

高速道路における 天然ガスパイプライン設置に関する 技術的課題の検討

北近畿エネルギーセキュリティ・インフラ整備研究会 第7回研究会
平成29年8月25日

(一財)国土技術研究センター 道路政策グループ
関 茂和
○丸山 大輔

発表内容

1. 研究の背景と目的
2. 天然ガスインフラの概要
3. 我が国のパイプラインの現状
4. 海外のパイプラインの現状
5. 天然ガスパイプラインを高速道路に敷設することで想定されうる改善点
6. 高速道路の概要
7. 要求性能による高圧導管の設置検討
8. 高圧導管設置区間の試算検討

1. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

- 東日本大震災以降、大きく変わったエネルギーの需給状況
- 今年度から実施されているガスの小売自由化
- それに伴う全国的な天然ガスパイプライン整備の議論等
 - 天然ガスパイプラインを高速道路に敷設する場合に技術的な面でどのような課題があるのかを整理する必要性が高まっている。

1. 研究の背景と目的

(2) 研究の目的

- 高圧天然ガス導管を高速道路区域内等に敷設する場合に発生する技術的課題について検討・整理。
- 高圧天然ガス導管の整備を具体的に検討する際の一助とする。

(3) 研究の進め方

- 学識者、関係省庁、ガス事業者、高速道路会社等からなる「高速道路における天然ガスパイプライン設置に関する技術的課題検討委員会」を設立し、幅広い知見を持って検討を実施。

1. 研究の背景と目的

(4) 研究フロー

- 標準断面、道路付属物、既設埋設物、既存の技術基準類等の整理
- 双方の要求性能の整理
- 敷設位置ごとの検討内容の抽出・整理



- 敷設位置ごとの技術的課題・問題点の抽出・整理



- 追加検討課題等についての対応
- 報告書（案）の作成

高速道路における天然ガスパイプライン設置に関する技術的課題検討委員会

第1回委員会 (H28.8.9)

- ・ 高圧導管と高速道路の一般的構造と設計の考え方
- ・ 高圧導管の設置位置検討に必要な高速道路の構造（土工、橋・高架、トンネル）ごとに検討項目を抽出



第2回委員会 (H28.11.25)

- ・ 技術的課題の検討結果と施工性・経済性の検討方針



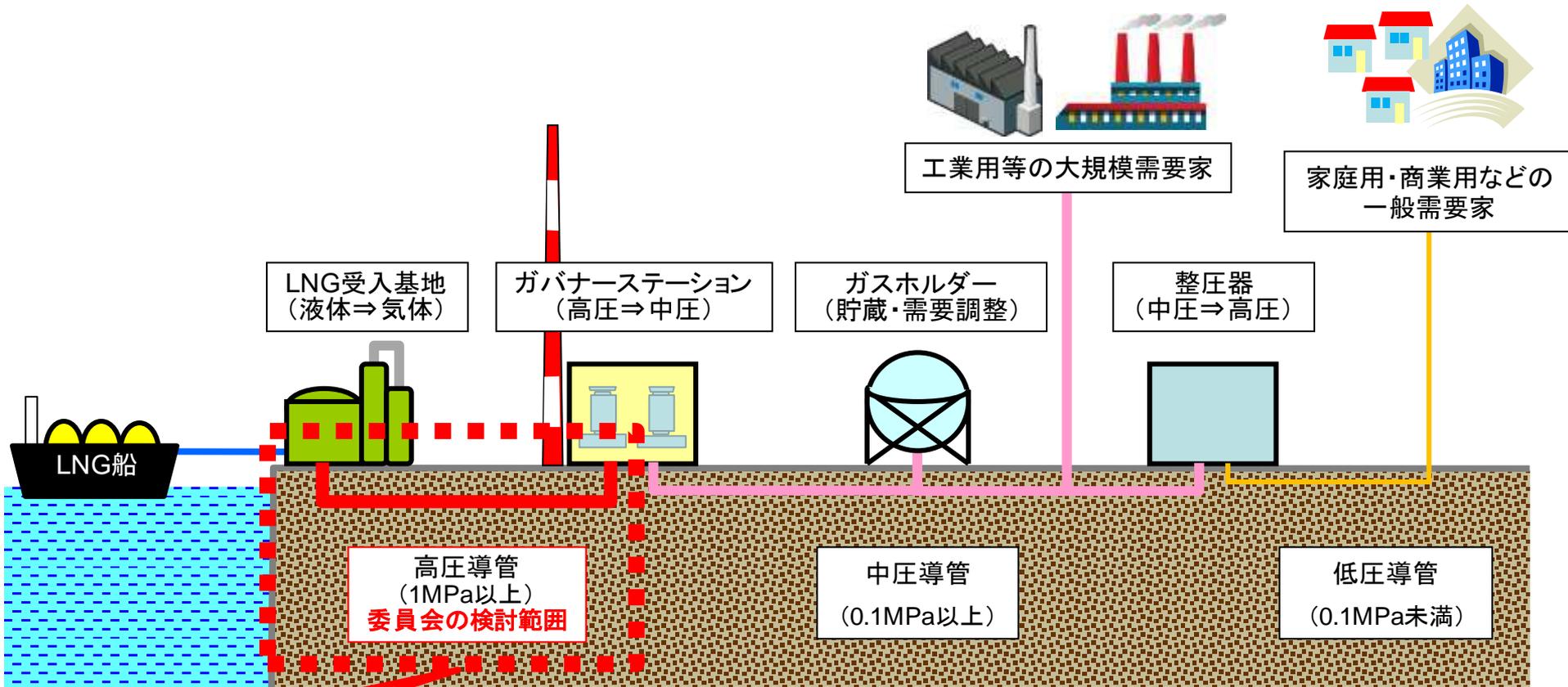
第3回委員会 (H29.3.17)

- ・ 施工（施工性や経済性）の検討結果及び技術的課題のとりまとめ

H28年度

H29年度

2.天然ガスインフラの概要



今回の検討範囲

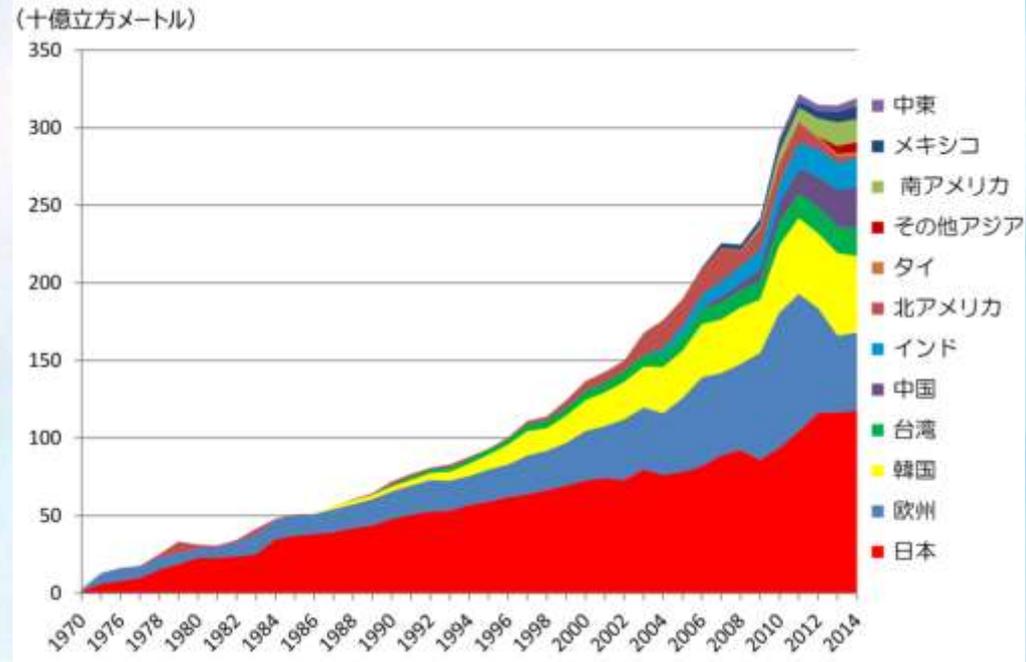
図2-1 天然ガスの受入からパイプライン輸送による最終消費地までの概念図

2.天然ガスインフラの概要

- 天然ガスは過去40年で、世界で最も拡大したエネルギー源。
- 特にアジアでは、LNGの利用が多い。
- 日本は**世界の1/3**を占める最大輸入国。

表2-1 世界のエネルギー供給の内訳の変遷

		1970	1990	2010
原油	➡	46%	39%	33%
天然ガス	➡	18%	22%	24%
石炭	➡	30%	27%	30%
原子力	➡	0%	6%	5%
水力	➡	5%	6%	6%
再エネ	➡	0%	0%	1%



出典：BP Statistics, Cedigazより資源エネルギー庁作成
 (第32回ガスシステム改革小委員会配付資料に加筆)

図2-2 国地域別の天然ガス輸入量の推移

出典：BP Statistics, Cedigazより資源エネルギー庁作成
 (第32回ガスシステム改革小委員会配布資料)

3.我が国のパイプラインの現状

- 我が国では、東京ガス(株)と東京電力(株)が昭和44年にLNGの輸入を開始したのが先駆けとなった。
- 我が国では、国際輸送はLNG船を利用した船舶輸送、国内輸送においてパイプラインを活用した国内輸送は、微々たる水準に留まっている。
- パイプラインについては、今日まで主要大都市間やLNG基地間を連携するパイプラインの整備は、十分には進んでいない状況にある。

