

# G&U

Ground and Underground

2008  
Vol. 3

G&U Ground and Underground 2008 Vol.3

◎特集

## 長寿命化 次世代につなぐ安全

G&U技術研究センター

G&U技術研究センター

株式会社 G&U技術研究センター



お詫びと訂正  
「G&U」創刊号の中で、28ページ下段左側の写真説明「ポンプ設計ミスで被害が拡大した名古屋市天白区の野並地区=2000年9月12日の東海豪雨(KYODO Photo)」が、事実と異なっておりました。写真説明において、「被害が設計ミスによつて拡大した」という事実と相違した表現を用いたことにより、関係各方面の方々に多大なるご迷惑をおかけいたしましたことをお詫びし、「東海豪雨で浸水被害を受けた名古屋市天白区の野並地区=2000年9月12日(KYODO Photo)」と改めて訂正させていただきます。

◎特集  
**長寿命化**  
次世代につなぐ安全

- 02 提言  
**保全文化を育て、自然と共生する  
300年都市構想**

早稲田大学名誉教授 (財)建築保全センター理事長 尾島 俊雄氏

- 08 マンホールふたの長寿命化  
**グラウンドマンホールの性能劣化  
および寿命についての考察**

次世代型高品位グラウンドマンホール推進協会 技術委員長 高田 洋吉氏

- 24 管路更生工法がめざす長寿命化  
**公益的な品質確保をめざし  
持続可能な下水道経営を**

日本管路更生工法品質確保協会 前会長 鈴木 宏氏

- 32 コラム  
**マンホールふたに古き東京の名残り**

東京都下水道サービス(株) 石井 茂雄氏

- 36 下水道管路の長寿命化  
**初期故障の克服で長寿命化を図り、  
下水道もアセットマネジメント時代へ**

(社)日本下水道管路管理業協会 専務理事 田中 修司氏

- 44 道路舗装の長寿命化  
**予防的維持・補修と技術・素材の革新で、  
長寿命化、環境問題に挑む**

(株)NIPPOコーポレーション技術研究所 所長 根本 信行氏

01 G&U 2008 Vol.3  
戦後日本の都市インフラは、戦後復興期から高度成長期にかけて、一気呵成に形成されてきた。次から次へ、新しいものづくりに夢中になった。しかし同時に、破綻の種も一緒にまいていくことは気づかなかつた。  
やがて、経済、世界情勢、地球環境から、都市インフラや暮らし・文化に至るまで、あちこちにまかれていた破綻の種が成長をしていたことを思い知らされた。ビルド・アンド・スクランプを繰り返すことの無意味さ、文明とは時や知恵や技術の積み重ねにあることに気づかされた。そして、持続可能、ストックマネジメント、安心・安全なまちづくり、自然との共生、さまざまなキーワードが生み出され、進むべき方向が指示示されるようになつた。それらはいずれも、急務として取り組んでいかなければならぬテーマだ。  
そのなかで、今回の特集では「長寿命化」を取り上げて、社会生活の基盤を支える都市、道路、下水管路、マンホールふたの視点から、「寿命」という不確定要素が多く介在する現象を、それぞれの現状や取り組み、今後の技術的な課題や展望等を考察する。

## 保全文化を育て、自然と共生する 300年都市構想

尾島 俊雄 氏 *Toshio Ojima*

おじま・としお／1937年生まれ。富山県出身。早稲田大学第一理工学部建築学科卒業、同大学院理工学研究科博士課程終了。65年から同学部助教授・教授等を経て、現在早稲田大学名誉教授。その間、東京芸術大学、九州大学大学院、東京大学等の講師や客員教授を兼任。また現在、中国の浙江大学、同济大学等の顧問教授のほか、NPO法人アジア都市環境学会理事長やGINZA OJIMA LAB. +J.P.R.(略称GOL)主宰、日本景観学会会長などを兼務。大隈記念学術賞(2008年)、日本建築学会大賞(2008年)など受ける。主な著書に「地球文明の条件」(岩波書店)、「この都市のまほろば1~4」(中央公論新社)、「都市環境学へ」(鹿島出版会)などがある。

人間が社会を形成し、その人間社会が都市インフラを構築していることを考えると、都市の寿命はその社会の主体者である人間の寿命にスライドしていると言つていい。したがつて、300年続いた江戸のまちが90歳だとすると、戦後に復興された現代都市の東京はまだ30歳にも満たない若造である。

近世の大都市、江戸のまちは徳川家康という強烈なリーダーシップの持ち主が築きあげ、15代続いた徳川家が主体者として都市文化を育ててきた。その江戸文化がつくりあげた公共建築が江戸城はじめとする神社仏閣であり、まちづくりに対する主体者の深い思い入れを見て取ることができる。

その江戸文化を「新したのは、明治維新によって主体者となった天皇家であり、帝都・東京が生まれた。列強に伍する近代都市の構築をめざした東京は、積極的に文明開化・産業革命を推進し、帝都にふさわしい公共建築として、国會議事堂や東京駅、中央官庁の建物(官衙)を建ててきた。天皇の臣である中央官僚が、帝都・東京のインフラ整備にリーダーシップを發揮していたことは明白である。そして戦後の東京は、民主主義社会

の主体者である市民が現代的な都市文化を構築するはずであった。ところが実際には、市民は税金を納めるだけの存在でしかなく、焼け野が原になってしまった東京の戦後復興と経済大国の首都・東京のインフラ整備をリードしてきたのは、税金の使い方にしか関心のない行政と企業であった。その結果が、いわゆる「ハコモノ」と呼ばれる一連の公共建築である。高層ビルが立ち並び、高速道路が四方八方に延びる現代的な都市になったとはいえ、その陰では貧弱な都市インフ

ラしか構築されず、東京のシンボルとなる文化的で景観に優れた公共建築もつくつこなかった。帝都時代にできた東京駅の復興運動は、現代の東京の公共建築の文化的貧弱さを象徴するルネッサンスだと言つていいだろう。

極論を言えば、今の東京は未完の仮設都市である。30歳だから仕方がないとも言えるが、東京の寿命を江戸のまことに同じ90歳まで長生きさせるために、22~23世紀まで永続可能な都市インフラを整備し、日本独自の都市文化

を発信できるまちづくりをする必要がある。今までのように行政や企業にまかせていたら、永遠に仮設都市のレベルから抜け出すことはできないだろう。東京が生まれ変わるためには、本来の主体者である市民が主役となつて、市民参加型のまちづくりをしていかなければならぬ。

そのキーワードの一つが、「自然との共生」を基軸とした都市づくりである。今は環境の時代、豊かな緑や水などの自然を生かし、日本の文化的伝統である木造建築を見直すなど、都市環境を優先したサステイナブルな都市の風格をつくりあげるべきである。

もう1つのキーワードは「市民の大勧進」による、税金に頼らない公共財の建設である。東大寺の大仏さまは、今よりもずっと貧しかった奈良時代の日本の庶民が、個人のお金や物や労働力を喜捨する「大勧進」によってつくられた。今は公共事業費が削減されて都市再開発にもブレーキがかかっているが、150兆円の個人金融資産が眠っていることを考えたならば、市民の喜捨によ

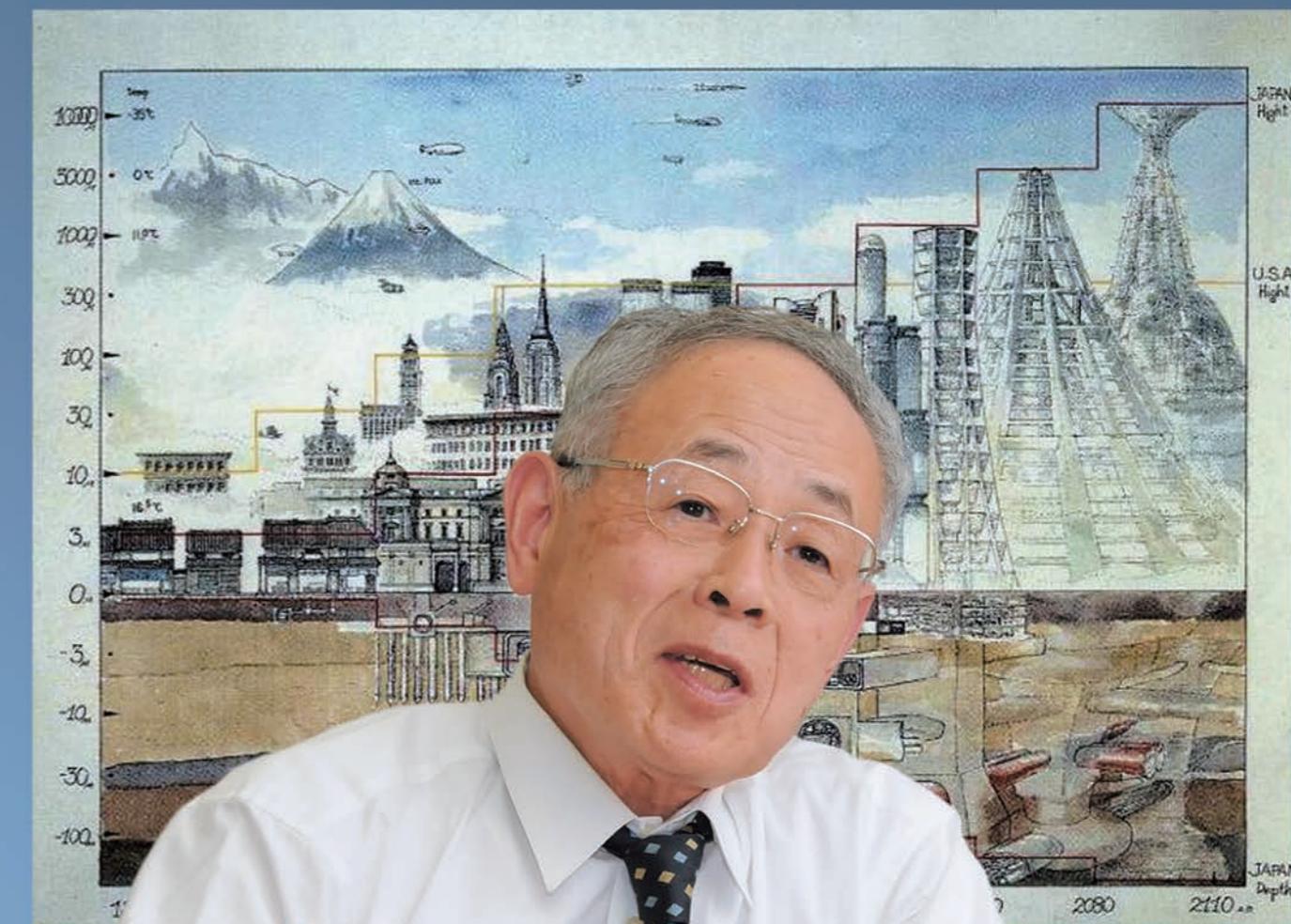
る「平成の大勧進」「21世紀の大勧進」で大きなプロジェクトに取り組むことは可能である。

## 提言

## 保全文化を育て、自然と共生する 300年都市構想

早稲田大学名誉教授  
財団法人 建築保全センター理事長

尾島 俊雄 氏



の主体者である市民が現代的な都市文化を構築するはずであった。ところが実際には、市民は税金を納めるだけの存在でしかなく、焼け野が原になってしまった東京の戦後復興と経済大国の首都・東京のインフラ整備をリードしてきたのは、税金の使い方にしか関心のない行政と企業であった。その結果が、いわゆる「ハコモノ」と呼ばれる一連の公共建築である。高層ビルが立ち並び、高速道路が四方八方に延びる現代的な都市になったとはいえ、その陰では貧弱な都市インフラしか構築されず、東京のシンボルとなる文化的で景観に優れた公共建築もつくつこなかった。帝都時代にできた東京駅の復興運動は、現代の東京の公共建築の文化的貧弱さを象徴するルネッサンスだと言つていいだろう。

極論を言えば、今の東京は未完の仮設都市である。30歳だから仕方がないとも言えるが、東京の寿命を江戸のまことに同じ90歳まで長生きさせるために、22~23世紀まで永続可能な都市インフラを整備し、日本独自の都市文化

を発信できるまちづくりをする必要がある。今までのように行政や企業にまかせていたら、永遠に仮設都市のレベルから抜け出すことはできないだろう。東京が生まれ変わるためには、本来の主体者である市民が主役となつて、市民参加型のまちづくりをしていかなければならぬ。

そのキーワードの一つが、「自然との共生」を基軸とした都市づくりである。今は環境の時代、豊かな緑や水などの自然を生かし、日本の文化的伝統である木造建築を見直すなど、都市環境を優先したサステイナブルな都市の風格をつくりあげるべきである。

もう1つのキーワードは「市民の大勧進」による、税金に頼らない公共財の建設である。東大寺の大仏さまは、今よりもずっと貧しかった奈良時代の日本の庶民が、個人のお金や物や労働力を喜捨する「大勧進」によってつくられた。今は公共事業費が削減されて都市再開発にもブレーキがかかっているが、150兆円の個人金融資産が眠っていることを考えたならば、市民の喜捨によ

る「平成の大勧進」「21世紀の大勧進」で大きなプロジェクトに取り組むことは可能である。

## 保全文化を育て、自然と共生する 300年都市構想



### 市民の公共意識や価値観を根本的に変えるもの、残すものを選別する時代

最近、200年住宅構想が話題になつてゐるが、それを推進するならば同時に100年以上使える公共建築もつくっていくべきである。ヨーロッパの大都市は、城壁やシティホールなど市民が誇るシンボルがある。東京はもちろん地方の大都市にも、ほんとうに市民が必要としているものを、日本の文化を象徴するものを主体者である市民の「大勧進」でつくるべきである。

なぜなら、行政や企業が今までつくってきた公共建築は世界の都市文化の寄せ集めであり、日本的な文化の香りを感じられないからである。また税金を使つたお仕着せの手法では、ほんとうに市民のためになる都市インフラなどできないからである。

90歳の長寿江戸のまちは独自の日本文化が育つていた。天平や平安の文化も爛漫豪華ではあったが、基本的にまつとうした江戸のまちは日本のためにならでないからである。

歴史学者のアーノルド・トインビー博士も「21世紀は日本文明の時代」と言つている。「自然との共生」は日本の伝統的文化であり、地球環境の時代に最もふさわしい都市のあり方である。市民

### 「風の道」「水の道」「緑の道」がつくる自然と共生する「コンパクトシティ」

歴史学者のアーノルド・トインビー博士も「21世紀は日本文明の時代」と言つている。「自然との共生」は日本の伝統的文化であり、地球環境の時代に最もふさわしい都市のあり方である。市民

