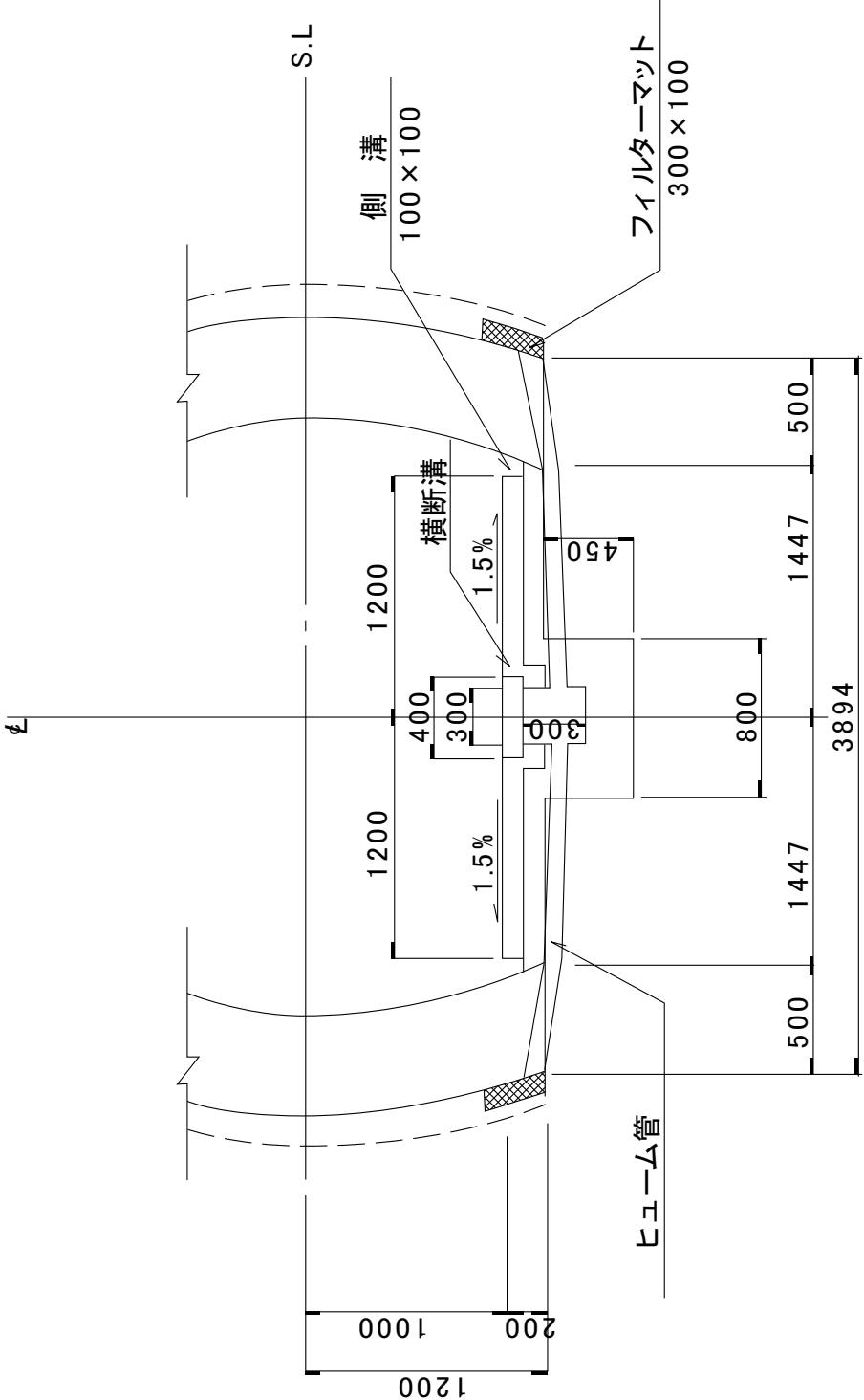
トリスタン実験施設内より排水される水は、放射線化している可能性があるため、科学技術庁の定める規定値以下にして河川への排水をしなければならない。そこで、本坑より排水した湧水を一時的に（2.^{5hours} 程度）貯水槽に滞留させ、希釈した後に河川へ放流するものとする。

排水系統図



立坑(斜坑)より地上へ排水

排水工詳細図 S = 1 : 30
(一般部)



5. 電力問題

トリスタン実験設備には、 10^7 KW の電力が必要となる。阿武隈山地付近に、特高と呼ばれる高圧電線が走っているが、これは 10^7 KW には全く足りない容量である。電力容量等は、東北電力に問合わせて確認し、どのように供給するかを検討する必要がある。

今回の設計段階で予測されうるのは、 10^7 KW を受け入れるための変電所の設置が必要となることである。変電所 1 ヶ所で数億円の費用がかかるといわれており、前述の概算工費のほかに、電力設備費用として 3～5 億円を見込む。

6. 問題点と今後必要な調査

6-1 問題点

①河川下の補助工法

河川の下をトンネル掘削する場合、河川の水を引く恐れがあり、湧水の原因となることがある。このため、地質調査をした上で、補助工法として凍結工法、薬液注入工法、締切工法などを検討すべきである。

②排水問題

湧水を処理した後、排水するのだが、ポンプ室の設置、流入河川までの流路などを検討すべきである。

③掘削工法

地質調査の後、本坑の掘削工法を決定する。

6-2 今後の調査項目

①地質調査

②環境調査

③電力問題

資料－1

湧水・湧水の予測手法

トンネル施工に伴う湧水湧水に関する

調査研究（その 2） 報告書より

2.4 湧水・湧水の予測手法

2.4.1 概要

トンネル湧水・湧水調査は、22、23 で述べられているとおり、単独の調査で済むものでなく、水文地質、水収支、水文環境に大別される多くの調査手法を広域に、長期にわたって実施し、それを総合する作業から構成されている。これらの諸調査は、特別な場合を除き、①トンネル湧水量と集水範囲、②トンネル掘さくによる利水への影響、という2点の予測に絞って実施されるものであり、このことを常に念頭において各々の調査を進めるべきである。

トンネル湧水に関する予測は、(a) 湧水の位置、(b) 湧水の量（集中湧水、恒常湧水）、(c) 切羽の自立性、(d) 水圧、(e) 水質、等に細分されるが、湧水量の予測を主に述べることにする。トンネル湧水の集水範囲に関する予測は、(a) 地下水の低下範囲と量、(b) 地表水の減少範囲と量に細分される。利水への影響に関する予測は、(a) 範囲、(b) 量、(c) 水質、(d) 水温、等に細分されるが、ここでは量に対する影響を主に述べることにする。

予測は、施工前であれば、予測結果をもとにルートや施工法が検討されることになる。施工中における予測であれば、事前の予測と実測と実際の状況とを比較しながら、切羽前方の湧水や湧水などを予測したり、湧水現象がみられた場合のトンネル工事の寄与度、あるいは因果関係を判断するということになる。竣工後における調査の場合は、施工前・中の予測の変遷をまとめるとともに、最終的狀態に対する関係式を明らかにするという作業になる。

予測の手法にはいろいろあるが、ここでは、①統計的予測手法、②従来の予測手法、③水収支シミュレーション手法に3大別して述べることにする。

統計的予測手法とは、類似トンネルの過去の工事記録をもとに統計的に推定しようとするものである。すべての条件がぴったりというトンネルはなかなかないので、全ての項目について予測することは困難であるが、路線選定段階、設計・施工計画段階の調査手法として大局を誤らない有力な手法といえよう。

従来の予測手法とは、該当するトンネル周辺に対する水文調査等の実測結果をもとに、水理公式に基づき、湧水量や集水範囲等を予測しようとするものである。この手法は予測手法の基本となるものであり、いずれの調査段階でも適用される方法である。ただ、精度を要求すればするほど、多くの調査、長期の観測を必要とすることになる。

水収支シミュレーション手法とは、トンネル周辺の水文地質をモデル化し、このモデルをもとに地下水の運動を工事計画にもとづき机上で模擬実験してみる方法である。トンネル湧水・湧水問題は、水循環系の中で捉えなければならないものであり、この点からすればこの予測手法によるのが最適と思われるがすべて

のトンネルに適用するのも不経済であり、現状では難工事が予想されるようなトンネルにおいて事前調査の一つとして検討されるべき有力な手法といえよう。

2.4.2 統計的予測手法

(1) トンネル湧水量

トンネル湧水量の予測については、施工中の湧水と竣工後の恒常湧水に2分して述べることにする。

(a) 施工中のトンネル湧水量

前年度調査のアンケート結果によれば、①岩質と坑口最大湧水量、②岩質と貫通時比湧水量の関係が図2.4.1～2、表2.4.1のようになり、それぞれについて次のような解説を加えている。

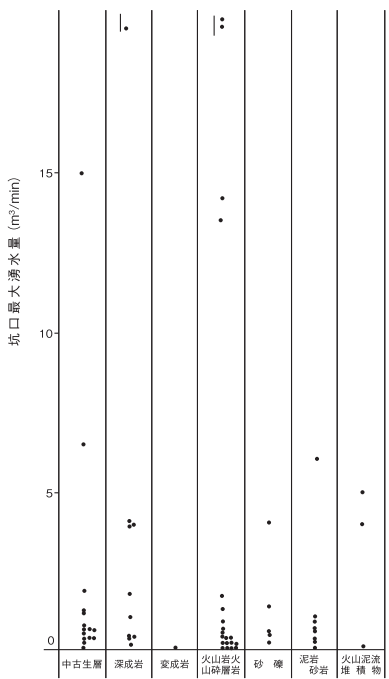


図 2.4.1 岩質一坑最大湧水量

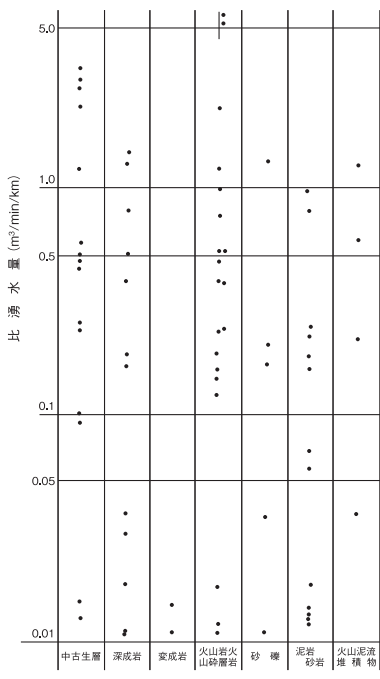


図 2.4.2 岩質一貫通時比湧水（貫通時湧水量トンネル延長）

表 2.4.1

(岩質と坑口最大湧水量との関係)

岩質と湧水量の関係は図2.4.1の通りである。岩質と坑口最大湧水量の関係は一般的に多いとされている岩質順序と同様に、火山岩・火山碎屑岩で最大 $64 \text{ m}^3/\text{min}$ 、深成岩同

	坑口最大湧水量の平均 (m^3/min)	貫通時比湧水量 ($\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$)
火山岩、火山碎屑岩	9.0	1.7
深成岩	4.1	1.5
火山泥流堆積物	3.0	1.3
中・古生層	2.0	3.2
泥岩、砂岩	1.1	1.0
砂礫	0.6	1.4
変成岩	0.1	0.01

30 m³/min、中・古生層、同

7.5 m³/min、火山泥流堆積物同 6 m³/min を記録しているようにこの種の岩質におけるトンネル湧水は極端に大量に出るものと思われる。

一般に少ないといわれている泥岩のトンネルで最大 6 m³/min を記録している例があるがこれは、地質が第三紀～第四紀の泥岩・砂岩互層であることと、トンネル長が 1,800m で比較的長く、そして双設トンネルであることにもよると思われる。

各岩質毎の坑口最大湧水量の平均値は火山岩・火山砕屑岩 9.0 m³/min、深成岩 4.1 m³/min、火山泥流堆積物 3.0 m³/min、中古生層 2.0 m³/min、泥岩・砂岩 1.1 m³/min、砂礫 0.6 m³/min、変成岩 0.1 m³/min の順になっている。

(岩質と貫通時比湧水量との関係)

岩質と貫通時比湧水量の関係は図 2.4.2 に示す通りであるが、バラツキが大きいため顕著な傾向は見られない。

中・古生層において 3.2 m³/min/km が最大になっており、次いで火山岩・火山砕屑岩 1.7 m³/min/km、深成岩 1.5 m³/min/km、砂礫 1.4 m³/min/km、火山泥流堆積物 1.3 m³/min/km、泥岩・砂岩 1.0 m³/min/km、変成岩 0.01 m³/min/km となっている。

また平均値は、中・古生層 1.2 m³/min/km が最大でつづいて火山泥流堆積物 0.7 m³/min/km、深成岩 0.6 m³/min/km、火山岩・火山砕屑岩 0.58 m³/min/km、砂礫 0.4 m³/min/km、泥岩・砂岩 0.3 m³/min/km、変成岩 0.04 m³/min/km となっている。

これらの分析結果は、施工中の湧水量を推定する上で、一つの目安となり得るかもしれないが、湧水量を決定する大きな要因となる土被り等の地形的要素が考慮されていない点で実用性に欠ける。

ここで、1つの試みとして、前年の報告書に収録されているアンケートの中から、坑口最大湧水量とし竣工時湧水量の両方に解答のあるものを 37 個選び、相関図(図 2.4.3)を描き、相関係数と相関式を求めてみたところ次の結果が得られた。

相関係数 0.94

相関式 $Q_x = 1.458Q_y - 0.268$

データ数が 37 個と少なく、これからの検討を必要とするが、相関係数は大きいことから、施工中の坑口最大湧水量(Q_x)は竣工時湧水量(Q_y)の約 1.5 倍程度を見込んでおればよいことがわかる。たゞし上式はむしろ Q_x を知って $Q_y = 0.686Q_x + 0.184$ により Q_y を推定するのに用いる方が実用的といえる。

(b) 竣工後のトンネル湧水量

竣工後のトンネル湧水量については、①加納・桑原⁸⁾、②石井政次⁷⁾、③前

年度報告⁹⁾の中で考察したものがある。各々について以下に簡単に要約してみる。
(加納・桑原の「トンネル施工法」における記述)

P65に、「昔からトンネルを掘る場合は1kmに1個(=1/36 m³/s、約300/s $\div$ 1.7 m³/min)の湧水を予想せよといわれているのは、1つの目安であろう……」という記述がある。

(石井の研究における記述)

表2.4.2にかかげる273の鉄道のトンネルの各種データを収集し、それらをもとに以下の検討を行っている。

図2.4.4は、トンネル湧水量とトンネル延長との関係を知るため、横軸に延長、縦軸に湧水量をとって両対数目盛で表示したものである。

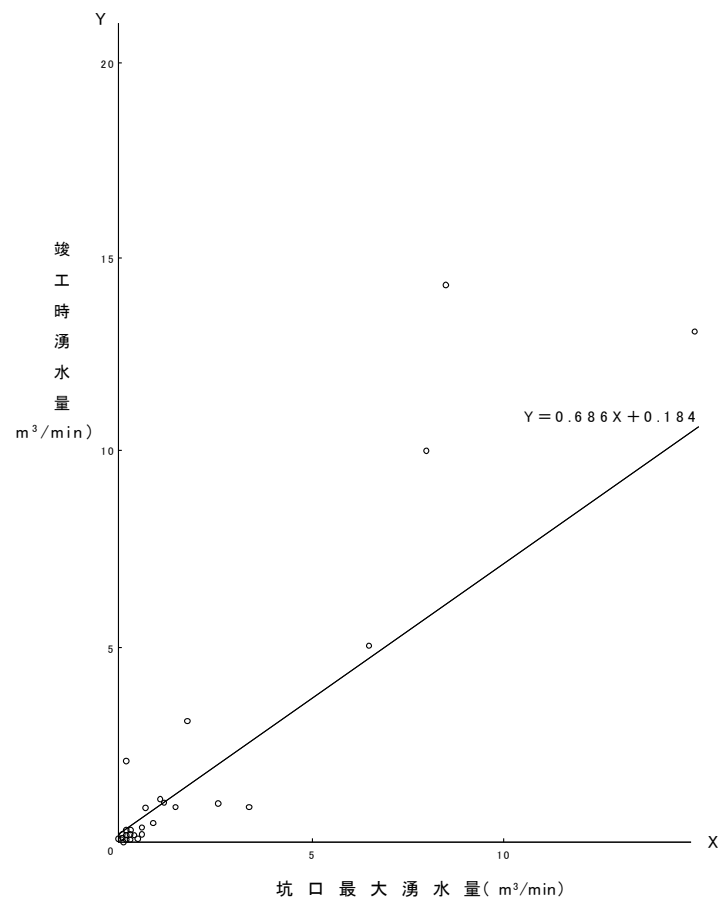


図 2.4.3 竣工時湧水量と坑口最大湧水量との相関

表 2.4.3 切羽集中湧水の大なるトンネルの例

	トンネル名	波長 (m)	平均土被り (m)	地 質	切羽最大 (m³/min)
完 成	丹 那	7,804	220	安山岩・集塊岩・火山砂	134.5
	福 岡	8,488	250	古生層・緑色片岩	20.0
	北 陸	13,870	150	古 生 層	14.0
	安 芸	13,030	180	花 崗 岩	10.0
	清 水	9,702	600	花 崗 閃 緑 岩	6.0
	南 郷 山	5,170	100	安山岩・凝灰岩	6.0
	新 清 水	13,500	550	花 崗 閃 緑 岩	5.8
	釈 迦 岳	4,379	340	安山岩・凝灰岩	5.0
	六 甲	16,200	300	花 崗 岩	4.0
	長 崎	6,170	70	安山岩・凝灰岩	3.5
掘 さ く 中	中 山	立 坑	深度 150 付近	安山岩・火山砂	5.0
	榛 名	14,350	160	安山岩・軽石流	4.0～5.0 連続する
	塩 嶺	6,000	150	安山岩・火山砕屑岩	6.0～10.0
	蔵 王	11,175	280	安山岩・熔岩・集塊岩	4.5