3.我が国のパイプラインの現状

●導管の口径
600A以上 400A以上 200A以上

高圧※1かつ口径200A※2以上のものを記載
※1) 1Mpa以上 ※2) 200A≒200mm

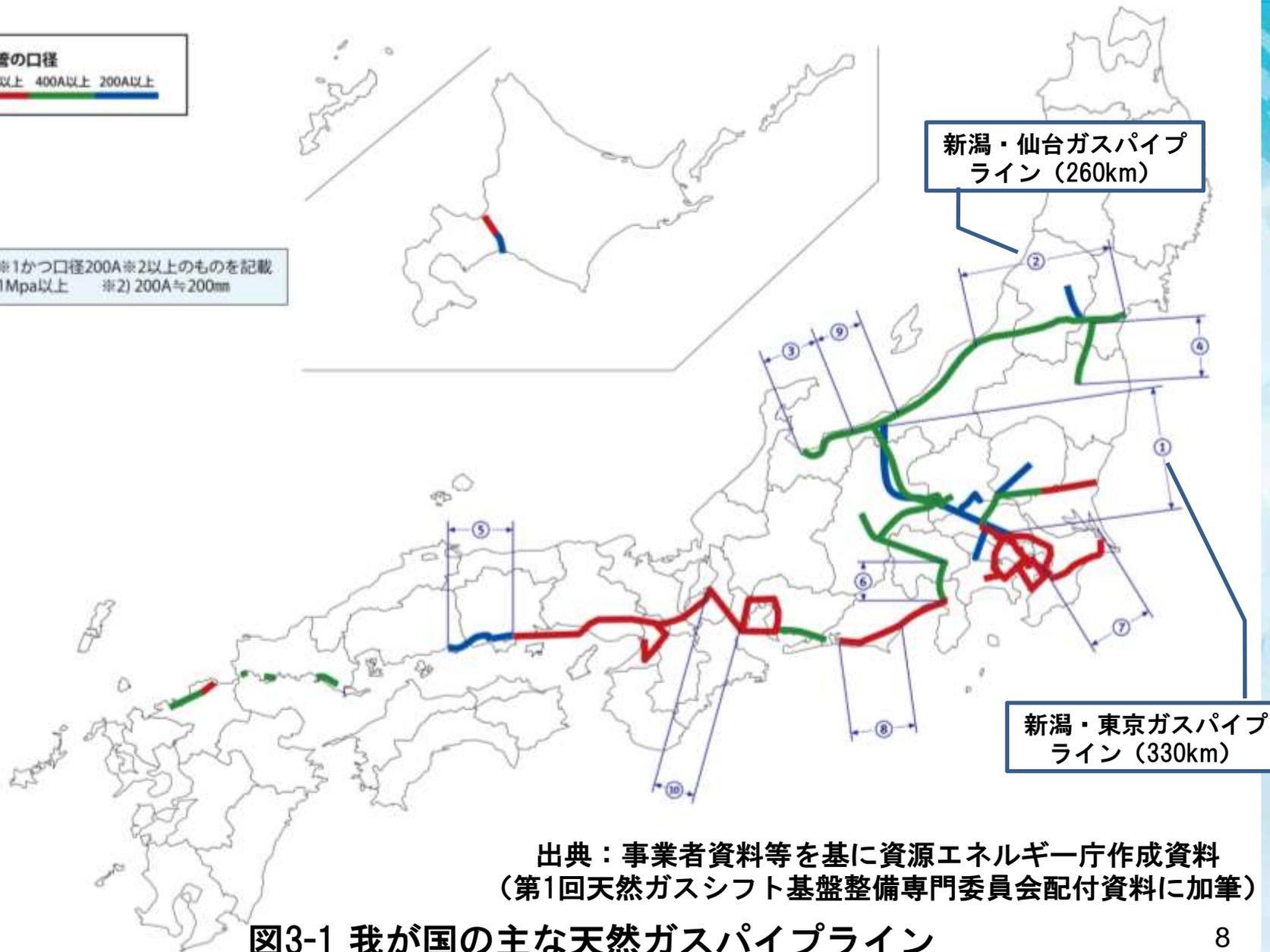


図3-1 我が国の主な天然ガスパイプライン

3.我が国のパイプラインの現状

表3-1 我が国の主な天然ガスパイプライン

		距離 (km)	口径 (mm)	圧力 (MPa)	整備年
①	新潟・東京ガスパイプライン	330	200	4-6	昭和37年
②	新潟・仙台ガスパイプライン	260	500	4-6	平成8年
③	糸魚川・富山ガスパイプライン	103	500	7	平成28年
④	白石・郡山ガスパイプライン	95	400	6.86	平成19年
⑤	姫路・岡山ガスパイプライン	86	600	7	平成26年
⑥	甲府・御殿場ガスパイプライン	83	400	7	平成18年
⑦	千葉・鹿島ガスパイプライン	79	600	7	平成24年
⑧	静岡・浜松ガスパイプライン	76	400/500	7	平成27年
⑨	上越市・糸魚川ガスパイプライン	68	200	7	昭和35年
⑩	三重・滋賀ガスパイプライン	60	600	7	平成26年

3.我が国のパイプラインの現状

- 我が国の天然ガスパイプラインは、他国と比較し、輸送ライン（高圧導管）が供給ライン（中低圧導管）の距離に比べて**貧弱**である。

表3-2 天然ガス幹線導管敷設距離の国際比較

	年	石油パイプライン	天然ガスパイプライン		
			輸送ライン	供給ライン	合計
アメリカ	2002	—	525,540	1,781,301	2,306,841
イギリス	2001	4,638	19,005	261,765	280,770
イタリア	2000	4,347	30,500	190,000	220,500
ドイツ	2001	2,370	59,000	311,000	370,000
フランス	2001	5,746	34,400	165,100	199,500
日本	2000	7.8	1,397	211,180	212,577

出典：ENERGY & FIGURES 2003, EUROSTATから作成

3.我が国のパイプラインの現状

- 欧州では、**天然ガスパイプラインは公共財**という認識があり、パイプライン用地の取得に関して「**Right of way (ROW)**」の制度が規定されている。
- この制度は、パイプライン建設にあたっては、**地上権とは関係なく、ある一定の範囲内で自由に敷設する権利が国から与えられる**もので、私権の制限、建設の優先とそれらに対する強力な保護が実現している。
- わが国では、「ROW」の制度が存在しないことや厳しい地形条件もあり、欧州と比べ建設コストや工期に大きな差異が生じている。**単位コストで比較すると、海外より一桁高い。**

3.我が国のパイプラインの現状

- わが国では、「ROW」の制度が存在しないことや厳しい地形条件もあり、欧州と比べ建設コストや工期に大きな差異が生じている。**単位コストで比較すると、海外より一桁高いことがわかる。**

表3-3 天然ガス幹線導管敷設コストの国際比較

		内径 (inch)	距離 (km)	単位コスト (\$ /inch/m)	着工年 (年)
国内陸上 パイプ ライン	帝石静岡ライン(昭和一御殿場)	15	83	200	2004
	大阪ガス滋賀ライン(草津一多賀)	23	46	230	2003
	東京ガス中央幹線	23	23	370	2004
海外陸上 パイプ ライン	ボリビアーブラジル	24	3,150	28	1999
	ウレンゴイーウージュホロイド (ロシア) (ウクライナ)	56	3,200	25	1983
	NEブリティッシュコロンビア(カナダ)	42	2,988	30	2000

出典：第7回ガスエネルギー小委員会配付資料から作成
(青山伸昭氏の提出資料)

3.我が国のパイプラインの現状

■ 古河～真岡幹線の整備状況

- 「古河～真岡幹線」は、北関東地区における天然ガスの普及促進と安定供給を目的とした天然ガスパイプラインである。
- 総延長約50kmのうち、シールド工法が約18.8kmで、他は一部を除き、開削工法で施工されている。



工事区間	始点:茨城県古河市 終点:栃木県真岡市		
延長	約50km	管径	約60cm
材質	鋼管	圧力	7MPa
工事期間	2014年～2018年(予定)		

