

我が国における地下空間施設のライフサイクルデザイン



2012年: 笹子トンネル・トンネル天井版が落下。車両3台が下敷き, うち2台が燃烧, 死者9名, 負傷者2名, 公共施設構造物の維持管理の社会的な重要性を再認識する契機となった事故

土木学会 地下空間研究委員会 委員長
金沢工業大学
木村 定雄

Life Cycle Design in Asset Management

Underground Space uses (Urban and regional)

(1) Underground Facilities

⇒ Leave to Prof. Raymond Sterling

(2) Underground Infrastructures

(transportation, water supply and sewerage, Power transmission and communication, etc.)

施設構造物の運用と長寿命化

補修・補強とリニューアルは異なる行為 (機能・性能・外部環境の関係)

公の営造物を扱う者の責務, 専門家の厳しい監視

国, 地域の人々の理解を得る説明責任

管理者は無過失責任を負う. 国家賠償法

ご紹介する内容

1. **Actural situation of underground infrastructures**

地下インフラ構造物の管理実態

1-1 インフラメンテナンス年報2019/道路トンネル

1-2 土木学会インフラ健康診断(試行版)・道路トンネル

1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

2. **Life cycle desing for underground infrastructures**

インフラ構造物のライフサイクルデザイン

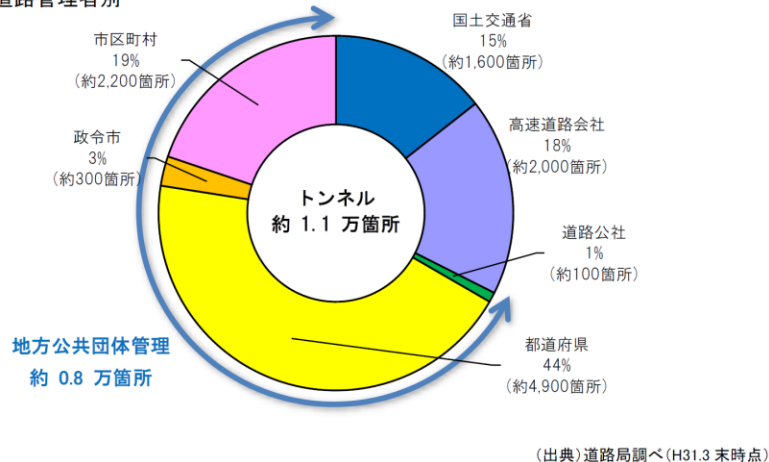
2-1 ライフサイクルデザインの構造と要素

2-2 公の営造物を管理する者の責務/国家賠償法

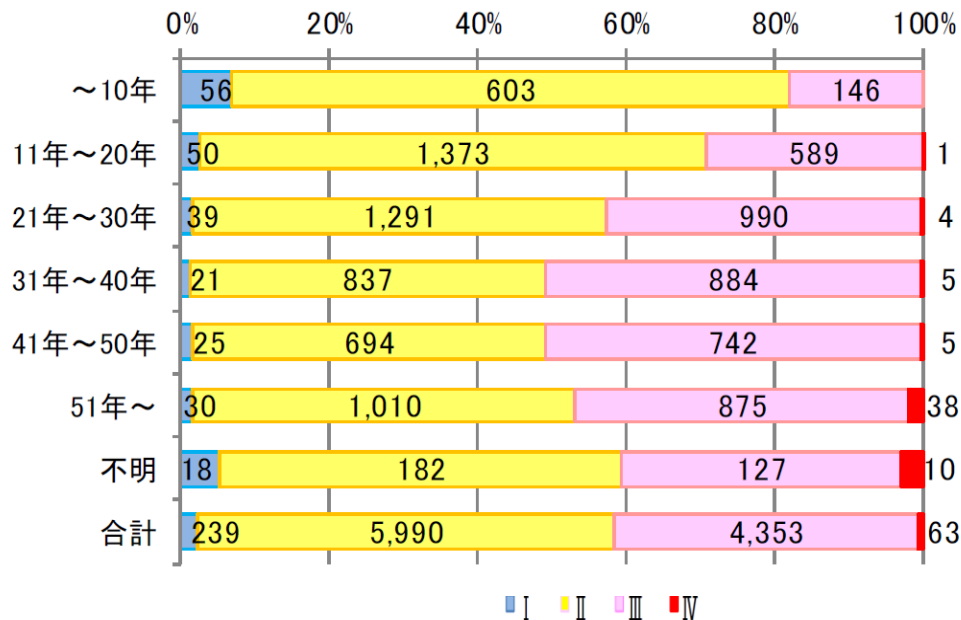
1-1 インフラメンテナンス年報2019/道路トンネル

- 我が国にはトンネルが約 1.1 万箇所あり、このうち、地方公共団体が管理するトンネルは約 0.8 万箇所と、約 7 割を占めています。

○ 道路管理者別



○ 判定区分と建設経過年数(トンネル)



区分		状態
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

④地方公共団体の点検結果の分布(平成 26～30 年度 トンネル)

- 地方公共団体(都道府県・政令市等及び市区町村)の平成 26～30 年度点検実施トンネルの判定区分の割合は地域によって異なります。
- 地方公共団体の全体の判定区分の割合は、I 2%、II 54%、III 43%、IV 1%です。