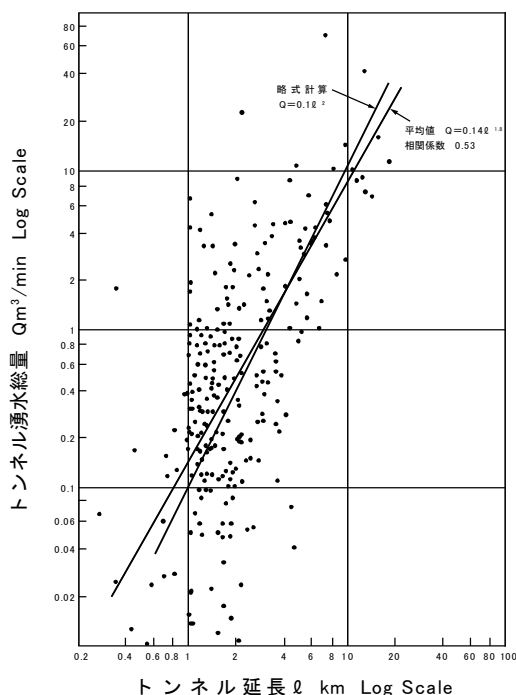


図 2.4.4 トンネル湧水量の分布 (Q — ℓ の関係)

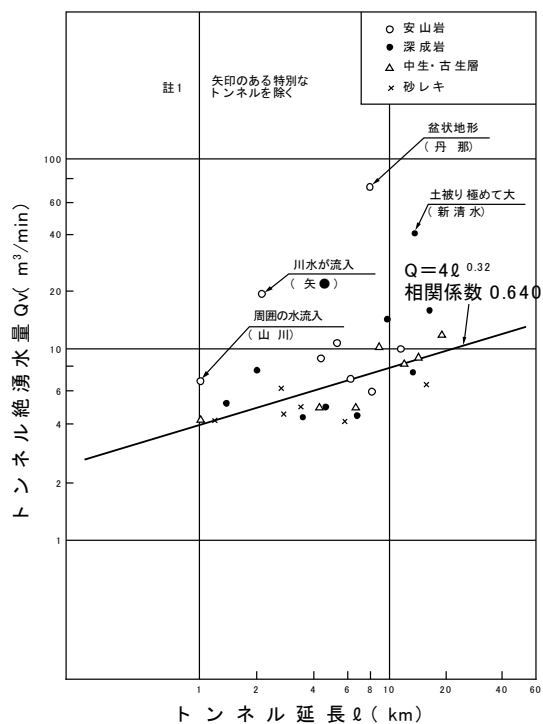


図 2.4.5 大湧水トンネルの Q_t — ℓ 関係図

この分布図から恒常湧水量 Q (m^3/min) とトンネル延長 ℓ (km) との相関々係を求めると

$$Q = 0.14\ell^{1.8}$$

となり、相関係数は 0.53 である。

ここで、上式の略式計算として大ざっぱには、次式で推定してよいとしている。

$$Q = 0.1\ell^2$$

図 2.4.5 は、大湧水トンネル 30 例 (表 2.4.3) について総湧水量とトンネル延長との関係を示したもので、このような特例の場合の計算式として

$$Q = 4\ell^{0.32}$$

を提案している。

また、トンネル湧水量をトンネル延長で割って比湧水量に換算したものを縦軸にとり、横軸に地質を示してあらわしたのが図 2.4.6 である。この図により、地質別にみた比湧水量というものを表 2.4.4 で提案している。

(前年度報告のアンケート結果の分析における記述)

表 2.4.5 は、比湧水量を 9 階級に区分し、岩質別にそれぞれの階級での出現数、出現頻度を求めたものである。表の最後に示されたものは、全トンネル数に対す

る出現率（64％）である。

全岩質を対象とした場合、比湧水量が $2500 \text{ l}/\text{分}/\text{km}$ 以下のトンネルは、53％を示しており、 $5000 \text{ l}/\text{分}/\text{km}$ 以下なら、73％を示している。従って、 $5000 \text{ l}/\text{分}/\text{km}$ のトンネルは、27％（約 1/4）である。 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}^3/\text{分}/\text{km}$ のトンネルは、93％、 $1 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{分}/\text{km}$ は 9.3％であり、約 2 割のトンネルは $0.5 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{分}/\text{km}$ の湧水トンネルである。

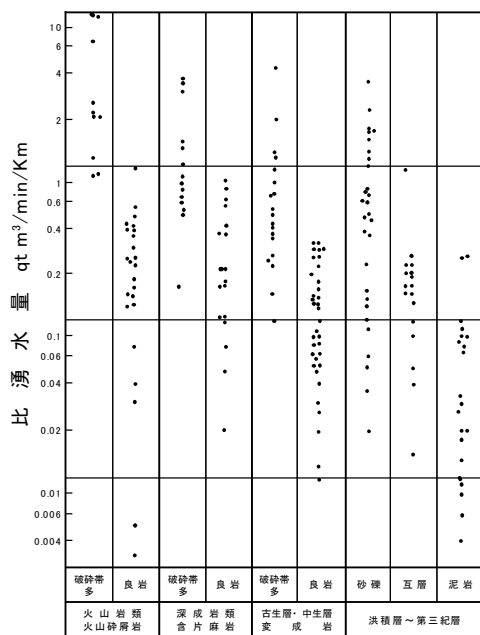


図 2.4.6 地質別比湧水量

表 2.4.4 地質別みたトンネル比湧水量

地 質 分 類		比湧水量の範囲	平均比湧水量
		$\text{m}^3/\text{min}/\text{Km}$	$\text{m}^3/\text{min}/\text{Km}$
火 山 岩		0.85～10	3.71
火山砕屑岩		0.035～0.9	0.30
深成岩類		0.17～3.8	1.38
含片麻岩		0.018～0.84	0.20
古 生 層		0.10～4.5	0.79
中 生 層		0.0～0.95	0.17
第三紀～洪積世	砂 礫 層	0.02～3.6	0.84
	砂岩・頁岩・凝灰岩	0.014～0.95	0.25
	泥 岩	0.0～0.26	0.07

表 2.4.5 岩質別、比湧水量別出現数、出現頻度

階級	比湧水量 $\text{m}^3/\text{分}/\text{Km}$	(1) 中古生層	(2) 深成岩	(3) 変成岩	(4) 火山岩・ 火山砕屑岩	(5) 砂れき	(6) 泥岩・砂岩	(7) 火山泥流	全 体	
1	0～0.25	7 0.437	4 0.363	1 1.00	6 0.375	3 0.750	12 0.923	1 0.333	34	0.531
2	～0.50	5 0.312	4 0.363	0	3 0.187	0 0	0 0	1 0.333	13	0.203
3	～1.00	1 0.0625	1 0.090	0	3 0.187	0 0	1 0.077	0 0	6	0.093
4	～1.50	1 0	2 0.181	0	1 0.062	1 0.250	0	1 0.333	6	0.093
5	～2.00	0 0.125	0 0	0	0 0	0 0	0	0 0	0	0
6	～2.50	2 0	0 0	0	0 0	0 0	0	0 0	2	0.031
7	～3.00	0 0	0 0	0	1 0.062	0 0	0	0 0	1	0.015
8	～4.00	0 0	0 0	0	1 0.062	0 0	0	0 0	1	0.015
9	4.00 以上	0	0 0	0	1 0.062	0 0	0	0 0	1	0.015
	対象トンネル数	16	11	1	16	4	13	3	64	
	全トンネル数	30	11	1	28	6	19	4	99	

また、 $0\sim 1.0\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ のトンネルは全体の 82%を占め、 $0\sim 1.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ のものなら 91%を占める。このことからトンネル湧水は、殆んどが $1.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以内にあると考えられる。 $1\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以上の湧水トンネルは、約 2割(18%)であるが、 $2\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以上は、8%、 $3\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以上 3%、と極めて小さくなっている。最大は、 $15.6\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ であるがこれは特殊なものであろう。

岩質別に調べてみると、各岩質毎に十分なデータがあるとは云えないが概ね 10 以上のデータがある。中古生層砂岩①、深成岩②、火山岩・火山砕屑岩④、泥岩・砂岩⑥について良い特徴が出ていると思われる。

① 中古生層は、トンネル 30 本に対し、16 本が数値扱いが可能であった。 $2500\text{分}/\text{km}$ 以下は、全体の 44%、 $0\sim 0.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ は、全体の 75%を示す。この地質で特徴的なのは、 $1\sim 2.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ が、約 2割を占めることである。

② 深成岩は、11 本のトンネル全部が数値扱いが可能であった。 $2500\text{分}/\text{km}$ 以下は、36%、 $0\sim 0.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ は全体の 73%を占めることから、 $0.25\sim 0.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ のものが中古生層 (31%) に対し、36%とやや多い。 $1\sim 1.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ のものは、18%を占め、著しく大きなものはない。

④ 火山岩・火山砕屑岩は、 $2500\text{分}/\text{km}$ 以下は 37%と深成岩とほぼ同じ値である。しかし、 $0\sim 0.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ のものは 56%であり、中古生層 (75%)、深成岩 (72%) と比較して小さい。反面、 $1\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以上のものは 25%を占め、深成岩の値 (18%) に対してもかなり大きい。 $1.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以上でも、深成岩 (0%) に対し火山岩は 19%を占める。このように、火山岩・火山砕屑岩のトンネル湧水は、小さいものから非常に大きなものまであり、湧水・湧水予測のむずかしいトンネル地質であると云える。

⑥ 泥岩・砂岩は 19 本のトンネルのうち 13 本が数値扱いができた。この岩質の比湧水量は、他と比較して $0\sim 0.25\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ が 92%も占め、殆んど水の無いトンネル地質であることを示している。しかし、砂岩層 (恐らく第三紀) を狭在する割合や中新世よりも古い亀裂のものが、約 8%を占めている理由と推定される。この層では、 $1\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 以上の比湧水量を占めるものは無い。

その他の岩質 (変成岩、砂礫、火山泥流) についてはそれぞれ、1 本、4 本、3 本と、データが少なく十分な分析は困難と考えられる。

変成岩 1 本のトンネルは、 $0.25\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ が、4 本のうち 3 本 (75%)、 $1\sim 1.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ が 1 本 (25%) である。

火山泥流は、4 本のトンネルのうち 3 本数値扱いができて、 $0\sim 0.25\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 1 本、 $0.25\sim 0.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 1 本、 $1\sim 1.5\text{m}^3/\text{分}/\text{km}$ 1 本を示した。

土被りと比湧水量の関係は、土被りが水頭即ち水圧として大きく作用するので同一の地質条件なら相関が得られて良いはずである。

このような考え方から各岩質ごとに作成された相関図を図 2.4.7 に示す。

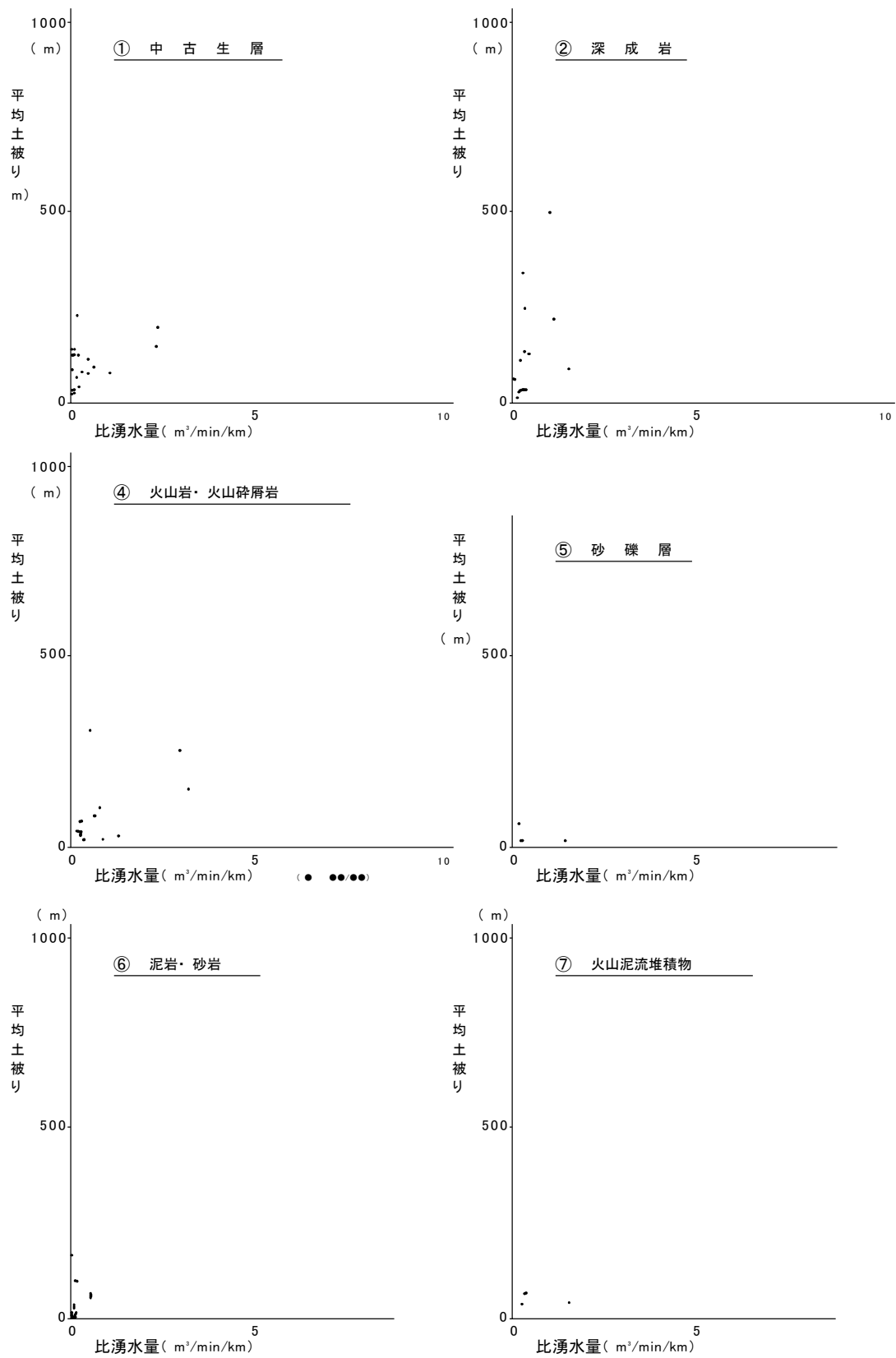


図 2.4.7 岩質別比湧水量と平均土被り

図 2.4.8 に示す岩質と比湧水量の頻度図は、表 2.4.5 の出現頻度をグラフ化したものである。この図は、各岩質にどの程度の比湧水量が出現するかを予想する上で、1つの目安として利用できるが、具体的にトンネルの湧水量を推定する手段としては実用性がない。

次に、トンネル延長と恒常湧水量の関係を図 2.4.9 に示す。ここでは、上下線のあるトンネルでは、上下線の恒常湧水量の和をトンネル1本当たりと考えて算出している。

図 2.4.9 からは、トンネル延長の増大とともに恒常湧水量の増加傾向はうかがえるが、バラツキが大きく、かつ、3km を超える延長のトンネル資料が少ないため、明瞭な関係は求められない。