出典：東京ガス提供資料から作成
 図3-2 古河～真岡幹線の概要

3.我が国のパイプラインの現状

■ 開削工法（国道4号側道）

- 国道4号沿線には、側道下にガス管が埋設されている。



開削工法（国道125号交差部）

図3-3 古河～真岡幹線の整備状況①

3.我が国のパイプラインの現状

■ 開削工法（国道4号側道）

- 国道4号沿線には、側道下にガス管が埋設されている。



ストックヤード（敷地面積9,800m² 管長L=12m, φ600mm）

図3-3 古河～真岡幹線の整備状況②

3.我が国のパイプラインの現状

■ シールド工法（A工区：L=11.6km）

- ・ シールドマシン：4機 シールド推進施工速度：20m/日



立坑（ ϕ 13m \times H=26.3m）

図3-3 古河～真岡幹線の整備状況③

3.我が国のパイプラインの現状

■ シールド工法（A工区：L=11.6km）

- ・ シールドマシン：4機 シールド推進施工速度：20m/日

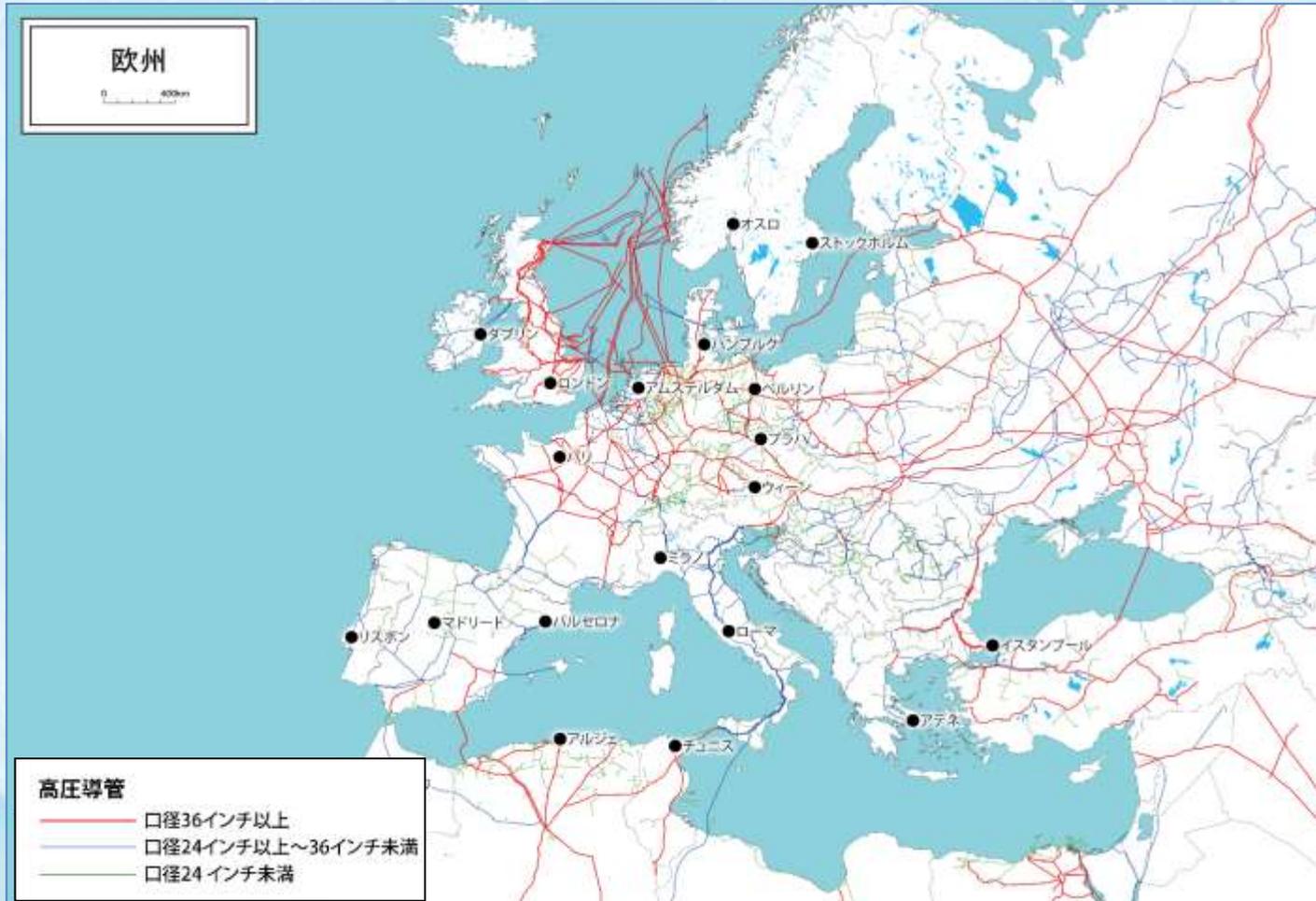


シールドトンネル（内径φ2.0m）

図3-3 古河～真岡幹線の整備状況④

4. 海外のパイプラインの現状

- 欧州では、1970年代からロシアからのガス受入れのため国際パイプラインが整備されている。



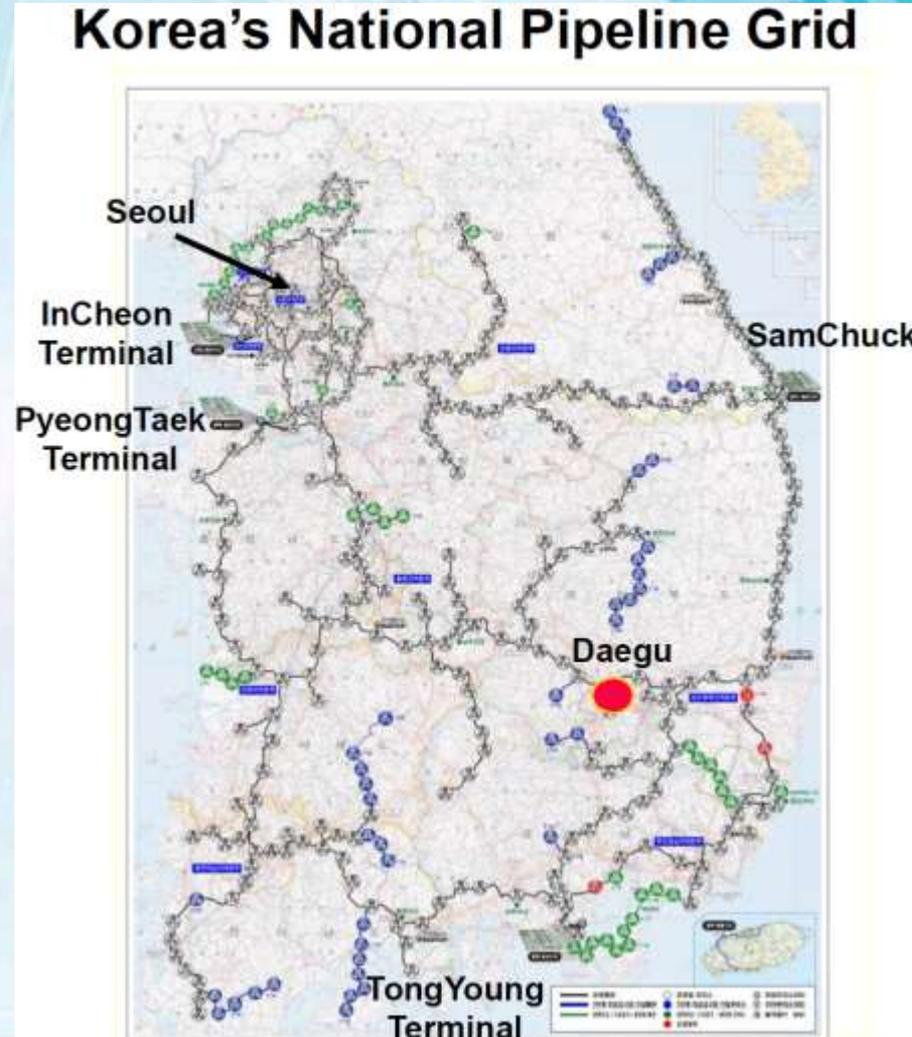
出典：欧州ガスインフラ協会資料（2013）から作成

図4-1 欧州の天然ガスパイプライン網

4. 海外のパイプラインの現状

■ 韓国の天然ガスパイプライン網

- 韓国ガス公社 (KOGAS) は輸入天然ガスを都市ガス公社に卸売する**国営企業**。
- 韓国内の高圧ガスネットワークは、**国道の路肩部等を使用して概成済** (約4,400km)。
- 当初から、高圧ガスパイプラインを**高速道路下へ埋設する計画はなし**。
- LNGを独占的に輸入・確保し、発電所や都市ガス公社 (32箇所) に販売。
- 天然ガスの利用シェアは、発電40%、都市ガス60%。



出典:KOGAS提供資料

図4-2 韓国の天然ガスパイプライン網

4.海外のパイプラインの現状

■ 韓国の天然ガスパイプライン網



図4-3 韓国の高圧導管

- 技術基準を有しており、その基準に基づいて施設の設計及び建設を行っている。
- 高圧ガス導管の管径は750mm、設計圧力は7MPa。実際には5.5～5.8MPaで運用しているとのこと。
- 日本における高圧ガス導管の管径は200～700mm、設計圧力は4～7MPa

4. 海外のパイプラインの現状

■ 台湾

- 1984年にLNG基地とパイプラインの建設が開始され、1990年にLNG基地の運転開始。
- 台湾の陸上部の天然高圧ガスパイプラインは**高速道路の敷地**に敷設されている。
- 2000年に**陸上幹線・海底幹線パイプライン（730km）**が完成。
- 現在、幹線パイプライン**1,757km**が供用済み。



出典: CPCのHP及び訪問時のヒアリング

図4-4 台湾の天然ガスパイプライン網

4. 海外のパイプラインの現状

■ 台湾現地視察

H29.7.3～7.6

車で移動

⇒ 高速道路約380km（東京～岐阜）
 ちなみに台湾新幹線だと、1.5時間
 くらい

台北発

調査①

GPL敷設状況

調査②

鐵砧山ガス貯蔵プラント

調査③

河川横断部

高雄着



調査① GPL敷設状況



調査① GPL敷設状況



調査③ 河川横断部



調査③ 河川横断部



調査③ 河川横断部



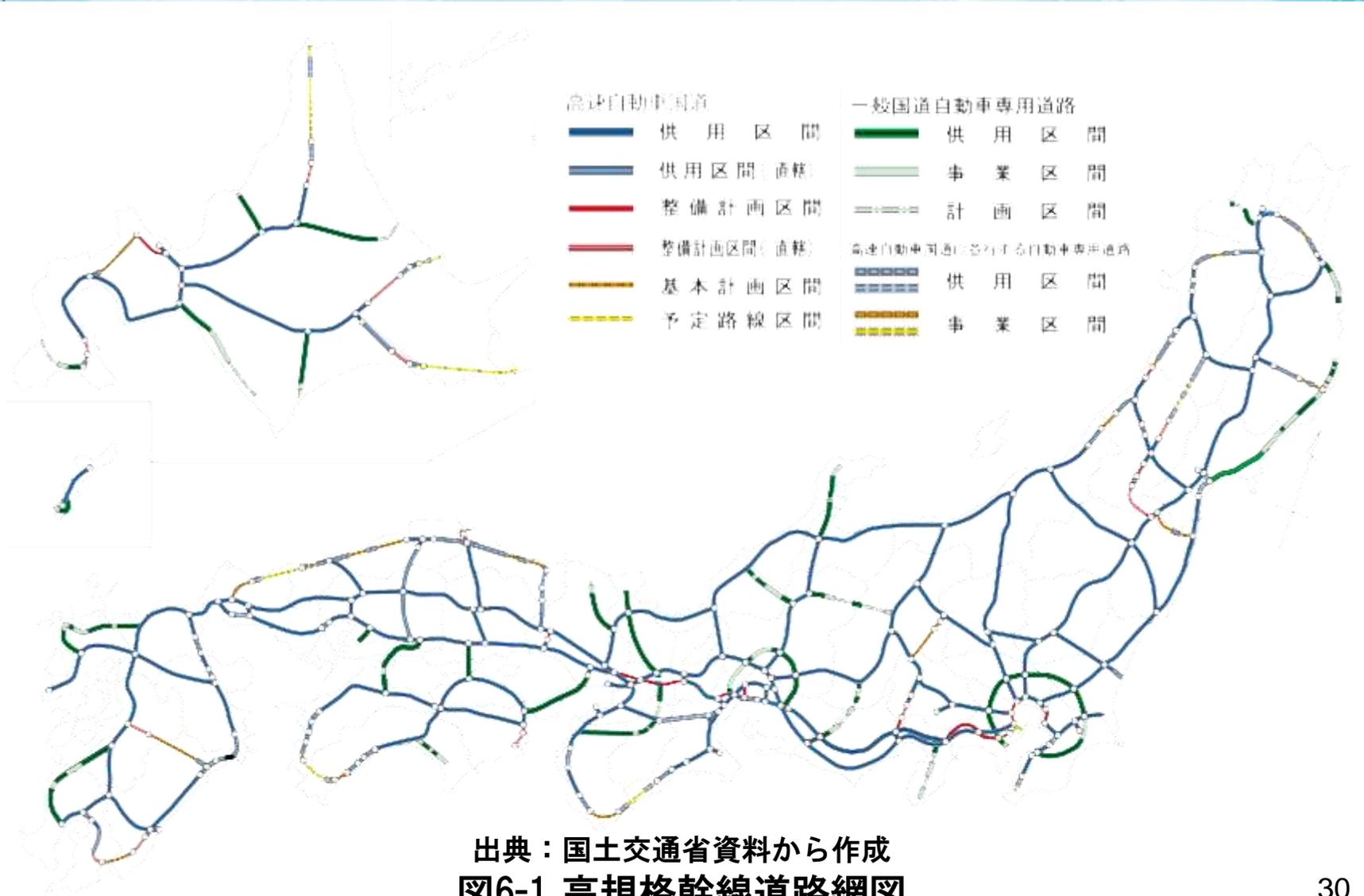


5.天然ガスパイプラインを高速道路 に敷設することで想定されうる改善点

- ① 連続した施工が可能となり、工期が短縮され工事費が安くなる可能性がある。
- ② 近接工事等は高速道路会社の管理下に置かれるため容易に把握することができる。
- ③ 協議窓口が高速道路会社に集約される。

6. 高速道路の概要

(1) 路線及び整備状況



出典：国土交通省資料から作成
 図6-1 高規格幹線道路網図

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(1) 高圧導管の要求性能

- 高圧導管は**想定される荷重に対し、適切に設計を行うこと**で要求性能が満足できるため、設置箇所（高速道路設置）による高圧導管の要求性能には影響を与えない。

表7-1 想定される荷重に対して求められる性能要件

		想定さえる荷重	求められる性能要件	
荷重	主荷重	内圧、土圧、自重、路面荷重による土圧	発生応力は弾性範囲内である。	
		風力、雪、温度変化、地震、等		
	従荷重	地震の影響	レベル1地震動※1	被害がなく、修理することなく運転に支障がない。
			レベル2地震動※2	変形は生じるが、漏洩は生じない。
	液状化			

※1：レベル1地震動：供用期間中に発生する確率が高い地震動

※2：レベル2地震動：供用中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動

出典：高圧導管指針

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(2) 高速道路の要求性能

- 本研究では、高速道路の要求性能として、下表に示す**3項目**を定義した。
- 次に、高圧導管の設置により「高速道路の要求性能」を損なわない（要求性能を満足する）ための検討項目として、下表に示す**7項目**について検討を行った。