は渡来文化の焼き直しである。ほんとうの意味で日本の風土にあった都市文化を築いたのは江戸のまちである。自然と共生する循環型社会であつたし、武士と町人のコラボレーション(協働)で芝居や絵草子などのソフト資産も創造し、江戸っ子の誇りとなる文化をつくりあげた。

また帝都・東京は、明治維新をきっかけに生活様式も建築様式も洋風化が進められたが、西欧文明を日本化する「和魂洋才」の精神で都市文化を熟成、近代都市の体裁を整え、多くの公共財を残してきた。

それに比べると、戦後50年の間に東京が育てきた都市文化はお粗末さわまりないものばかりである。日本の都市は資源の宝庫「町鉱山」と言われるが、その8割は市民が所有したくないもの、誰もが価値を認めないゴミだと言つていい。経済合理性を追求する企業の価値観「大量生産・大量消費のフロント文化、使い捨て文化は育つたものの、100年、200年と使えるものづくり、まちづくりはしてこなかつた。雑多な印象しかない都市の景観がしかし、大震災に見舞われたら、たちまち倒壊する

消えるものは自ずと消え、残るものは厳として残るが、難いのは何を創るかである。「ハコモノ」ばかりをつくつてきたこの50年を反省し、「自然との共生」をベースにした水と緑の都市づくりを考えねばならない。

江戸時代には日本独自の都市文化を爛熟させ、明治時代には「和魂洋才」の都市文化を築きあげた日本人ならば、地球環境の時代にふさわしい新しい都市文化を生み出せるはずである。そのためには、まず都市インフラである公共交通についての考え方を根本的に変えなければならない。

今、東京23区6万haの土地(面積)

によるNPO(非営利団体)活動やPFI(民間資金を活用する公共事業)の力を結集すれば、「21世紀の大勧進」によって、自然と共生する新しい都市インフラを構築することは可能である。

今年2008年10月、建築学会の模型展に出品する作品は、「風の道」「水の道」「緑の道」でクラスター化した未来の東京のイメージを具体化したものである。東京を川で分断することによつて、海風の通りがよくなり、ビートアイランドは解消され、大気は澄み、青空を取り戻すことが可能になる。川沿いの緑は憩いの場となり、公共建築物は日本の自然風土や文化風土にふさわしいものができて生活環境は格段に向上する。そして丸の内地区、新宿地区、渋谷

のような住宅やビル、たちまち機能を停止してしまうライフラインなど危険もいっぱいである。経済大国とは名ばかりの貧弱な都市インフラであり、市民の生活には豊かさなど感じられない。

30歳の未完の仮設都市・東京を、90歳まで長生きする都市につくり変えるのは、人口が減少し、高齢化が進み、豊かになった市民が、環境意識にめざめ、自ら行動を起こそうとしている今しかない。都市の長寿命化とは、捨てるものは捨て、残すものは残し、新たな都市文化つくりしていくことである。「古いものほけに生活様式も建築様式も洋風化が進められたが、西欧文明を日本化する「和魂洋才」の精神で都市文化を熟成、近代都市の体裁を整え、多くの公共財を残してきた。

江戸時代には日本独自の都市文化を爛熟させ、明治時代には「和魂洋才」の都市文化を築きあげた日本人ならば、地球環境の時代にふさわしい新しい都市文化を生み出せるはずである。そのためには、まず都市インフラである公共交通についての考え方を根本的に変えなければならぬ。

その1つとして、提案しているのは「風の道」。それはオランダなど世界にふさわしい自然との共生を基本とする都市インフラだと考へる。

その1つとして、提案しているのは「風

の道」。それはオランダなど世界にふさわしい自然との共生を基本とする都市インフラだと考へる。

その1つとして、提案しているのは「風

## 保全文化を育て、自然と共生する 300年都市構想

長寿命化は、やらなければならぬものと、やつてはならないもの2つに分けられる。都市のストックである公共財の中にも、修繕・補修して延命したほうがいいものもあるし、無理やり延命するよりも捨てたほうがいいものもある。やらなければならぬ長寿命化の代表は、上下水道などライフラインと呼ばれる公共の供給処理施設、また歴史的価値のある公共建築物である。やつてはならない長寿命化の代表は、時代遅れになつた交通インフラやソフトの伴わないハコモノ施設である。

### 見直しが必要な仮設都市のインフラ 保全技術・文化を育てなければならぬ

下水道に例をとれば、日本の下水道は近代都市として最悪の状況にあると言つていい。大雨が降つたら河川に汚水が流れ出すように、いまだに合流式の下水があるのは世界の先進大都市の中では日本だけ。戦後の仮設都市を象徴する恥ずべき都市インフラである。

このようない仮設インフラは、本来ならば消えるものであり、残すものとは言えない。しかし、東京では下水の処理能力が不足しているため、維持補修しながら使い続けるを得ないのである。

そして二方では、下水に流れ込む雨水対

新しいものという価値観に毒されていふことがわかる。

どんな公共建築も都市インフラも、最初から100年、500年の寿命を持つものとして設計されるわけではない。だからこそ維持補修して長寿命化をはからなければならないのだが、日本人にはなぜ維持補修して保全しなければならないかという根本的なことがわかつていてないし、どういう技術が一番いいのかということも真剣に考へない。補修がやむを得ないとしたらコストが安いほうがいいという感覚しかないので、安全性、環境性、景観にも配慮する保全技術は育っていない。

そうした古い価値観や意識を一掃しなければ、日本には1000年都市どころか、100年都市も育たないだろう。今は、宇宙ロケットも飛びながら方向や速度を制御する時代。公共建築や都市インフラが、市民に供用しながら長寿命化のための保全をしていくのは当たり前のことである。

2050年にはCO<sub>2</sub>の排出量を8割

減らす、という温暖化防止策に対応す

るために、また都市の長寿命化をは

かるためにも、保全文化を育て、市民の

価値観や公共意識を根本的に変え、

きちんととした都市環境計画のシナリオに基づいて、自然との共生ができるまちづくりをしていかなければならぬ。

長寿命化は、やらなければならぬものと、やつてはならないもの2つに分けられる。都市のストックである公共財の中にも、修繕・補修して延命したほうがいいものもあるし、無理やり延命するよりも捨てたほうがいいものもある。やらなければならぬ長寿命化の代表は、上下水道などライフラインと呼ばれる公共の供給処理施設、また歴史的価値のある公共建築物である。やつてはならない長寿命化の代表は、時代遅れになつた交通インフラやソフトの伴わないハコモノ施設である。

策として地下に巨大な貯水池や溜枡をつくっているが、こうした人工的な対策では根本的な解決は難しい。

しかし、地表を流れる都市河川を立てられてしまつたが、「風の道」「水の道」「緑の道」として広い大きな都市河川が復活すれば、自然インフラが雨水の処理を引き受けれるようになる。そのうえで、合流式下水道や雨水の地下貯水池、地下河川を公共の処理施設として活用していくば、東京は世界に冠たる巨大な下水道ネットワークを持つ都市になる。

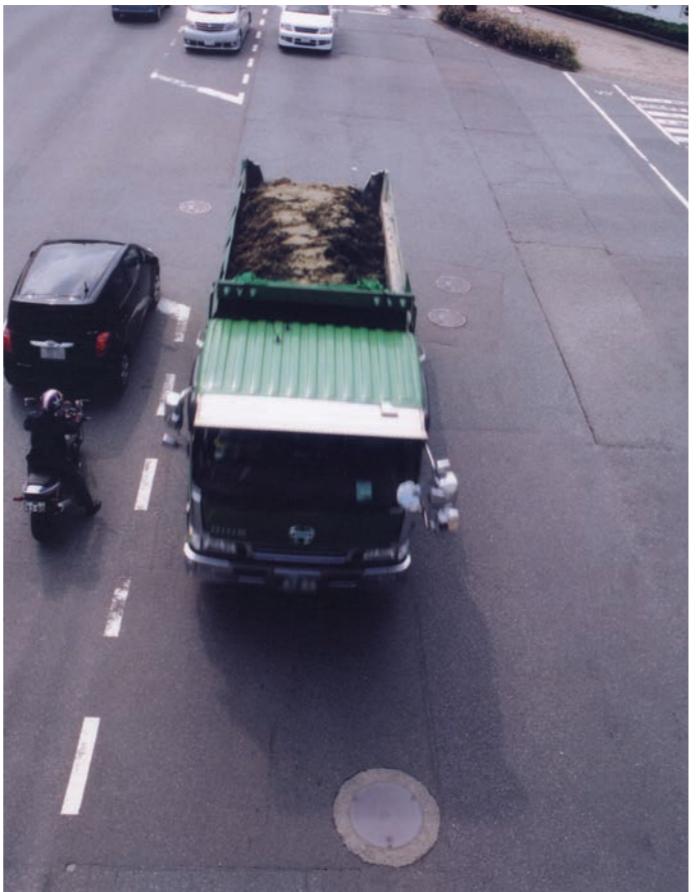
最近、国家の資産である公共建築物、国会議事堂や皇居などの營繕をする建築保全センターの理事長に就任した私は、日本に補修や營繕の文化がないことに嘆然とし、保全の技術を向上させていくことの難しさを痛感している。

戦後の日本は、つくる技術の育成には熱心だったが、ストックしてきたものの価値を知り、それを維持補修し、長期的に保全していく技術については無関心であった。イタリアでは、建築科を卒業した学生の8割が修復の分野の仕事をしているが、日本ではほとんど全員が新しい建築に携わるという事実を見て、日本人の意識構造が古いものよりも、日本人の意識構造が古いものより

### 水と緑と風の道

アップゾーニングとダウンゾーニングで緑を復活  
ヒートアイランドからクールアイランドへ





そこで、GMの性能劣化について、現在までに蓄積された実フィールドのデータを基に、試験室的に促進試験を行った結果とあわせて、GMの寿命について考察してみることにした。

このように、GMは過酷な設置環境の中で、時間の経過とともに確実に劣化していく。また、本来求められている性能がどういうもののか明確に定義されてないものもあるため、どこまで使用できるのかさえ曖昧な状況も見られる。

持管理作業を阻害すると同時に、高齢化した作業員の腰痛の原因にもなる。また、最近のゲリラ豪雨のように急激な水位の上昇によって起ころるマンホール周辺道路の隆起やGMの飛散の原因は、開かないふたの存在である。あるいは、構造物としてひびの入ったふたは大型車両の衝撃が加わればいつ破壊してもおかしくない状態である。

このように、GMは過酷な設置環境の中で、時間の経過とともに確実に劣化していく。また、本来求められている性能がどういうもののか明確に定義されてないものもあるため、どこまで使用できるのかさえ曖昧な状況も見られる。

次世代型高品位グラウンドマンホール推進協会 現在のグラウンドマンホールが抱えている課題を総合的に解決するための研究開発を行い、「次世代型の高品位な製品」の普及を図ることを目的に、旭テック環境ソリューション(株)、虹技(株)、日本鋳鉄管(株)、日之出水道機器(株)の4社で2006(平成18)年に設立。グラウンドマンホールに起因する事故の発生確率を限りなくゼロに近づけて、市民を身近なリスクから守る「長期にわたる安全性能の確実性」の実現と、製品のライフサイクル全般を捉えた「長期にわたる経済性」を目指す。

## グラウンドマンホールの性能劣化 および寿命についての考察

次世代型高品位グラウンドマンホール推進協会  
技術委員長  
**高田 洋吉氏**

## グラウンドマンホールは確実に劣化する

道路・管路の一部として機能する

グラウンドマンホール(以下GM)は、路上からと下水管路からの両方の劣化要因の影響を受け、想像以上に過酷な環境の中で使用されること

ことは、一般的にあまり知られていない。ほとんどのGMが鋳鉄製であり、鉄の塊ゆえに丈夫で50年ぐらいためは使用できるであろうという先入観ができるが、実際に現地でよく見ると、模様がなくなり

ツルツルになつたものや、わずかにガタツキが起つていてるもの、あるいは開けようとしてもなかなか開かないもの、中にはひびが入つたものまでが現役で使用されていることがある。

この状態で安全であるならば、丈夫で長持ちという言葉が当てはまるが、残念なことにツルツルのふたはバイクや高齢者のスリップの原因となり、わずかにガタツキのあるふたは将来ガタツキ飛散につながる可能性が高い。さらに開かないふたは維



ひびが入ったふた



強く食い込んで開けにくくなったふた



表面が摩耗してツルツルになったふた

図表 1 GM表面凹凸の変化(模式図)



設置初期	摩耗後(1)	摩耗後(2)
凹凸に加えて、表面模様のエッヂがタイヤをグリップする	模様の高さが低下、タイヤが底当たりし引っかかり性能が低下する	模様上面のエッヂが丸くなり、凹凸の効果も小さくなるため性能が低下する(取り替え必須)

## 摩耗による劣化 —耐スリップ性能

## 厚耕による劣化 —耐スリッップ性能

道路の一部として使用されるGMは、鉄を材料として作られてはいるが、車のタイヤと砂や埃等の介在物によって、表面を激しくひつかかれ、それが原因で摩耗しついには凹凸の模様もなくなりツルツルの表面になっていく。

減っていくのか？ タイヤの材料であるゴムだけでは、鉄の表面はほとんど摩耗しない。土砂の介在によつて摩耗が促進される。道路上に存在する砂や埃の成 分は、鉄よりも硬いガラスの主成分である $\text{SiO}_2$ （二酸化ケイ素）が多く含まれており、これがタイヤとGMの間に介在することによつて鉄の表面が削り取られていくのだ。

ばという話は、JIS A5506（下水

移動する車両荷重によりふたが動くことによって支持部が摩耗する。

別な要因が加わる。それは車両荷重である。車両の重量は支持部の摩耗に対して2つの影響を及ぼす。1つは、摩耗

量と荷重の関係に由来する影響である。

く。さらにこの荷重が材料である鉄の圧縮の耐力を超えた場合には、比例関係が崩れ、摩耗量は指數関数的に急激

に増えてくる」とか知られている。

則正しい凹凸で構成されている。このバ  
イト目の凸部先端では、重車両が乗る  
と材料が持つ圧縮の耐力を超える応力  
が発生する。だが、大型車両が増える

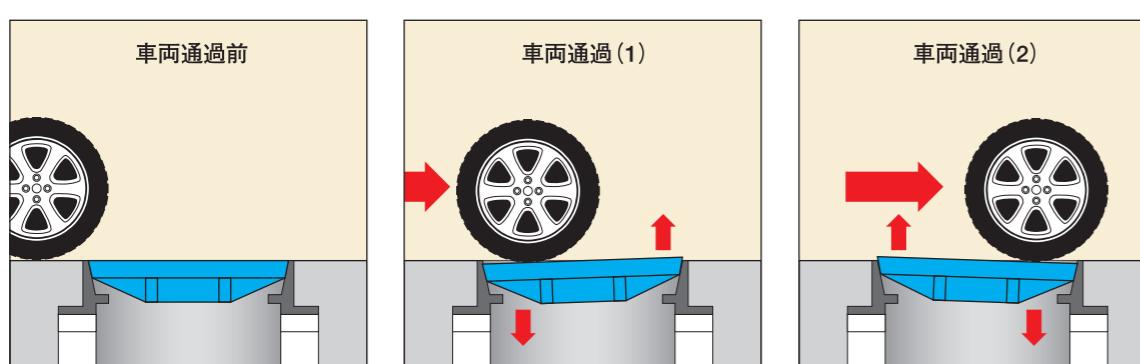
**注1 ねずみ鉄品**  
黒鉛が花びら状に分布し、破断面がねずみ色の鉄でできたもの。その黒鉛の形状が破断の起点となるため、強度が弱くもろい。