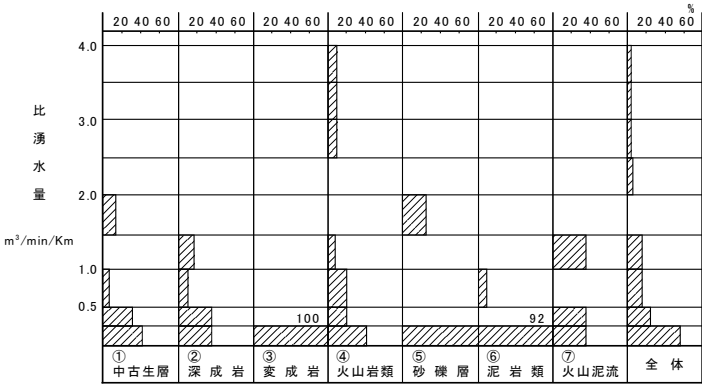


図 2.4.8 岩質と比湧水量の頻度図

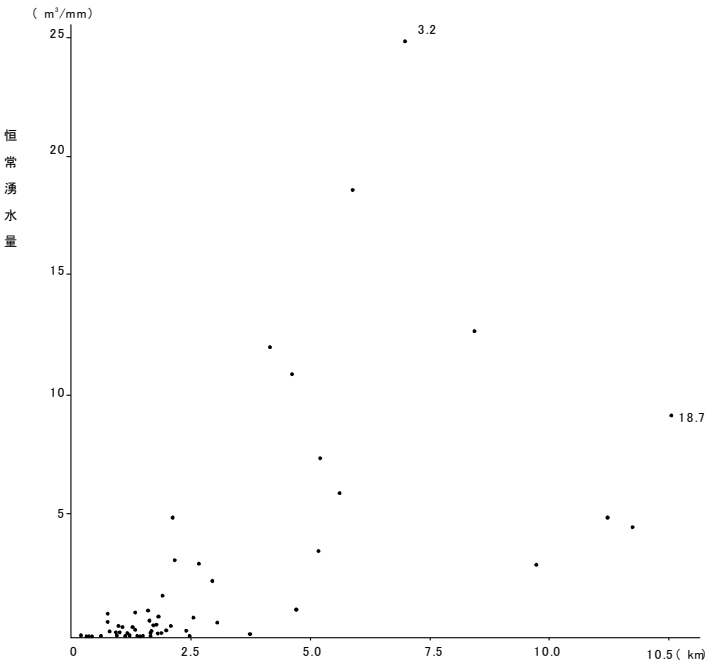


図 2.4.9 トンネル延長－恒常湧水量

しかし、これらの提案は、ともにトンネル延長のみの関数であり、湧水量を決定する大きな要素である土被り、集水盆地の下を通過する場合等の地形的条件、トンネル通過地域の降水量等の気象条件等が考慮されておらず、この方法のみで、恒常湧水量を決定するのは問題がある。

そこで、土被り、トンネル径、各種地盤定数を考慮した次のような方法を提案する。

まず、トンネルの中心から a の高さに水平な等ポテンシャル線を置き、それを越して流入する流量（地表面近くまで貯留されていた水が、一時にトンネルに向かって流出するような初期状態の湧水）に関して、次式が提案されている。

$$q = 2\pi k \frac{a}{\ln 4a/d} \cdots \cdots (1)$$

k : 透水係数

a : 水頭

d : トンネル径

ここで、大胆ではあるが、トンネル中心の水頭 a を平均土被り厚と仮定して、上式を恒常湧水量を求める式として用いる。

前述した表 2.4.2. のデータについて、 $\frac{a}{\ln 4a/d}$ ($=x$) と q との相関を表したものを図 2.4.10 に示す。

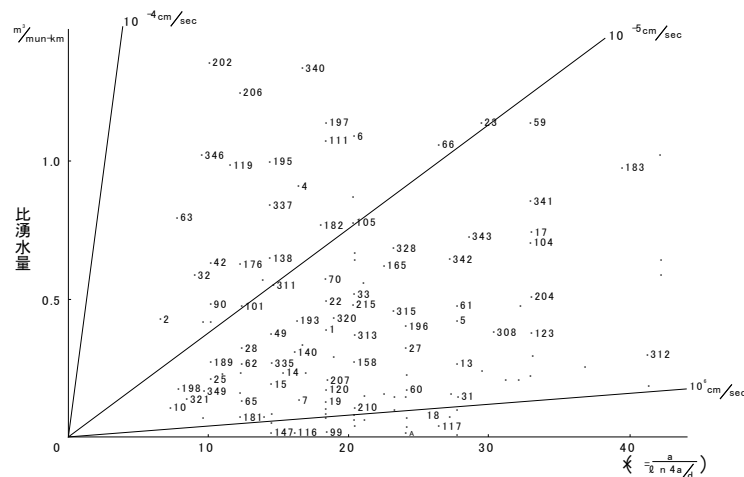


図 2.4.10 比湧水量と $\frac{a}{\ln 4a/d}$ との相関

この相関図に透水係数の直線を引いて検討してみると、地質的分類と透水係数上の分類がだいたい一致すると判断される。

そこで、池田が提案している岩質と P 波速度による地山分類（表 2.4.6）を用い分類物に対応する透水係数を図 2.4.11 のように提案する。

この手法を用いて、湧水量、地質状態、弾性波速度が既知のトンネルについて、表 2.4.6 により、地山を分類し、それに対応する透水係数を図 2.4.11 により求め、(1) 式より比湧水量を求めてみた。

表 2.4.6 地山分類 (数値は km/sec)

分 類		1	2	3	4	5	6	7	備 考
岩	A	>5.0	5.0~4.4	4.6~4.0	4.2~3.6	3.8~3.2	<3.4		
	B		>4.8	4.8~4.2	4.4~3.8	4.0~3.4	<3.6		
	C	>4.8	4.8~4.2	4.4~3.8	4.0~3.4	3.6~3.0	<3.2		
質	D	>4.2	4.2~3.6	3.8~3.2	3.4~2.8	3.0~2.4	<2.6		
	E			>2.6	2.6~2.0	2.2~1.6	<1.8	<1.4	
	F					1.8~1.2	1.4~0.8	<1.0	

- 1) 切羽に湧水がついてまわるようであれば分類を一段階おとす。
- 2) 膨張性岩石（蛇紋岩、変朽安山岩、石墨片岩、泥岩、ベントナイト質凝灰岩、温泉余土、などは速度値にとらわれず 7 として考える。この場合の速度は 4.0km/sec より小さく、ボアソン比は 0.3 より大きい。
- 3) 風化岩でボアソン比が 0.3 より小さい場合は、分類を 1、2 段階あげる。

分 類	岩 質	地 質 状 況	土 圧
		き裂、風化、破碎、固結程度	
1	A、C、D	マッシュで硬い	作用しない
2	A C、D	堅硬で、き裂間隔 50~100 cm き裂少ない	
3	A、B C D E	き裂多い、破碎質、ところどころ小断層をはさむ 中~軟岩、ところどころ小断層をはさむ、き裂間隔 30~70 cm き裂少ない、中~軟岩 マッシュな軟岩	ときどき作用する
4	A、B C D E	破碎質、き裂多く風化進む き裂多い。破碎質、軟岩、小断層多い 破碎質、軟岩、き裂多い 軟岩、固結度低い	作用する場合が多い
5	A、B C D E F	破碎質、風化はなはだしい 破碎質、小断層多い、風化進む 破碎質、軟岩、風化進む 軟岩、固結度低い 軟岩、固結度低い	多くの場合作用する
6	A、B、C D、E F	破碎質、非常に風化している 破碎質、軟岩、風化進む、固結度低い 固結度低い、風化進む	
7	E、F	固結度非常に低い	

- 注：A. ①古生層、中生層の粘板岩、砂岩、れき岩、チャート、石灰岩、輝緑凝灰岩など②深成岩（花崗岩、花崗せん緑岩、せん緑岩、はんれい岩など）③半深成岩（石英斑岩、花崗斑岩、ひん岩、輝緑岩、蛇紋岩など）④火山岩（玄武岩）⑤変成岩（結晶片岩、千枚岩、片麻岩、ホルンフェルスなど）
- B. ①はく離の著しい変成岩②細層理の発達した中・古生層
- C. ①中生層の一部（けつ岩、砂岩、輝緑凝灰岩など）②火山岩（流紋岩、安山岩など）③古第三紀層の一部（火山質凝灰岩、珪化けつ岩、砂岩、凝灰岩など）
- D. 第三紀層（泥岩、けつ岩、砂岩、れき岩、凝灰岩、角れき凝灰岩、など）
- E. 新第三紀層～洪積層（泥岩、シルト岩、砂岩、砂れき岩、凝灰岩、段丘、崖錐、火山碎屑物）
- F. 洪積層～沖積層（粘土、シルト、砂、砂れき、火山噴出物、ローム、扇状堆積物、崖錐、段丘）

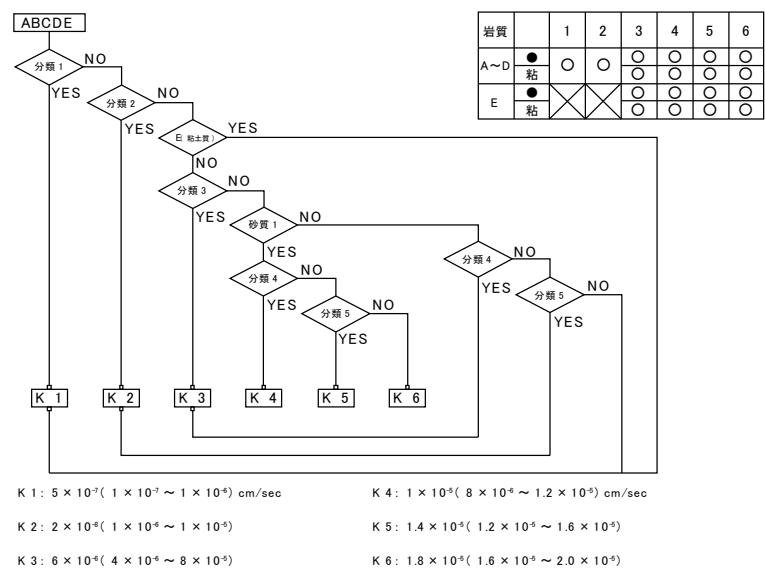


図 2.4.11 地山分類に対応した透水係数

その結果として、図 2.4.12 に上述の手法により得た推定湧水量と実測湧水量との相関図を示す。

この図において、実測湧水量と推定湧水量との相関図を求めると、 $Y=0.96X+0.10$ となり、相関係数は 0.95 である。

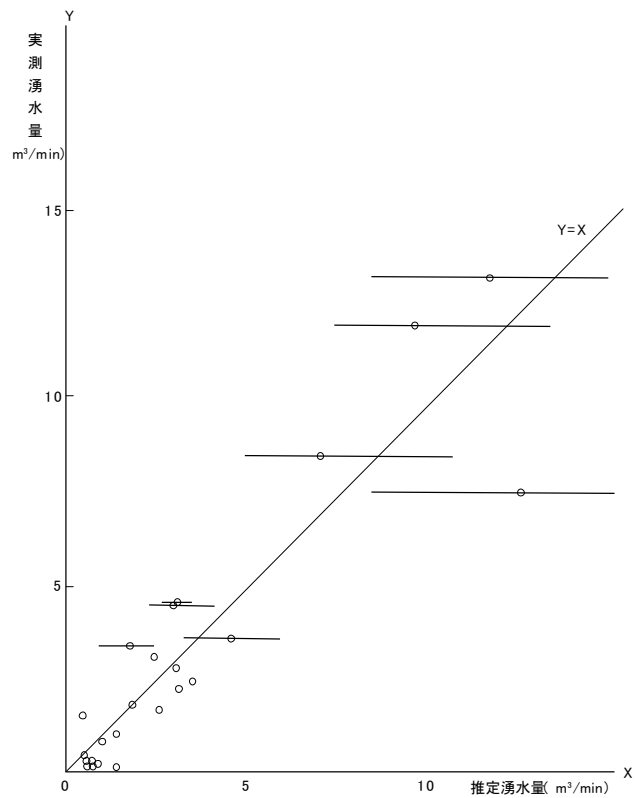


図 2.4.12 推定湧水量と実測湧水量との相関

データ数が少なく、現段階でこの手法の良し悪しを判断するのは早計と思うが、地形、地質条件等を考慮に入れている点で一步前進したものと言える。

しかし、図 2.4.11 において提案している透水係数は、単に中間値であり、図 2.4.12 において、 $Y=X$ の直線より上方にプロットされるものについては、中間値より大きくとった方が、また、下方にプロットされるものについては、中間値より小さくとった方が、より実側に近づく事は明らかで、現段階では、一応中間値を提案しているが、実際に推定する場合は、ある範囲を持たせて検討すべきである。

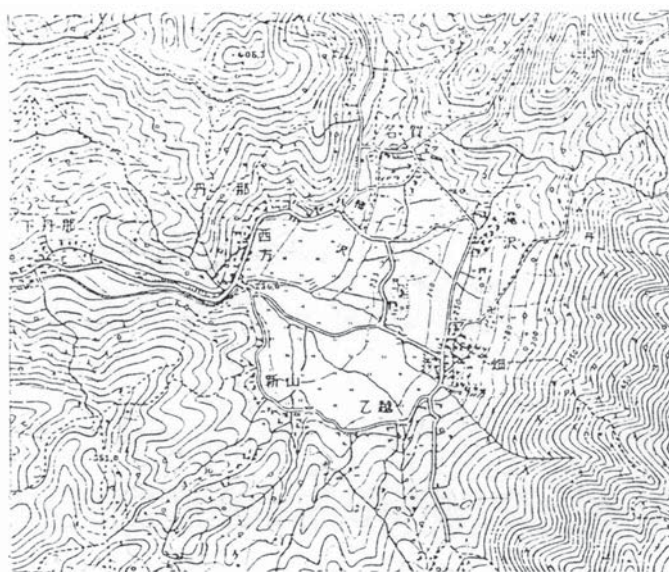


図 2.4.13 集水地形の例



図 2.4.14 河川がトンネルに平行している例

また、地形的条件として、現段階では左右ほぼ対称な土被りの地形を想定しており、図 2.4.13 のような地下水の集まりやすい盆地の下や、図 2.4.14 のように河川の下を横断したり、近接して、河川が平行に流れていたりする場合には土被り以上に湧水量が大きい場合が多く、図 2.4.15 のような偏地形の場合には、逆に湧水量が小さい場合が多い。

以上の問題点の他にも、地山分類を行なう段階で、ある程度の地質に対する素養を必要とするなどの問題点もあり、今後、他のトンネルのデータによる検証や、地形的条件（盆地、河川等）、気象条件（降水量等）の係数導入等の改良を行なう必要がある。

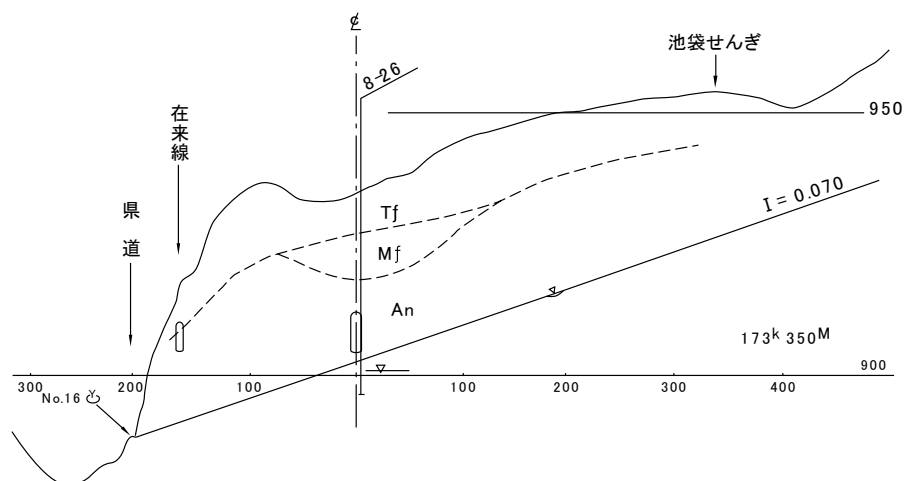


図 2.4.15 偏地形の例

(c) 既設トンネルに近接して施工された場合のトンネルの湧水量

既設トンネルに近接して施工される新トンネルのトンネル湧水量を統計的に予測することは、データ数の少ない現段階では、不可能なので参考事例として、東海道本線の新丹那トンネル、上越線の新清水トンネルにおける旧トンネルとの位置と湧水量との関係について述べるにとどめる。

(i) 施工基面が旧トンネルが上位に設けられた例（新丹那トンネル）

東海道本線の新丹那トンネルと、東海道新幹線の新丹那トンネルは、図 2.4.16 に示したように、熱海市と函南町間に位置する約 8.5km のトンネルである。新トンネルは、旧トンネルに対して水平方向で北へ 50m、鉛直方向で 4m ほど高く、ほぼ平行している。旧トンネルによる地下水低下面よりほぼ上部に新トンネルが位置しているため、施工中、竣工後の湧水量はともに少ない。すなわち、新トンネル着工前のトンネルの湧水量は $75.7\text{m}^3/\text{min}$ であったものが、新トンネル完成後は、旧トンネルで $72.0\text{m}^3/\text{min}$ (5%減)、新トンネルで $6.1\text{m}^3/\text{min}$ 、(総計に対する比率 8%)、総計で $78.1\text{m}^3/\text{min}$ の湧水量で約 3% の増加にしかっていない。旧トンネルが 16 年を要したのに対し、新トンネルは 4 年で完成して

いる。これは旧トンネル建設時と比較して建設技術の飛躍的向上があったことも原因しているが、旧トンネルによって地下水位がほとんど低下された部分の施工であったことも大きく貢献している。