表7-2 要求性能を満足する検討項目

要求性能	検討項目	備考
(1) 構造物の安全性・修復性 → 常時及びレベル1地震時は、健全性を損なわない。レベル2地震時は、損傷が限定的なものに留まり、機能回復が速やかに行いうる。	(1) 関連法令等の遵守	建築限界・埋設深さの法令を遵守する。
	(2) 構造物の安定	構造物の安定を確保する。
	(3) 道路損傷時の早期復旧	被災時の早急復旧の支障とならない。
	(4) 維持管理	維持管理作業を確保できる。
(2) 利用者の安全性 → 高速道路利用車両が安全に通行できる。	(5) 安全施設の保全	防護柵等の安全施設に影響しない。
	(6) 管理施設の保全	管路等の管理施設に影響しない。
(3) 周辺の安全の確保 → 高速道路周辺の住民の安全が確保される。	(7) 事故時の被害拡大防止	事故(通行車両)発生時に被害を拡大させない。

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(3) 管径及び埋設深

- 検討する管径は、**40インチ（約102cm）**と**24インチ（約60cm）**とした。
- 高圧導管の埋設深は、道路法施行令に規定される「**1.2m以上**」を**確保**する。

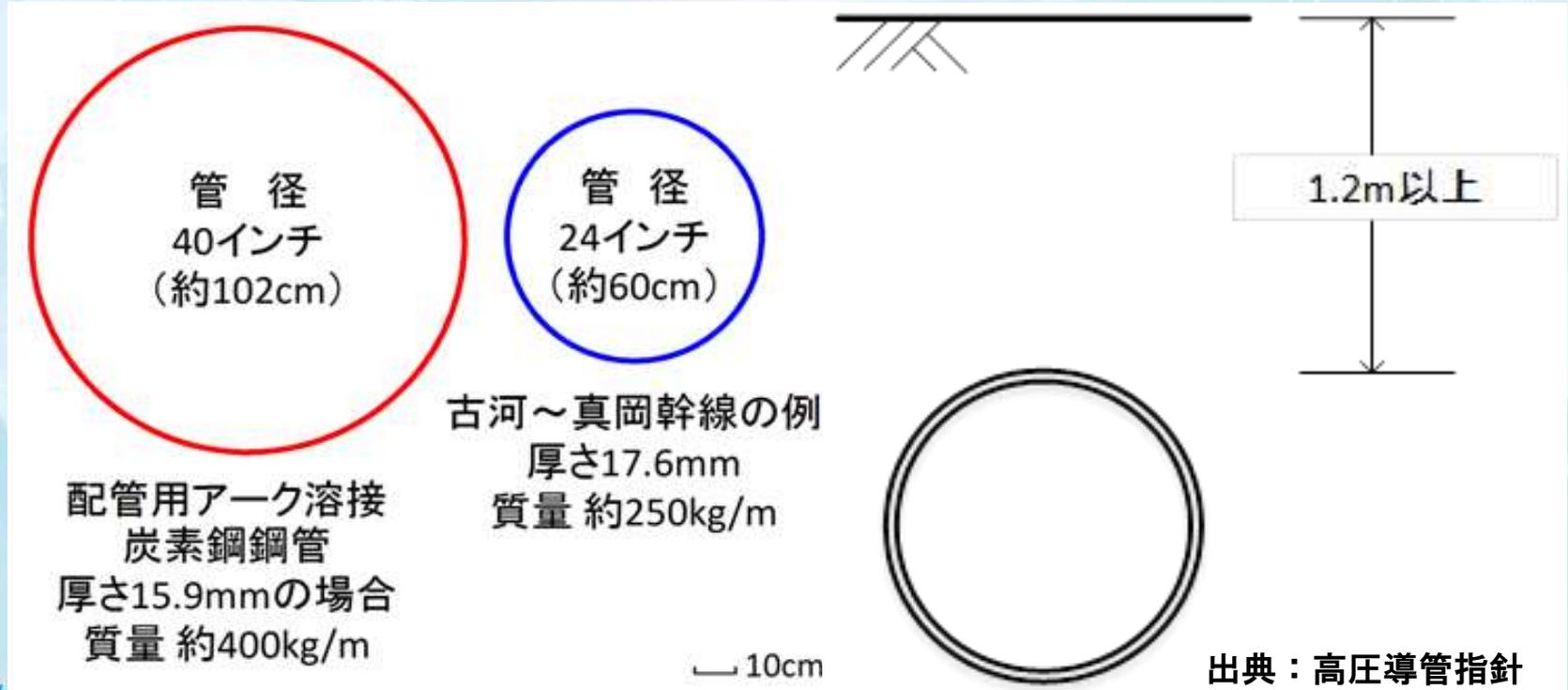
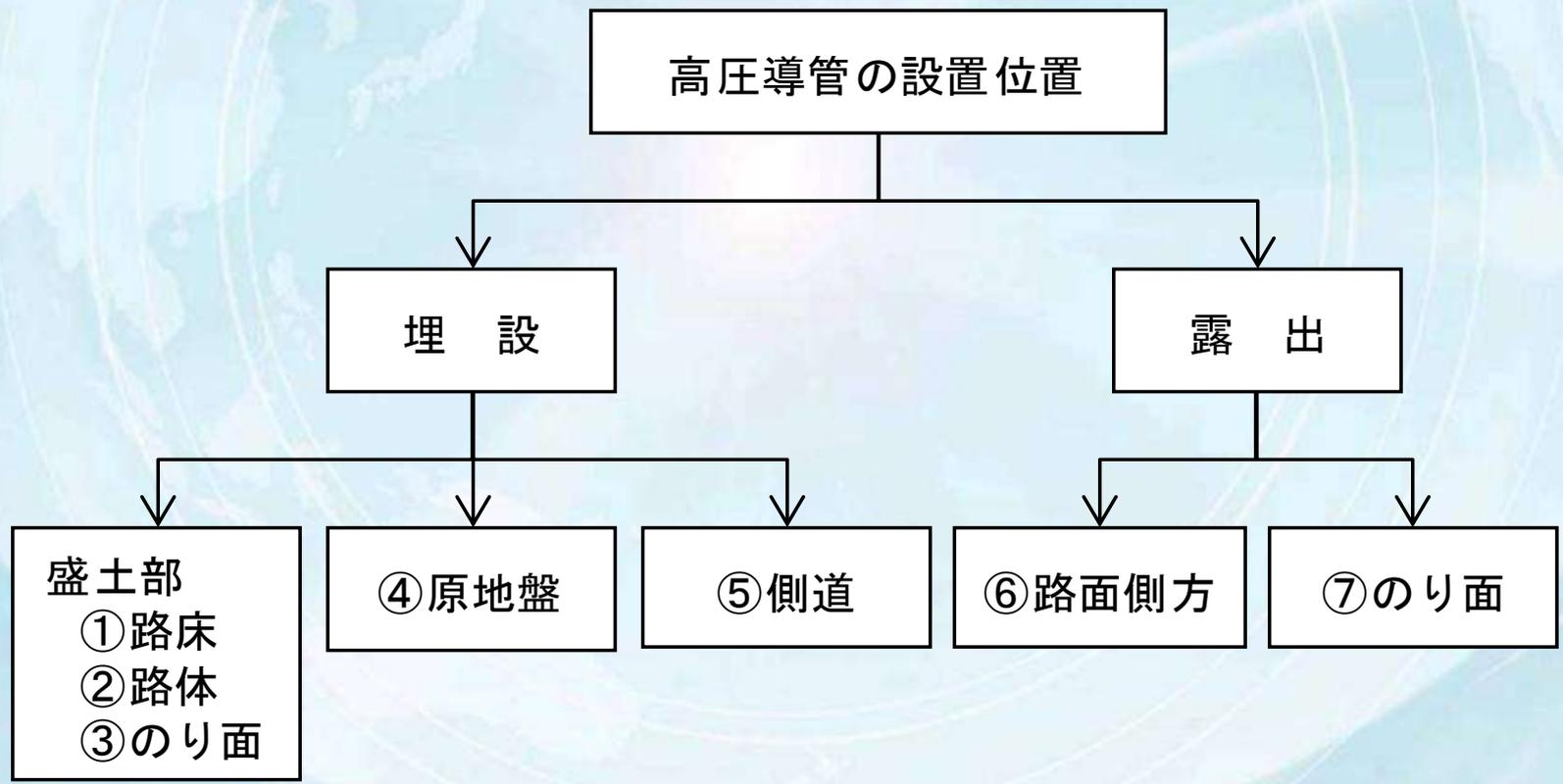


図7-1 管径及び埋設深

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(4) 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例)

- 設置位置は埋設の場合と露出の場合に分けて、以下に示す「①路床」～「⑦のり面」までの7箇所を対象に、前述の7つの検討項目について検討した。



7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(4) 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例)

- 設置位置は埋設の場合と露出の場合に分けて、以下に示す「①路床」～「⑦のり面」までの7箇所を対象に、前述の7つの検討項目について検討した。

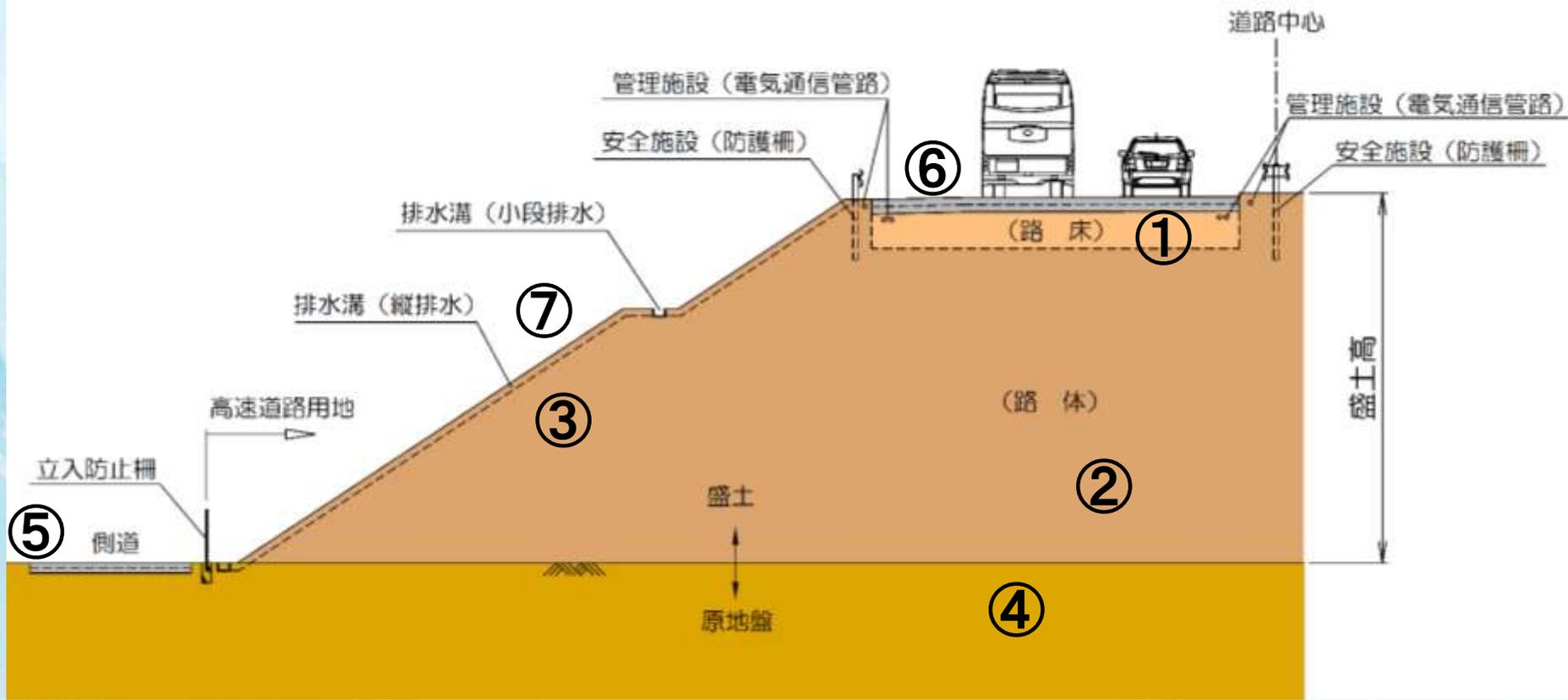


図7-3 検討位置区分

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(4) 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例)