**注2 球状黒鉛鋳鉄品**  
黒鉛の形状を花びら状から球状へ変化させた鋳鉄できたもの。鉄が本来持つ強くて粘りのある特性を有する。

**注3 圧縮荷重**  
材料を押し縮めようとする方向に作用する荷重。

**注4 バイト目**  
旋盤などで切削する際に工作物に残る刃物(バイト)による切削痕。

図表2 車両の通過に伴うふたの挙動（模式図）



車両の通過方向が決まっているため、  
部的な摩耗、いわゆる偏摩耗による機  
円化によって起る現象であるといえる。

性能を劣化させる最も大きな要因である。

## —ガタツキ防止性能

摩耗はGMの表面だけでなく、ふたと受枠の支持部でも起こる。この場合は、鉄と鉄の間に土砂が入り、GM上を

## ガタツキ防止性能

と、支持部の摩耗が指数関数的に増えることになる。

さをGMの場合、仕様書で規定されてい  
るケースが多いことからも、GMの摩耗  
に対する認識と材質に対する考え方  
が過去から重要視されてきたものと考  
えられる。

鋳物でできたGMは、初期には鋳物  
独特のザラザラとした「鋳肌」という表

変重要な意味を持つことになる。耐スリップ性能は、この鋲肌のザラザラ感がある問は、どんな形状の模様であつてもほとんど問題なくクリアできる。しかしこの表面のザラザラがなくなつた途端に模様の形状によつては、まったく違う耐スリップ性能になることがわかつてきた。さらに摩耗が進み、模様高さが減つてくると、(図表1に示すように)タイヤを効果的にグリップさせる模様凸部のエッヂ効果が減り、耐スリップ性能が急速に低下してくる。これは、模様高さが高い場合はタイヤが模様のエッヂにすぐどく食込むが、模様高さが低いとタイヤは模様底面(平板部)に接するようになるため、凹部エッヂへのタイヤの食込みが少なくなるからである。

面状態を有する。車道部に設置されたGMの場合、設置後わずか1年前後でこのザラザラした鋳肌がなくなる。ままでコンパウンド材(細かいサンドペーパー)で磨かれたようにきれいな表面になる。このことが耐スリップ性能にとって大





**写真3 スベリ抵抗測定器(例)**  
車両通過時のGMのスベリ抵抗を測定するDFテスターR85。DFテスターR85は、アスファルト舗装のスベリ抵抗を高精度に測定できるDFテスターを改良してGM専用に開発されたもので、専用のゴムスライダー(接触子)やダンパー(吸振器)の装着などにより、表面の凹凸が激しいGMでも正確に測定できる

**注9 スベリ抵抗**  
GMと車のタイヤ等の間に発生する摩擦抵抗。摩擦抵抗が大きければスリップしやすくなる。

## 劣化を計測する手段・方法

### 耐スリップ性能

耐スリップ性能は、スベリ抵抗(注9)を測定することで定量的に計測できる。スベリ抵抗の測定器(写真3)はいろいろあるが、測定器の選定に際しては、第1に何を対象とした測定方法なのかを明確にすることが重要なポイントとなる。車道の場合、スリップの対象は自動車・二輪車であり、歩道では人が対象である。これによって、スベリ抵抗を測定する測定器の測定速度がある程度限定されてくる。

第2に、測定値の再現性の問題がある。この場合、被対象物であるGMの特性が問題の重要な要素になる。道路や床材のようにほぼ均一な表面状態であれば、測定値の再現性は測定回数を増やすことによって、保障される。しかし、

GMの場合やつかいなのは、わずか60cmの中に、さまざまな模様や文字が配列されていることだ。従って、測定範囲(面積)がかなり広くないと再現性としての全体の評価にはならない。

さらに、再現性の問題として測定器の測定子(接触子)の材質がある。測定子の材質と表面状態が変われば、スベリ抵抗値も当然変わる。常に一定の条件で測定できることが必要である。

測定器として、測定速度および測定範囲(面積)および測定子の材質を選択基準とすれば、おのずから測定器は絞られてくる。

第3に、上記の2点を前提に考えると、スベリ抵抗値は測定器・測定方法によつて、それぞれ固有の値を示すということである。このことを知らずに、数值だけが基準値として一人歩きする危険性がある。

性がある。また、この理由からスベリ抵抗値を決めて定量的な性能評価をすることに反対する人もいる。

耐スリップ性能は、測定器が変わつても、その数値と安全性の関係が明確であれば、その数値を使って基準とすることができるという性格のものである。この相関関係を求めるためには、かなりの時間と労力を必要とするが、これが困難であれば標準的な試験片を用い、基準とする測定器と各種の測定器の比較校正を第三者機関等で実施することで、十分に代用できるものである。

性能劣化のメカニズムは摩耗により、まず表面のザラザラ感がなくなる段階から始まり、徐々に模様高さが減じていくことで進行することがわかっているため、これを再現して、スベリ抵抗値を測定すればよい。



写真2 腐食したGM

下水環境に特徴的な劣化要因は、「腐食」である。鉄もまた、硫化水素や硫酸の酸性雰囲気では、かなり腐食する。硫化水素の発生が少ない管渠でも、湿度と温度が高いため通常の大気腐食よりも腐食量は多くなる。

腐食により構造物として外力に耐える鉄の断面積が減少していく。腐食により生成される錆は水酸化鉄を中心とした腐食生成物で、元の鉄よりも体積が大きくなり、見かけ上はかなり腐食しているよう見える。(写真2)のように多くの腐食したGMを引き上げ、錆を落として寸法を測定し、どのくらい腐食したのか、何年間でそうなったのかを調べた。これによつて、腐食速度(1年間に何mm腐食するか)がわかる。

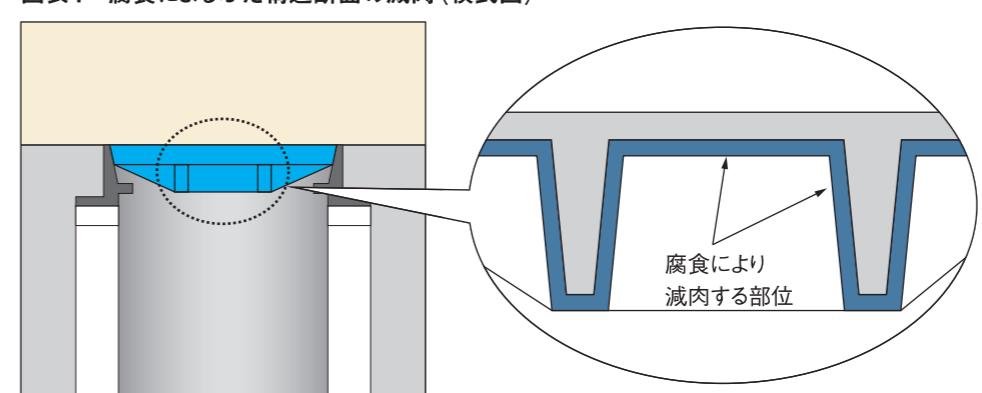
管渠内の雰囲気は場所ごとに違うため、概に腐食速度は決められないが、硫化水素濃度が50ppmを超える激しい環境等を除いた一般的な環境での腐食速度として、統計的に求めたものが、0.067mm/年(15年で1mm腐食する)程度である。

現地から引き上げ、錆を落とし調べたGMの特徴は、多少の凹凸はあるものの、思ったより均一に腐食層が形成されていた。

腐食環境が最も激しい地域(温泉地や工業地域)から引き上げてきたGMを調べると、設置状態で下方になる部位ほど腐食が進行していることがわかる。これは、結露した水分が下方に垂れている状態が、そのまま現れているものと想定される。この場合は、強酸による腐食に近いため、極端に位置による違いが出ているが、通常の腐食の場合(濃度が低い酸による腐食)は、ほぼ均一に腐食するとみなしている。

(図表4)に示すように、ふたの構造断面が腐食により減肉される。マンホール内の環境は、酸性の硫化水素雰囲気であり、しかも腐食に対して正の相関を有する雰囲気温度はマンホール内の方が高い。熱伝導率が高い鉄でできたGMの表面は、昼間は日光の熱でmax 70°Cまで一気に冷える。マンホール内部の空気は依然として外気より若干高く保たれているため、GMの裏面(マンホール内面)で「結露」しやすくなる。この結露した水に硫化水素等が溶け込み、酸性の強い水溶液となって鉄の腐食を促進させる。これが、通常の大気腐食よりもマンホール内の腐食が激しい理由である。

図表4 腐食によるふた構造断面の減肉(模式図)



## 腐食による性能劣化 —荷重強さ

このことにより、耐荷重強さの設置後の状態を予測し、計算できることが明らかになった。

(図表4)に示すように、ふたの構造断面が腐食により減肉される。マンホール

内面の環境は、酸性の硫化水素雰囲気であり、しかも腐食に対して正の相関を有する雰囲気温度はマンホール内の方が高い。熱伝導率が高い鉄でできたGMの表面は、昼間は日光の熱でmax 70°C前後まで上がるが、夜間は外気温度近くまで一気に冷える。マンホール内部の空気は依然として外気より若干高く保たれているため、GMの裏面(マンホール内面)で「結露」しやすくなる。この結露した水に硫化水素等が溶け込み、酸性の強い水溶液となって鉄の腐食を促進させる。これが、通常の大気腐食よりもマンホール内の腐食が激しい理由である。

このように、腐食によりふた裏の肉厚が減少することで、当初は十分であった耐荷重強さが、徐々に劣化していく。



写真4 ライダーによる安全性評価



## 注10 ASTM

American Society for Testing and Materials 米国材料試験協会。工業材料や試験法の規格を作成する世界最大の機関で、同協会の発行する規格は、米国国内だけでなく多くの国で利用されている。

図表6 摆動量の測定原理

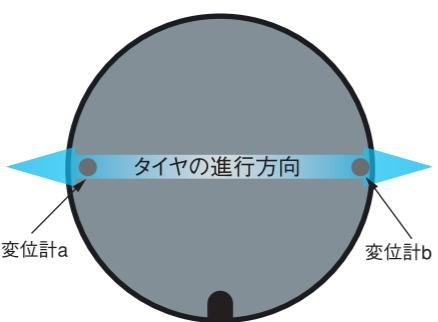
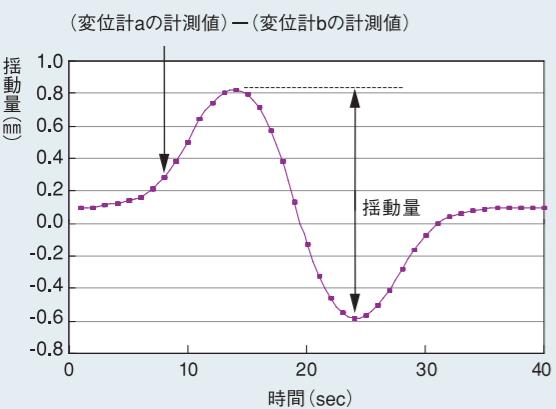


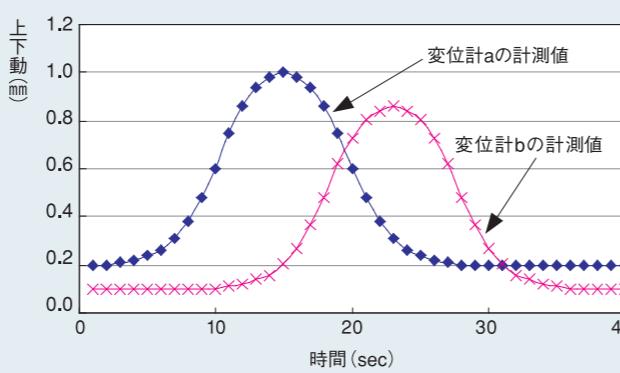
写真5 輪荷重走行試験機によるガタツキの検証

GMの上を実際のタイヤを装着した輪荷重走行試験機を往復走行させ、ガタツキがないかを検証する。

図表7 摆動量の測定結果(例)



右のグラフは変位計a、bそれぞれのふたの変位量を示す。左のグラフは変位計aの値から変位計bの値を引いたものを表す。この変位量の差を揆動量と定義する。

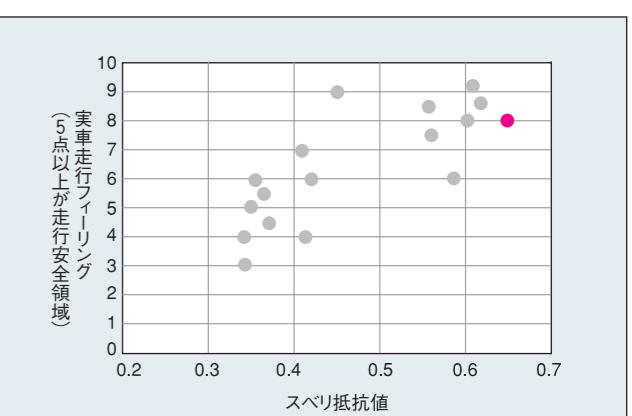


評価は10段階評価であり、安全領域は評価5点以上となる。これをASTM<注10>に準拠する方法でスベリ抵抗値がわかっているGMについて幾度も試験し、グラフ化したものが(図表5)である。

グラフからわかるとおり、GMのスベリ抵抗値が増すにつれて評価点は上昇している。しかし、スベリ抵抗値が大きすぎると、乗り心地としてゴツゴツ感やタイヤのバリバリ感が増し、周辺道路との違和感が増すため、かえって評価は低下する。