図 2.4.16 丹那・新丹那トンネル位置平面図

(ii) 施工基面が旧トンネルより下位に設けられた例（新清水トンネル）

上越線の清水トンネルと同、新清水トンネルは、図 2.4.17 に示すように上越国境の谷川連峰直下を抜く山岳トンネルである。新トンネルは、旧トンネルに対し、水平方向で南へ 100m 離れで平行している。しかし鉛直方向では、終点方坑口で同レベル、茂倉、新茂倉駅で約 60m、土合駅で約 80m と新トンネルの方が低い位置にある。そのため新トンネル完成後旧トンネルにあった湧水量の大半が新トンネルの方へ奪われてしまう結果となっている。すなわち、新トンネル着工前の清水トンネルの湧水量は約 $26 \text{ m}^3/\text{min}$ であったものが、新トンネル完成後は $3.3 \text{ m}^3/\text{min}$ と約 87% も減少している。これに対し新トンネルは $43.5 \text{ m}^3/\text{min}$ の湧水量で、トータル $46.8 \text{ m}^3/\text{min}$ となり、旧トンネル時の 1.8 倍に増加している。この増加の原因は、トンネル延長が長くなったことだけでなく、施工基面がさらに下になり、集水面積が広がったことが影響している。

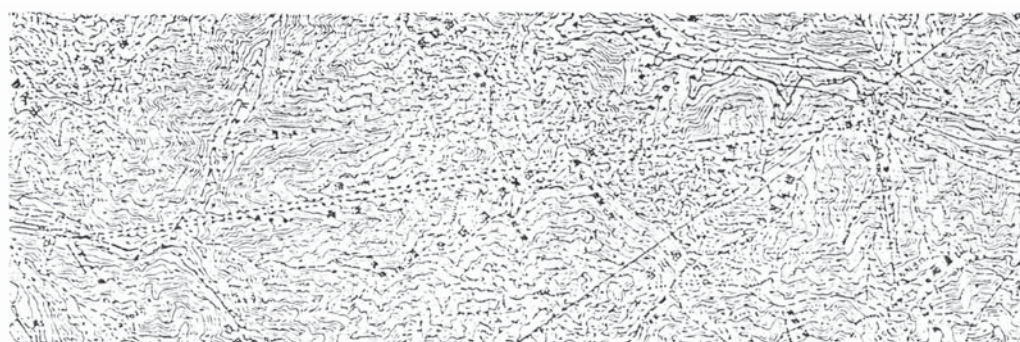


図 2.4.17 清水・新清水トンネル位置平面図

表 2.4.2 トンネル恒常湧水の分類総括表 (1) ○：破碎帯多いもの、F：断層の数

No.	トンネル名	延長 L (m)	建設 年月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q (m³/min ka)	土被り (m)			地質別構成率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水文学的試験				
							最大	最小	平均			Q ℓ/S	A kd	qe ℓ/S kd	At kd	2R km
1	大岸	2154	S. 43 12	複	0.840	0.390	80	—	60	A (100)		14	0.7	20		0.33
2	クリヤ	1696	S. 43 3	単	0.720	0.425	30	—	15	An (100)		12	0.6	20		0.35
3	元室蘭	1005	S. 42 8	複	水なし	0	35	—	20	Ms (40) Cg (60) 第四紀		0	—	—	—	—
4	尾路遠	1059	S. 15 10	単	0.960	0.907	100	50	60	Cd (50) An (50)		16	0.8	20		0.75
5	稲穂	1776	M. 37 7	〃	0.740	0.417	200	—	120	Ba (40) Ms . Ss . Cg (32) An . Tb (28)		12	0.6	20		0.34
6	倶知安	1012	S. 37 10	〃	1.100	1.080	170	—	80	Rh (27) . Ss . Cg (73) 第四紀		18	0.92	20		0.9
7	第1目振	1290	S. 33 10	〃	0.170	0.130	80	—	60	Ss . Cg . Tf (100) 中生層		2.8	0.58	5		0.44
8	三岩	1000	S. 37 12	〃	0.010	0.010	200	—	100	Sch . Po (100) 中生層		1.5	0.3	5		0.3
9	新ねずみの鼻	1236	S. 38 7	〃	0.047	0.038	180	—	80	An (100) 第三紀		0.8	0.16	5		0.13
10	ねずみの鼻	1199	S. 3 9	〃	0.153	0.128		—	20	火山砕屑岩類 . Ms . Ss (100) 第三紀		2.6	0.13	20		0.11
11	第2静狩	1548	S. 3 9	〃	0.115	0.074	110	70	80	Ss . Cg (60) An (40) 第三紀		1.9		20		0.06
12	新静狩	1924	S. 38 6	〃	0.005	0.003	250	—	120	An . Rh (100) 第三紀		0.1	0.004	20		—
13	白神	2980	S. 17 5	〃	0.780	0.262	200	—	120	Di (20) An . Rh (42) Ms . Ss (38) 第三紀		13	0.65	20		0.22
14	福島	1110	S. 13 12	〃	0.260	0.234	80	—	60	Ms . Ss . Cg (27) Tf . Ss (72) 第三紀		4.3	0.22	20		0.2
15	新峠下	1250	S. 31 11	〃	0.240	0.192	80	—	50	Ag . Tf . Tb . 溶岩 (100) 第三紀		4.0	0.22	20		0.2
16	空知	2255	S. 41 3	〃	0.196	0.078	140	—	70	Ms . Tf . Sh (100) 第三紀		3.3	0.22	15		0.1
17	新狩勝	5790	S. 40 6	〃	4.242	0.732	280	—	150	Ms . Tf . Sh (100)		71	2.36	30		0.4
18	第1伊梢	1235	S. 43 8	複	0.089	0.072	200	—	100	Sl . Ss . Sch (100) 古生層		1.5	0.15	10		0.12
19	嵐山	1300	S. 44 5	〃	0.165	0.122	100	—	60	Sl . Ss . Sch (100) 古生層		2.8	2.75	10		0.21
20	第2出竜	1005	S. 16 10	単	1.812	1.803	60	—	40	Ss . Cg (100) 第三紀	○	30.2	1.0	30		1.0
21	名雨	1530	S. 15 10	〃	2.316	1.514	70	—	40	Ss . Cg (100) 第三紀	○	38.6	1.3	30		0.87
22	下平	1256	S. 40 7	〃	0.621	0.494	200	20	70	Ss . Sh (100) 第三紀		10.3	0.51	20		0.42
23	石北	4329	S. 7 10	〃	4.908	1.134	300	—	130	Sl . Gset (100) 古生層	○	81.8	4.1	20	39	0.95
24	金田一	1247	S. 42 5	複	0.120	0.097	100	—	60	Ss . Cg (100) 第三紀		2.0	0.1	20		0.08
25	大沢田	1427	S. 32 3	単	0.300	0.210	50	—	30	Ss . Tf . Sh (100) 第三紀		5.0	0.25	20		0.18
26	第1浅岸	1184	S. 3 9	〃	0.060	0.051	80	—	50	Sch (13) . Sl . Sh (87) 古生層		1.0	0.1	10		0.1
27	第1飛鳥	2263	S. 3 9	〃	0.720	0.317	200	—	100	Sh . Sh (87) . Sch (9) . Ch . Qt (4) 古生層		12.0	1.2	10		0.53
28	第3飛鳥	1118	S. 3 9	〃	0.360	0.323	70	—	40	Sl . Sh (100) 古生層		6.0	0.6	10		0.55
29	押角	2987	S. 22 12	〃	0.300	0.100	110	—	70	Sl . Sh . SS (100) 古生層		5.0	0.5	10		0.17

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (2) ○：破砕帯の多いもの、F：断層の数

No.	トンネル名	延 長 L (m)	建 設 年 月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破砕帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
30	足 ヶ 瀬	1931	S. 25 10	単	0.060	0.031	200	—	100	Sl・Sh (87) Sch (13)	F. 1	1.0	0.2	5		0.1
31	土 倉	2975	S. 25 6	〃	0.420	0.141	180	—	120	Sl・Sh (13) Sch (80) Qt・Ch (7)		7.0	1.4	5		0.47
32	第 2 大 橋	1280	S. 25 6	〃	0.300	0.234	100	—	60	Sl・Sh (92) Sch (8)	F. 1	5.0	1.0	5		0.78
33	仙 人	1514	S. 36 12	〃	0.780	0.515	150	—	80	Gr・Gn (100)	○	13.0	0.9	15		1.5
34	板 ● 野	1321	S. 36 8	〃	0.780	0.590				Ss・Tf・Sh (100)	○	13.0	0.65	20		0.5
35	飯 盛	1009	S. 6 6	〃	0.180	0.178				Gr・Gf (100)		3.0	0.2	15		0.2
36	佐 野	1649	S. 44 1	〃	0.120	0.073				Sl・Sh (100)		2.0	0.13	15		0.08
37	綾 里	2060	S. 44 1	〃	1.200	0.405	210	—	120	Sch・Sl・Sh (100)	○	20.0	1.0	20		0.33
38	院内 (上り)	1237	S. 37 7	〃	0.096	0.078	180	—	120	Sh・Ss・Tf (100)		1.6	0.32	5		0.25
39	〃 (下り)	1356	S. 43 9	〃	0.111	0.082	100	—	50	Sh・Ss・Tf (100)		1.85	0.37	5		0.28
40	大 積 迦	1768	S. 38 5	〃	0.015	0.009				Tf (17) Ss (83)		0.25	0.05	5		0.03
41	板 ● 山	688	T. 10 11	〃	0.029	0.042				Sh・Ss・Tf (100)	○	0.48	0.1	5		0.14
42	目 上	2333	S. 41 12	〃	1.476	0.633			30	Gr・Gn (100)	○	24.6	1.64	15		0.70
43	第 2 馬 下	2271	S. 43 2	〃	0.218	0.096				Gr・Gn (100)		3.63	0.36	10		0.15
44	新 勝 木	1987	S. 43 5	〃	0.139	0.070				Gr・Gn (100)		2.32	0.23	10		0.12
45	鼠 ケ 関	1525	S. 44 1	複	0.229	0.150				Ss・Tf・Sh (100)		3.82	0.77	5		0.52
46	住 吉 山	266	T. 12 8	単	0.069	0.260				火山岩・火山砕屑岩類 (100)		1.15	0.57	20		1.9
47	森 ケ 沢	456	T. 11 10	〃	0.176	0.378				火山岩・火山砕屑岩類 (100)		2.93	0.15	20		0.3
48	第 2 笠 取	808	S. 12 3	〃	0.029	0.036				Cg・Tf・Ss (100)		0.48	0.025	20		0.03
49	新 矢 引	1475	S. 42 4	〃	0.550	0.372	90	—	50	Ss・Tf・Sh (100)		9.17	1.84	5		1.3
50	矢 引	1408	T. 11 5	〃	0.125	0.089	130	—	70	Cg・Tf・Sh (100)		2.08	0.11	20		0.37
51	宇 津	1279	S. 8 10	〃	0.600	0.470				Ss (20) Ss・Ms・Slit (39)	F. 1	10.0	2.0	50		1.5
52	船 報	724	S. 43	〃	0.162	0.224				Gr・Gn (100)		2.7	0.18	15		0.25
53	豊 実	712	S. 43	〃	0.120	0.170				Gr・Gn (100)		2.0	0.13	15		0.19
54	平 顔	2006	T. 3 11	〃	0.102	0.051				火山岩・火山砕屑岩類 (48) . Rh・An (52)		1.7	0.09	20		0.04
55	水 上	1700	S. 40 11	〃	0.180	0.106				Gr・Gn (100)		3.0	0.2	15		0.12
56	第 1 鴻 桧 曾	1753	S. 6 9	〃	0.420	0.240				Cg (51) Tf (35) Gr (14)		7.0	0.47	15		0.27
57	新 階 水	13500	S. 42 3	複一部単	40.800	3.022	1200	100	550	入口 Ss・Cg・Tf (28) Qd (52) Gr (13) Hf (7) 出口 Qd (92) Hf (8)	○ F. 7	680.0	2.27	30	216	1.68
58	階 水	9702	S. 6 9	〃	14.460	1.490	1200	—	600	入口 Qd・Gr (55) Gp (15) Hf (30) 出口 Qd・Gr (94) Ss・Cg・Tf (6)	○ F. 8	241.0	8.0	30	116	0.83

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (3) ○：破砕帯多いもの、F：断層の数

No.	トンネル名	延長 L (m)	建設 年月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破砕帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
59	新 松 川	3394	S. 39 3	単	3.840	1.131	400	—	150	Ss・Cg (100)	○	64.0	3.2	30		0.94
60	第 1 松 川	1762	S. 6 9	〃	0.300	0.170	260	—	100	Tf (3) Ss・Sh (83) Sh (14)		5.0	0.5	10		0.29
61	第 2 松 川	1643	S. 6 9	〃	0.780	0.475	200	—	120	Sh (40) Sh・Ss・Tf (19) 粘土 (11)		13.0	0.65	20		0.40
62	新 福 島	1163	S. 38 8	〃	0.390	0.267	80	20	40	Ss・Tf・Sh (100) 第三紀		6.5	0.65	10		0.15
63	中 山	1205	S. 41 6	複	0.960	0.800			20	Ss・Tf・Sh (100) 第三紀	○	16.0	1.6	10		1.33
64	新 ● 峠	1372	S. 42 5	単	0.099	0.672	70	—	40	Ms (100) 第三紀		1.65	0.33	5		0.24
65	第 2 米 山	1397	S. 42 8	複	0.180	0.129	80	30	40	Ms・Ss (100) 中生層		3.0	0.6	5		0.43
66	塚 山	1766	S. 42 8	〃	1.860	1.053	150	—	100	Ms・Sg (100) 第三紀	○	31.0	2.07	15		1.17
67	第 2 白 坂	2091	S. 35	単	0.136	0.065	100	30	60	Sl・Ss・Ch (100)		2.4	0.24	10		0.12
68	普 知 鳥	1678	S. 39 6	〃	0.060	0.036	160	—	80	Sl・Ss・Ch (76) Ls (24) 古生層	F. 1	1.0	0.1	10		0.06
69	鳥 居	2157	S. 43 8	複	0.025	0.012				Ch (25) Sl・Ss・Ch (70) Ss・Cg (5) 古生層		0.4	0.04	10		0.02
70	第 2 羅 天	1325	S. 45 8	単	0.725	0.547	100		60	Gr (89) 火山岩・火山砕屑岩類 (11)	F. 1	12.0	0.81	20		0.61
71	第 1 羅 天	1485	S. 43 11	〃	0.185	0.124		—		Gr・火山岩・火山砕屑岩類 (100)		3.1	0.16	20		0.11
72	第 2 芳ヶ沢	640	S. 42 6	〃	水なし	0				Gr・Gn (100) 第三紀		—	—	15		—
73	〃 (下り)	1090	S. 31 6	〃	0.456	0.418	50		30	Gr・Gn (100) 第三紀		7.6	0.51	15		0.46
74	松川 (上り)	1020	S. 42 8	〃	0.014	0.012				Sct (100) 古生層		0.25	0.025	10		0.025
75	〃 (下り)	1048	S. 35 5	〃	0.053	0.051				Sct (100) 古生層		1.0	0.1	10		0.1
76	大 日 向	1025	S. 42 8	〃	水なし	0				火山岩・火山砕屑岩類 (100) 第三紀		—	—	20		—
77	第 1 大日向	440	S. 43 10	〃	0.013	0.03				火山岩・火山砕屑岩類・Gr・Gn (100) 第三紀		0.2	0.014	15		0.03
78	環金 (上り)	2141	S. 39 2	〃	0.645	0.307				火山岩・火山砕屑岩類 (100) 第三紀	○	10.75	1.075	15		0.502
79	〃 (下り)	2081	S. 45 3	〃	0.360	0.171				火山岩・火山砕屑岩類 (100) 第三紀	○	6.0	0.4	15		0.2
80	板 谷 峠	1964	S. 43 10	〃	0.126	0.064	170	—	100	Ss・Tf・Sh (100) 第三紀		2.1	0.4	5		0.2
81	第 1 板谷峠	480	S. 32 5	〃	0.007	0.014				Ss・Tf・Sh (100) 第三紀		0.1	0.02	5		0.04
82	塩釜 (下り)	1212	S. 36 5	〃	0.714	0.589	40	—	25	Ss・Cg (100) 第三紀		12.0	0.6	20		0.5
83	〃 (上り)	1214	S. 19 11	〃	4.260	3.500	40	—	25	Ss・Cg (100) 第三紀		20.0	3.55	30		2.92
84	仙 山	5361	S. 12 5	単一部複	1.206	0.224	900	—	450	入口 Gn (100) 出口 Gn (6) Sh (78) Tf (16)		20.0	1.34	15		0.25
85	滝	1615	S. 32 5	単	0.052	0.032				Tf (15) Rh (85) 第三紀	F. 1	0.9	0.045	20		0.03
86	本 名	1452	S. 32 4	〃	0.410	0.282				Tf (100) 中生層		6.83	0.34	20		0.24
87	滝 原	1026	S. 14 10	〃	0.223	0.217				Rh (100) 第三紀		3.72	0.186	20		0.18