表7-3 検討項目の一覧

道路の要求性能		構造物の安全性・修復性				利用者の安全性		周辺の安全性
設置位置	検討項目	(1) 関連 法令等 の順守	(2) のり面 の安定	(3) 道路損傷 時の早期 復旧	(4) 維持 管理	(5) 安全 施設の 保全	(6) 管理 施設の 保全	(7) 事故時の 被害拡大 防止
	埋設	①路床	A	—	—	—	A	A
②路体		—	—	—	—	—	—	—
③のり面		—	B,C,D	B,C,D	—	A	—	—
④原地盤		—	—	—	—	—	—	—
⑤側道		—	—	—	—	—	—	—
露出	⑥路面側方	A	—	—	—	—	—	A
	⑦のり面	—	—	—	A,B	—	—	A

表中の①～⑦は高圧導管の設置位置を示す。

盛土の作用荷重 (A～D) より検討を行う。

A：常時、B：降雨時、C：地震時（レベル1）、D：地震時（レベル2）、—：対象外

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(4) 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例)

1) 関係法令の順守

① 建築限界(道路構造令第12条)

② 水管又はガス管の占用の場所に関する基準
(道路法施行令第11条の3)

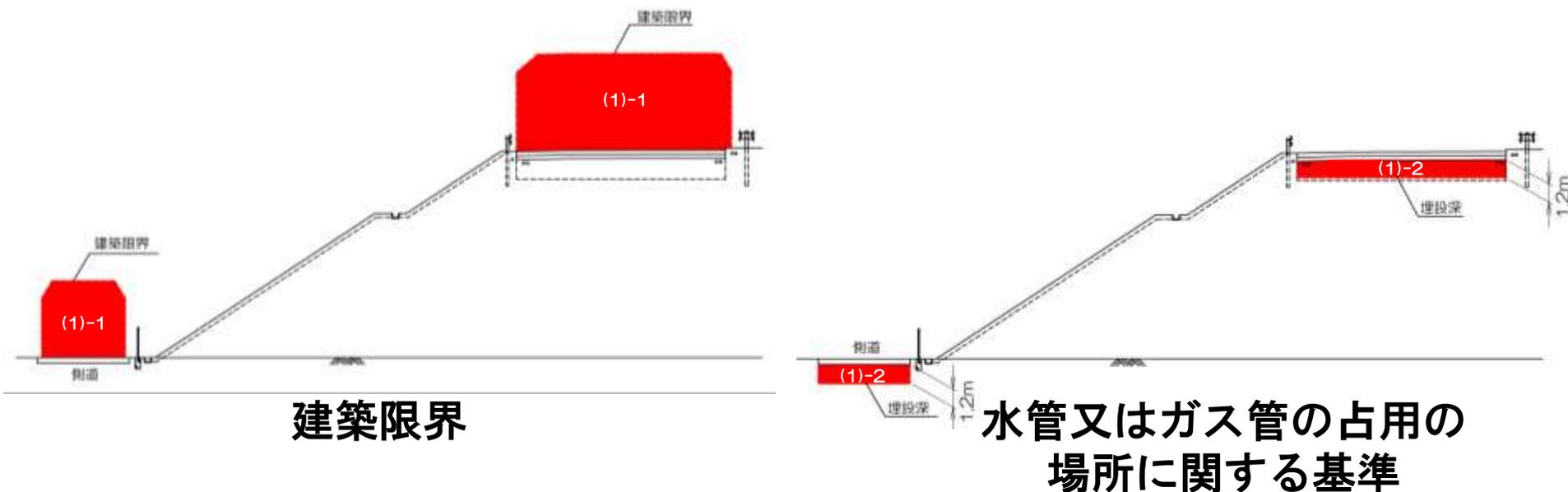


図7-4 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例) ①

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

2) のり面の安定

- ① 表層崩壊
- ② すべり崩壊
- ③ 既設盛土の補強

3) 道路損傷時の早期復旧

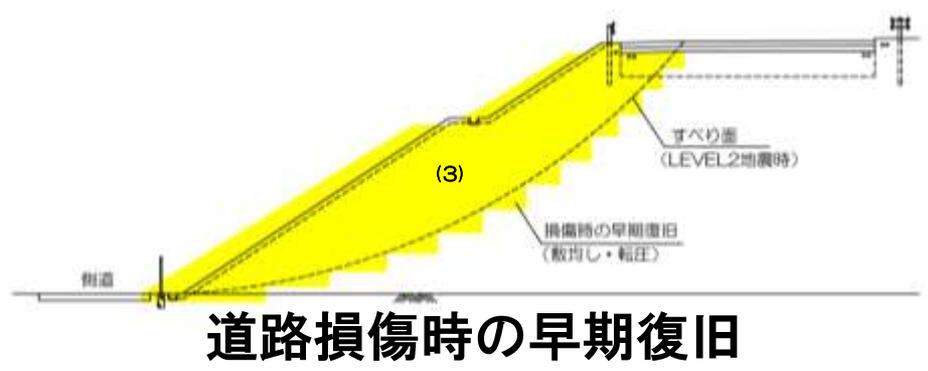
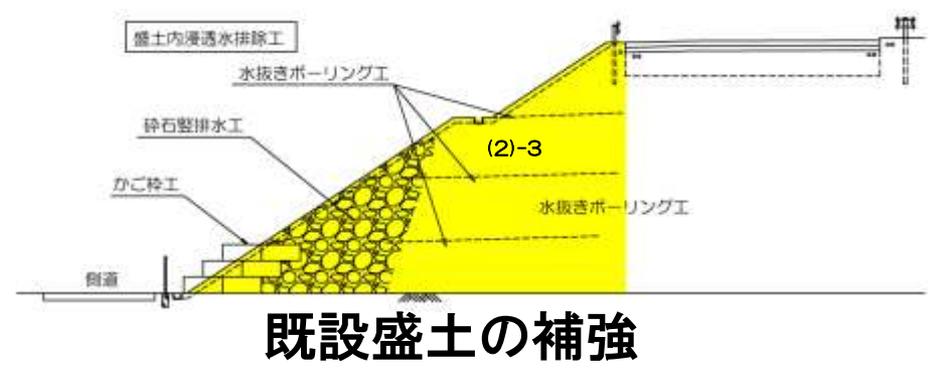
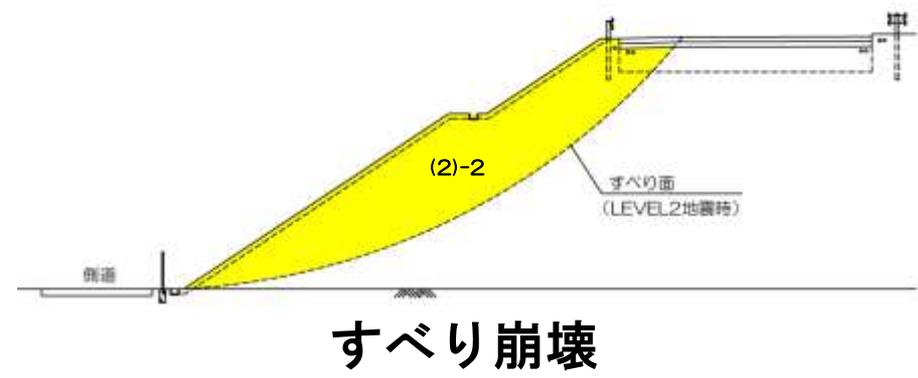
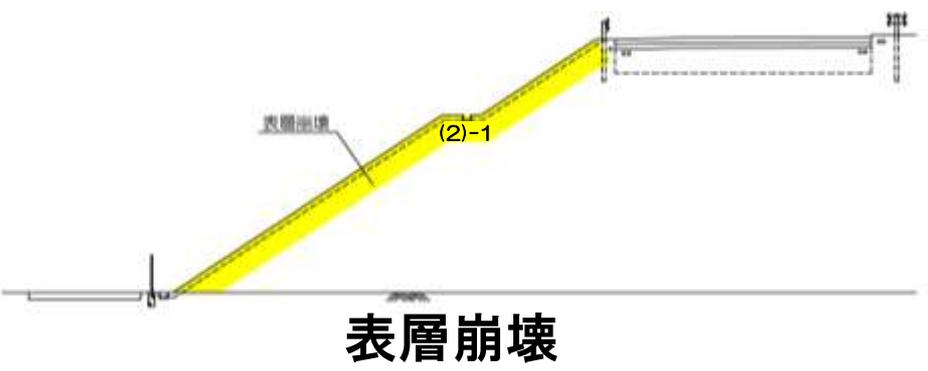