図表5 スベリ抵抗と安全性評価の関係

GMのスベリ抵抗値が増すにつれて評価点は上昇する。しかし、●のようにスベリ抵抗値が大きすぎると周辺道路との違和感が増すため、評価点は逆に低下する。



実際には、タイヤの進行方向と直角の両端でも同様に計測し、ふた全体の沈み量やふたの傾斜量(斜めに食込んだ量)を測定している。

1年相当の移動荷重の載荷回数ごとに、この揆動量をプロットしていくと、揆動量が時間経過とともにわずかずつ増加していく。

本質的な問題である安全性の評価は、専門のライダー評価によって行う(写真4)。評価は以下の5つの運動モードで行った。

- ①直進運動によるGM上でのブレーキング
- ②直進運動によるGM上からの発進・加速
- ③GM上でのコーナリング運動
- ④GM上でのコーナリングとブレーキングの組合せ
- ⑤GM上でのコーナリングと加速の組合せ

## ガタツキ防止性能

ガタツキ防止性能は、GMにトラックの車輪による移動荷重を繰り返し載荷し、それによって起るふたの揆動量を測定することで定量的に計測できる。

(写真5)

実際のガタツキは、ガタツキ音を発生することを意味するが、このガタツキ音は揆動量が急激に増加した時点から発生することがわかっている。

揆動量は、ふた裏から変位計を用い、タイヤの進入方向の入口側と出口側の両端での上下動を測定し、(図表6)にあるように、1サイクルにおける上下動の差を揆動量と定義することで計測できる。(図表7)

**注11 従来の荷重試験条件**  
試験荷重載荷後、除荷した際に残留たわみがあつてはならない。および、衝撃荷重に対する安全率5をみた荷重を載荷して破壊してはならない。

**注12 耐力値**

材料が永久ひずみ(変形させて元に戻らなくなる状態)を発生する時の応力値。

**注13 許容応力値**

破壊応力(最大応力)を適切な安全率で割った応力値のこと。許容応力値以上の応力が発生しないよう設計することにより、破壊応力や変形までの応力が物体内部に発生せず、ひずみが内部に蓄積されにくくなるため、繰り返し荷重に対する物体の破壊・変形を防止できる。

**注14 安全率**

強度設計を行う際に用いる数値。構造物や材料が破壊・変形しない応力(許容応力)と、それが破壊・変形する応力(破壊応力)との比で、数値が高いほど破壊しにくくなる。

**注11 従来の荷重試験条件**  
試験荷重載荷後、除荷した際に残留たわみがあつてはならない。および、衝撃荷重に対する安全率5をみた荷重を載荷して破壊してはならない。

**注12 耐力値**  
材料が永久ひずみ(変形させて元に戻らなくなる状態)を発生する時の応力値。

**注13 許容応力値**  
破壊応力(最大応力)を適切な安全率で割った応力値のこと。許容応力値以上の応力が発生しないよう設計することにより、破壊応力や変形までの応力が物体内部に発生せず、ひずみが内部に蓄積されにくくなるため、繰り返し荷重に対する物体の破壊・変形を防止できる。

**注14 安全率**

強度設計を行う際に用いる数値。

**G Mの耐荷重性能**は、従来からの荷重試験(注11)と、構造力学的に組み立てられた応力限界値を用いた試験とを組み合わせて考える。(写真8)

従来の荷重試験では、試験荷重除荷後に残留たわみがあつてはならないとするため、試験荷重載荷時にGMに発生する応力が材料の「耐力値」(注12)以内であることを要求していることになる。

また、載荷時のたわみが基準値以内であることはGMに「路上の橋」としての剛性を要求しているもので、初期の試験

で、定量的に計測されるべきものである。前段で述べたように、急勾配受支持構造では「食込み力」は繰返し荷重によつて、徐々に増加していく。従つて、実際の状況を再現するために、計測にあたりGMに2110kNの試験荷重を10回程度載荷したあとに、この開放性能は測定しなければならない。

### 耐荷重性能

方法としては十分に機能している。しかし、前節でも説明したように、重車両の交通量が増加している現在、繰り返し荷重による金属疲労の影響や、腐食による耐荷重性能の劣化の影響が顕著になつてゐるため、本来的には道路橋示方書にもあるような「許容応力値」(注13)以内であることを確認しなければならない。

この耐力値以内と許容応力値以外という基準の違いは、安全率(注14)に対する考え方の違いといえる。前者は試験する荷重を衝撃荷重の1.5倍とすることで、試験荷重から安全率を1.5としているのに対し、後者は道路橋示方書と同じ基準で、試験荷重は実際の衝撃荷重とする代わりに、使用する材料の耐力値に対して安全率1.7以上を確保した許容応力値以内とするという考え方の違いである。

性能規定への移行段階では、この耐荷重性能の試験方法は併記して進めることが望ましい。

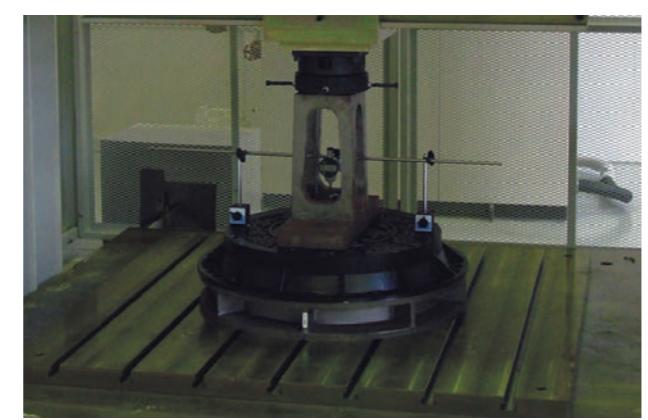


写真8 荷重試験

写真7 静荷重での押し上げ

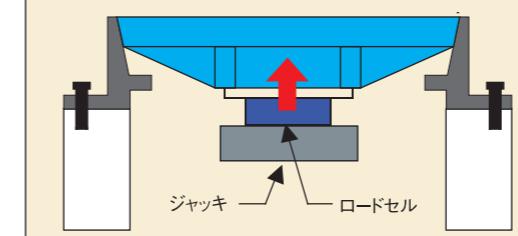
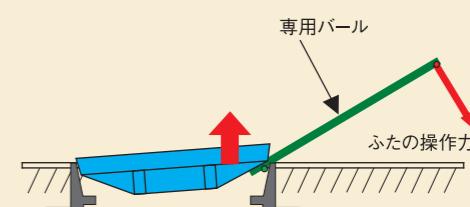


写真6 バールによるふたの開放



### 開放性能(開けやすさ)

開放性能の測定には、目的によって2つの測定方法がある。1つは、通常の維持管理でふたをあける際に、専用治具(バール)によってふたを開ける力を計測する方法である。(写真6)

これは、バールにストレインゲージ(ひずみを測定するセンサ)を貼り付けた測定治具を取り付け、そのひずみ量によつて発生した力を計測するものである。バールは「てこの原理」を使い、人の体重以内の力でふたを開けることが目的なので、どのくらいの力が必要なのかを計算で求められるようにしている。

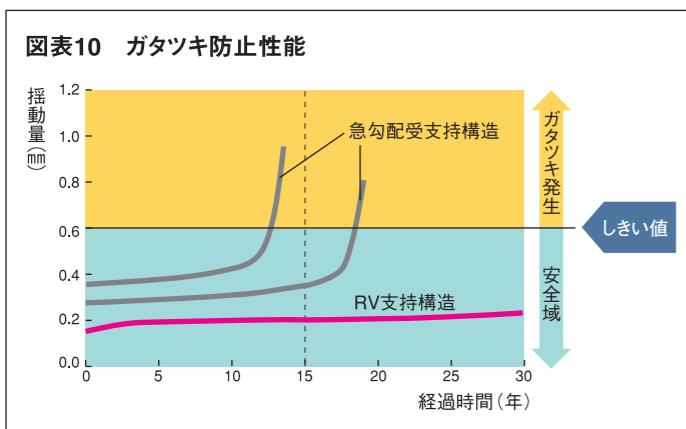
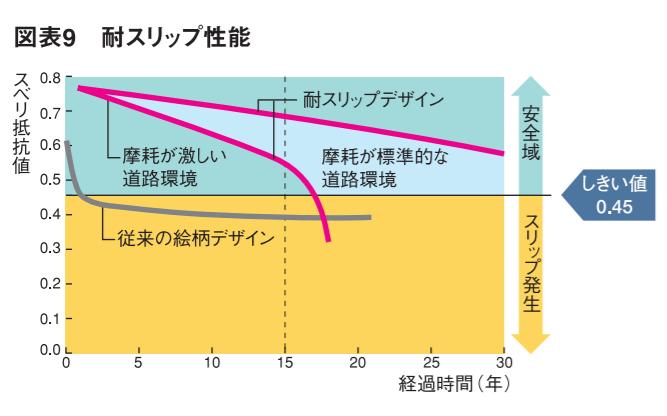
もう1つの測定方法は、マンホール内の急激な水位の上昇に伴う圧力上昇の際に、ふたを下から垂直に持ち上げ静荷重で押し上げ、ふたが開いたときの内圧を解放するために、ふたを開けるのに必要な力を測定する方法である。

(写真7)これは、GMを下から垂直に静荷重で押し上げ、ふたが開いたときの荷重を測定することで定量的に計測できる。GMのふた径が各種あるため、公平性を期す必要があり、圧力換算できるように測定値を圧力で表す。

2つの力は開け方による違いだけでなく、GMが持つそれぞれの役割・機能(維持管理上の開けやすさ・圧力解放性能)を果たすための重要な性能とし換算できるように測定値を圧力で表す。

## グラウンドマンホールの寿命と性能劣化曲線

グラウンドマンホールの寿命は、限界状態設計法でいう、「破壊・大変形といった本当の終局である「終局限界状態」ではない。道路の一部、管路の一部として、公共性が高いGMの寿命は、「安全に使用できる期間」と定義されるべきである。



### 耐スリップ性能

GMの耐スリップ性能は、次の5つの安全要素制約条件で構成されている。

①表層が独立した凸模様で構成され、方向のない配列であること。

②車両の通過に伴い、GM表面の水や砂の移動およびGM周辺への排水が容易にできる構造であること。

③スベリ抵抗値が、ASTMに準拠した測定方法で周辺道路と同じ0・45以上であること。

④その安全性の根拠として、二輪車専門のライダーによるフィーリング試験の評価を受けていること。

⑤歩行者(高齢者)の歩行評価を受けていること。

### ガタツキ防止性能

このうち、寿命を決定するものは、④の性能であり、実際にはそれを代用できる③のスベリ抵抗値となる。従って、この背景にはスベリ抵抗値とライダーフィーリングテストによる安全性の評価との相関関係(バックデータ)があることが前提となる。

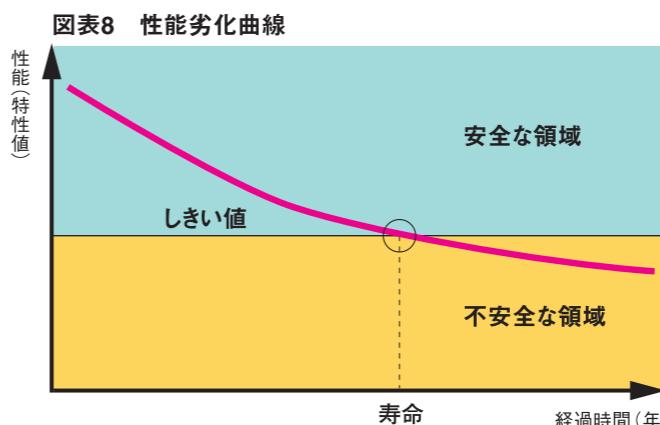
耐スリップ性能の劣化要因は、GM表面の摩耗であり、摩耗のメカニズムと摩耗速度の統計値がわかっているので、促進試験として表面の模様高さを徐々に落として、その時のスベリ抵抗値を測定しプロットしていくれば、性能劣化曲線を求めることができる。

耐スリップ性能の長寿命化は、劣化要因である摩耗速度を遅くすること、すなわち耐摩耗性を向上させることであるが、劣化速度が既知である現在の材質を変えると、何年もつかのかという原点が明確にできない。

摩耗速度がわかっている材料を用い、構造的に長寿命化を図ることがまず必要なことであると考える。

このグラフが、ガタツキ防止性能の能劣化曲線であり、しきい値を入れた時の寿命は従来の急勾配受支持構造と比較すると、2倍以上を有することが明らかである。

### 性能劣化曲線



この考え方をベースにGMの寿命について考察し、それを用いて性能劣化曲線を作成していく。次世代型高品位グラウンドマンホール推進協会が共有する新しい基本構造「RV支持構造」「放射状リブ構造」「波型ラグランジ」(22ページにて詳述)を採用したGMの基本性能を計測して性能劣化曲線を基に余寿命を推定すると、車道部での標準的耐用年数(15年)の2倍以上の長寿命性能を保有していることが検証された。このことは使用者側(市民、自治体)に対し、「安全性と維持管理」「経済性」「更新のやりやすさ」「環境」の4つの視点でバリューをもたらすことになる。

### しきい値の設定

性能劣化曲線は、劣化のメカニズムと性能劣化曲線が定量的に示されると同時に、余寿命の推定も可能となる。

「図表8」はこの性能劣化曲線からGMの寿命を求めるための模式図である。逆に言えば、この「しきい値」は限界状態設計法でいう使用限界(以降限界性能と称する)に相当するのである。この図(性能劣化曲線)により、安全に使用できる領域と不安全な領域が明確に区分され、従来曖昧であったGMの安全領域が定量的に示されると同時に、余寿命の推定も可能となる。

フィールドデータによる劣化速度がわかれれば、促進試験にて求めることができる。GMの寿命の定義を「安全に使用でき、軸に、安全に使用できる限界の値(ここでは、それを「しきい値」と称する)を設定すれば、その値と性能劣化曲線の交点が寿命という定義ができる。

「図表8」はこの性能劣化曲線からGMの寿命を求めるための模式図である。逆に言えば、この「しきい値」は限界状態設計法でいう使用限界(以降限界性能と称する)に相当するのである。この図(性能劣化曲線)により、安全に使用できる領域と不安全な領域が明確に区分され、従来曖昧であったGMの安全領域が定量的に示されると同時に、余寿命の推定も可能となる。