1-2 土木学会インフラ健康診断(試行版)・道路トンネル

○ 米国土木学会 (ASCE)

Report Card for America's Infrastructure

目 的	国民にアメリカのインフラの現状を知らせる
評価項目	①容量、②状態、③予算、④将来需要、⑤維持管理能力、 ⑥国民の安全・安心、⑦強靱化、⑧新技術
対象部門	航空、橋梁、ダム、水道、エネルギー、有害廃棄物、水路、堤防、港湾、 公園、鉄道、道路、学校、ごみ処理、交通、下水 (16 部門)
評 価	A、B、C、D、F (2013 : 橋梁 C+、道路 D)
特 徴	1988 年に連邦政府が作成、1998 年から ASCE が概ね 4 年毎に公表 2013 年版はオバマ大統領が演説で引用、1000 を超えるメディア・マスコミ に取り上げられた

○ 英国土木学会 (ICE)

The State of the Nation

目 的	技術的、工学的な見解の提供と、インフラネットワークの向上のための独立した政策助言
評価項目	①リーダーシップ、②インフラの効果、③今後 5 年間の予算、 ④地域への貢献度、⑤インフラの状態、⑥サービス水準、 ⑦自然への影響、⑧レジリエンス
対象部門	エネルギー、戦略的交通(道路網、鉄道、空港、港湾)、地域交通ネットワーク、洪水管理、水、廃棄物
評 価	A、B、C、D、E (2014 : 戦略的交通 B、地域交通ネットワーク D-)
特 徴	2000 年から毎年、特定テーマを取り上げて評価を実施し報告書を作成 4~5 年毎に社会インフラ全体評価版の報告書を作成 ホームページ上で、影の内閣・インフラ大臣のアドニス氏、保守党議員 (1995-97 の副首相)のヘセルティン氏のコメント紹介



2014 INFRASTRUCTURE GRADES



STRATEGIC TRANSPORT

RECOMMENDATIONS

- The development of an integrated, national transport strategy for England, enhancing the coordination of investment priorities, transport, infrastructure, and planning, and ensuring that infrastructure and public transport are properly funded.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.
- Government should develop a national transport strategy, setting out the vision for the transport system and the role of the state in its development.

1-2 土木学会インフラ健康診断(試行版)・道路トンネル



2018 年度選奨土木遺産
山線鉄橋 (北海道・明治 32 年竣工)

インフラ 健康診断書

道路部門 試行版

2019.6



2018 年度選奨土木遺産
宇津ノ谷隧道 (静岡県・明治 9 年竣工)



道路部門

トンネル

D →

インフラ健康診断書

【トンネルの特徴】日本の道路トンネルは、高速道路ネットワークの構築や災害に強い道路づくりといった施策に基づき新たな建設が進められており、毎年 100 本程度の施設数が増加し、現在では約 1 万 1 千本の道路トンネルがあります。管理者別のトンネル数は、国および高速道路会社が約 32% で、都道府県・政令指定都市管理のトンネルが約 46%、市区町村管理のトンネルが約 22% という状況はあまり変化ありません。現在、建設後 50 年を経過したトンネルは全体の約 20% ですが、20 年後には半数近くに増加するため、老朽化対策の課題に早々に取り組むことが求められています。

【現状の健康状態】2014 年から 4 年分の点検結果が得られたことにより、全体の約 71% のトンネルについて点検結果が得られました。この 4 箇年分で施設健康度を評価すると、点検済みの全ての道路トンネルの平均的な評価は D で、要警戒レベルから変化していません。構造物の機能に支障が生じており、緊急に措置を講ずべき段階あるいは早期に措置を講ずべき状態とされるトンネルは、全体の約 43% であり、橋梁の 10%、道路附属物の 15% に対して高い比率となっており、適切な対応が求められます。なお、トンネルの点検ではトンネルの本体 (トンネルの壁) を中心に判定しており、照明器具など附属物のデータは簡易な判定に留まっています。附属物の落下に起因する事故も発生していることから、附属物の健康度も重要となります。今後、新たなデータが公表されれば積極的に健康診断に採り入れて評価の質を高めていく予定です。

表-3 管理者別の健康度

国管理の道路	都道府県・政令指定都市管理の道路	市区町村管理の道路	高速道路(株)管理の都市内道路	高速道路(株)管理の都市間道路
C	D	D	A	C

【維持管理体制】施設台帳整備、点検記録・補修記録の保存の面で、国、高速道路株式会社管理のトンネルの維持管理体制は良く、都道府県管理もほぼ良いですが、市区町村管理の維持管理体制は改善が見られず、今後の取組みが必要な状況に変化はありません。インフラ健康診断では、昨年から修繕着手率を施設の維持管理体制の評価に取り入れました。トンネルでは、県・政令市および市区町村管理のトンネルにおいて早期に措置を講ずべきと判断された施設への着手が遅れているものの、すべての管理者合計では修繕着手率は昨年から改善しています。そのため、維持管理体制は昨年の下向き矢印から右向き矢印に改善しました。

表-4 点検施設の管理者別修繕着手率 (2016 年 3 月までの着手率→2017 年 3 月までの着手率)