図7-5 設置位置検討 (土工部・盛土 (基本断面) の例) ②

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

- 4) 維持管理
- 5) 安全施設の保全
- 6) 管理施設の保全
- 7) 事故時の被害拡大防止

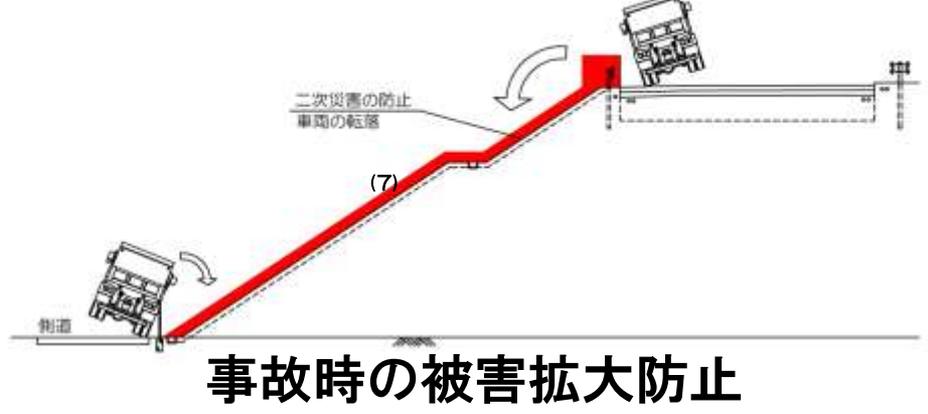
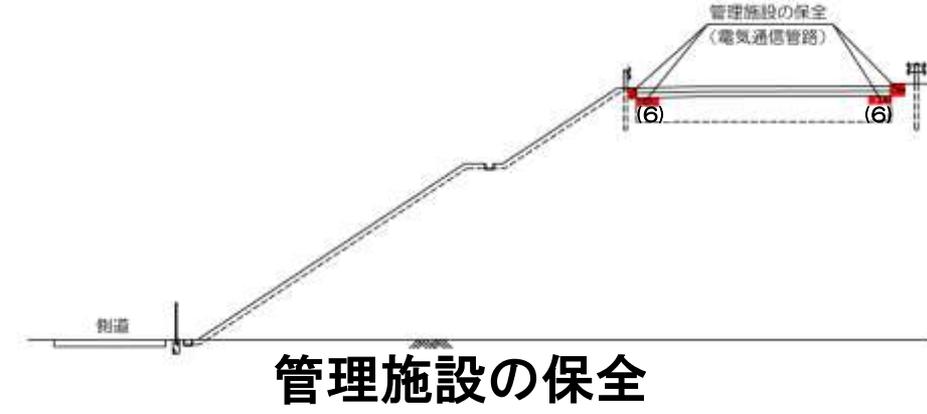
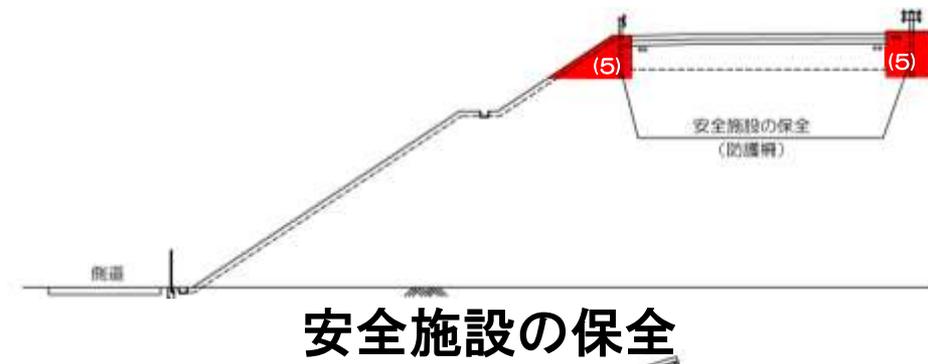
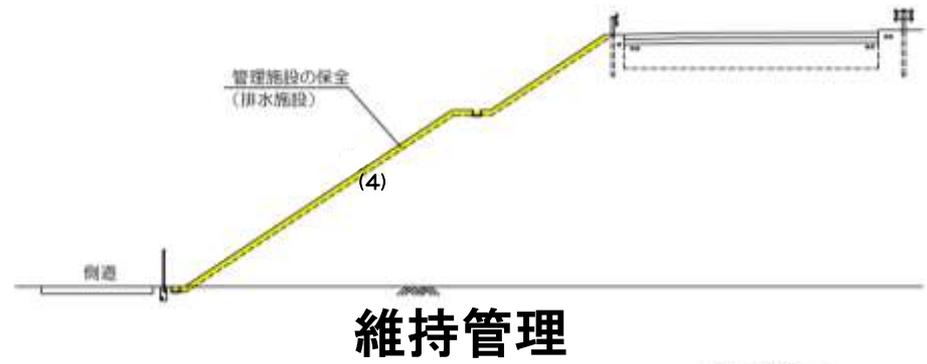


図7-6 設置位置検討（土工部・盛土（基本断面）の例）③

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(4) 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例)

表7-4 施工検討の対象となる位置

判定区分	高圧導管の設置判定	該当位置	
不可	制約事項(技術的な課題)があり、高圧導管の設置が不可(困難)な箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・建築限界内 ・路面下深度1.2m内 ・安全・管理施設の近傍(本線) ・のり面表面 	(1)-1 (1)-2 (5),(6),(7)
要検討	高圧導管の設置には検討が必要とされ、検討結果により設置の可否が決定する箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・のり面付近の盛土内 	(2)-1 (2)-2 (2)-3 (3),(4)
施工検討が必要	高圧導管設置の技術的な課題はないが、施工方法の検討が必要な箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・路面(本線)下1.2m以深の盛土内 ・盛土下の原地盤 	
問題なし	技術的な課題がなく、高圧導管の設置実績があり、施工上の問題がない箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・路面(側道)下1.2m以深 + α 	

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(4) 設置位置検討(土工部・盛土(基本断面)の例)

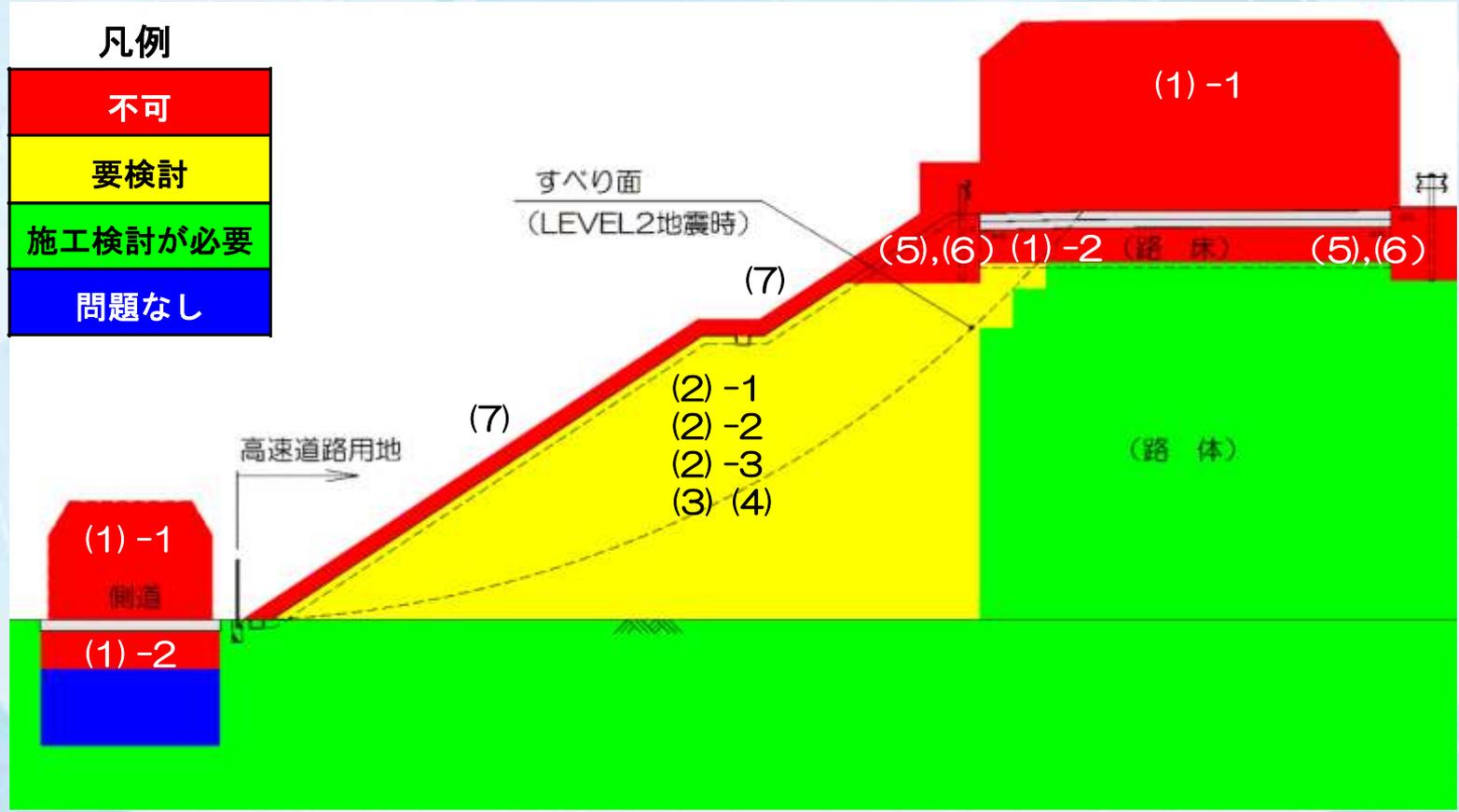


図7-7 施工検討の対象となる位置(土工部・盛土(基本断面)の例)

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(5) 施工方法の検討

■ 開削工法

➤ 土留め工法

- 土留め工法は、**高圧導管指針に示される導管の設置方法。**
- 掘削溝に導管（鋼管）を埋設し、埋戻す工法であり、掘削に際して、掘削規模、土質、湧水の状況及び周辺環境に応じ、適切な土留め支保工を設置する工法。

➤ クイックパイプライン（QPL）工法

- 米国で開発実用されたスプレッド工法（十分なスペースを確保できる場合に適用可能な**高速施工法**）を基に、我が国への適用を目指し改良された工法。

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(5) 施工方法の検討



連続溝掘削機



自動矢板打ち機



パイプ敷設クレーン



パイプ工作車
(芯出し・TIG溶接車)



パイプ吊下シクレーン



多層締め固め機
材料供給機

出典：ガスパイプラインの合理的建設システム-クイックパイプライン工法(QPL工法)-の開発
苦米地正敏 京都大学学位論文、2003

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(5) 施工方法の検討

■ QPL工法の採用について

- QPL工法は、作業の効率化（急速施工）による工費や工期の縮減が期待される工法である。
- しかしながら、以下の理由により、**今回の検討対象からは除外**するものとした。
 - 連続施工延長の確保が困難（**横断ボックスによる分断**）
 - 高速道路内での採用は現時点では困難（**機械配置に課題**）



図7-9 横断ボックス

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(5) 施工方法の検討

■ トンネル工法

- 地中内のシールド断面は、高圧導管の施工のため高圧導管よりも大きい断面が必要であり、真岡幹線の施工実績では、管径600Aに対し、内径2mのシールド断面としている。
- 管径にシールドの内径が比例するとした場合、**40インチの高圧導管では内径約2.5mのシールド断面が必要**となる