Hiroshi Suzuki

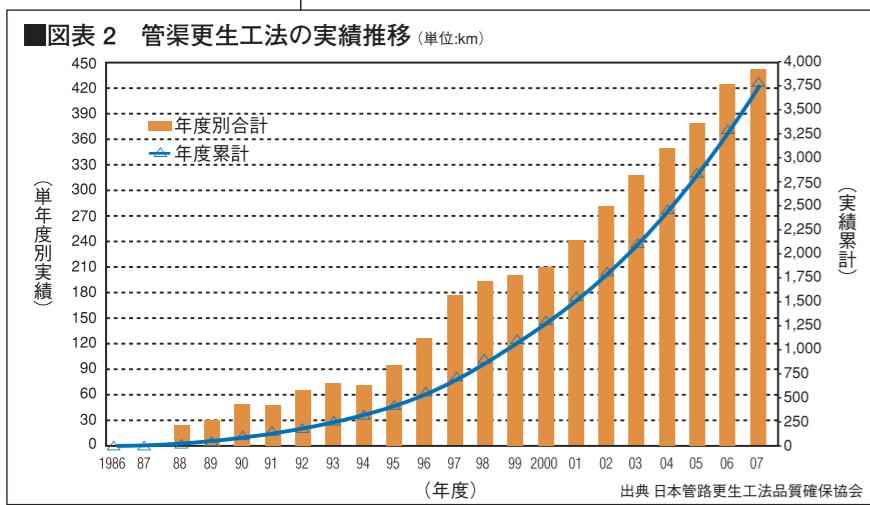
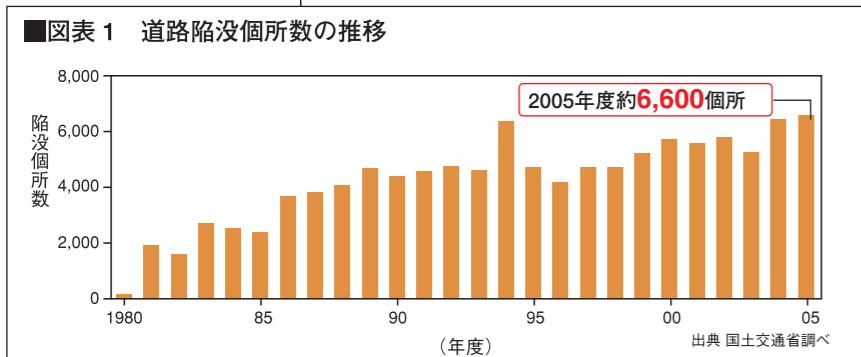
すぎき・ひろし／1944年生まれ、埼玉県出身。日本大学理工学部卒。68年4月東京都採用(下水道局)。92年計画部施設計画課長、94年事業計画課長、96年日本下水道事業団東京支社長、98年下水道局中部管理事務所長、99年流域下水道本部技術部長、2000年下水道局計画部長、01年下水道局長。03年東京都下水道サービス(株)代表取締役社長。現在、下水道メンテナンス協同組合理事長。日本管路更生工法品質確保協会前会長。

## 注1 開削工法

道路など地表面から管の基礎までを掘削し、管を敷設して埋め戻す工法。掘削が深くなると土砂の崩壊を防ぐため、矢板などを使用し、土留めを行ながる布設する。

いては老朽化が著しく、流下機能の低下や道路陥没の多発(図表1・写真1)など、国民生活の安全、安心の確保が難しい状況となっています。このため各管理者は維持管理を充実、徹底させるとともに加え、この老朽化した施設を改築、更新する事業に積極的に取り組んでいます。

しかし、従来からの開削工法(注1)による管路の入れ替えでは、開削工事に伴う道路交通阻害、騒音振動、廃棄物処理など環境保全上の課題に加え、膨大な工事費のコスト縮減が求められていきました。このため、「開削せずに更新可能」な管路更生工法の採用が強調され、わが国独自に数多くの管路更生工法が開発、実用化されてきました。その結果、下水道だけでも年間約430kmの施工を行うなど年々成長している状況にあります。



日本管路更生工法品質確保協会 前会長  
鈴木 宏氏

## 公益的な品質確保をめざし持続可能な下水道経営を

### 品質確保を最大の課題に活動

下水道管路の更生は長寿命化対策の中でも最大の事業です。管路更生の現状と展望をお伺いする前に、品質確保協会の設立から現在までの簡単な経緯をお話いただけますか。

まず、当協会設立までの経緯で

すが、管路更生工法の健全な発展と技術の向上を図るべく1999(平成11)年7月に、第三者機関の認定を受けた管路更生工法を取り扱う8工法協会が集まり、「管渠更生工法連絡会」を発足させました。そして、2003(平成15)年7月には、その後に開発された工法も加えた12工法協会(20工法)で構成する「管渠更生工法技術協会」へと名称変更を行い、これまでに技術用語の統一、性能試験の標準化、二層構造管にかかる共同研究、自治体等への対応など協会事業の充実を図ってきました。

06(平成18)年8月、今後さらに事業拡大が予想される改築、更新事業に際し、事業の適切かつ円滑な遂行を図り、公共福祉の向上や国民経済の健全な発展に寄与すべく、「管渠更生工法技術協会」を発展的に改組、改名して、新たに施工業者や材料メーカーなどを会員に迎え、「日本管路更生工法品質確保協会」を発足させました。わが国

次に展望ですが、現在、下水道管渠は約41万kmの既設管があります。農水、工水、上水も含めた管路延長は約180万kmとも言われています。膨大なストックですが、形あるものはいつかは壊れるということで、ライフサイクルコストを最小にするために、壊れる前に再生していくことが大事になっています。こうしたことからも、管路更生工法は、今後ますます拡大していくと思っています。(図表2)

一方、このように重要な管路施設ではありますが、経年的な劣化などによる老朽化が進行し、とりわけ下水道にお

### コスト・環境面で更生工法へ

#### 管路更生の現状と展望について はいかがですか?

鈴木 管路更生工法の現状ですが、管路は下水道をはじめ上水道、工業用水、農業用水など、国民生活や都市活動を支えるために整備されています。な

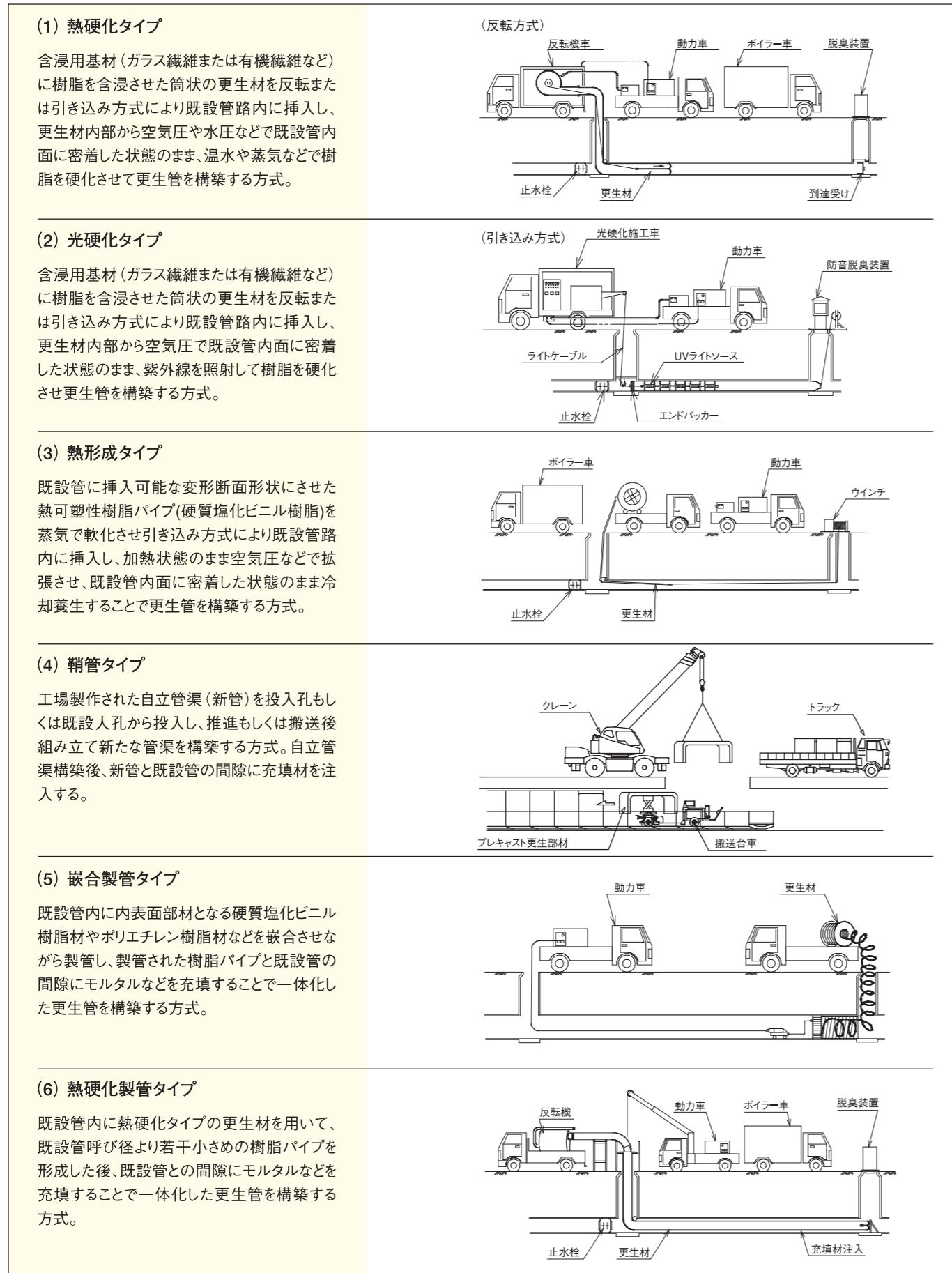
かでも、地下に埋設されている管路施設は、普段は人目に触れることがありませんが、安全、安心、快適な国民生活に欠くことのできない施設です。一方、このように重要な管路施設ではありますが、経年的な劣化などによる老朽化が進行し、とりわけ下水道にお



■写真1 道路陥没事故 写真提供 東京都



図表6 更生工法 更生管の形成方法別分類(6タイプ)



※図はいずれも施工概要(例)

## (1) 热硬化タイプ

含浸用材(ガラス繊維または有機繊維など)に樹脂を含浸させた筒状の更生材を反転または引き込み方式により既設管路内に挿入し、更生材内部から空気圧や水圧などで既設管内面に密着した状態のまま、温水や蒸気などで樹脂を硬化させて更生管を構築する方式。

## (2) 光硬化タイプ

含浸用材(ガラス繊維または有機繊維など)に樹脂を含浸させた筒状の更生材を反転または引き込み方式により既設管路内に挿入し、更生材内部から空気圧で既設管内面に密着した状態のまま、紫外線を照射して樹脂を硬化させ更生管を構築する方式。

## (3) 热形成タイプ

既設管に挿入可能な変形断面形状にさせた熱可塑性樹脂パイプ(硬質塩化ビニル樹脂)を蒸気で軟化させ引き込み方式により既設管路内に挿入し、加熱状態のまま空気圧などで拡張させ、既設管内面に密着した状態のまま冷却養生することで更生管を構築する方式。

## (4) 鞘管タイプ

工場製作された自立管渠(新管)を投入孔もしくは既設人孔から投入し、推進もしくは搬送後組み立て新たな管渠を構築する方式。自立管渠構築後、新管と既設管の間隙に充填材を注入する。

## (5) 嵌合製管タイプ

既設管内に内表面部材となる硬質塩化ビニル樹脂材やポリエチレン樹脂材などを嵌合せながら製管し、製管された樹脂パイプと既設管の間隙にモルタルなどを充填することで一体化した更生管を構築する方式。

## (6) 热硬化製管タイプ

既設管内に熱硬化タイプの更生材を用いて、既設管呼び径より若干小さめの樹脂パイプを形成した後、既設管との間隙にモルタルなどを充填することで一体化した更生管を構築する方式。

図表5 更生工法の分類

構造分類	機能分類	工法分類	管の形成方法	工法名
単独管構造	自立管二層構造管	形成工法	熱硬化	SGICP工法/同一G工法
				SDライナー工法
				インシュフォーム工法
				オールライナーi工法
				グロー工法
			光硬化	ホースライニング工法
				インパイプ工法
			熱形成	EX工法
				オメガライナー工法
複合管構造	複合管	製管工法	熱硬化	EPR-LS工法
				FFT-S工法
				オールライナー工法/同Z工法
				インシュフォーム工法
				パルテムHL-E工法
			光硬化	パルテムSZ工法
				SGICP工法
			シームレスシステム工法	シームレスシステム工法
				パックス工法
				RPC工法
自立管	鞘管工法	嵌合製管	3Sセグメント工法	3Sセグメント工法
				SPR工法
				ダンピー工法
			パルテム・フローリング工法	パルテム・フローリング工法
				PFL工法
			熱硬化製管	SGICP-C工法

日本管路更生工法品質確保協会会員で審査証明を得た工法を掲載(2008年3月現在)

## 注7 瑕疵担保契約

あるべき機能や品質、性能が備わっていない瑕疵(傷)が判明した場合、契約を解除できる。

## 注8 流速計算

自然流下式の下水管路では堆積物の蓄積を防ぐための流速の確保が必要で、流量や勾配などとともに、その計算式から管径が割り出される。自然流下式は、重力と水の関係を制御する手法が蓄積された下水収集方式の主流。他に真空式、圧力式などがある。

## 各工法の品質確保を目指して

23の更生工法には技術的な違いがあります。工法の数が多い理由は、構造、材料、設計・施工などの各プロセスが多岐にわたっているからです。

鈴木 大づかみで言えば2分の1になります。工法の数が多い理由は、構造、材料、設計・施工などの各プロセスが多岐にわたっているからです。

鈴木 更生工法選定にあたっては、発注者が「こういう機能や耐久性を持つもの」「こういう時間帯でできるもの」という形で、いわゆる性能発注をします。

鈴木 施工後の検査はどうされているか?

鈴木 更生工法選定にあたっては、発注者が「こういう機能や耐久性を持つもの」「こういう時間帯でできるもの」という形で、いわゆる性能発注をします。

鈴木 工法を決めるのは発注者側ですか?

鈴木 更生工法選定にあたっては、発注者が「こういう機能や耐久性を持つもの」「こういう時間帯でできるもの」という形で、いわゆる性能発注をします。

鈴木 施工後の検査はどうされているか?

鈴木 工法を決めるのは発注者側ですか?

鈴木 更生工法選定にあたっては、発注者が「こういう機能や耐久性を持つもの」「こういう時間帯でできるもの」という形で、いわゆる性能発注をします。

のであります。

鈴木 完成後、管の内側が一定基準以上に仕上がっているかどうかは、目視で確認します。異常なところがあれば、テスピークスを取つて調査することになります。

品質保証制度をいかに導入するか

品質面では、保証期間や瑕疵担保契約へ対応していくお考えですか?