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (4) ○：破碎帯多いもの、F：断層の数

No.	トンネル名	延 長 L (m)	建 設 年 月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
88	舟 子	1148	S. 6 9	単	0.165	0.143				火山碎屑岩 (26) 堆積岩 (74)		2.75	0.14	20		0.13
89	新 小 仏	2594	S. 38 11	〃	0.557	0.215	300	—	150	古生層 (100)		9.35	0.93	10		0.36
90	新 与 瀬	2190	S. 42 1	〃	1.060	0.484	50	—	30	入口 Lo (22) Ss・Sl (78) 出口 Ss・Cg・砂・礫 (100)		17.6	1.76	10		0.8
91	新 倉	1318	S. 39 3	〃	0.026	0.019				Ss・Cg・砂・礫 (100)		0.3	0.06	5		0.05
92	御 前 山	1552	S. 43 5	〃	0.120	0.077				Ss・Tf・Sh (100)		2.0	0.4	5		0.27
93	新 笹 子	4670	S. 40 6	〃	0.420	0.089	500	—	250	入口 Sch (9) 出口 Ms (47) Ss (9) Hf (11) Gr (24)	○	7.0	0.7	10		0.15
94	笹 子	4656	S. 36 2	〃	0.760	0.163	500	—	250	Sch (16) Ms (72) Ss (12)	○	12.7	1.27	10		0.27
95	深 沢	1105	S. 35 6	〃	0.020	0.018				Gr・Gn (100)		0.3	0.02	15		0.02
96	新 深 沢	1632	S. 42 3	〃	0.520	0.319				古生層 (100)		8.7	0.9	10		0.56
97	新 大 日 影	1412	S. 42 1	〃	0.080	0.057				Qd (100)		1.33	0.13	10		0.1
98	新 鶴 瀬	1252	S. 42 9	〃	0.100	0.080				Qd (100)		1.67	0.17	10		0.14
99	大 日 影	1368	M. 36 11	〃	0.020	0.015	130	—	70	Qd (100)		0.33	0.033	10		0.03
100	水 川	1270	S. 19 7	〃	水なし	0	180	—	90	Ss・Sh・Sch (35) Ss・Cg (53) Tb (12)		—	—	10		—
101	新 余 呉	1760	S. 40 3	〃	0.820	0.466	60	—	40	Ss・Tf・Sh (100)	○	13.7	1.37	10		0.78
102	余 呉	1707	S. 32 10	〃	0.480	0.281				Ss・Tf・Sh (100)		8.0	0.8	10		0.47
103	新 深 坂	5173	S. 41 10	〃	2.340	0.452	400	—	250	入口 Gr (56) Gr (風化 19) 砂 25 出口 Gr (風化 56) Gr (44)	○	39.0	1.56	25		0.3
104	深 坂	5170	S. 32 10	〃	3.720	0.735	200	—	150	Gr (100)	○	54.5	2.18	25		0.42
105	第 2 衣 掛	1319	S. 38 7	〃	1.020	0.773	150	—	80	Ss・Cg (100)		17.0	0.9	20		0.65
106	北 陸	13870	S. 37 4	複	9.130	0.660	500	50	150	入口 Ss・Sl・Ch (61) Gr (15) Ss (24) 出口 Ss・Sl・Ch (61) Sl・Ch 砂 (39)	○	15.20	7.6	20		0.55
107	俱 利 加 羅	2467	S. 37 10	単	0.045	0.018				Ms (47) Ms・Sh・Ss (8) Ss (凝灰質 45)		0.75	0.15	5		0.06
108	〃 (上り)	2459	S. 30 9	〃	0.201	0.081				Ms (47) Ms・Sh・Ss (8) Ss (凝灰質 45)		3.1	0.7	5		0.28
109	宮 崎	707	S. 40 7	複	0.060	0.084				Ms・Ss・Cg・Tf・An (100)		1.0	0.2	5		0.028
110	第 1 外 波	1007	S. 40 12	〃	0.018	0.018				Ms (100)		0.3	0.06	5		0.06
111	親 不 知	4536	S. 40 9	〃	4.860	1.071	100	30	60	入口 Tb (32) An (68) 出口 Tb (13)	○ F. 5	81.0	3.2 2.7	25 30	27	0.60
112	勝 山	1073	S. 41 7	単	0.022	0.021				Ms (100)		0.37	0.08	5		0.08
113	子 不 知	2041	S. 41 8	〃	0.011	0.005				Gr・Gd (100)		0.2	0.04	5		0.02
114	親 子 不 知	3710	S. 40 9	〃	0.360	0.097	150	—	100	入口 古生層 (Ls) (100) 出口 古生層 (Ls) (100)	F. 1	6.0	0.6	10		0.16

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (5) ○：破碎帯多いもの、F：断層の数

No.	トンネル名	延 長 L (m)	建 設 年 月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
115	浦 本	2680	S. 43 12	複	4.620	1.723	190	80	80	入口 Ss・Cg (38) Ms (62) 出口 Ss・Cg (45) Ms (55)	F. 2	77.0	2.57	30		0.95
116	木 ノ 浦	1575	S. 43 12	"	0.020	0.013	80	—	50	入口 Ms (100) 出口 Ms (86) 投丘堆積物 (14)	F. 5	0.33	0.07	5		0.04
117	頼 坡	11353	S. 44 5	"	0.370	0.033	200	20	100	入口 Tf (12) Ms (49) Ms・Ss (39) 出口 Ms (90) Ms・Ss (10)		6.1	1.2	5		0.13
118	名 立	3601	S. 43 11	"	0.720	0.200	250	—	130	入口 Ms・Ss (60) Ms (40) 出口 Ms (100)		12.0	1.2	10		0.03
119	長 浜	1158	S. 43 7	"	1.140	0.983	40	20	30	入口 Ms (100) 出口 Ms (100)		19.0	0.95	20		0.9
120	湯 殿	3132	S. 44 7	"	0.540	0.174	200	40	60	入口 Ss・Cg (30) Ms (70) 出口 Ss・Cg (100)		9.0	1.8	5		0.6
121	坡 山	783	S. 7 8	単	0.231	0.295				Gn・Sci (100)		3.85	0.77	5		1.0
122	峠	1097	S. 9	"	0.068	0.061				Cg・Ss・Sh (55) Cg・Ms (45)		1.1	0.22	5		0.2
123	第 4 中 山	1900	S. 40 5	"	0.705	0.370	300	220	150	礫砂・粘土 (13) Gn (61) Gn・Ls (26)	○ F. 2	11.75	0.59	20		0.3
124	茂 住	3310	S. 38 8	"	5.072	1.532				Ss・Cg (100)		84.5	2.80	30		1.28
125	割 石	2677	S. 40 11	"	6.387	2.386			40	Ss・Cg (100)	○	10.65	35.5	30		1.97
126	第 2 神 岡	352	S. 11 3	"	0.025	0.071				Ss・Tf・Sh (100)		0.4	0.08	5		0.23
127	丸 那 板 山	3125	S. 32 8	"	1.200	0.384	400	—	270	Sl・Ss (100)	○	20.0	1.0	20		0.33
128	鎌 倉 山	1647	S. 32 8	"	0.300	0.182				Sl・Ss (100)		5.0	0.25	20		0.16
129	川 尻	1259	S. 31 3	"	0.312	0.248				第四紀層 (16) An・Tb (84)		5.2	0.25	20		0.2
130	石 部	2245	S. 37 5	"	0.527	0.234	230	—	130	Ba (100)		8.8	0.44	20		0.2
131	"	2237	S. 37 5	"	0.327	0.147				Ba (100)		5.5	0.28	20		0.12
132	牧 ノ 原	1056	M. 21	"	0.003	0.003				Cg (38) Ms・Cg (62)		0.05	0.01	5		0.01
133	" (上り)	1048	M. 42	"	0.057	0.054				Cg (38) Ms・Cg (62)		1.0	0.2	5		0.2
134	池 ●	1114	S. 11 12	"	0.531	0.177	80	—	40	Tf 流紋	○	8.85	0.59	15		0.54
135	峠	3619	S. 30 8	"	0.115	0.032	500	—	300	Gsct (85) Csct (13) Sp (2)	○ F. 10	1.92	0.19	10		0.05
136	大 原	5063	S. 30 10	"	0.866	0.171	600	—	350	砂・礫粘土 (3) Qt (12) Gn (9) Qd (76)	○ F. 6	14.4	1.0	15		0.20
137	釣 鐘	1003	S. 5 11	"	4.418	4.400	40	—	25	Rh (100)	○	73.6	3.68	20	263	3.68
138	第 2 小煙雁	1083	S. 8 10	"	0.700	0.720	100	—	50	Gn (100)		11.7	0.59	20		0.53
139	池 の 尾	1072	S. 8 10	"	2.160	2.010	140	—	80	Gn (100)	○	36.0	1.80	20		1.70
140	唐 堀 山	1118	S. 6 6	"	0.420	0.375				Gn (100)		7.0	0.35	20		0.3
141	池 田 町	1332	S. 39 11	複	0.498	0.374				砂・礫粘土 (100)		8.3	0.42	20		0.31

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (6) ○：破碎帯多いもの、F：断層の数

No.	トンネル名	延長 L (m)	建設 年月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土被り (m)			地質別構成率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水文学的試験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
142	愛 岐	2910	S. 40 12	複	0.480	0.165				入口 砂・礫粘土 (100) 出口 砂・礫粘土 (100)		8.0	0.40	20		0.13
143	新瀬戸山	1110	S. 43 6	単	0.169	0.152				角内石 (100)		2.8	0.28	10		0.27
144	第 1 高峰	1138	S. 43 6	〃	0.800	0.700				角内石 (18) 礫・砂・粘土 (82)		13.3	0.67	20		0.60
145	新 横ヶ根	2766	S. 43 1	〃	0.450	0.162				古生層 (100)		7.5	0.75	10		0.12
146	新久知第 1	1455	S. 40 12	〃	0.216	0.148				古生層 (100)		3.6	0.36	10		0.24
147	尾 鷲	1399	S. 9 12	〃	0.024	0.014	110	—	50	Sch・Ss・Ms・Ch・Ls (75) 砂・礫粘土 (11) Gp (14)		0.4	0.01	10		0.03
148	九 鬼	1915	S. 30 7	〃	0.088	0.047				Gr・Gn (100)		1.5	0.01	15		0.01
149	白 浜	1030	S. 30 2	〃	0.047	0.045				Ss・Tf・Sh (100)		0.8	0.02	5		0.02
150	第 2 行野瀬	1074	S. 30 2	〃	0.120	0.112				Ss・Tf・Sh (100)		2.0	0.04	5		0.04
151	名 柄	2605	S. 32 11	〃	0.314	0.115	300	—	150	Gp (100)		5.2	1.0	5		0.38
152	亥ヶ谷	2839	S. 34 1	〃	0.503	0.176	400	—	200	Gp (100)		8.4	1.7	5		0.6
153	曾 根	2933	S. 34 3	〃	0.271	0.092	230	—	120	入口 Lp (大目) (68)・Lp (節理多い) (32) 出口 Lp (節理多い) (44) (●●の多い) (34) Lp (堅い) (24)		4.5	0.9	5		0.3
154	逢 神 坂	2534	S. 33 10	〃	0.151	0.060				入口 Lp (節理多い) (100) 出口 Lp (大目) (42) Lp (節理多い) (34) Lp (堅い) (24)		2.5	0.15			0.06
155	大 吹	1689	S. 29 11	〃	0.035	0.017				Gp (100)		0.6	0.06			0.04
156	甫 本	1153	S. 29 11	〃	0.218	0.189				Ss・Tf・Sh (100)		3.6	0.36			0.32
157	安 宅 坂	1280	S. 11 10	〃	0.287	0.224	280	—	140	Ss・Tf・Sh (100)		4.8	0.48			0.37
158	島 賊 坂	1304	S. 11 10	〃	0.354	0.272	150	—	80	Ss・Tf・Sh (100)		6.0	0.60			0.46
159	小 坊 師	1794	S. 43 9	〃	0.170	0.042				古生層 (100)		1.3	0.13			0.07
160	〃	1714	S. 4 4	〃	0.100	0.075	150	—	80	古生層 (100)		2.1	0.21			0.12
161	山 良	1882	S. 41 3	〃	0.271	0.144	190	—	100	中生層 (65) 古生層 (35)	F. 1	4.5	0.45			0.24
162	〃 (上り)	1884	S. 3 10	〃	0.109	0.057				中生層 (65) 古生層 (35)	F. 1	1.8	0.2			0.11
163	雄 の 山	1551	S. 5 6	複	0.440	0.283				中生層 (100)		7.3	0.7			0.45
164	夜 久 野	1287	S. 44 10	〃	3.300	2.564	150	—	80	Ba (66) 古生層 (34)	○	55	2.75	20		2.13
165	芦 谷	1859	S. 42 10	〃	1.150	0.618	130	—	80	Ss・Cg (65) Gr (27) Rh・Tf (8)	○	16	1.0			0.54
166	佐 古 峠	1117	M. 44 7	〃	0.163	0.142				Sh・Ss・Cg・Tf (100)		2.4	0.17			0.16
167	仕 立	1127	M. 45 3	〃	0.149	0.132				Sh・Ss・Cg・Tf (100)		2.3	0.15			0.14
168	挑 観	1992	M. 45 2	〃	3.420	1.717	150	—	70	Sh・Ss・Cg・Tf (80) An・Tf (20)	○	5.7	2.85	20		1.43

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (7)

○：破碎帯多し、F：断層の数

No.	トンネル名	延 長 L (m)	建 設 年 月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
169	馬 路	1421	S. 4 12	複	0.910	0.640	120	—	70	Gr (100)		15	0.9			0.7
170	柳 瀬	1032	S. 37 11	〃	0.840	0.815				古生層 (100)		14	0.8			0.8
171	欽 明 路	3147	S. 9 12	〃	1.800	0.571	70	—	40	Gr・Gd (100)	○	30	2.0	15		0.63
172	中 山	1410	S. 9 12	〃	5.280	3.744	90	—	50	Gr・Gd (100)	○	88	4.4	20		3.12
173	白 井	1555	T. 11 8	〃	1.320	0.849				Qp (29) 粘土・砂・礫 (71)		22	1.5	15		0.97
174	大 ケ 峠	1481	T. 13 3	〃	3.360	2.270	110	—	60	Po (30) Ss・Cg・Ms (37) An (33)	○ F. 3	56	2.8	20		1.89
175	呉	2582	S. 9 4	単	2.240	0.868	140	—	80	Gr (80) Gp (8) 礫砂・粘土 (12)		37	2.21	15		0.86
176	海 部	1732	S. 11 9	〃	1.080	0.623	90	10	40	Ss・Ms (91) Tf (9)		18	1.8	10		1.04
177	島 山	1023	S. 13 3	〃	0.250	0.244				Ss・Ms (100)		4	0.4	10		0.4
178	猪 鼻	3845	S. 2 4	〃	10.000	0.140	300	—	200	入口 Cg・Ss・Ms (100) 出口 Cg・Ss・Ms (100)		9	0.9	10		0.24
179	山 城 谷	2180	S. 25 9	〃	0.540	0.025				Sct (砂岩) (64) Sct (黒色) (36)		9	0.9	10		0.45
180	和 田	1198	S. 28 12	〃	0.420	0.351				Sct (100)	F. 2	7	0.7	10		0.6
181	大 歩 色	4179	S. 43 7	〃	0.292	0.070	70	—	40	Sct (黒色) (43) Sct (砂岩) (57)		4.9	0.49	10		0.12
182	角 ● 山	1254	S. 5	〃	0.960	0.765	130	—	70	Ch・Csct (100)		16	0.96	15		0.8
183	斗 賀 野	1953	T. 13 3	〃	1.890	0.968	380	—	190	Ch・Csct (87) Ls (13)		31.5	1.9	15		0.9
184	四 道	1823	S. 15	〃	0.960	0.527	90	—	60	古生層 (100)	○	16	1.0	15		0.56
185	第 1 刈 奥	2031	S. 36 12	〃	0.490	0.241				Ss・Ms・Cg (100)		81	0.8	10		0.4
186	若 井	2134	S. 36 12	〃	1.395	0.654	340	—	170	Ss・Ms・Cg (100)	○	23	2.3	10		1.1
187	法 華 津	1610	S. 16 7	〃	0.360	0.224	190	—	100	Ss・Sl (94) Ch (6)	F. 1	6	0.6	10		0.38
188	夜 昼	2870	S. 13 8	〃	1.700	0.095				Ph (42) Sct (7) Ph・Sch (51)		4.5	0.45	10		0.16
189	関 門	3605	S. 19 4	〃	0.984	0.272	80	20	30	入口 Gd (16) Hf (84) 出口 Hf (37) Po (63)	○ F. 10	16	1.64	10		0.45
190	金 辺	1444	T. 4	複	0.444	0.307	100	—	50	Ls (100)		7.4	0.74	10		0.51
191	釈 迦 岳	4379	S. 30 11	単	9.060	2.060	540	—	340	Gd (10) Tf (11) An (79)	○	15.1	7.55 6.75	15 22	675	1.72 1.50
192	篠 原	4550	S. 42 7	〃	1.062	0.233	50	25	40	Sct (19) Sp (54) Sl・Ss (27)	○	17.7	0.89	15		0.20
193	冷 水	3286	S. 4 12	〃	1.380	0.420	100	—	60	Gd (100)	○	23	2.3	10		0.7
194	田 代	1370	S. 14 1	〃	0.114	0.083				Ba (88) Ss・Sh・Cg・Tf (12)		2				
195	松 の 峠	1094	M. 31 11	〃	1.092	0.998	100	—	50	Rh・Lp (100)	○	18.2				