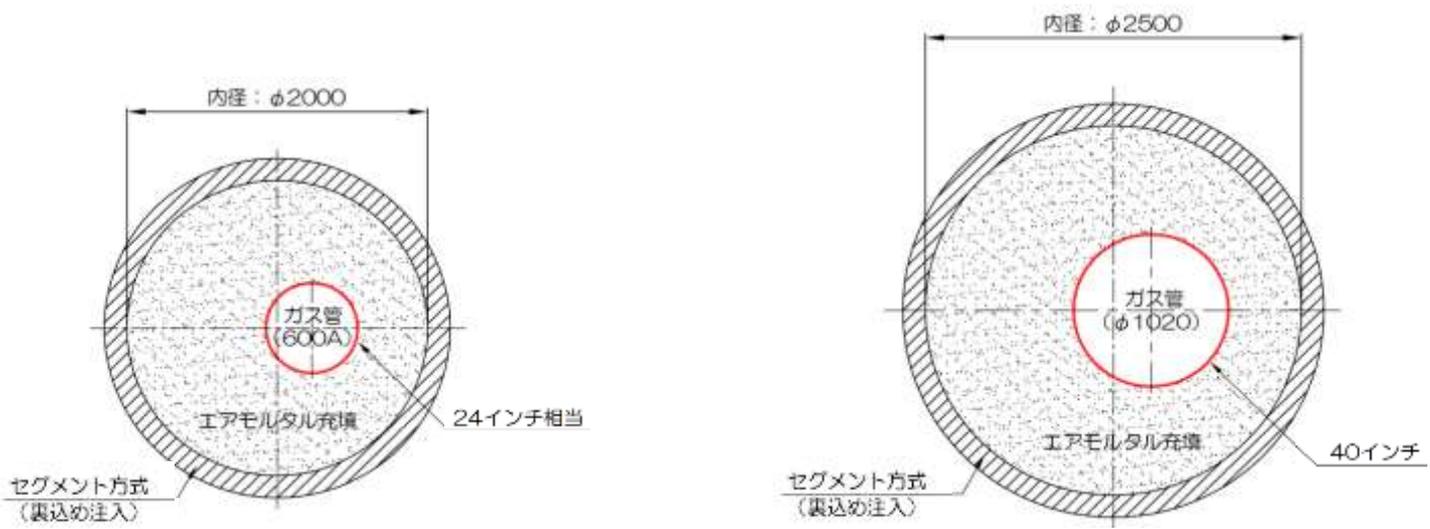


図7-10 トンネル断面

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(6) 設置位置検討結果

- 盛土部においては「①側道下」、「③のり面（のり尻）下」、「④原地盤」の順で優位となる。

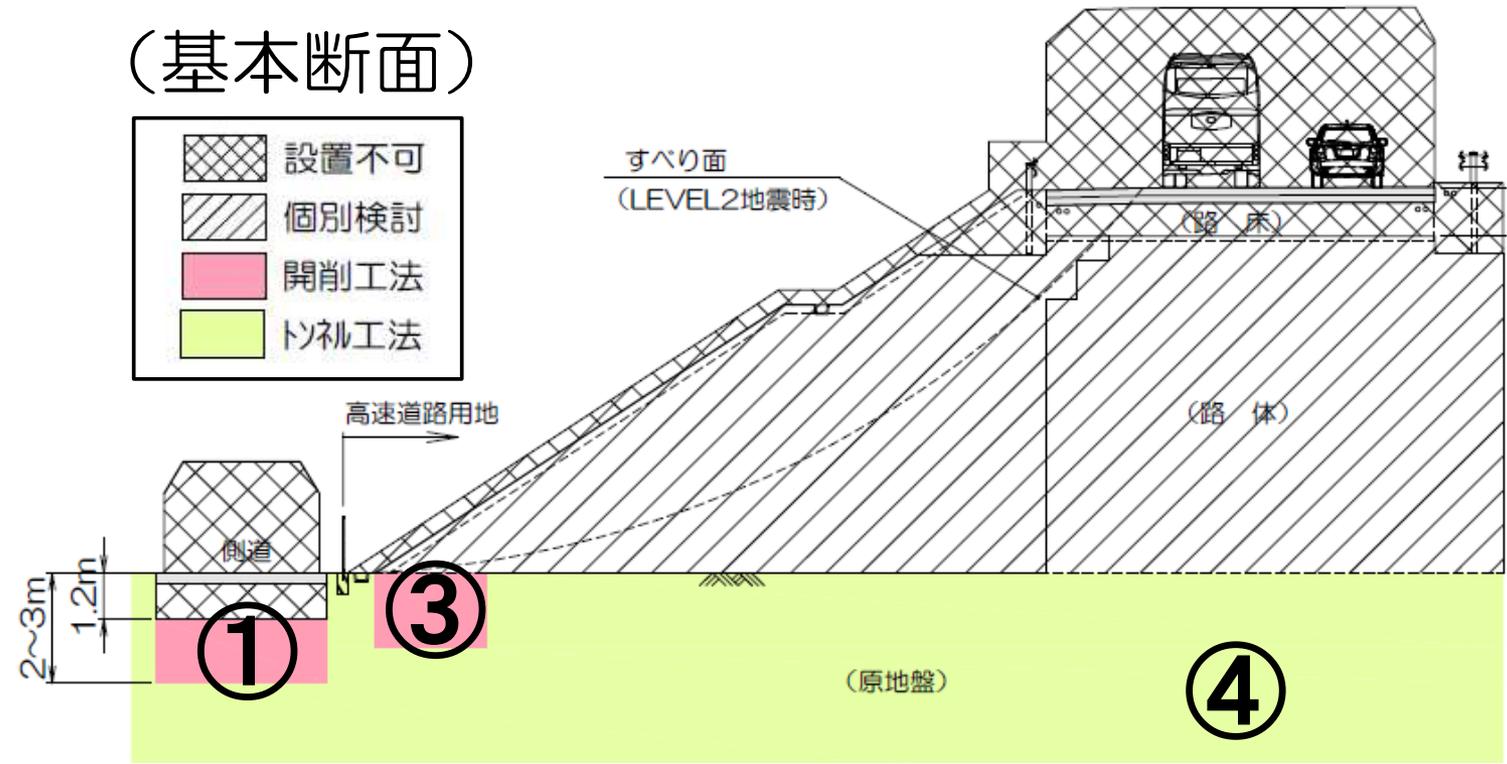


図7-11 高圧導管の設置位置 (土工部・盛土 完成4車線以上)

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(6) 設置位置検討結果

- 盛土部の「②暫定供用区間の将来側用地」については、施工スペースの確保面で自由度が高いと考えられる。

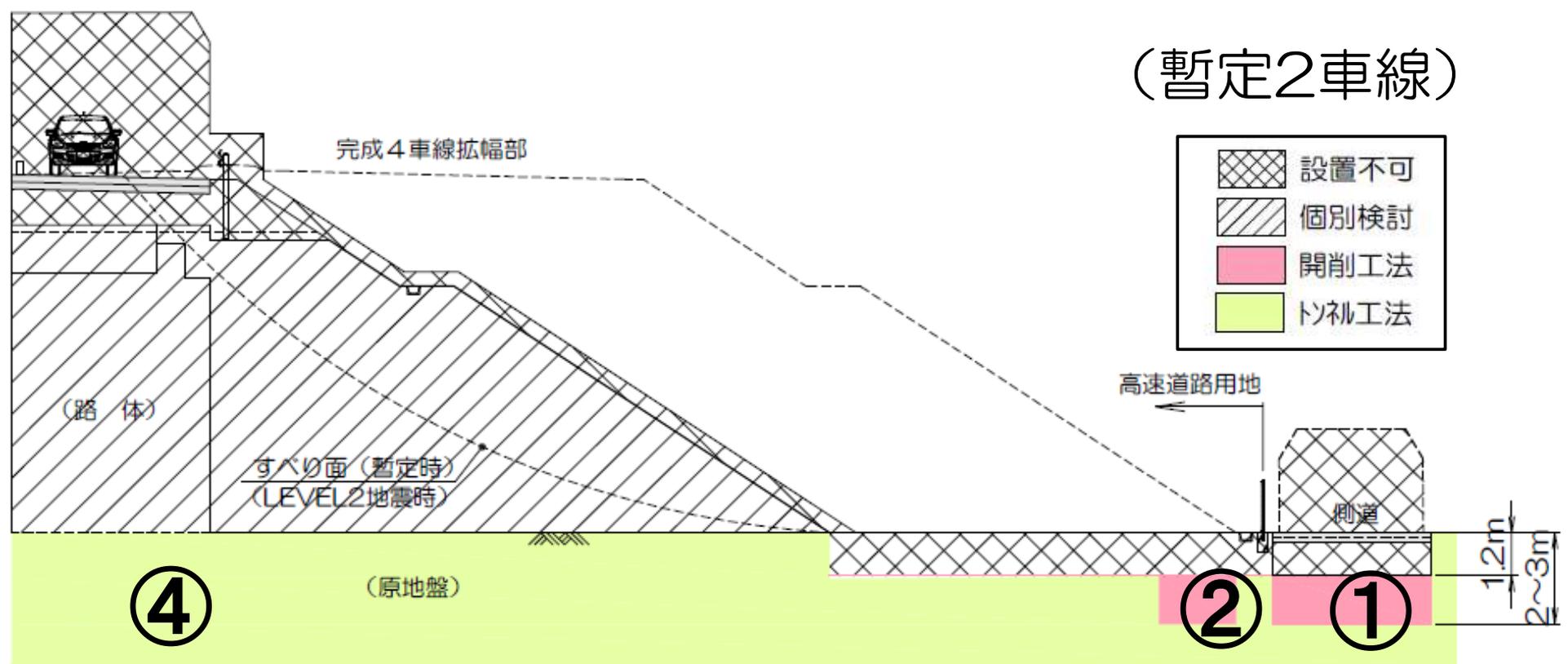


図7-12 高圧導管の設置位置 (土工部・盛土 暫定2車線)

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(6) 設置位置検討結果

- 切土部においては「①側道下」、「②路面下」、「③原地盤」の順で優位となる。

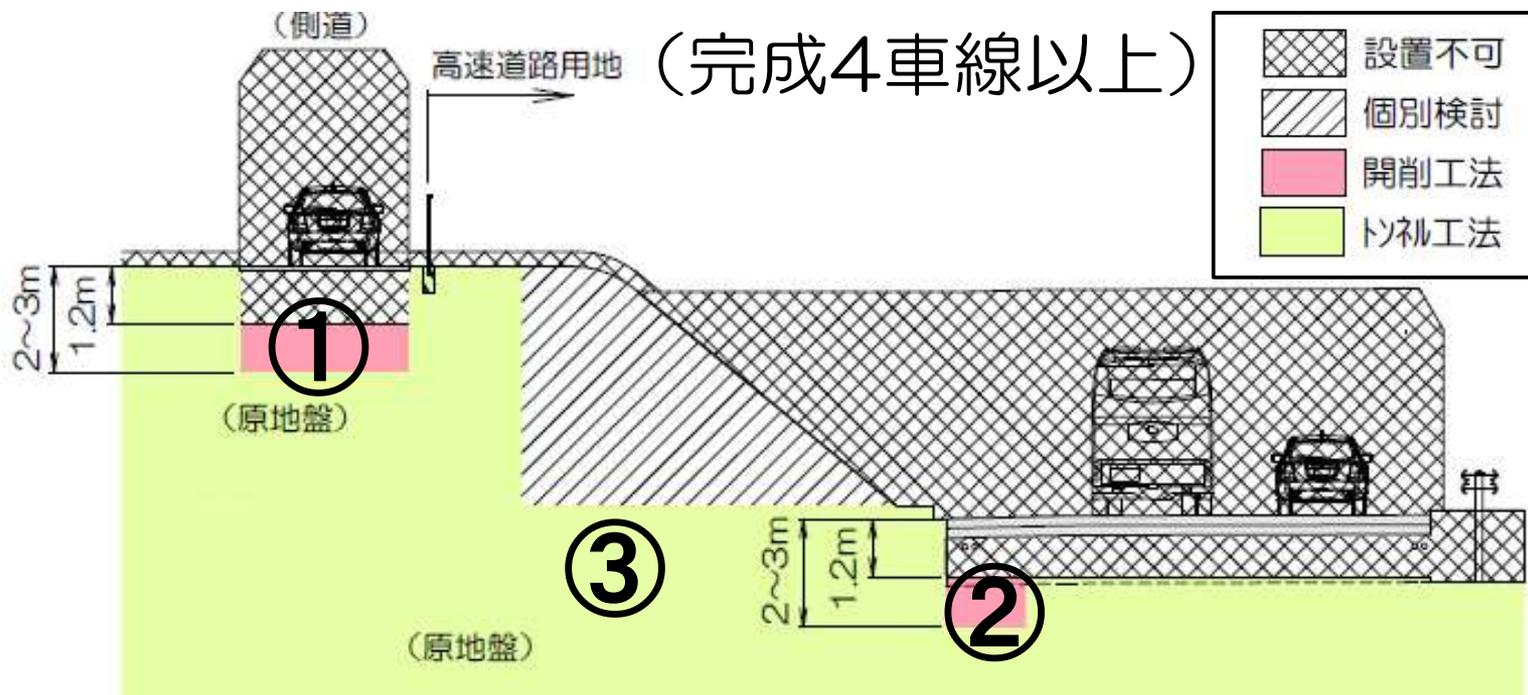


図7-13 高圧導管の設置位置 (土工部・切土)