鈴木 将来目標としては、10年とか20年保証するよう働きかけています。

第1段階としては、10年保証はなるべく早い時期に出したいと思います。

今年ですから、少なくともそのくらいの保証ができるようでは、事業を継続していく資格はありません。こうした品質保証制度が実施されるようになれば、検査のやり方なども大幅に改善され、同時に各工法協会の取り組みも大きく変わってくるはずです。品確協にどつても、これが大きな試金石になります。

今のが大きな試金石になります。

管更生の際、断面積を小さくしたら

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の强度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

管更生の際、断面積を小さくしたら

流量が減つて溢水する可能性を心配しますが、実際には断面積が3割も小さなケースはあります。逆に流量が増えるわけで、これは更生管の知

ります。

管と、中に入れる管を一体構造としてとらえるのか、別々に独立したものとしてとらえるのかにより異なります。外側の管の強度と、内側の管の強度と合わせた場合、理論値と実験値でどんな違いが出るか、これはやってみないと分からぬところがあります。品確協でも

そういう問題に対処するために調査委託をしていますが、最近は耐震性も含めた强度計算が要求されるため、筋縄ではないところがあります。

ただし、成田空港の排水管の更生工事をした事例では、耐圧性が向上して

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

新設管の強度の1.5～2倍ぐらいになつてきました。なお、更生管の機能としては、断面積は縮小されますが、内管に合成樹脂材を使うため、流速の計算(注8)に使われるn値(粗度係数)が0.010になり、n値0.013のコンクリート管と比べ、断面積が3割減つても理論的には同じ流速を確保できることになります。

**注9**  
下水道管路の長寿命化政策  
2008(平成20)年度に新規事業として創設された「下水道長寿命化支援制度」。事故発生や機能停止を未然に防ぐため、限られた財源の中で、ライフサイクルコスト最小化の観点を踏まえ、耐震化等の機能向上も考慮した「長寿命化対策」を含めた計画的な改修を推進するための事業制度。

新設管の場合は供与開始まで時間ががあるので、漏水や浸水があれば、分

## 技術力と品質で 未来を切り開く

—— 下水道管路の長寿命化新政  
策へ注9が出され、今この管路更生の実績は総延長で約3800kmになつていますが、それで維持管理は万全だと言えますか？

鈴木 50年経過した管路が約700kmあるわけですから、年に700km更生しても、この経過管に対応していくだけで10年かかります。その間にどんどん経年管は増えります。適正に維持していくためには、約41万kmの既存管を少なくとも、年に5000kmは更新できるようにならなければなりません。

そのうち更生工法の需要が8割程度あれば、年に4000kmぐらいの工



写真提供 日本SPR工法協会

事が発生し、更生工法の事業は最低でも10倍以上になるわけです。それを持まえて、ダンピング競争をするより適正価格で受注して、品質のいいものを目指すべきです。

—— 今の工法で国産技術の比率は何%ぐらいですか？

鈴木 90%以上が国産です。技術の基本特許のほとんどは外国ですが、日本でさらに技術開発をしていますから、施工面、技術開発面では圧倒的に世界をリードしています。管更生の技術は世界の大都市はどこでも必要としているので、その将来性は大なるものがあります。(写真3・4)

水道の更新事業に支援制度が創設されたときに大きな意義があるのです。地方都市によつては、下水道を更新したいけれどできないところを、国が率先して下水道の維持管理計画を推奨したこと、ホツとしているのではなく、迫使したことで、ホツとしているのではありません。逼迫した地方財政に支援を送り、下水道を適正に維持管理していくための計画に国が補助金を出してくれたわけですから、今後さらには、管路更新事業には弾みがつくと思います。

今までにも更生工法に補助金が出た例はありますが、それはすべて1件査定でした。大幹線に事故が起きたら下水道システムに大きな打撃があると認められた場合、新しくつくるのと同じだという理屈で補助金の対象にもらいうことができました。

## 適正な維持管理を

—— 支援制度には補助金も出ていますが、今のところは調査とか計画業務だけに対象は限られているようですね。

鈴木 この長寿命化支援制度は、計画的な更新事業の促進を目的としたものであり、本来は持続可能であるべき下水道施設が、財政危機によって維持できなくなる状況になつたために設けられました。今のところは計画支援に限定されていて、金額的にはそう大きなものではありませんが、下

かつた時点で手直しさせることができますが、更生管の場合は工事が終わると中に入つて対応できないなど、問題点は限りなくあります。

つまりところ、施工者の倫理観の問題であり、技術者の職業的良心に負けないところが大きいわけです。検査に不合格になつたり、さらには事故を起こしたりしたら、受注者も大きな損失となりますし、業界全体に影響を及ぼします。協会には倫理委員会もつくり、行動規範の遵守を訴えています。

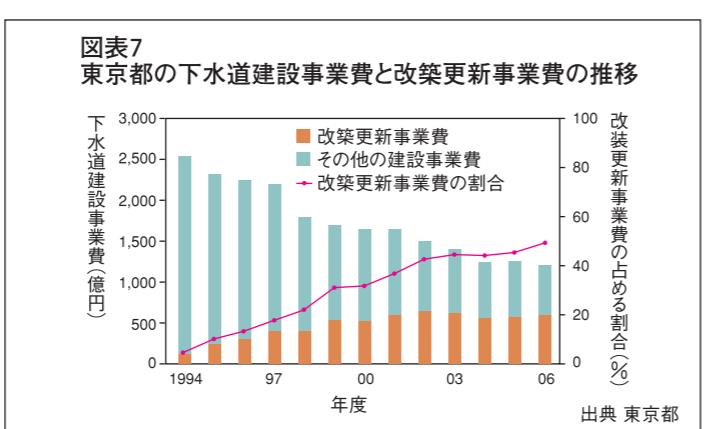
今後は、今までの管更生のよくな「線」をたどる更新ではなく、再構築工リア表7)

## 公共事業としての 意識を高める

—— 管路更生事業の今後を見据え、協会として、その他に取り組んでいかなければならぬ課題はありますか？

鈴木 下水道管路の更生は、人の目の届かないところで作業をし、外見だけではわからない管内部の仕事になります。協会として、この業種が持つそうした側面にも配慮し、嘘をつかない、ごまかさない、不正をしないといふ倫理観のアップにも取り組んでいます。

新設管の場合は供与開始まで時間ががあるので、漏水や浸水があれば、分



\*インタビューは、2008年7月8日(鈴木氏)  
会長在職中に行われました。



東京都下水道サービス(株)

**石井 茂雄氏**

Shigeo Ishii

いいい・しげお／東京都下水道局設備課として41年間都の下水道事業に従事。退職後は嘱託職員として下水道の歴史的資料の整理・保存に携わる。日本の下水道史上重要な役割を果たしてきた都の下水道施設が更新期を迎え、処分されることを憂慮して、歴史的資料の整理・保存にとどまらず、資料の掘り起こしや調査等を行う。休日に、自転車で北区内を中心に荒川区、文京区、豊島区、足立区へ足を延ばし、下水道関係の調査に出かける。

2007(平成19)年4月から東京都下水道サービス(株)勤務。

# マンホールふたに 古き東京の名残り

東京都の下水道は1994(平成6)年度に100%普及概成し、古い施設から再構築工事も始まっている。東京都23区内の下水道のマンホールは約47万8000個。そのふたの中には、東京の地方自治の歴史を今に伝える、いわば証人といえる貴重なものがある。

現在の23区は、東京府の中で東京市と82の町村で構成されていた時期があり、下水道事業も東京市や各町村(郊外下水道)が個々に行っていたが、1932(昭和7)年の東京市の市域拡張や、43(昭和18)年の都制施行の中で、下水道の普及とともに、道路排水管や暗渠化した河川も含めて下水道局に引き継がれてきた。その結果、23区内には、さまざまなデザインのマンホールふたが残されている。

模様の特徴は、同心円の上に通気孔、外側に向かい広くなる放射状の線が名古屋型同幅の放射状の線が東京型。外側と内側の同心円の間にある通気孔、外側に向かい広くなる放射状の線が名古屋型である。

東京型の模様は、当時の郊外下水道の王子町、大久保町、東部下水道町村組合、西巣鴨町などが、また名古屋型は東京府、高田町、尾久町、千住町、巢鴨町、大崎町が使用。東京府は1931(昭和6)年に紋章を改正した際に東京型の模様に改めた。

## 2 東京府のマンホールふた

この鉄ふたが、2005(平成17)年7月、最初に私を感激させた(写真1)。

東京都北区岩淵町から埼玉県川口市に通じる国道122号線の新荒川大橋のたもと、23区内で唯一の造り酒屋前の歩道にある。この付近は、1966(昭和41)年から71(同46年にかけ、「上り」「下り」単独の新橋に架け替えられ、取り付け道路は当初に比べ大きく変わった。

小さいし形側溝が目に入つたが、マンホールには気付かなかつた。幅員は半間、直角に5カ所も曲がった通路だつた。この道路では11枚を見つけて(写真5)。11月になって荒川区からの帰りに堀船3丁目で両側に歩道付の道路にあり、歩道は何回か通りながら見過ごしていたのだ。

北区は、中央部を縦貫するJR京浜東北線を境に隅田川に近い堀船3丁目などは低地に、王子本町、中十条などは台地に分けられる。

堀船3丁目で見つけた鉄ふた2枚は、今までに見たことのない紋章で、王子町が初期に敷設したマンホールのふたに使用された紋章ではないかと推測される(写真6)。

荒川区には、千住町(後述)や大崎町(現在の品川区上大崎、大崎、東五反田、西五反田あたり)の鉄ふたが設置されていた記録が残っている。これは、1932(昭和7)年の市域拡張で東京市に引き継がれたものの中に、鉄ふたなども含まれており、これを他の地域に使用したものと推測される。

現在までに見つけた王子町のマンホールふたは、荒川区内の1カ所を含め9つの丁目で26枚になる。

2005(平成17)年9月、中十条1丁目付近で面白いものを見つめた。近づいてみると、王子町の燈孔だった(写真1)。



写真9 大久保町街並み 階段下

## 1 東京府、郊外下水道の町村、 東京市が使用したふたの模様

ふたの模様は、東京市の下水道を設計した中島鉄治博士が考案したといわれている東京型と、名古屋市の創設下水道の専任技師であった茂庭忠次郎博士が考案したといわれる名古屋型に大別される。

模様の特徴は、同心円の上に通気孔、外側に向かい広くなる放射状の線が名古屋型同幅の放射状の線が東京型。外側と内側の同心円の間にある通気孔、外側に向かい広くなる放射状の線が名古屋型である。

東京型の模様は、当時の郊外下水道の王子町、大久保町、東部下水道町村組合、西巣鴨町などが、また名古屋型は東京府、高田町、尾久町、千住町、巢鴨町、大崎町が使用。東京府は1931(昭和6)年に紋章を改正した際に東京型の模様に改めた。

## 3 郊外下水道「王子町」のマンホールふた 燈孔・汚水栓・鉄ふた

王子町は、現在の北区の中心部に位置し、JR王子駅、東十条駅を中心にして東西に広がった地域。ふたの紋章は、王子町の“王”的文字とその周りに“下水”の文字を配置したもの。

1枚目は、2005(平成17)年8月、北区豊島2丁目の豊島公園前の歩道で発見し、「何でこんなところに王子町が?」と感じた。2枚目はJR王子駅近くの明治通りの歩道にあり、王子町の鉄ふたで唯一、縁石付きだった(写真4)。

この日は5枚見つけた。

9月頃には、古いマンホールふたを見つけるコツ、「道路の両側にL型側溝が設置された、幅員は昔風にいうと1間半(約2.7m)以下で、かつ直角に曲がりのある道路に残っている確率が高い」とが分ってきた。

王子本町2丁目では、見たことのない7枚。同町内でもう1枚見つけたが、この2枚は北区内に残る最後のものだと思われる。燈孔は、下水道管の維持管理のための明かりとりだが、東京市下水課の設計基準では、マンホールの中間で屈折や勾配のある変換点などに設置する等定めていたものだ。

## 4 郊外下水道「大久保町」のマンホールふた

大久保町は、現在の新宿区大久保、百人町、新宿6丁目、新宿7丁目、歌舞伎町2丁目あたりの地域。ふたの紋章は、外側から大久保町の“大”的文字と“下水”的文字を配置したもの。

2006(平成18)年7月に新宿出張所からの情報提供で、新宿区新宿7丁目にある1枚を確認。梯子坂の階段踊り場2カ所では、縁石と鉄枠は当時までのままで、鉄ふたの方は摩耗したのか1966(昭和41)年以降に取り替えられていた(写真8・9)。



写真1~8

ている。ここに1枚だけ残されているのは、先人の文化的資産を後世に伝えるために残したものと考える。

ふたの模様は東京型で、紋章は、東京府の紋章(写真2)。同じものが新宿区北新宿1丁目にも1枚ある。北区内には、環状7号線沿いの神谷1丁目と東十条5丁目の歩道に紋章部分が同じコンクリートふたが各1枚(写真3)ある。



写真10 鎮孔がある「王子町」の街並み



写真11 「王子町」の街並み

◎現存する1968(昭和43)年以前の鉄ふた／コンクリートふた(下水改良事務所の徽章)



めずらしいマンホールがある街並み(南池袋)



写真10~15



表している。20005(平成17)年11月に西尾久2丁目に残る最後の尾久町の汚水樹鉄ふた、一辺66cmの正方形(写真17)を発見した。

### 8 郊外下水道「千住町」のマンホールふた

千住町は、現在の足立区の荒川以南で町名に千住がつけられた地域と、川を挟んだ向い側の足立1丁目から4丁目の一部の地域。ふたの紋章は、千住町の“千”の文字を3つ組み合わせたもので、同町の公募で選ばれた、小学校の図工の先生の作品といわれている。

2006(平成18)年5月に千住元町で千住町の鉄ふたを発見。遠くから見ると亀の甲羅のように見えた(写真18)。千住町の鉄ふたは、中心部が約1cm高く、直径は、街中で見られるものより約5.5cm小さくて、75.5cmしかない。通気孔、手鉤孔は千住中居町で見つけたもの(写真19)とも違う。千住中居町では、このほかに直径60cmの鉄ふた3枚を見つけている。

### 9 東京市(都)のマンホールふた等

1911(明治44)年10月、東京市は、下水改良事務所の徽章を定め、そのうち「法被その他一般用」(写真20)は、東京市の持ちものにも付するよう定めていた。



千住中居町の街並み

東部下水道町村組合は、日暮里町、三河島町、南千住町の3町が、1町単独で下水道事業を行うのは大変ということで設立された。日暮里町は現在の荒川区東日暮里、西日暮里、三河島町は荒川、南千住町は南千住あたりの地域。ふたの紋章は、中央に“下水”と、その周りに3町の頭文字”日”・”三”・”南”を配置したもの。