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (8)

○：破碎帯多し、F：断層の数

No.	トンネル名	延 長 L (m)	建 設 年 月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
196	榎 本	1500	S. 46 12	単	0.600	0.400				An (17) Ss・Sh (83)		10	0.5	20		0.33
197	長 崎	6170	S. 46 12	単一部複	7.000	1.134	400	20	70	An (94) Ba (6)	○	11.7	5.8 3.9	20 30	3.09	0.94 0.63
198	立 石	3640	S. 41 3	単	0.642	0.176	—	—	20	Tf (63) 沖積層 (37)		10.7	0.54	20		0.15
199	佐 志 生	1423	T. 4 8	〃	0.480	0.337				Sct (結晶)	○	8	0.4	20		0.28
200	徳 浦	1601	T. 6	〃	0.288	0.180				Ss・Sl・Tf・Db (100)		4.8	0.48	10		0.3
201	日 見	1097	T. 6	〃	0.264	0.241				Ss・Sl・Tf・Db (100)	○	4.4	0.44	10		0.4
202	水 分	1861	T. 15 11	〃	2.520	1.354	70	—	30	An (100)	○	42	1.2	30		0.63
203	青 島	1330	S. 35 3	〃	0.120	0.090				Ss・Ms (100)		2	0.2	10		0.15
204	谷 之 城	3670	S. 38 5	〃	1.860	0.506	370	—	150	Ss・Sl・Cg・古第三紀		31	1.9	15		0.52
205	青 井 岳	1529	T. 5 3	複	1.014	0.663	120	—	70	Ss・Cg・C・洪積層～第三紀	○	16	1.0	15		0.65
206	張 山	1929	S. 5 7	単	2.400	1.244	50	30	40	Ss・Cg	○	40	2.0	20		1.04
207	久 木 野	1236	S. 12 12	〃	0.240	0.194	140	—	70			4	0.24	15		0.2
208	第 2 松 谷	1250	S. 43 6	〃	0	0	50	—	30			0				
209	山 川	1060	S. 33 3	〃	6.660	0.283	—	—	15	An・シラス		11.1	5.55	20	0.88	5.2
210	矢 立	3000	S. 45 10	複	0.315	0.105			70	An・Ba・Tf		5.3	0.26	20		0.09
211	官	2080	S. 8 10	〃	7.500	3.605			120			12.5	6.25 2.5	20 50	2.28	3.00
212	下 久 野	2240	S. 7 12	〃	0.540	0.241						9	0.9	10		0.40
213	物 見	3070	S. 7 7	〃	2.300	0.749					○	38.3	2.55	15		0.83
214	舟 那	7800	S. 9 11	〃	72.000	5.230	570	140	220		○	120.0	6.00	20	2.65	7.69
215	東 山	1900	S. 19	単	0.924	0.486			80		○	15.4	1.0	15		0.53
216	3 期 水 路	15600	S. 26	水路単	6.600	0.423	180	20	60	Ms・Ss・Sh (第三紀 65) 洪積 (35)	F. 6	11.0	7.3	15		0.47
217	矢 岳	2090	M. 42 11	単	24.000	11.48	136	28		An		40.0	2.0	20	3.13	9.53
301	小 竹	340	S. 39 1	複	0.600	1.76				Ag (40) Ss (60)		1.0		20		
302	弁 天 山	1315	S. 38 6							Ss・Ms・Cg (80) Ag (20)						
303	南 那 山	5176	S. 37 12	単	10.800	2.09	230	20	30～ 130	An (40) Tf・Tb (50) Ss・Cg (10)	○ F. 4	18.0	9 4.5	20 40	3.0 4.5	1.73 0.88

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (9)

○：破碎帯多し、F：断層の数

No.	トンネル名	延長 L (m)	建設 年月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土被り (m)			地質別構成率 (%)	地質構造 断層・破碎帯	水文学的試験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
304	坡堀	1415	S. 38 1	複	0.220	0.157	140	30	80	An (40) Tf・Tb (40) Ss・Cg (20)		3.7	0.19	20		0.14
305	泉越	3193	S. 38 5	〃	1.500	0.47	330	—	130	An・Tb (90) Tf (10)	F. 3	25	1.3	20		0.4
306	新丹那	7959	S. 39 1	〃	6.100	—	570	—	360	An・Tb・Ba (70) Tb・Ag (30)	F. 5	10.2	5.1	20	2.66	0.64
307	蒲原	4934	S. 39 1	〃			180	20	50	Ss・Cg (85) Tb・Tf (15)	F. 4			15		
308	山比	3993	S. 38 12	〃	1.500	0.375	340	—	120	Ss・Cg・Ms (99)	F. 13	25	1.7	15		0.43
309	牧の原	2917	S. 38 11	〃			130	—	60	Ss・Cg・Ms (100)				10		
310	関ヶ原	2810	S. 38 12	〃	0.150	0.053	120	30	30~70	Sl (50) Ss・Sl (44) Lm (16)	F. 6	2.5	0.25	10		0.09
311	横山	1368	S. 38 7	〃	0.720	0.514	90	—	50	Ch (40) Sl (60)	○ F. 4	12	1.2	10		0.86
312	音羽山	5045	S. 38 12	〃	1.500	0.297	400	100	180	Ch (90) Po (5) Gsc (5)	○ F. 12	25	1.7	15		0.34
313	東山	2098	S. 39 5	〃	0.770	0.367	130	—	70	Sl・Sch (55) Gsc (45)	○ F. 4	13	0.9	15		0.43
314	六甲	16250	S. 43 11	新幹線	16.500	1.020	450	150	180	Gr (87) Gd (14)・Phf (3)	○ F. 13	27.5	18.3 27.5	15 10	24.85	1.13
315	神戸	7970	S. 42 3	〃	3.600	0.453	180	30	80	Gd (70) Gr (15) Dk (10) Kms (5)	○ F. 4	60	4.0	15		0.5
316	高塚山	3261	S. 42 12	〃			170	30	30	Kms・Kg・Ktf (50) Og (40) Oc (10)	F. 1			10		
317	相生	3989	S. 42 10	〃					80	Rt (100)				5		
318	帆坂	7588	S. 42 3	〃					90	Rt (100)				5		
319	明知	3303	S. 46 12	〃	0.290	0.09	150	50	80	Phf (95) Gr (5)	○ F. 6	4.8	0.48	10		0.15
320	福山	4235	S. 46 4	〃	1.810	0.43	120	15	60	Gr (100)	F. 3	30.2	2.0	15		0.18
321	第2松永	1285	S. 46 6	〃	0.180	0.14	70	30	15	Gr (100)		3	0.2	15		0.16
322	尾道	3790	S. 46 5	〃	0.230	0.06	480	100	60~80	Gr (85) Phf (15)		3.7	0.25	15		0.07
323	備後	8900	S. 45 10	〃	2.240	0.25	320	60	150	Phf (30) Gr (30) Rt (40)	○ F. 7	37.3	3.7	10		0.42
324	第2高山	3207	S. 46 3	〃	0.480	0.15	120	15	50~90	Gr (100)	F. 3	8	0.53	15		0.17
325	本郷	3680	S. 46 3	〃	0.260	0.07	200	—	100	Gr (98) Lm (2)		1.3	0.29	15		0.08
326	安芸	13060	S. 45 5	〃	7.550	0.58	400	120	180	Gr (100)	○ F. 12	126	6.3 12.6	20 10	12.25	0.48
327	己史	5915	S. 45 7	〃	1.700	0.29	300	10~110	60	Gr (100)		28	1.9	15		0.32
328	五日市	6585	S. 45 7	〃	4.500	0.68	160	40	80	Gr (100)	F. 3	75	3.75	20		0.57
329	大野	5366	S. 46 12	〃	3.400	0.63	270	80	180	Gr (100)		57	2.8	20		0.52
330	岩国	5132	S. 46 1	〃	1.010	0.20	400	30~150	120	Ksl (80) Kcl (20)		16.8	1.7	10		0.33

表 2.4.2 トンネル湧水の分類総括表 (10)

○：破砕帯多し、F：断層の数

No.	トンネル名	延長 L (m)	建設 年月	形式 単複	湧水量 Q (m³/min)	比湧水量 q	土 被 り (m)			地 質 別 構 成 率 (%)	地質構造 断層・破砕帯	水 文 学 的 試 験				
							最大	最小	平均			Q	A	qe	At	2R
331	新 欽 明 路	6822	S. 45 9	新幹線	1.020	0.15	420	80	100	Ksl (82) Kcl (18)	○	17.0	3.4	5		0.5
332	野 口	950	S. 46 12	〃			110		50	Ksl (100)						
333	第 2 玖 珂	830	S. 49	〃	0.130	0.16	45	3～10	30	Gr (100)		2.2	0.22	10		0.27
334	周 東	2040	S. 46 4	〃	0.670	0.33	110	25	50	Gr (100)		11	0.7	15		0.35
335	大 峠	3065	S. 46 8	〃	0.820	0.27	130	25	40	Gr (100)		13.7	0.9	15		0.3
336	樋 口 山	955	S. 47 4	〃	0.400	0.41	20	10	20	Gr (100)		6.7	0.35	20		0.36
337	第 1 桜 谷	1787	S. 46 12	〃	1.500	0.84	130	10	40	Gr (28) Sb (28) Sg (44)		25	1.25	20		0.69
338	富 田	5543	S. 46 4	〃	3.100	0.56	160	40	70	Sb (82) D (18)		51.7	3.5	15		0.64
339	大 平 山	6640	S. 46 1	〃	5.000	0.75	560	120	200	Sb (78) Gh (22)	F. 3	83	4.2 5.5	20 15	43	0.63 0.83
340	壇 生	3409	S. 46 1	〃	4.550	1.33	110	15	50	Gr (100)	○	76	3.8 3.0	20 25	275	1.12 0.90
341	山 田	2898	S. 46 4	〃	2.450	0.85	300	—	130	Gr (80) Ss (20)	○	40.8	2.0	20		0.69
342	新 関 門	18714	S. 45 3	〃	12.000	0.64	350	50	100	Ws・c・g (20) Gd (12) P (20) Am (20) Ad (28)	○ F. 20	20.0	1.30	15	888 +x	0.70
343	北 九 州	11747	S. 46 1	〃	8.500	0.72	380	30	60～150	Ws・c・g (45) S (30) P (8) O (17)	○ F. 23	14.2	6.76 9.5	21 15	663	0.8
344	福 岡	8488	S. 45 9	〃	13.300	1.57	450	100	250	Sl, Sg (91) Gd (9)	F. 20	22.2	1.48	15	1478	1.74
345	豊 原	6840	S. 49 12	〃	1.600	0.23	65	(除開削) 13	25	Tf・Tb・火山泥流 (100)	F. 3	26.7	1.77	15		0.26
346	白 坂	2940	S. 50 3	〃	3.000		50	5	20	Tf・(20) Tb (80)		50	5.0	10		1.7
347	安 達	3590	S. 50 3	〃	0.600		35	5～10	20	Gr (100)		10	1.0	10		0.27
348	福 島	7640	S. 50 3	〃	—		80	10～20	30～70	Tf (30) Gr (70)			—	10		
349	藏 王	11175	S. 50 3	〃	10.200	0.91	530	150～ 200	280 (150)	An・Tb (80) Tf (20)	○ F. 24	17.0	8.5	20	97	0.77
350	第 2 白 石	3720	S. 49 11	〃	0.550	0.15	170	—	80	Tf (60) Tb・An (40)		9.2	0.9	10		0.24
351	志 賀	3495	S. 50 3	〃	—		100	30	50	An (50) Tb (50)				10		
352	第 2 有 壁	2420	S. 50 3	〃	0.150		40	5	20	Ss (10) Tf (90)	F. 2	2.5	0.5	5		0.21
353	一 ノ 関	9800	S. 50 3	〃	2.800	0.29	360	25	130	Gr (35) Sl・Ss・Sg (35) Tf (30)	○ F. 10	46.7	3.1	15		0.32
354	棒 名	14350		〃			150	—	100	火山岩	○ F. 6					
355	中 山	14790		〃			400	220	270	〃	○ F. 6					
356	大 清 水	22235		〃			1100	—	450	Gd・Gr	○ F. 10					

資料－2

地上権設定について

「山岳トンネルの地表沈下防止および不良地盤
対策に関する調査研究（その 2） 報告書」

（日本トンネル技術協会）

「区分（地下）地下権設定に伴う補償について」

（東京第 2 工事局）

より

第 6 章 地表沈下に対する事務的方策

トンネル掘削にともなって生じる地表沈下が技術的に防げない場合には、補償でもって事務的な解決策をとらざるを得なくなる。この補償の考え方を概念図で示せば図 6-1 のようになる。

トンネルの掘削を行い直接生じた損害に対するものは図 6-1 の太線で表示したものであり、損害補償といわれている。これは工事を施工した結果ではなく単にトンネルを設置するのに必要な補償、いわゆる損失補償と区分されている。そこでここでは主に損害補償について記述し、損失補償については末尾で簡単にふれておく。

補償の種別	掘削工事着工前	掘 削 工 事 着工ー終了	トンネル完了
損 害 補 償	事 前 補 償	応 急 処 理	事 後 補 償
損 失 補 償	事 前 補 償		

図 6-1

6-1 損害補償上の考え方

損害補償は法的には民法上の不正行為により生じた損害を填補するものと定義される。したがってこれに該当するかどうかは最終的には裁判所の判断によるべきものである。

しかし、トンネル掘削にともなって生ずる損害は事業の規模も大きく、範囲も広く、被害者が個々に因果関係を証明することが一般に困難であることと、事業を円滑に行うために、法的判断をまたずに、事業者が被害発生の確認、因果関係の判定、補償額の査定等を行い、被害者との円満な話し合いにより処理するケースが一般的である。

損害補償は、損害そのものの発生を確認して補償するものであるから事後補償になるケースが大部分と考えられる。また、建物等の有無・トンネルの位置との関係・地域・土被りによって損害の程度に大きな差異が出てくるために、それらの条件によって対応がちがってくる。

これを表 6-1 に損害補償の考え方として一覧表にして示してある。これは一般的なものを記したものであって本表以外による方法が採用されていることもある。

表 6-1 の内容において建物等の有無によって補償の考え方をかえている。これは、建物等有る場合は一般的に損害の程度が大きくなるため、出来るだけ損害の発生を防止する措置を講じるとともに、一旦損害が発生した場合は出来るだけ従前の機能を回復させる必要があるためである。

表 6-1 山岳トンネル掘削に伴う地表沈下に対する一般的な補償の考え方（損害補償）

補償の方法	地域		一般宅地地域			農地地域			林地地域		
	有建物等の	土被り	約 5m 以下の場合	約 5m を超え、約 30m 以下の場合	約 30m を超える場合	約 5m 以下の場合	約 5m を超え、約 30m 以下の場合	約 30m を超える場合	約 5m 以下の場合	約 5m を超え、約 30m 以下の場合	約 30m を超える場合
事前補償	建物等の有る場合	トンネル直上部		○建物の防護工事 ○居住者の仮住居 ○建物の移転 土地の買取り	○建物の防護工事 区分地上権設定 ○居住者の仮住居 区分地上権設定 ○建物の移転 土地の買取り		――	――		――	――
		トンネル直上部以外	○建物の防護工事 ○居住者の仮住居 ○建物の移転、土地の買取り			――			――		
	建物等の無い場合	トンネル直上部		――			――			――	
		トンネル直上部以外	――			――			――		
事後補償	建物等の有る場合	トンネル直上部		○土地建物の原状回復 ○土地建物の原状回復および区分地上権内容変更 ○建物の移転および土地の買取り	○土地建物の原状回復 ○土地建物の原状回復および区分地上権設定 ○建物の移転および土地の買取		○土地物件の原状回復 ○土地の原状回復、物件の機能代替 ○土地の原状回復、物件の減価填補 ○土地、物件の減価填補			○土地、物件の原状回復 ○土地の原状回復、物件の減価填補 ○土地、物件の減価填補	
		トンネル直上部以外	○土地建物の原状回復 ○建物の移転、土地の買取り			○土地、物件の原状回復 ○土地の原状回復、物件の機能代替 ○土地の原状回復、物件の減価填補 ○土地、物件の減価填補			○土地、物件の原状回復 ○土地の原状回復、物件の減価填補 ○土地、物件の減価填補		
	建物等の無い場合	トンネル直上部		○原状回復 ○原状回復および区分地上権内容変更	○原状回復 ○原状回復および区分地上権設定		○原状回復 ○減価填補			○原状回復 ○減価填補	
		トンネル直上部以外	○原状回復			○原状回復 ○減価填補			○原状回復 ○減価填補		