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(6) 設置位置検討結果

- 橋梁部においては「①原地盤」のみである。
- 高架部においては、「①用地内」、「②側道下」、「③原地盤」の順で優位となる。

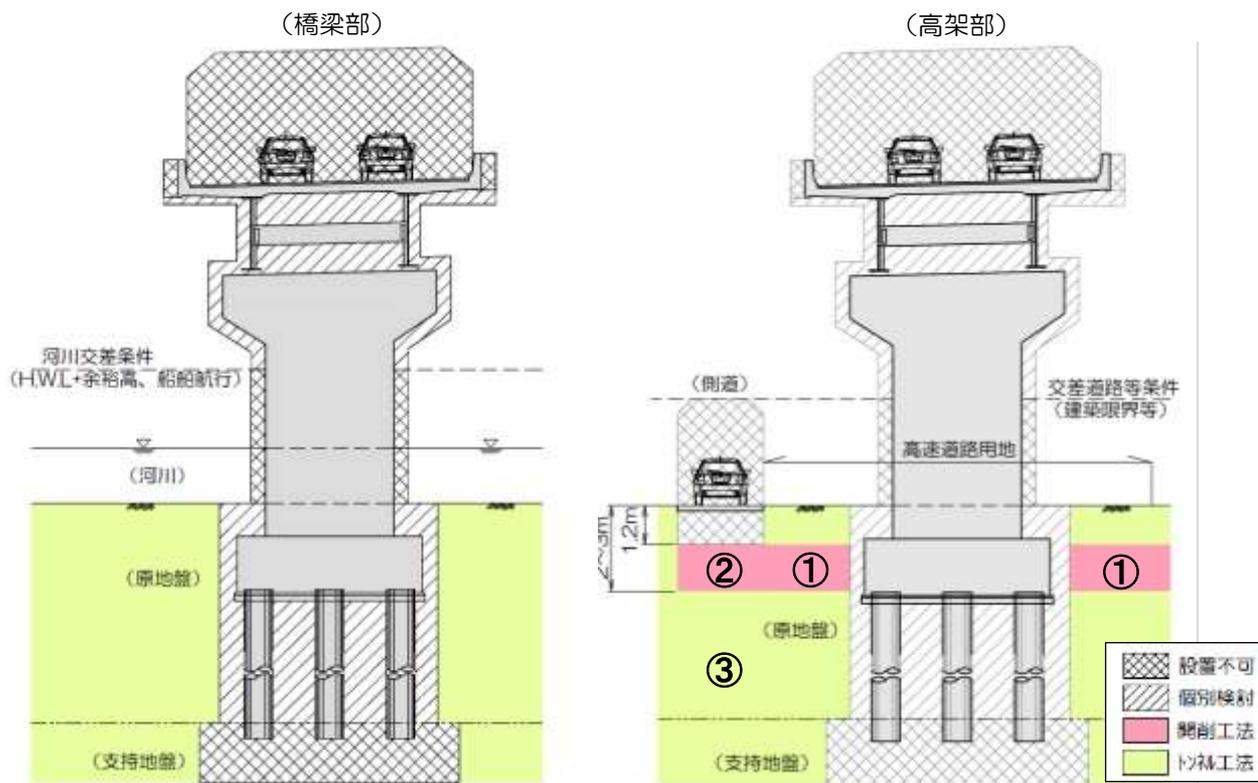


図7-14 高圧導管の設置位置 (橋梁・高架部)

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(6) 設置位置検討結果

- トンネル部においては、既設トンネルより隔離を確保した「①地山」のみとなる。

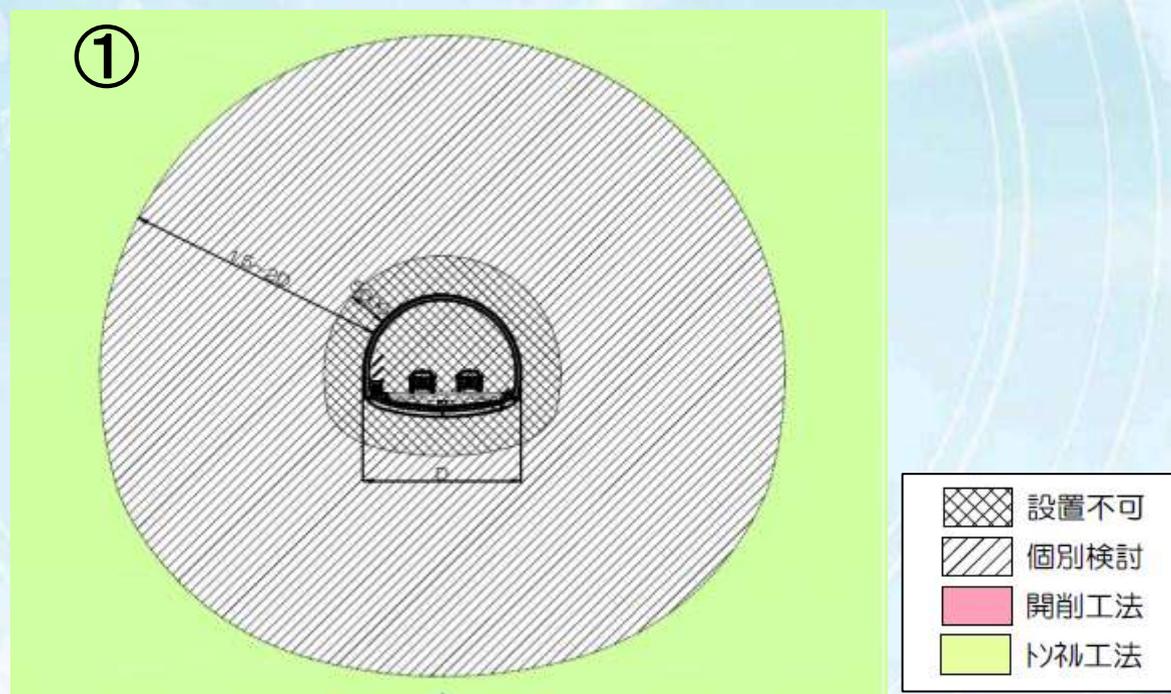


図7-15 高圧導管の設置位置（トンネル部）

7. 要求性能による高圧導管の設置検討

(7) 高圧導管設置検討のまとめ

- 安全性の観点からは**現地盤に埋設する方が有利**である。
- 施工時及び災害時の復旧性の観点からは、**本線交通に与える影響の小さい方が望ましい**。
- 以上を踏まえて**施工性・経済性**の検討を行った結果をまとめると、以下のとおりとなる。

(1) **側道**への埋設が優位である

- ・原地盤に埋設でき、施工実績がある

(2) **暫定供用区間の将来車線側用地**への設置はメリットが大きい

- ・原地盤に埋設でき、スペース確保の面でもメリットが大きい

(3) 「**土工部**」の方が「**構造物部**」よりも優位である

- ・高圧導管の設置の自由度が高く優位

8. 高圧導管設置区間の試算検討

- 開削工法とトンネル工法とで経済性が大きく異なるが、高架部を除き、**構造物区間はほとんどの場合でトンネル工法を採用する必要がある。**
- 検討対象とした7,221kmの**平均構造物比率は、約25%**となっているが、区間によって大きく異なっている。

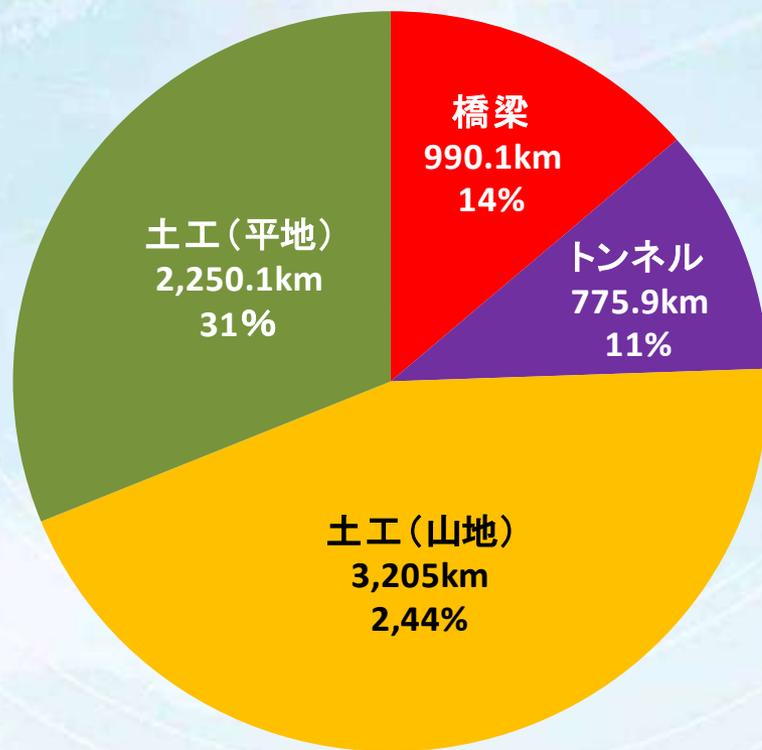


図8-1 対象区間7,221kmの構造物比率

8. 高圧導管設置区間の試算検討

- 最近の施工実績として古河～真岡幹線を例にとると、全長約50kmのうち約19kmがトンネル工法で、その割合は約38%となっている。
- これ以下の構造物比率であれば、**経済的にも優位になる可能性がある。**

8. 高圧導管設置区間の試算検討

【構造物比率((JCT間で区分した場合))】
区間内の構造物(橋梁・高架及びトンネル)の延長比率

凡例

- 40%以上 (1,408km)
- 20%以上~40%未満 (2,418km)
- 20%未満 (3,395km)

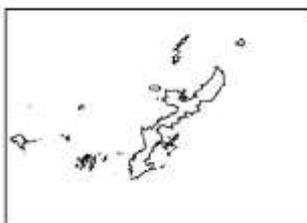


図8-2 構造物比率

終

ご清聴ありがとうございました。