2005(平成17)年11月、荒川区西日暮里6丁目に最後まで残った燈孔を探しに行き、下ばかり見ていたためか、東日暮里3丁目の路地に迷い込んでしまった。が、何が幸いするかわからない。東部下水道町村組合のふた7枚を発見した(写真15)。ふたの直径は約60cmで、街中で見るものよりおよそ5cmばかり小さい。

西日暮里6丁目に最後まで残っていた同組合の燈孔は、1995(平成7)年12月に撤去されたが、新宿区高田馬場2丁目(写真16)と、文京区千石3丁目の私道には同燈孔が残っている。

### 7 郊外下水道「尾久町」の污水樹鉄ふた

尾久町は、現在の荒川区東尾久、西尾久あたりの地域。マンホールふたの紋章は、カタカナの“ヲ”が九つで“ヲク”を意味する。



写真17



写真16、18~20

手を付けていない区にも、多くの貴重な資料があると思われる。

今後も知力・体力が続く限り、また5年前に父が購入したマイ自転車が壊れない限り、資料収集を続けたい。

### ●人孔縁塊

東京市では道路課も下水課も1929(昭和4)年から60cm用の人孔縁塊を使用していた。マンホールに縁塊をつけたのは、簡易舗装の道路が砂利道であったため。「人孔縁塊」は、東京市芝区田村町にあった明工舎の森勝吉さんが考案したものといわれ、当時の名称は「森式装鉄コンクリート・ブロック」といい、実用新案品だった。人孔縁塊は、現在までに北区5、荒川区1、豊島区1、新宿区3の計10丁目で27カ所残っているのを確認している。



おわりに

2007(平成17)年から始めた余暇を活用したマンホールふたの資料収集・整理は8区に及んだが、まだほんの一部である。この中には下水道の文化的な遺産になると思われるものも含まれている。

今後も知力・体力が続く限り、また5年前に父が購入したマイ自転車が壊れない限り、資料収集を続けたい。

### 5 郊外下水道「高田町」のマンホールふた

#### 組合のマンホールふた・燈孔

### 6 郊外下水道「東部下水道町村組合」のマンホールふた・燈孔

東部下水道町村組合は、日暮里町、

三河島町、南千住町の3町が、1町単

独で下水道事業を行うのは大変とい

ている。

高田町は、現在の豊島区高田、雑司ヶ谷、南池袋、目白あたりの地域。ふたの紋章は、高田町の“高”の文字で表わして

いる。

2006(平成18)年6月、豊島区の下水道を管理する東京都下水道サービ

ス(株)豊島事業所からの情報で、JR池袋駅に近い豊島区南池袋1丁目の明治通りの歩道に接する荒川敷2枚と南池袋2丁目の3枚を確認(写真10)。紋章の“高”的には、「高笑い」(写真11)、「半開き」(写真12)、「おちよぼ口」(写真13)の3種類があった。

珍しいマンホールが豊島区南池袋4丁目に3個ある。遠くから見ると石柱が白く輝いて、その存在を誇示するよう見える。6個組の石柱が直接鉄ふたを受けている(写真14)。ふたには、元々は取手が付いていたようだが、現在はなくなっている。紋章がついていないので、高田町の下水道計画が策定される以前の下水道か、または私設下水道(現在の排水設備)の污水樹ではなかろうかと思われる。

**注1 土圧公式**  
構造物の境界面に作用する土の圧力のこと。管渠にかかる土圧については下水道や水道など、それぞれの協会によって設計に用いる土圧公式が定められている。開削工法で矢板を用いる場合は、引き抜きによる影響もあるので、それを考慮する必要がある。

**注2 取付管**  
道路上に埋設した下水道本管と、各戸の汚水を集めた公共污水ますをつなぐ管のこと。

初期故障が非常に多いといふのは、航空機の故障率調査からきたもので、747のジャンボジェット機が就航する前は、自動車の車検と同様に航空機も定期間稼働した後にオーバーホールし、摩減した部品を取り替えて再び就航していました。しかし部品点数の多いジャンボジェットでは、そういうタイムベースド・マネジメントでは費用がかかりすぎるので、航空機の故障率曲線を調べたところ、意外に初期故障モードが多いことが判明した。以後、初期故障は無視できないものとされ、しかも結構高い割合を占めているということ

長寿命化というと、最後の摩減モード部分での維持管理がイメージされますが、管路建設時の仕上がり状態をカメラで調査している会員の方に聞くと、建設段階すでにクラック(亀裂)している管路も少なくないそうです。カメラ調査を徹底的にやるようになってからは建設する側も慎重になり、クラックの数は減つてきているそうですが、この初期故障の問題は今まで見過ごされていました。

初期故障が非常に多いといふのは、

長寿命化というと、最後の摩減モード部分での維持管理がイメージされますが、管路建設時の仕上がり状態をカメラで調査している会員の方に聞くと、建設段階すでにクラック(亀裂)している管路も少なくないそうです。カメラ調査を徹底的にやるようになってからは建設する側も慎重になり、クラックの数は減つてきているそうですが、この初期故障の問題は今まで見過ごされていました。

が注目されるようになったのです。

下水道の管路施設は力学的に計算され、円形管に対してかかる一定の力は想定されていますが、例えば矢板を使う開削工法の場合、矢板を引き抜く段階で大きな荷重がかかつて管が壊れることがありました。そのため土圧公

式(注1)が切り替わってきたわけです

が、それでも締め固めの時に強烈な力が加わると管体に影響を与えます。また、取付管(注2)を付ける時本管に大きな穴を開けますから、これも力学的弱点になります。そういう建設段階の問題が全部初期故障モードとして、しわ寄せされているのではないかと思われます。

初期のちょうどしたクラックが、車両重量などの振動を受けて長い間にどんどん広がっていく。地下水と一緒に周りの土砂も引き込みだけではなく、管そのものの機能にまで影響を与えます。ですから、管路調査をする際には対象を2種類に分けて調査すべきです。1つは、古い管の補修や改築を意識しての調査。もう1つは、新しい管の小さな問題点を早めに見つけて一定の補修をするための調査です。この2つをやっておけば、摩滅故障と初期故障に対応できるようになります。管路を長持ちさせることができます。下水道管路の長寿命化には、こうした複眼的な調査が必要不可欠だと言えます。

### 初期故障の克服で長寿命化を図り、下水道もアセットマネジメント時代へ

社団法人 日本下水管路管理業協会 専務理事  
**田中 修司 氏**

## 初期故障の克服で長寿命化を図り、下水道もアセットマネジメント時代へ

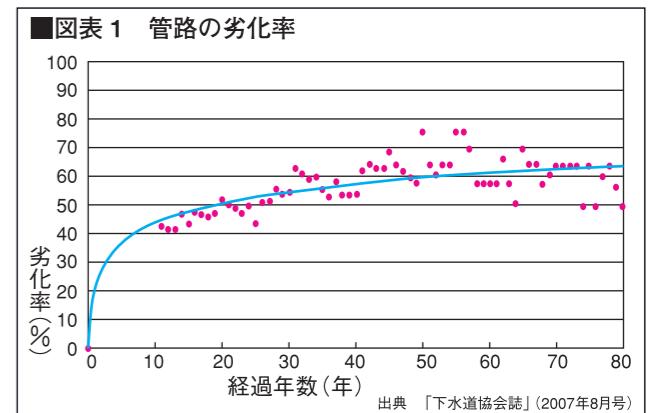
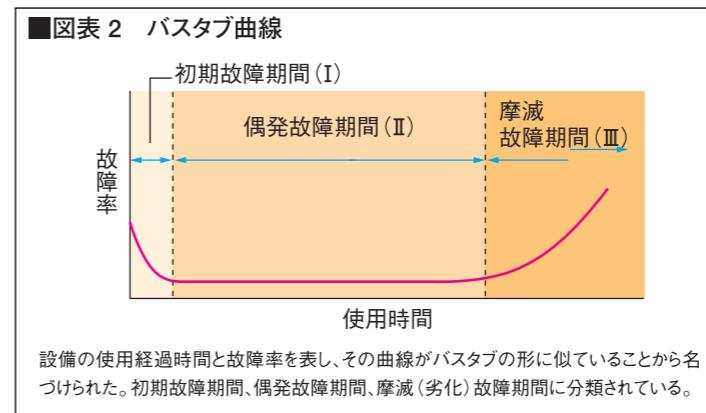


Shuji Tanaka  
たなか・しゅうじ／1954年生まれ。77年九州大学工学部水工土木学科卒業後、建設省入省。土木研究所下水道部下水道研究室長、日本下水道事業団参事・計画部計画課長、建設省都市局下水道部公共下水道課町村下水道対策官、千葉市下水道局長、下水道新技術推進機構研究第一部長、大臣官房JICA専門家としてタイ駐在、国総研下水道研究部長を経て、2007年(社)日本下水管路管理業協会専務理事就任。著書に『下水管渠学』(環境新聞社)、翻訳に『下水管渠内反応—生物・化学的処理施設とし—』(技報堂出版)がある。

下水管路の長寿命化について、まず管路協会の考え方や取り組み方をお聞かせください。

田中 管路施設の寿命については、いわゆる摩滅故障に焦点が当てられることが多いですが、実は建設直後に発生する初期故障も無視できない問題です。

昨年、「下水道協会誌」(2007年8月号)に掲載されたデータ(図表1)が示すように、下水管路にも初期故障がかなりあり、当初の10年間での故障率は40%にも達しています。10年以前の調査がないので、どの段階の故障率のか詳しいことは分かりませんが、初期に壊れたものが多かったとしか考えられません。初期に少し高い故障率が発生し、その後の一定期間は故障率も安定するが、耐久期間を過ぎると、今度は摩滅による故障率が上がるという「バスタブ曲線」(図表2)は、下水管路にも当てはまります。



### 高い初期故障率の原因を探る

## 初期故障の問題を克服すれば

てすぐ分かりますが、土の中にある管

## 取付管が原因の事故を防ぐ

**田中** わが国は世界一の長寿国ですが、平均寿命（注3）というのは統計ですか、それとも、その国の乳児死亡率によって大きな差があるのです。

しょうね。

―― 管の寿命とされる耐用年数の  
設定については、どうお考えですか？



## ■写真2 ヒューム管(遠心力鉄筋コンクリート管)の腐食例



### ■写真1 陶管の破損例

影響を受けます。乳児死亡率が高い途上国では平均寿命が40歳以下にならぬなど、信じられないほどの低さですが、平均寿命を超えた年代の人は日本人と同じぐらい長生きします。ですから乳児死亡率を減らせば平均寿命が伸びるわけです。同じように、下水管路の場合も初期故障率を減らせば寿命は長くなります。

従来とは別発想の長寿命化対  
違うものと考えて対応すべきです。

来るのは50年かかるよう<sup>に</sup>記載されて  
いるという単純な理由から決められた  
もので、実際の物理的な耐用年数は90

今までにも完成検査にあいまじたし、瑕疵担保契約によつて初期故障には対応できるよつと思われますが……。

田中 それが、日本語では「信頼性中心保全」(注4)と呼ばれている初期故障を前提としたメンテナンス手法で、航空機だけではなく、原子力発電所の安全性確保にも応用され、最近上下水道

年から100年あるとされています。これは海外でも国内でもほぼ同じで、大差はありません。

良など施工がうまくいっていないのは自ら調査を補助対象にしていますが、まだそれも徹底しているとは言えません。瑕疵担保契約については、どこまで対応するかの問題が難しいようです。

道の維持管理にも導入されるようになります。

この手法の特徴は、ある部分が壊れても、重要な機能を確保するためのメンテナンスを優先し、そのほかのところは壊れてからやり直しましようという考え方になります。これによって全体のメンテナンスコストが20～30%下がるため、アセットマネジメントの手法とセットになって導入されています。

**田中** 土管と呼ばれていた時代の陶管の傷みがひどいと聞いています。何回か改善されましたか、昔の陶管が残っているため、それが維持管理問題の焦点になっている感じがします。今はコンクリート管やプラスチック管が中心で、陶管はほとんどなくなりましたが。(写真1・2)

陶管の場合、取付管を施工する時の

けしてモルタルで巻くだけでしたから、

ですが。

強度も弱いし隙間をきちんと塞がっていいなど、施工状態が悪いものが多いのは事実です。しかし、今のように円形に切り取るカッターがなかつたことを考えると、陶管の材料を責めるのは、ちょっとわいそうな気もしますね。

ルに少し工夫が必要になつてきそうですね。

ら、本管ではなくマンホールにサービス管という形で取り付けるようにしたらどうか、という提案をされていますが……

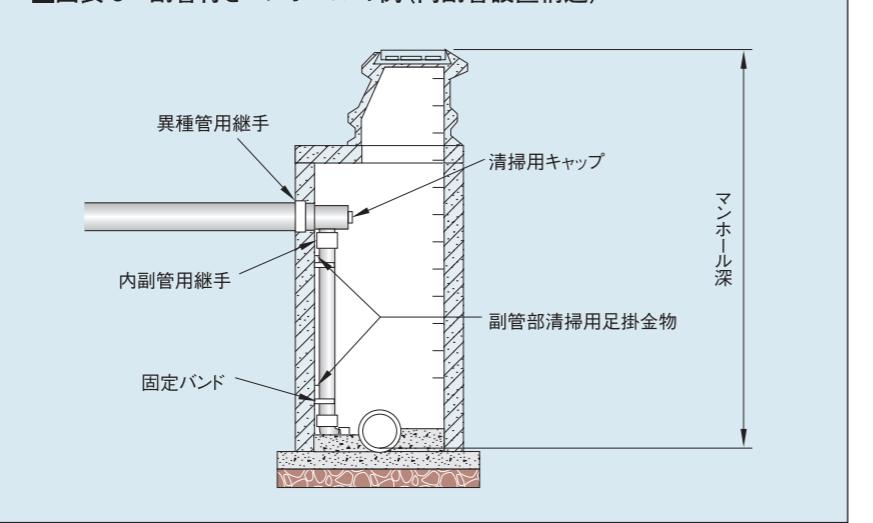
中に入った時に、上から汚水が振りかかることがあります。併せて、マ

田中 通路の陥没事故の被害が重い事  
ぐらいが取付管に起因して生じている事  
こと、また取付管部分の力学的な検証

し充実させた方がいいし、全体に大きくした方が

までサービス管を延ばしたらどうかというものです。宅内管を横引きで数軒まとめて近場のマンホールに接続すれば浅く入れられるので、寿命も延びて、下水道建設費も削減できそうです。これを地震対策や本管の更生の時に官の角担でやつたらいいのではないかと思う