修繕の着手率	国管理	都道府県・政令指定都市管理	市区町村管理	高速道路(株)管理
予防保全の観点から措置が望ましいトンネル	10% → 30%	5% → 5%	1% → 3%	1% → 4%
早期に措置を講ずべきトンネル (早期措置段階)	48% → 68%	15% → 18%	11% → 20%	44% → 77%

施設の健康度

A	B	C	D	E
健全	良好	要注意	要警戒	危機的
ほとんどの施設で劣化が生じていない状況	ある程度の施設で、劣化が進行している状況	少なくない数の施設で劣化が進行し、早めの補修が必要な状況	多くの施設で劣化が顕在化し、補修・補強などが必要な状況	全体的に劣化が激しく、早急な対策が必要な状況

施設の維持管理体制

現状の管理体制が続けば、健康状態が改善に向かうと考えられる状況	現状の管理体制が続けば、現状の健康状態が継続すると考えられる状況	現状の管理体制が改善されない限り、健康状態が悪くなる可能性がある状況
---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

国土交通省道路局・道路メンテナンス年報を基本に「社会インフラ健康診断特別委員会」で審議・他機関と調整して策定し発表

Health Report (Road Trial Version May 2016 by JSSE)

Road Sector

Tunnels



There are approximately 10,000 road tunnels in Japan. As with bridges, the majority of them were constructed during the period of rapid economic growth, in other words, tunnels reaching 30~50 in-service years are increasing.

Regarding the number of tunnels by administrator (Table 2), approximately 30% are managed nationally or by Expressway Companies, approximately 50% are managed by the prefectures or government ordinance-designated cities and approximately 20% are managed by municipalities.

As for the health condition, tunnels managed nationally, those managed by Expressway Companies, those managed by the prefectures or government ordinance-designated cities, those managed by municipalities were in good health condition, in that order. Although they are not in a serious condition, it is thought that there are a great deal of tunnels requiring early repairs. However, this is the first year that a systematic inspection was carried out, and there is a possibility that some administrators may have started inspecting tunnels with a prior knowledge of an inferior health condition.

Regarding the system of managing the health of tunnels, from the perspective of the storage of facility register management, inspection records and repair records, tunnels managed by the Expressway Companies were good and those managed by the prefecture were basically good. However, tunnels managed by municipalities require future effort. Each administrator has proposed a long-term inspection plan and therefore, improvements in the health condition of tunnels are anticipated, although planning and improvements in the securing of the number of inspection engineers and certification of skills are necessary.

Table 2 Health Status by Administrator

Nationally-managed roads	Roads managed by the prefectures and government ordinance-designated cities	Roads managed by municipalities	Intracity roads managed by Expressway Companies	Intercity roads managed by Expressway Companies
C	D	D	C	C

Health Assessment Index of the Facilities

A Sound	B Satisfactory	C Caution	D Warning	E Critical
No deterioration is seen in most facilities	Deterioration is seen in some facilities	Deterioration is progressing in quite a few facilities, requiring early repairs	Deterioration is obvious in many facilities, requiring repairs and reinforcements	Deterioration is serious overall, requiring urgent measures

Management System of the Facilities

→	→	→
The state in which, if the present management system continues, the health condition will likely progress toward improvement.	The state in which, if the present management system continues, the current health condition will continue.	The state in which, unless there is an improvement in the present management system, there is a possibility that the health condition will deteriorate.

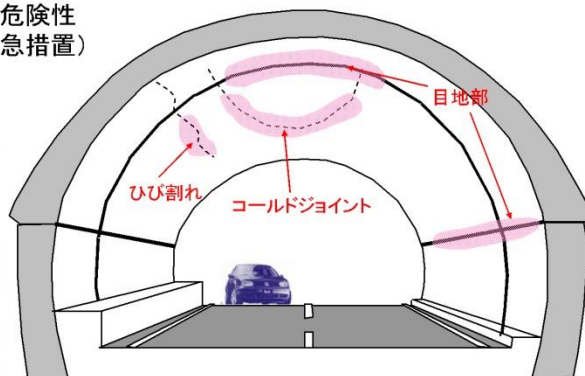
1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

道路トンネルの老朽化 施設構造物が複雑・土木施設構造物と施設機器の点検を分業

○トンネル内部については、①覆工コンクリートのひび割れや目地部からの漏水等による劣化によってコンクリート片がはく離・落下したり、②大型車のばい煙、湿気の多い環境等によって鋼製部材が腐食し付属物が落下するなど、利用者への被害につながる事故の発生が懸念されている。



トンネル照明取付金具の腐食による脱落の危険性
(針金番線による応急措置)