- (注) 1. 一般宅地地域とは、高度市街地以外の宅地地域をいう。
2. 都市トンネルの場合は本表による方法以外の方法が採用されることがある。

次にトンネル直上部とその周辺によって補償の考え方をかえている。図 6-2 の様にトンネルの掘削巾 B に、ある余裕（保護巾、 x ）を加えたものをトンネル直上部と呼ぶ。 x はトンネル保護上から構造物端部より約 0.5m の範囲を用いているのが普通であり、 $(B+x)$ を直上部とみなしている。第 1 章の地表沈下の実態で述べた様にトンネル掘削による地表沈下は、トンネル中心が最大でそれより周辺にいくにつれて一種の正規分布曲線で減衰していく。陥没等の状況を見てもトンネル巾以内でできて陥没することが多いので、直上部は何らかの損害が生じるものと思われる。また地表沈下現象は土被り、地質と密接な関係があり、約 30m 以上の土被りにおいては、直上部においても沈下がみられない場合が多い。したがって沈下が大きい直上部と直上部以外に分けて補償の対処の仕方がちがってくるわけである。

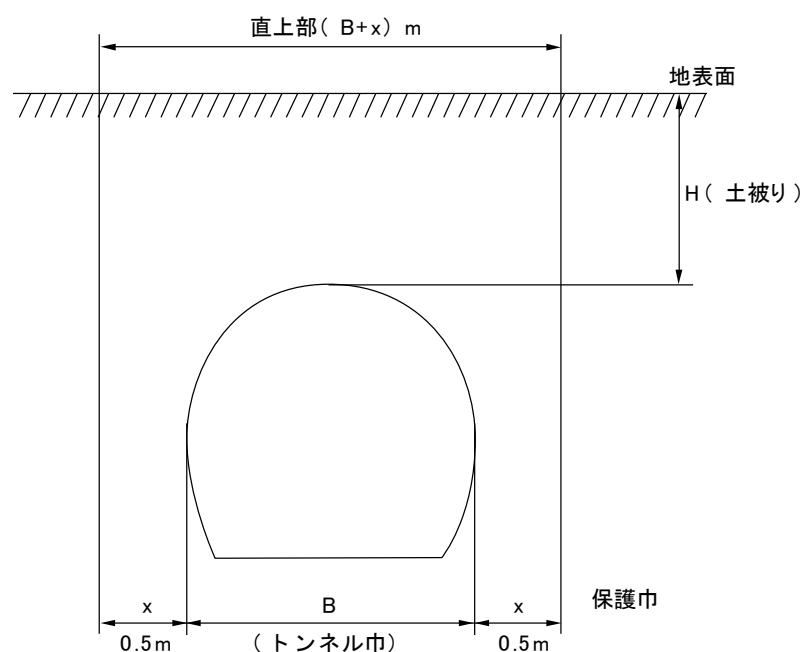


図 6-2

また地域によっても補償の考え方をかえている。これは土地の利用状況により損害の大きさが異なるためである。一般宅地地域については土地と建物が一体として利用されるのが通常であるため、その損害の程度が大きく、出来るだけ損害の発生を防止する必要があるが、農地、林地地域については被害は直接的ではなく応急措置、事後補償で十分対応できる。

さらに、土被りによって地表沈下量が大きく異なることにより、土被りの状況によっても補償の考え方をかえている。一般的には土被りが少なくトンネル掘削によって地表沈下が生じるとされる範囲では掘削工事前に土地の買取り、建物があれば移転を行っている。(6-4 で述べる損失補償) この範囲は国鉄における山

岳工法のトンネルにおいては約 5m である。土被りがこれ以上の場合には土地の買取り、建物の移転を行うこともあるが、通常完成後の安全も考慮し、権利の制限をつける考え方で対処している。

6-2 損害補償上の検討事項

6.2.1 施工前に行う検討事項

補償上重要なことは損害が発生することが予見されるかどうかである。これは責任ある技術者が調査結果等を参考として技術的観点より判断しなければならない。

この検討手順は、

- (イ) 地表沈下発生予想の有無
- (ロ) 損害の予見
- (ハ) 損害が受忍限度をこえるか否か
- (ニ) 予防措置

以上によって確実に損害が発生することが明らかであれば 6.3.1 の事前補償の対象となる。ただし、受忍限度の基準はなく、最終的には社会生活上の良識によって判断せざるを得ない。

6.2.2 施工中に行う検討事項

施工中の検討として重要なことは現に工事が進行しているわけであるので、被害の進行の認否と応急措置の必要性である。

トンネル掘削工事施工中においては、地表沈下による被害の状態は工事の進歩により変化していき、被害が進行している状態では損害額も確定しがたい。

しかし、現実には日常生活に支障を及ぼすような損害が生じている場合にはその障害をとりのぞく応急的な補償、補修を行っておく必要がある。

工事完了後、被害が最終的な状態に静止しその損害額が確定した後、損害補償を行うべきである。

6.2.3 施工後に行う検討事項

トンネル掘削工事完了後においては、地表沈下による被害の状態は最終的な状態に静止する。この場合において補償上検討すべき事項は

- (イ) 被害の発生の有無および被害の程度
- (ロ) 発生した被害とトンネル掘削工事との間に因果関係が認められるか否か
- (ハ) 発生した被害による損害の程度が受忍限度をこえるものであるか否か
- (ニ) 発生した被害による損害に対していかなる方法により補償を行うべきかということである。

(イ) の被害の発生については、通常、被害者からの申出によりその概況を把握するが、被害発生の有無の確認および被害の程度については、トンネル掘削工事の着工に先立って実施した建物等の現状調査との対比により行う。(第 3 章 事前調査参照)

(ロ) の因果関係については、被害の発生とトンネル掘削工事との間に相当因果関係が認められる場合は後述する 6.3.2 の事後補償の対象となり得る。因果関係の判定が困難である場合は、大学等の公的機関の鑑定を依頼し、その結果を参考として最終的な判断を行う。

(ハ) の受忍限度については、前述した 6.2.1 の (ハ) と同様、社会生活上の良識によって判断され、受忍限度をこえるものであると認められる場合、後述する 6.3.2 の事後補償の対象となり得る。

(ニ) の損害補償の方法については、後述する 6.3.2 の事後補償の方法のうち、技術的、経済的および社会的観点から最も合理的な方法を採用すべきである。

なお、補償にあたっては、いわゆる「打ち切り補償」として行うものであり、将来において補償上の問題が発生した場合の責任を明確にしておく必要がある。

6-3 損害補償の方法

損害補償の方法は損害が発生する前にあらかじめ予見される損害の予防を目的として補償する「事前補償」と、損害が具体的に発生した後にこれに対して補償する「事後補償」の 2 つに大別される。

6.3.1 事前補償

トンネル掘削前に行う事前補償としては、建物その他の地上物件の有無、トンネルの位置との関係、地域、土被りにより色々の組合せとなる。表 6-1 にはその組合せを整理したものである。

(1) 建物の有る場合

一般宅地地域については、トンネル直上部、トンネル周辺部をとわず、次の 3 つの方法が行われている。

(イ) 建物の防護工事を行う方法

(ロ) 建物内の居住者を仮住居させる方法

(ハ) 建物を移転させる方法

である。

(イ) の方法は、建物に対する被害が予見される場合にあらかじめ、基礎の補強等建物に対する防護工事を行い、建物に対する被害そのものを防止または減少させるものである。

(ロ) の仮住居の方法は、工事中のみ一時他の場所に仮住居させ被害のおそれ

のなくなった時点で元の建物に復帰させるものである。これは居住者に対し予見される被害を回避させる目的であり、建物については原状回復の方法により別途事後補償を行う。

(ハ) の移転の方法は、建物をあらかじめ他の場所へ移転させてしまうことにより建物に対する直接的な被害を回避させるものである。

どんな場合に (イ)、(ロ)、(ハ) を適用するかは技術者の判断によるが、防護工事の方法が被補償者の従前の生活に及ぼす影響が少なく、技術的に可能であれば通常 (イ) の方法による。

(ロ) は建物の倒壊等のおそれがあり、居住者の身体に危険が及ぶと判断され、かつ、防護工事が不可能であるが現状回復は可能な場合である。

(ハ) は (イ)、(ロ) が技術的に不可能ないしは (イ)、(ロ) より費用が小さくなる場合に採用される。

上記 (イ)、(ロ)、(ハ) の方法はトンネル直上部、周辺部、土被りにかかわらず基本的には同一であるが、トンネル直上部で土被り約 5m 以下では、通常損失補償で土地買取りおよび建物移転で処理しているので損害補償は生じ得ない。

土被り約 5m～約 30m の場合には、損失補償で区分地上権設定による権利制限を行っているのが普通であるが、建物の補償として (ハ) の方法が用いられるときは土地買取りが同時に行われるケースが多い。

また、土被り約 30m をこえる場合は損失補償で権利制限を行っていないのが一般的であるので、上記建物の補償と土地の権利設定または買取りが同時に行われるケースが多い。

農地、林地地域については、被害が直接的でなく、応急措置、事後補償で十分対応出来るので、通常事前補償では行っていない。

(2) 建物の無い場合

建物等が無い場合における事前補償は、トンネルの位置との関係、地域、土被りにかかわらず原則として行わない。

これは被害が直接的でない場合が多く、応急措置や事後補償で十分対応出来るためである。

6.3.2 事後補償

事後補償は工事が終了し、被害の進行がみられず、被害の程度、損害額が明らかとなった時点で行われる。

一般宅地地域については、土地建物の原状回復が基本的であって、建物の沈下、傾斜、歪み等の被害を補修する費用を補償額として見積るものである。

原状回復が技術的に不可能かまたは合理的でない場合は移転、買取り等によって補償する。

しかしながら、トンネル掘削前には予想されなかった土地の利用阻害が掘削後において明らかとなった場合には、これも損害補償として、例えば区分地上権設定の内容変更等が行われることがある。表 6-1 の一般宅地地域における事後補償の欄に区分地上権の設定およびその内容変更を記述しているのはそのためである。

農地・林地地域においては一般に

(イ) 原状回復

(ロ) 減価填補

によって行われる。

(イ) の方法が通常行われるものであり、技術的に不可能な場合には価値の低落による減価相当分を補償するものである。例えば、渇水によって水田の耕作が不可能となり、畑地に変更しなければならない様な場合である。

上記が一般的であるが、原状回復の一方法として、全く同一のものを回復するのではなく、先にもっていた機能と同等のものを補償として回復するという方法、いわゆる機能代替による補償がとられることがある。例えば、農業用水路に被害が生じ、これにポンプを設置することによって機能回復したような場合である。

6-4 損失補償

損失補償は、被害の有無にかかわらず、トンネルを設置することによって生じる土地利用制限等の損失を補償するものであって、本来、損害補償とはその法的性格、補償上の取扱いとは異なるものの、その内容は同一のものが多いために、実務上必ずしも両者を明確にしないで補償上の取扱いがなされている場合もある。

損失補償の対象となる区域はトンネル直上部に限定される。この理由はトンネルよりはなれるとトンネル構造物に対する安全上の影響が著しく減少するためである。

表 6-2 は損失補償を各地域、土被りの量等によって整理したものである。土被りによって適用の仕方がかわっているのはトンネル設置のための地下使用による土地の利用制限の程度等が異なるためである。

すなわち、トンネル直上部の土地については、地表からの杭打、掘削、侵害防止、トンネルに対する偏圧防止等の見地からトンネルの安全上一定の保護層を必要とし、全面的に土地の利用を制限する必要がある。保護層の厚さはトンネルの強度、地質、土地の利用状況等により決定される。したがって表 6-2 は通常用いられている目安を示したものであり、技術者の判断によって適正な値を用いるのがよい。しかしながら、高度に発展した市街地を除き、土被りが約 30m をこすと地下使用による土地の利用阻害は生じないと考えられ、掘削承諾による無償使用の方法が採られている。

表 6-2 山岳トンネル設置に伴う地下使用に対する一般的な補償の考え方（損失補償）

地 域	一 般 宅 地 地 域			農 地 地 域			林 地 地 域		
種 別	約 5 メートル以下の 場合	約 5 メートルを超え、 約 30 メートル以下の 場合	約 30 メートルを超え る場合	約 5 メートル以下の 場合	約 5 メートルを超え、 約 30 メートル以下の 場合	約 30 メートルを超え る場合	約 5 メートル以下の 場合	約 5 メートルを超え、 約 30 メートル以下の 場合	約 30 メートルを超え る場合
土地	買取り	区分地上権設定	掘削承諾（無償）	買取り	区分地上権設定	掘削承諾（無償）	買取り	区分地上権設定 掘削承諾（無償）	掘削承諾（無償）
建物等	移転	—	—	移転	—	—	移転	—	—

- （注） 1. 一般宅地地域とは、高度市街地以外の宅地地域をいう。
2. 都市トンネルの場合は本表による方法以外の方法が採用されることがある。

区分（地下）地上権設定に伴う補償について

適用地域
（
東海道本線鶴見起点 0K600M
 15K580M 間 ）

昭和 44 年 2 月 6 日

東 京 第 二 工 事 局

東海道本線鶴見起点 0K600M
15K580M 間線路増設に伴う地下使用（半永久使用）につ
いては、土地購入価格等評定基準規程（昭和 40 年 8 月建施達第 2 号以下評定基
準規程という。）及び、土地購入価格等取扱基準規程（昭和 40 年 8 月建施達第 3
号、以下取扱基準規程という。）にもとずき、土地の取得に代えて原則として区
分（地下）地上権の権利を設定するものとし、この権利設定補償は次の補償率に
よるものとする。

ただし、この補償率によることが適正を欠くと認められる場合は、その都度現
地の状況等実情をつまびらかにして適正に補正できるものとする。

- 1 区分（地下）地上権設定地域の概要
- 横浜市郊外に貨物線を新設するため、構築される函型ずい道及び山岳ずい道に
対する区分（地下）地上権認定補償地域の概要は、地勢的には波状性丘陵地帯で
あって、土被りは 50m 程度が最高であり約 15～20m が設定地域全体の 50%を
占め、土質は、関東ローム層及び下末吉層が大半である。用途地域は、住居地域
及び商業地域が点在しており、都市発展の急速化に伴い、開発され若しくは開発
途上にあって、ますます市街化に拍車をかけていることが実情であると共に、土
地価値等諸要因によって、スプロール化の現象も見受けられ、未だ農地、山林地
帯のままの地域も散在していることが現況である。

- 2 区分地上権設定範囲（付表 1～2 すい道断面図参照）

- (1) 設定巾

種 別	設 定 巾 (m)	備 考
山岳ずい道	12.50	保護巾各 0.5m を含む
函型ずい道	15.00	－ 〃 － 1.0m － 〃 －

- (2) 設定高

東京湾平均海面から測定し、ずい道施設に保護層（5.0m）を加算した高さ以
下とする。

- 3 立体利用阻害率について

地下の一定範囲に構築される半永久的“すい道施設”を対象とした、区分地上
権設定補償率を算定するための割合であって、地下の一定範囲を使用すること並
びに立体的な他の一部分（地上・地下）の利用を制限することに伴う土地価格に
対する減価率ともいえる立体利用阻害率は、土地の顕在価値に対する減価率に潜
伏価値に対する減価率を加算した率であると思われる。

したがって、立体利用阻害率を算定するに当っては、次のとおり顕在価値の減
価要因として、建物の建築制限並びに載荷重制限に伴う阻害率を算定し、潜在的
価値の減価要因としては、現地の実態を十分は握したうえ合理的に判断した適切
な率を査定する必要が認められる。

- (1) 建築制限並びに載荷重制限に伴う阻害率

横浜市郊外の発展情勢については前述のとおり、人口の都市集中に伴って、
急速的に市街化されており設定地の近隣においては、すでに鉄筋コンクリート
造 5 階層が建設されていることと、現況が農地、山林等の宅地見込地であって
も一団地として宅地造成され又は造成可能地と見込まれる土地が殆んどである
ことから、今後の都市形成の動向及び近隣環境の変化等社会的、経済的、行政
的の諸要因を検討した結果、将来の住宅構造はますます高層化されるであろう
と推測されるので、想定階層を鉄筋コンクリート造 5 階建と判定し、この階層
別利用効率指数の適用については、現在の建築基準法により定められている用

途地域は、過去における都市化えの発展経緯及び都市開発法にもとづく立体換地方式による高層建物化に伴い追次変更されることが必然的であると考えられること等を総合的に検討したところ、関東地域の広範囲に亘って、国鉄が調査した資料で普遍的な指数と認められる国鉄東京地方土地建物等評価委員会の答申による下記の指数を採用するものとし、ずい道上部の土被りランクごとの想定階層（阻害階層）及び载荷重制限等については、技術的見地からの資料（付表 3）の内容により、下記のとおり算定する。