トンネル照明



目地部周辺の漏水



内装板の取付金具の腐食



トンネル
内装板



コンクリートのはく離

1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

新耐震基準に適合する耐震補強 駅部中柱



鋼板巻補強



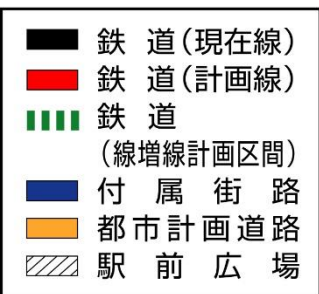
炭素繊維シート補強



スパイラル筋補強



鉄道の地下化

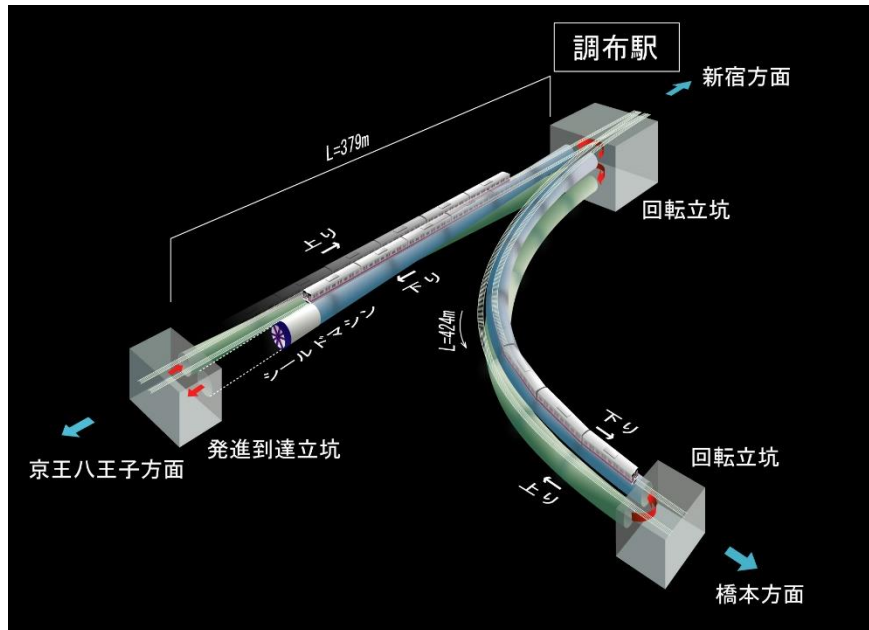
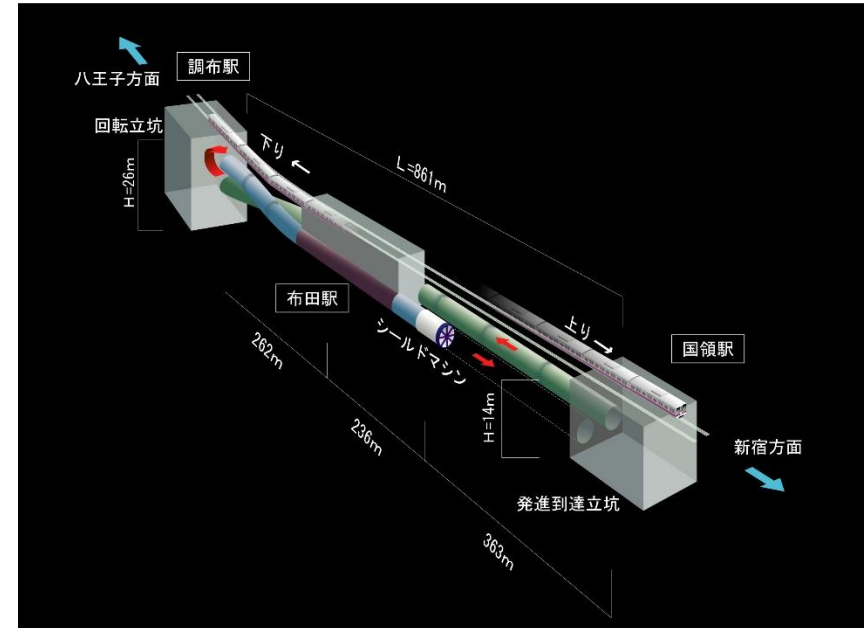


地下化により、18箇所の“ボトルネック踏切”が無くなる

①交通渋滞の解消 ②踏切事故の撲滅 ③分断された市街地の一体化・・・

1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

鉄道の地下化



1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

東京メトロ 東西線 輸送改善

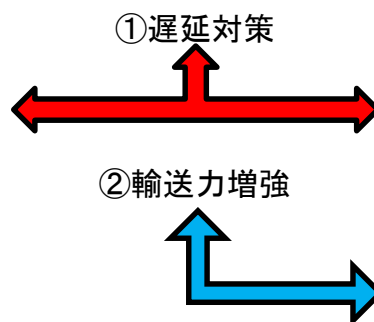
- 輸送改善施策は①遅延対策、②輸送力増強から構成されておりソフト対策、ハード対策の両面からの対策が必要