ア 工作物（建物）建築制限に伴う阻害率

土被り（m）	阻害階層	阻害率	土地価格修正係数	備 考
0～ 5 未満	4	0.57	0.43	
5～10	3	0.36	0.67	
10～15	2	0.22	0.78	
15～20	1	0.11	0.89	
20 以下	0	0	1.00	

算式例
5～10m未満 $\frac{3.3+2.7+2.7}{23.7}=0.36$

イ 階層別利用効率指数

階層	1	2	3	4	5	計
指数	10.0	5.0	3.3	2.7	2.7	23.7

ウ 载荷重制限

保護層（土被り 5m）において 6t／m² とする

(2) 潜伏価値に対する阻害率

土地の一定範囲を使用することに伴う、立体的な他の部分（地上・地下）の利用制限については、土地の通常の利用目的である、工作物（建物）を対象とした階層制限及び载荷重制限等顕在価値に与える制限のほか、その他の利用目的等に対する制限並びに、土地所有権等に与えるかしの起因する減価が認められるのであるが、その実態をは握することは非常に困難であることから、過去における補償事例（付表 4）を参考とし総合的に勘案した結果、阻害率を 5% 程度と判断し認定することが妥当と思われる。

(3) 立体利用阻害率

土被り（m）	想定階層	阻害階層	阻 害 率		立体利用 阻害率
			建物制限載 荷重制限	その他 阻害率	
0～5 未満	5	4	0.57	0.05	0.62
5～10	5	3	0.36	0.05	0.41
10～15	5	2	0.22	0.05	0.27
15～20	5	1	0.11	0.05	0.16
20 以下	5	0	0	0.05	0.05

4 区分地上権設定補償率について

地上権設定割合に、立体利用阻害率を乗じ、区分地上権設定補償率を算定することが妥当と思われるが、現在の土地の権利関係の実情から、地上権設定事例は殆んど見当ぬため、横浜市郊外付近における借地権割合及び底地権割合（地代徴収権割合）を参考とし、区分地上権設定期間に対応する支払地代の一括前払率を加算した割合を下記のとおり算定して地上権割合と推定し、算定した率と、民法改正前に国鉄がずい道構築のために設定した地上権の実質的効果を検討したところ区分地上権設定内容と殆んど差異がないことと認められることから、新幹線新設工事（東幹工、静幹工）に適用した補償事例並びに最近における他の起業者の補償事例（付表 4）と比較考慮し総合的に判断した結果、次のとおり補償率を評定することが妥当と思われる。

(1) 補償率算定式

土地価格×地上権割合×立体利用阻害率＝補償率

(2) 地上権割合

下記算定表により 0.99 と推定する

借地権 割合	低地権割合	年利率	福利年金現価率(99 年)	地上権割合
0.8	0.2	0.06	16.614599	0.9993
0.7	0.3	0.06	－ 〃 －	0.9990
0.6	0.4	0.06	－ 〃 －	0.9987

算式例 0.8+(0.2×0.06×16.614599)=0.99937

(3) 立体利用阻害率により算定した率

土被り (m)	地上権割合	立体使用阻害率	算定率
0～5 未満	0.99	0.62	0.61
5～10	〃	0.41	0.40
10～15	〃	0.27	0.26
15～20	〃	0.16	0.15
20 以下	〃	0.05	0.049

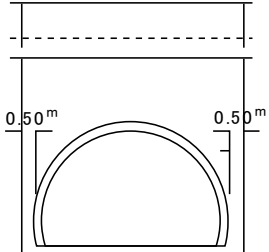
(4) 区分地上権設定補償率

立体利用阻害率により算定した率と補償事例による補償率を比較検討すると共に現地の実情を勘案した結果、次のとおり補償率を評定する。

土被り (m)	補償率 (%)	備 考
0～ 5 未満	55	保護層として原則的に購入する
5～ 8	45	
8～12	35	
12～16	25	
16～20	15	
20 以上	5	

この補償率は現地の状況（地形、地質等）により適正に補正することができるものとする。

地上権の設定について

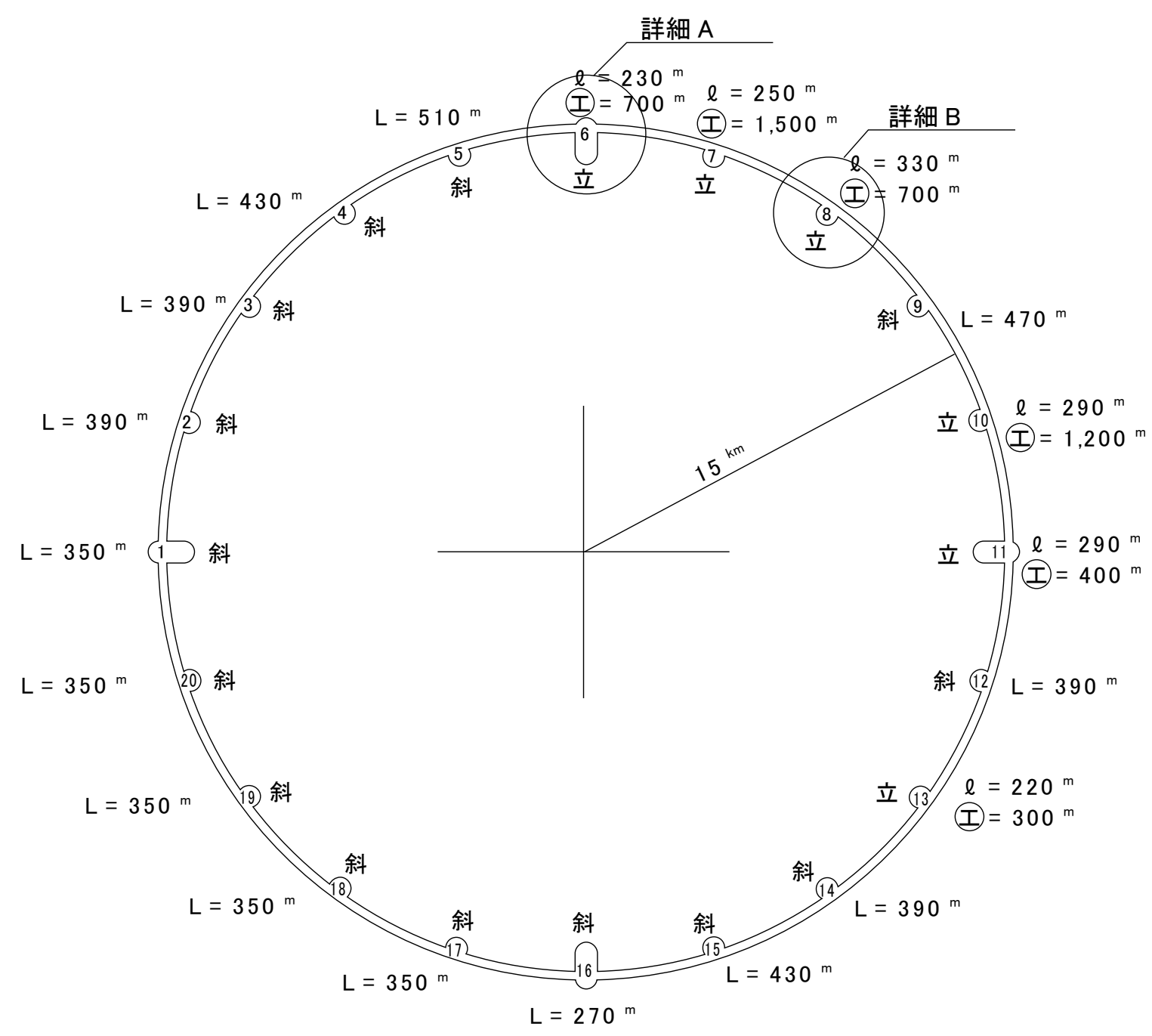
内容 管 庁	地上権設定	備考
日本 道 路 公 団	坑口部囲りは、用買している。他は 40 ^m まで地上権設定して補償している。	
日本 鉄 道 公 団	0～ 5 ^m 原則として購入、売らない場合 55% 5～ 8 ^m 45% 8～12 ^m 35% 12～16 ^m 25% 16～20 ^m 15% 20 ^m 以上 5% 20～40 ^m 5%（東北新幹線）	東二工 44 年 第 456 号 地上権選定巾 
国 鉄		
民 鉄	坑口部囲りは用買している。他は土被り 5 ^m それ以外は木造建 2 階又は協議	
関東 建設 省 河 川 課	坑口部囲りは用買している。他は 30 ^m まで地上権設定して補償している。	

資料－3

筑波案の概算工費



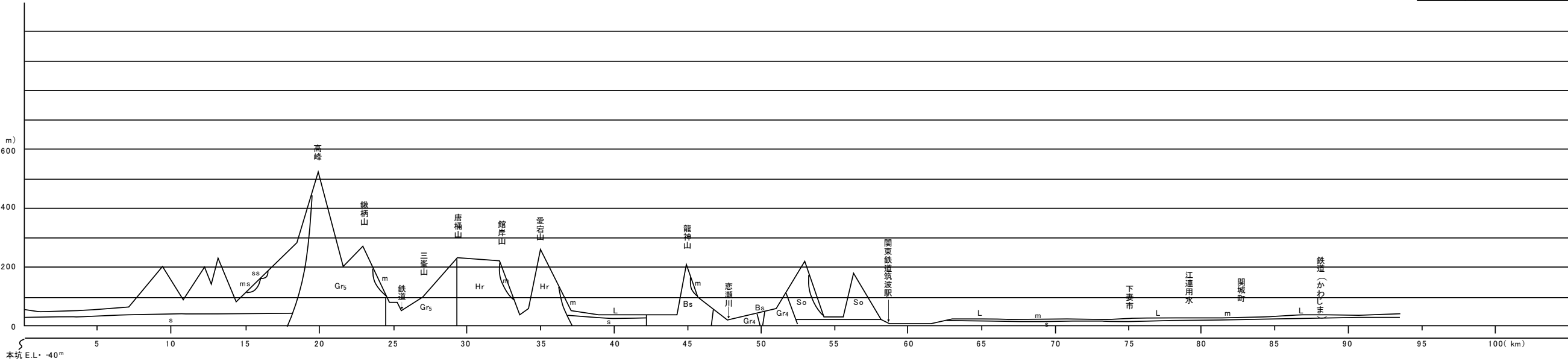
立坑・斜坑 位置図(筑波案) 本坑計画高 EL = -40 m



地質縦断図(茨城案)

V = 1 : 15,000
H = 1 : 300,000

地質分類記号 凡 例	
記 号	名 称
s	砂
m	泥
ms	泥 岩
ss	砂 岩
Gr4	斑状黒雲母花崗岩`筑波型 両雲母花崗岩`花崗岩
Gr5	黒雲母花崗岩
Bs	黒 色 片 岩
Hr	ホルンフェルス
So	片 麻 岩
L	ロ ー ム



概算工費（筑波案）

項 目	総延長 (m)	単 価	全 額 (百万円)
立 坑	1,610	$2,835 \frac{\text{千円}}{\text{m}}$ $\times 2 = 5,670$	9,129
斜 坑	5,420	$1,654 \frac{\text{千円}}{\text{m}}$ $\times 2 = 3,300$	17,929
本 坑	94,200	$4,000 \frac{\text{千円}}{\text{m}}$	376,800
工事用道路	4,800	$200 \frac{\text{千円}}{\text{m}}$	960
地下空間 A	4 ケ所	$363 \frac{\text{百万円}}{\text{ケ所}}$ $\times 2 = 726$	1,452
〃 B	16 ケ所	$40 \frac{\text{百万円}}{\text{ケ所}}$ $\times 2 = 80$	1,280
小計 (S)			407,550
仮設広場	$S \times 0.05$		20,378
合 計			427,928

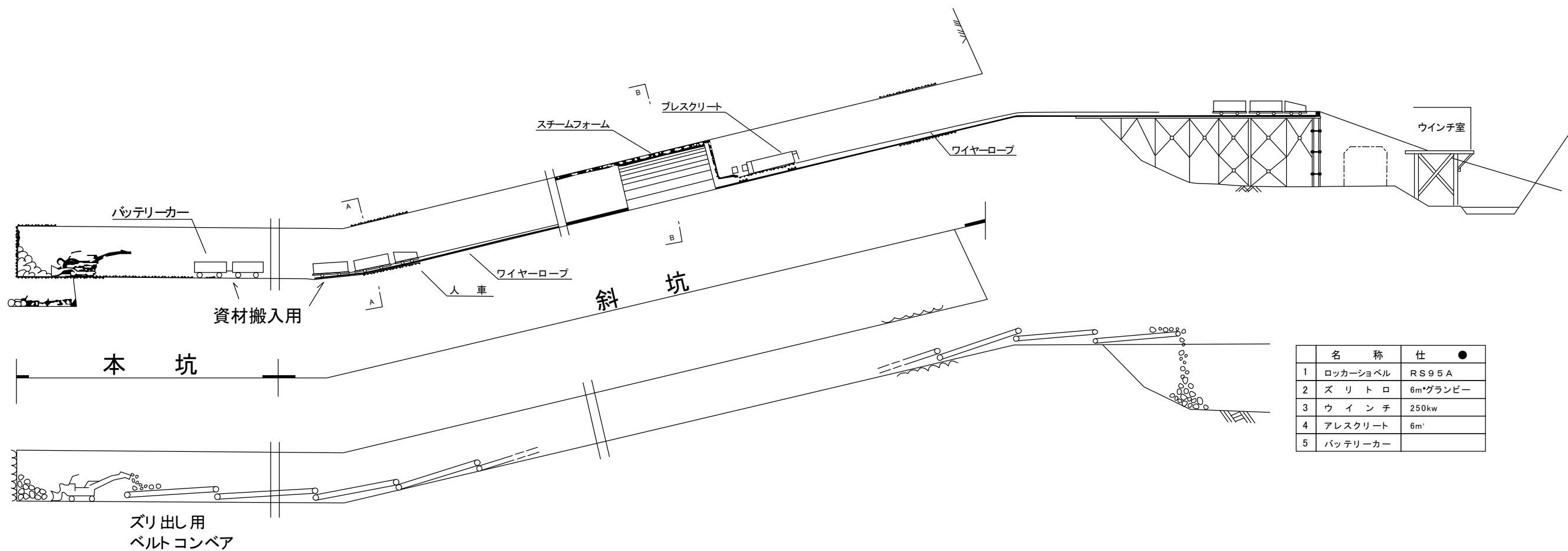
概算工期（筑波案）

	延 長 (m)	月 進 ($\frac{\text{m}}{\text{月}}$)	月 数 (月)	備 考
本 坑	2,356	50	47.1	
立 坑	330	54×1.2 65	5.1	
斜 坑	510	63×1.2 76	6.7	
工事用道路	1,500	120	12.5	
地下空間 A				
地下空間 B				

注) 立坑、斜坑月進は福島より地質が良くないので福島の月進の2割増。

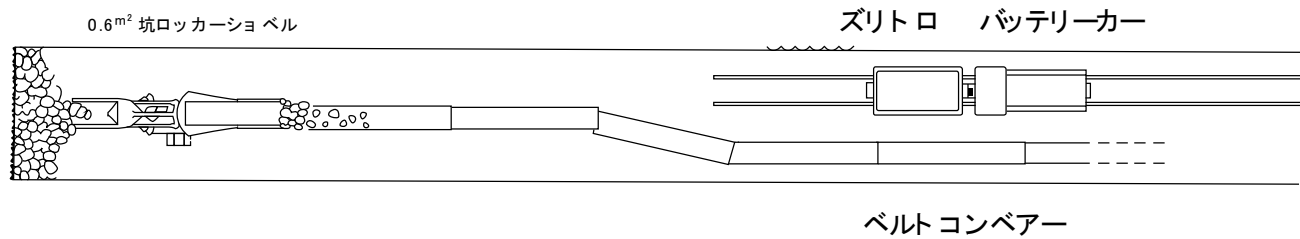
参考図

トンネル斜坑施工順序図

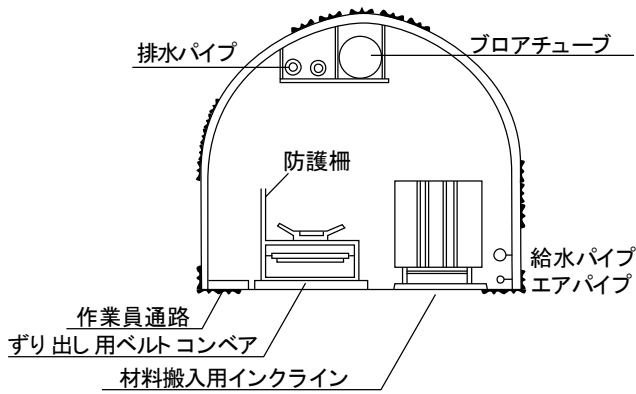


	名 称	仕 様
1	ロッカーショベル	RS95A
2	ズリトロ	6m*グランビー
3	ウインチ	250kw
4	アレススクリーン	6m'
5	バッテリーカー	

ズリ積み込み平面図



A-A 断面



B-B 断面