【ソフト対策】

- ホーム整理員の配置
- ワイドドア車の導入
- ダイヤ改正
- 早起きキャンペーンの実施

【ハード対策】

- 茅場町駅ホーム延伸
- 門前仲町駅ホーム拡幅
- 木場駅ホーム拡幅
- 東陽町駅出入口新設
- 南砂町ホーム2面3線化
- 都心部折返し設備整備



茅場町駅

工事中

門前仲町駅

供用中



木場駅

工事中

東陽町駅

供用中



南砂町駅

工事中



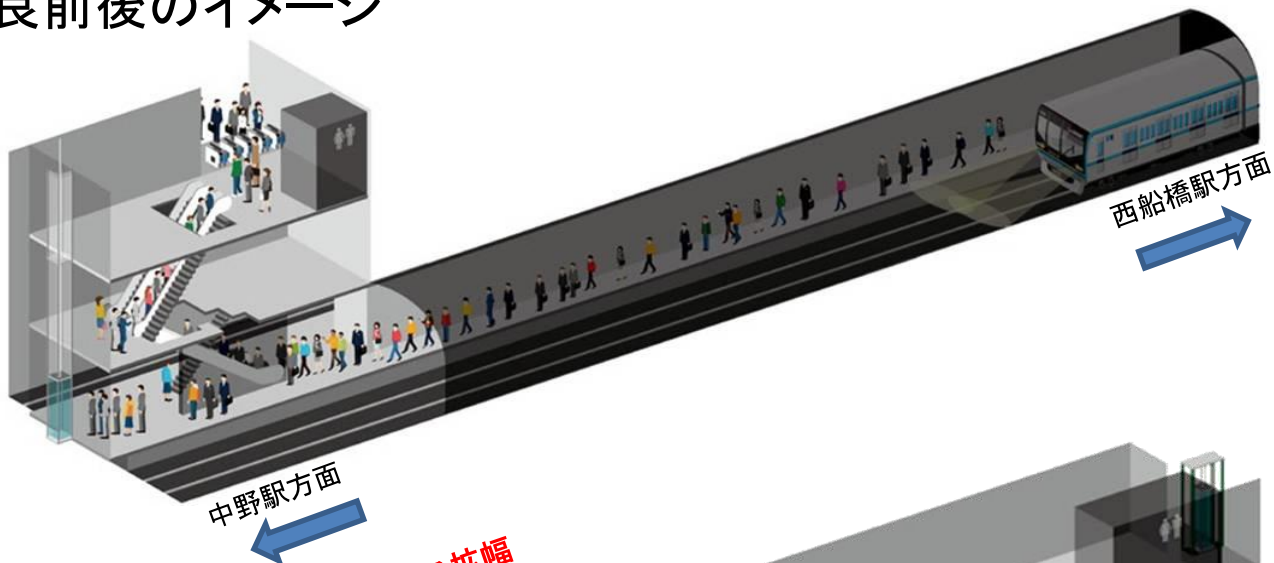
飯田橋駅～九段下駅間折返し設備

工事中

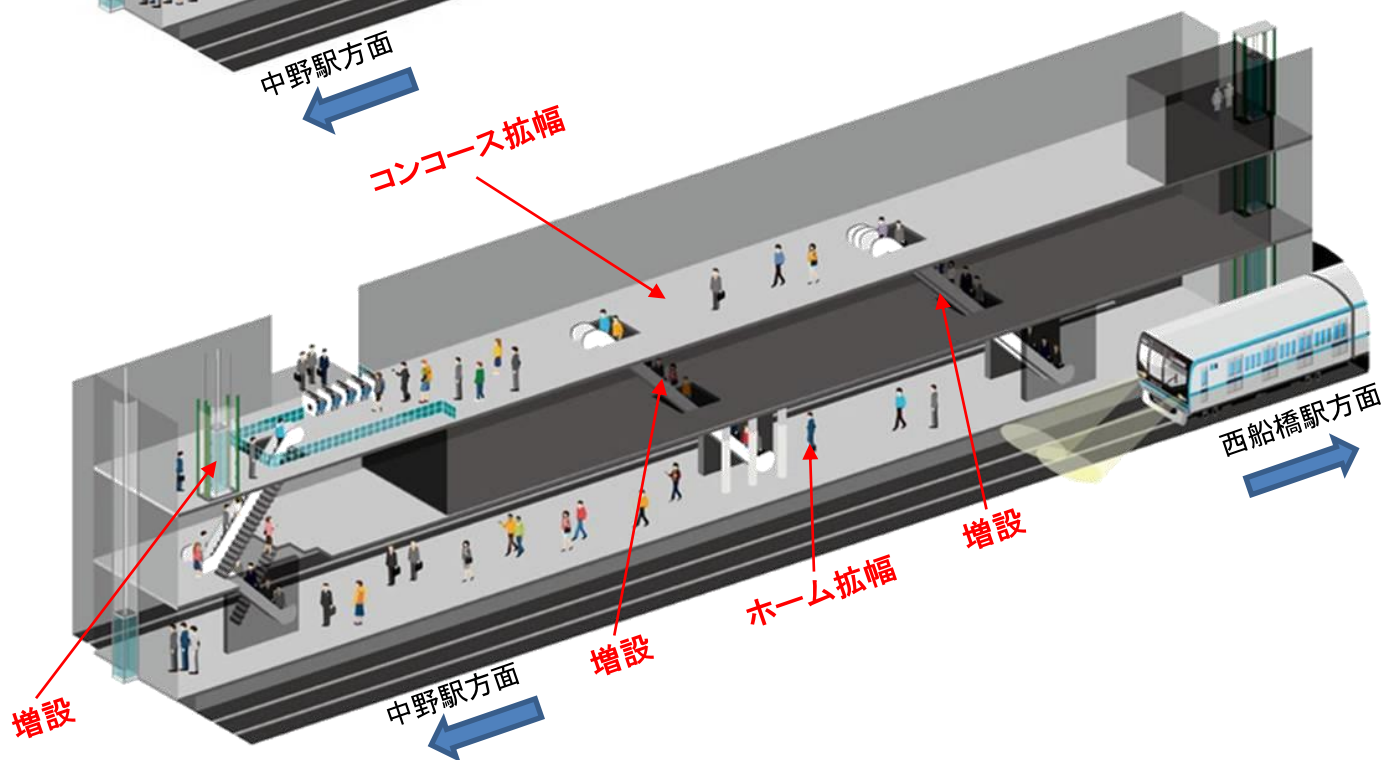
1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

木場駅の改良前後のイメージ

改良前

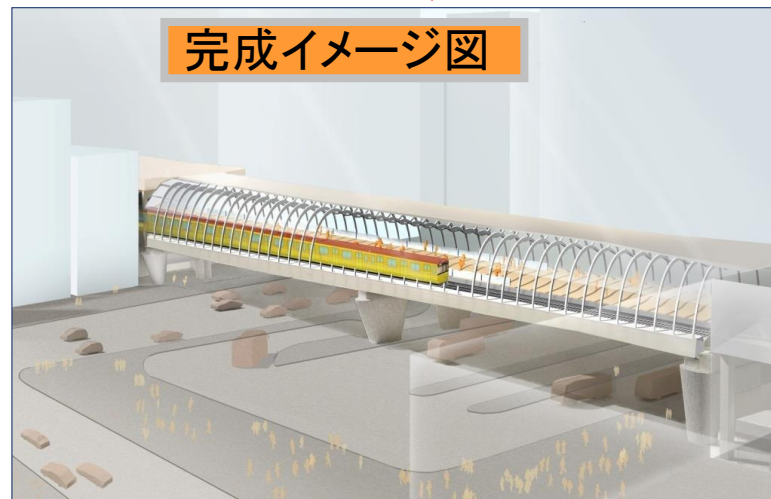
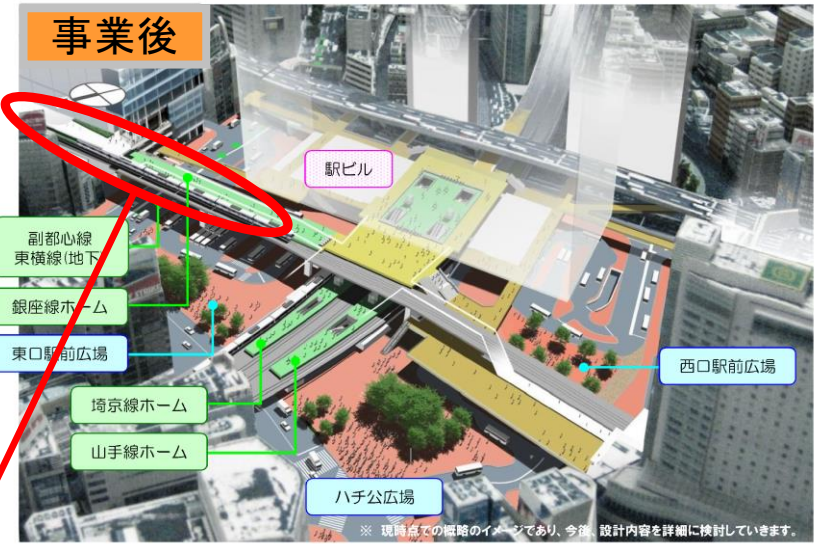
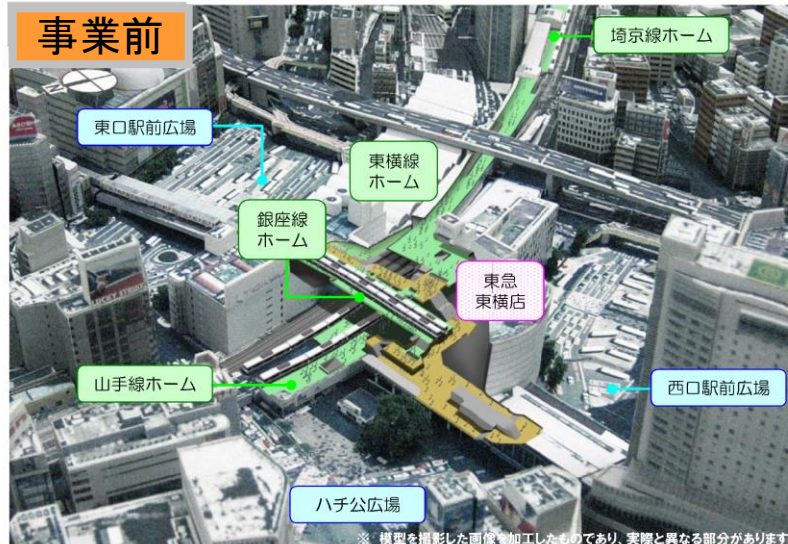


改良後



1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

銀座線 利便性向上 渋谷駅



ご紹介する内容

1. **Actural situation of underground infrastructures**

地下インフラ構造物の管理実態

1-1 インフラメンテナンス年報2019/道路トンネル

1-2 土木学会インフラ健康診断(試行版)・道路トンネル

1-3 既存施設構造物の老朽化/基準不適格と需要変化

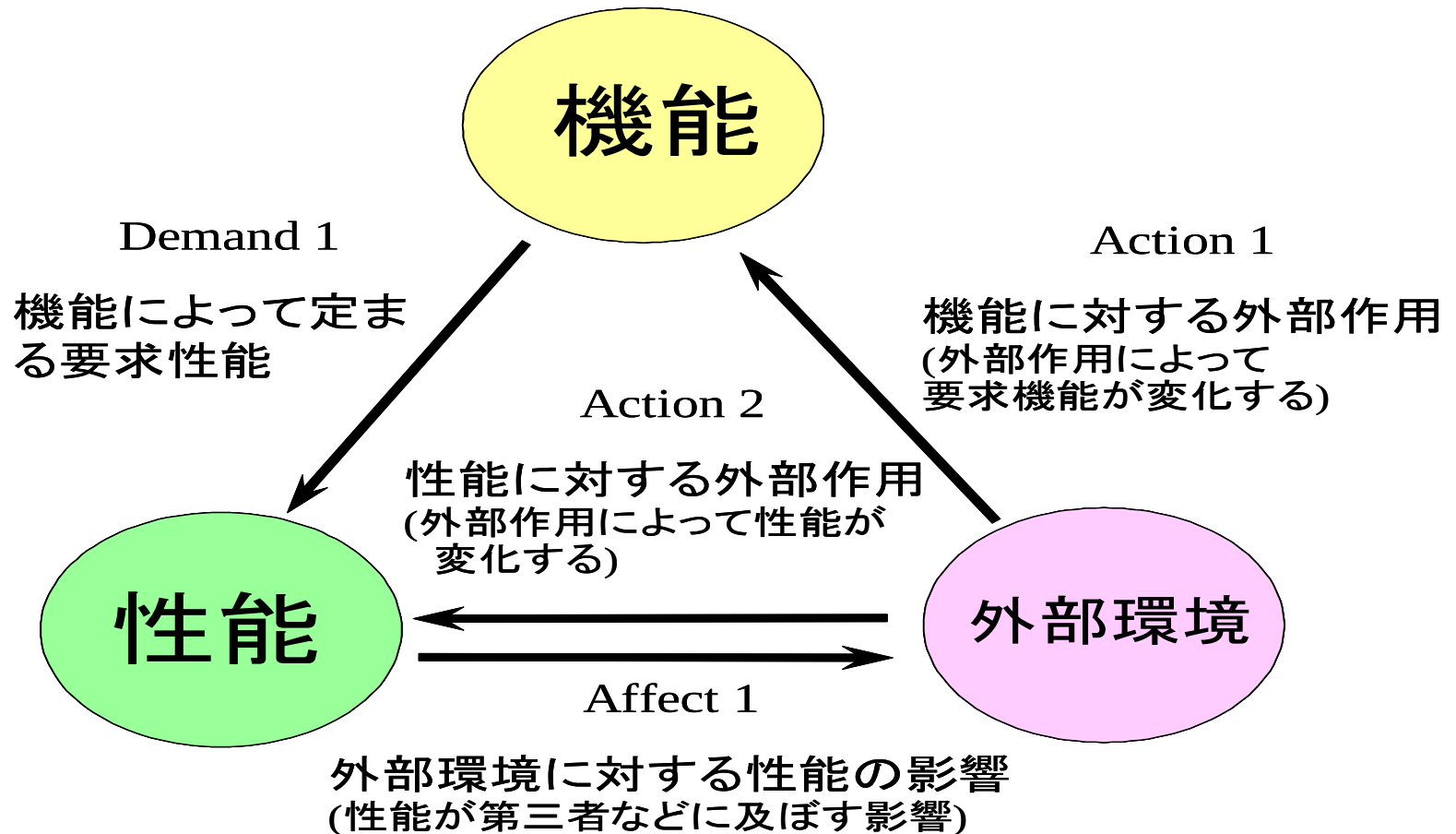
2. **Life cycle desing for underground infrastructures**

インフラ構造物のライフサイクルデザイン

2-1 ライフサイクルデザインの構造と要素

2-2 公の営造物を管理する者の責務/国家賠償法

2-1 ライフサイクルデザインの構造と要素



ライフ・サイクル・デザインのトリインタラクション

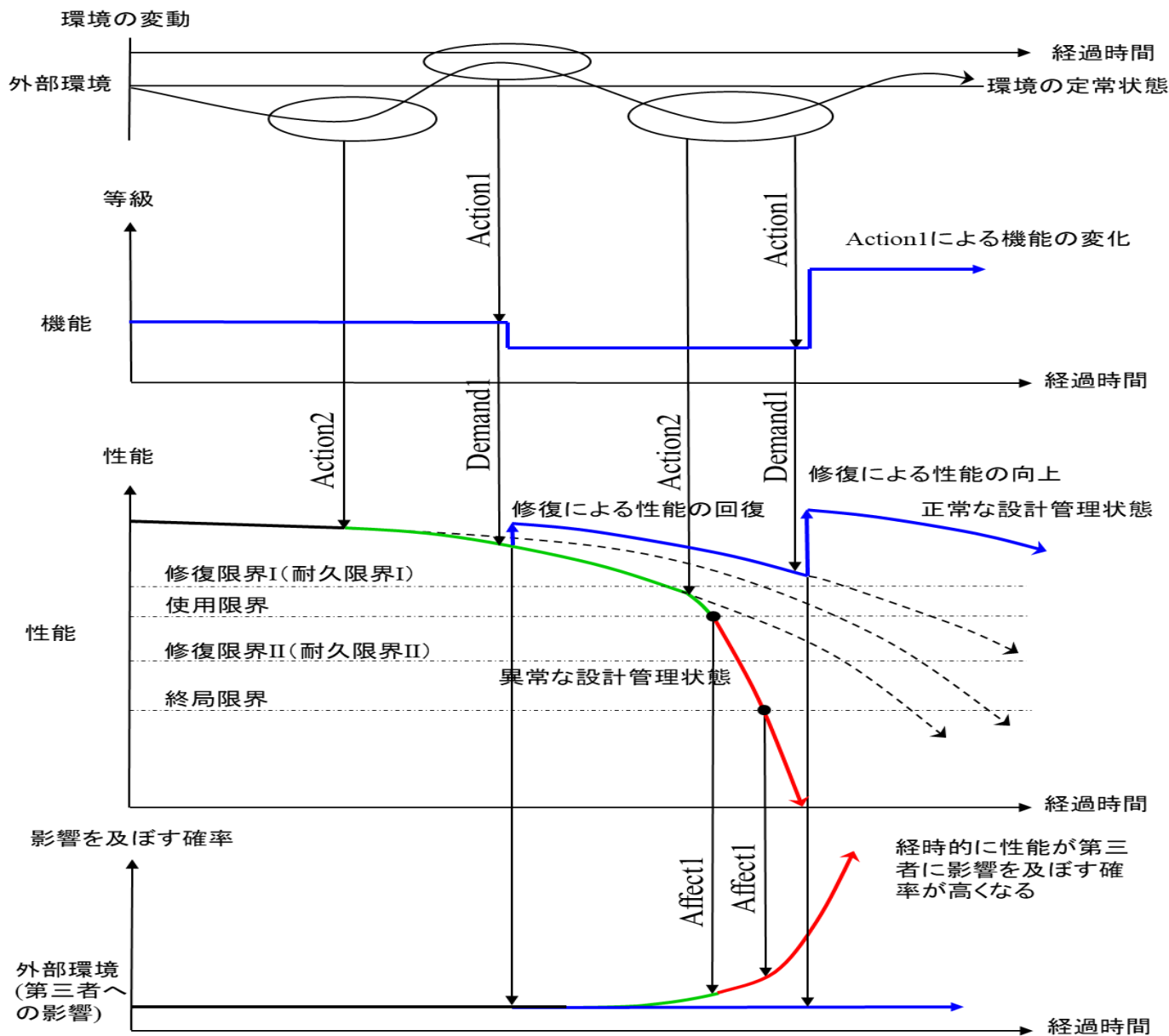
2009: 地下利用学, 小泉淳編, 技報堂出版

2003: トンネル構造物のライフ・サイクル・デザイン手法の構築(1), 土木学会年次学術講演会, VI-131, 水谷, 清水, 木村

2-1 ライフサイクルデザインの構造と要素

Phase	作用		具体的な内容
外部環境	Action1	社会環境の変動による作用	経済情勢の変動による作用
			技術革新による作用
			需要変動による作用
			気象環境の変動による作用
	Action2	トンネル周辺の地盤環境からの作用	地形的な要因による作用
			地質的な要因による作用
			地下水による作用
		トンネル内環境(使用環境)からの作用	周辺環境の地山への作用
			周辺環境の覆工への作用
			近接施工による作用
機能	Demand1	建設時に要求される機能によって定まる	建設時に要求される機能によって定まる
			供用時に要求される機能によって定まる
		維持管理する上での機能によって定まる	点検時に要求される機能によって定まる
			修復時に要求される機能によって定まる
		技術革新による作用	設計法の向上
			補強・補修工法の向上
性能	Affect1	性能が低下したことによる影響	新材料・工法の開発
			トンネルを供用する人および器物への影響

2-1 ライフサイクルデザインの構造と要素



2-2 公の営造物を管理する者の責務/国家賠償法

瑕疵責任ルールと維持管理体制(日本)

- ▶ **国家賠償法にもとづく、わが国の管理瑕疵責任は、基本的に施設管理者が無過失責任を負うため、維持管理業務の適切性を立証するような情報、データを客観的情報として体系的に蓄積するインセンティブが働きづらい。**また、定期的な巡回等を行い、見落としとか、通報があったにも関わらず適切な措置を講じていない等、管理者の落ち度が認定される事情がなければ、不可抗力に該当し、瑕疵が否定される。このため、巡回の頻度の適切性に関する情報は客観的データとして蓄積され難い。
- ▶ わが国の管理瑕疵責任制度の下では、制度的な補完性として、**施設管理を担う担当技術者の経験知、技術力に依存する体制**で適切な維持管理事業が実施されてきた側面があり、施設に求められるサービス水準を確保するために、どのレベルで補修をするのか、とりあえず安全を確保するための補修を行うのか、維持管理体制をどう行うのかに至るまで、**施設管理を担う担当技術者の自己規律により統制されてきた**と考えられる。わが国の施設管理において、システム的な意味でのマネジメント概念は乏しいのが現状である。

おわりに

ご静聴，ありがとうございました．

インフラストラクチャーのメンテナンスとリニューアルは，将来の子孫に禍根を残さぬよう，十分慎重に対峙する必要がある．過去の遺産と同様に，上手に使うしくみをつくり，上手に使い，将来に引き継ぐ知恵を形にしましょう．



日本のすごい伝統的教育
(数年の叩き込みとそれに続く実践)

だんだん

置屋