■図表3 副管付きマンホールの例(内副管設置構造)



■図表4 分流式下水道



汚水用と雨水用と管路を2つ埋設し、汚水は下水処理場へ、雨水は公共用水域に放流する方式。汚水と雨水を1つの管路で一緒に下水処理場まで送る方式は合流式と呼ばれ、東京都や大阪市など早くから下水道事業に着手した自治体が多い。

——換気が悪いと管路も腐食します。  
長寿命化対策として、マンホールの換気機能にも注目したいですね。

田中 設計指針(注5)では、密閉型のふたを採用する場合はマンホールに別途、換気装置を設けるようになっていますが、実際には換気口のついたマンホールは少ないですね。

——構造として密閉型が指示されているため、穴開きのふたが使えないのです。分流式(図表4)

が採用されるようになってから、マノホールのふたは小さくなり、穴が開いていると水が入ってくるからと、穴も詰められるようになってしましました。穴から入る雨水や土砂の量は無視してもかまわないほど微量ですから、あえて密閉型にする必要はないと思うのですが。

田中 マンホールふたを密閉型にすればのなら、換気装置の設置も徹底すべきです。アメリカの技術アーティアルを見ると、どうやって腐食させないかという項目が最初に出できて、換気の重要性についても詳しく触っています。ところが日本の場合、そういう管路の環境条件を

## 管路の環境 換気と腐食の関係

意識したマニュアルがありません。管路の密閉性を高めたために、下水道の空気供給源は家屋側の設備に付いている通気管ぐらいしかなくなってしまいました。これも、ビルにあっても個人の住宅についてはいないのではないかでしょうか。

田中 イギリスの場合、下水道は民営化されて10の会社になりましたが、各社がお金を出し合って専門の調査会社を行つて、管の中の調査をして優先度をつけるなど、戦略的に対応しています。また、英国では日本の30年先を直すまでにまだ何百年もかかるという

のは、ペットボトルのふたを開けて逆さにしても、なかなか水が出てこないと同じです。空気と一緒に流れないと、ボコボコと泡を出して水の流れにブレーキがかかりますし、脈動してしまいます。

田中 腐食しやすい管路はある程度限定され、場所が特定できるビルピット(注6)とか水理的な問題個所ですから、近年は衛生工学的、化学的な対策で対応できるようになりました。これから長寿寿命化対策の課題になるのは、腐食よりもむしろクラックでしょう。物理的な劣化に対応するためには、剛体の力学や土質の力学など、構造力学も含めた土木屋的発想の対策が欠かせません。

田中 腐食しやすい管路はある程度と言われてきましたが。

田中 腐食しやすい管路はある程度と心配する自治体もあります。ジョイントベンチャーや組合方式での広域化は、その解決方法の一つですが、実はそれ以上に難しいと言われているのが評価の問題です。

日本でも、2006(平成18)年に公共サービス改革法(注8)ができて、管路サービスについても包括的民間委託を検討することになっています。ただし、民間委託にはまだいくつか問題が残っていて、ローカルで規模の小さい企業への包括委託ができるかどうか

いかに維持管理を行うか

——日本の場合、維持管理の時代にやっと入ったわけですが、長寿命化とは言わないかもしれません、欧米では下水道の維持管理にどんな取り組みを

あと数年で彼らが「そつと辞めると、人に依存していた知的ノウハウの継承ができなくなりますから、民間をもつとうまく使い、データベースもきちんとつくって、誰でも対応できるようにしておかなければなりません。結局、そういう問題がすべてアセットマネジメントという話に結びついてくるわけです。

——具体的な項目を出して、項目ごとに評価といふか、評価点をつけるわざですかね。

田中 評価は、何を分母とし、何を分子として採用するかの議論になります。陥没の数でいくのか、浸入水の割合でいくのか、いろいろ意見が出ています。さらにはリスク分担をどうするのかという問題もあります。陥没が実際に生じた時、どこに責任があるのかということです。これらの問題の背後にあるのが、自治体の維持管理に携わっている職員の高齢化です。2年前のデータでは、何と維持管理担当職員の44%が50代でした。

アセットマネジメントで下水道も

アセットマネジメントとは、最初は会計システムの変更から始まったようですが、人の問題、お金の問題、データ化の問題など、下水道にかかわる問題のすべてを含めたシステム全体の経営を考えることに導入されているようです。一断面だけではなく、全体を視野に入れ、ダイナミックに下水道経営をしていくのです。

田中 日本の場合はストックマネジメントとでも言つていて、そのあたりが混乱している原因だと思います。アセットマネジメントとは、どこが違うのでしょうか?

田中 日本の場合はストックマネジメントを改築するだけではなく、下水道サービスを永続させて、使用者の方に下水道サービスを破綻することなくきちんと届けるためにはどうしたらいいのかという、下水道経営を考える取り組みです。そこにはいろいろな手法が用意されているので、取り敢えず、いいこと取りをしてやるとうまく行くんじゃないでしょうか。

### 注5 マンホールの設計指針

(社)日本下水道協会発行「下水道施設設計画・設計指針と解説」。2001(平成13)年に改正が行われ、「下水道マンホール安全対策の手引き(案)」の内容を反映したマンホールの安全対策が取り入れられた。

### 注6 ピルピット

ビルの排水を一時的に貯留して、ポンプにより公共下水道に排出するための排水槽。構造や維持管理が適切に行われないと、腐食や悪臭を発生させる原因になる。

### 注7 UKWIR

UK Water Industry Research 1993年に、イギリスの24上下水道業者によって設立された。

### 注8 公共サービス改革法

(競争の導入による公共サービスの改革に関する法律)

2006(平成18)年に施行、07年には「公共サービス改革基本方針」が改正され、水道施設、工業用下水道施設及び下水道関連施設の維持管理業務で包括的な民間委託を推進するため、平成19~20年度に国が講じるべき施策が位置づけられた。包括的民間委託は、下水道施設の維持管理業務を性能発注方式により複数年で契約するというもの。

### 注9 PI

Performance Indicators (下水道の維持管理サービスにかかる) 業務指標。

### 注10 ISO

International Organization for Standardization 国際標準化機構。国際的な規格や標準類を制定するための国際機関。本部はイスのジュネーブ。



■写真5 新潟県中越地震(2004年)  
マンホールが浮上している



■写真4 釧路沖地震(1993年)  
塩ビ管本体が上方に浮上している

#### 注11 ミクロ経済学

消費者や企業など、最小単位と定義される経済主体の個々の行動と、その市場での資源配分について研究する。個別の経済活動を集計するマクロ経済学とともに経済学の2大理論と言われる。

#### 注12 価格弾力性

価格の変化によって需要がどの程度変化するかを表し、価格が1%変化した時に需要が何%変化するのかを表す指標。

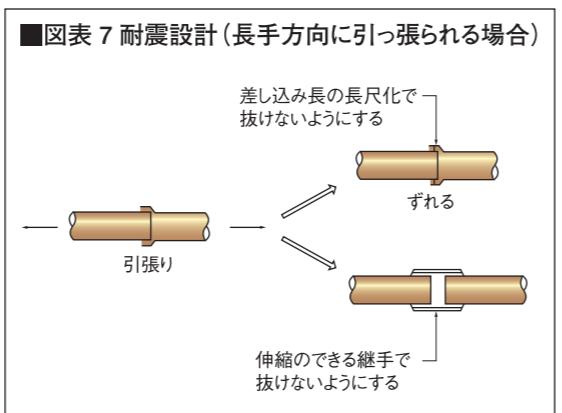
#### 注13 可処分所得

課税前の家計収入から、支出が義務付けられている税金と社会保険料を差し引いた残りの自由に使える所得のこと。個人消費の動向に大きな影響を与える。

#### 注14 ポン・デュ・ガール(ローマ水道橋)

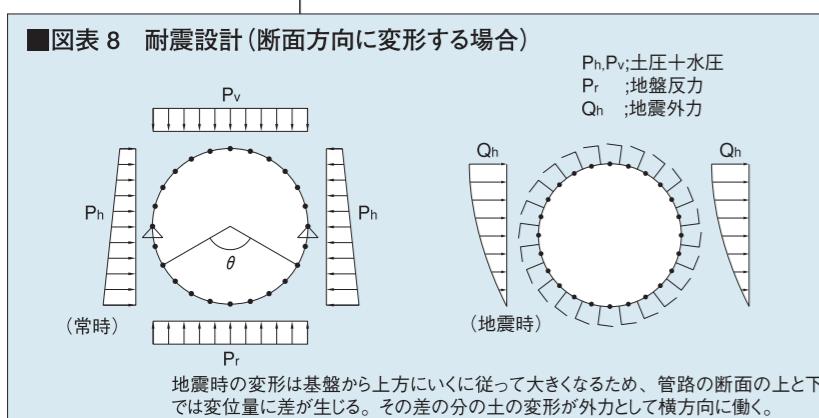
Pont du Gard フランス南部・ガール県のガルドン川に架かる水道橋。三層構造の石造アーチ橋で、古代ローマ時代につくられた水道の一部で、唯一現存する。世界遺産に登録されている。

田中 地震による管路の壊れ方モードは2種類あります。1つは阪神淡路大震災に代表されるもので、固い地盤中での揺れによって、マンホールの近くが一番大きな被害を受けました。それ以外の地震は大体が液状化による被害です。1963(昭和38)年の新潟地震では、典型的な液状化現象によって地下に埋設されていた管が地上まで浮き上がりという被害を受けています。また1



#### 1000年後の子孫へ

長寿命化の話題が出てくる前のことですが、1000年下水道構想という話を聞いたことがあります。田中 フランスで古代ローマ帝国の水道橋(ポン・デュ・ガール)(注14)がいまだに使われているのはなぜかと考えると、2つ理由があります。1つはインフラに石



今までの維持管理計画に、財政計画を加え、長期にわたって経営がちゃんと成り立つようにしたのが、アセットマネジメントというわけですね。

田中 今までの下水道経営は財政側からのものの見方の主導でやってきて、支出が少なければいいという発想ではないでしょうか。それを下水道サービスという視点でどう直しているところがポイントです。サービスを届けるために必要な活動計画をつくり、財政計画をつくり、どういう維持管理をするか、データ管理はどうするか、それらを全部ひっくるめているのです。

下水道料金と水道使用量の関係

最近は下水道の維持管理などにあまりお金が出なくなりました。財務的な問題ですが、このままだと下水道サービスを維持していくために料金値上げということになりかねません。

田中 確かにそういう傾向が出てきています。ただし、値上げをしたら需要が下がるという経済原則がありますから、安易な料金改定はしない方がいいでしょう。お金を投入してください、というだけでは物事は解決しません。コストをもうと意識して、維持管理も含めた全

体のコストを下げるためには、何をどうすればいいのかという考え方をする必要があります。

ミクロ経済学(注11)の用語に価格弾力性(注12)という言葉があつて、価格弾力性が0.3というものは10%の値上げで3%需要が減るということです。また、下水道料金の値上げは水道の使用量を減らすという関係にありますから、上下水道をリンクさせた上で議論も必要になります。

そもそも、日本の上下水道料金は可処分所得(注13)の1・1%から1・2%ぐらいですから、国際的に比較しても歐米と大した差はありません。しかし、上水道料金単価の平均値は日本を100とするときアメリカが45(半分以下)

でドイツが225(2倍以上)です。一方、使用量は日本を100とするとき、アメリカが1・50、ドイツが40で、3国とも上下水道料金の可処分所得に占める割合は、1・1~1・2%です。可処分所得に対する価格弾力性は国際的に成立している可能性があります。この現状で弾力性を計算すると、0・6になります。(図表5・6)

■図表5 使用水量と水道料金

国	使用水量(A)	水道料金(B)	(A×B)/1000
日本	300L	100	30
米国	450L	45	20
ドイツ	120L	225	27

1.「使用水量」は1人1日あたりの家庭使用量、リットル  
2.水道料金は主要都市の平均を日本を100とした場合  
3.(A×B)/1000は水道支払い総額を指標として表示

■図表6 可処分所得あたりの上下水道料金の割合

国	年	上水道	下水道	計
日本	2003	0.6%	0.6%	1.2%
米国	2000	0.5%	0.6%	1.1%
ドイツ	2000	0.5%	0.7%	1.2%

#### 管路の耐震対策と長寿命化

田中 耐震対策と長寿命化というのも大きな課題ですね。

田中 耐震対策と長寿命化というのは近い関係にあって、先行して劣化した管については耐震という名目で維持管理しようという動きが増えていくようである。管路の更生工法の発注が増えている地域にその理由を聞くと、耐震対策としての発注だと言っています。もちろん、実際の耐震工事もあるのですが、その背景には「これを機に劣化した管も耐震ということで補修しておこう」という思いもあるのではないか。管路も耐震といふことで、補修しておこう」という思いもあるのではないか。管路もマンホールも大きな被害を受けます。耐震対策としてどんな対応をしていけばいいのでしょうか。

田中 お手本にしてみると、日本でも1000年後の子孫に、今つくったものが恩恵を与えられるようなインフラ整備に取り組んでいかなければならぬと思います。

田中 お手本にしてみると、日本でも1000年後の子孫に、今つくったものが恩恵を与えられるようなインフラ整備に取り組んでいかなければならぬと思います。

でドイツが225(2倍以上)です。一方、使用量は日本を100とするとき、アメリカが1・50、ドイツが40で、3国とも上下水道料金の可処分所得に占める割合は、1・1~1・2%です。可処分所得に対する価格弾力性は国際的に成立している可能性があります。この現状で弾力性を計算すると、0・6になります。(図表5・6)

*Nobuyuki Nemoto*  
ねもと・のぶゆき／岩手県出身。1974年、日本鋪道  
株式会社（現・株式会社NIPPOコーポレーション）  
入社以来、技術研究所勤務。主に環境関連の研  
究開発に従事。2006年技術研究所長。工学博士。

### 注1 第一次道路整備計画

## 注2 道路整備5カ年計画

日本の道路整備は、1920(大正9)年に実施されたわが国で初めての長期計画となる第一次道路改良計画から始まった。その後、戦争等によって中断され、1953(昭和28)年に「道路整備費の財源等に関する臨時措置法」が制定され、翌54(昭和29)年の第一次道路整備計画から、本格的な近代道路整備の時代となった。以降、2002(平成14)年度まで、12次にわたる道路整備五カ年計画が促進され、03(平成15)年度からは9分野の長期計画を一本化した新たな社会資本整備重点計画により、重点的かつ効率的な整備を推進する方針に移った。

西美の發展に伴つて、この「ルート」の安定的な供給が可能となつたことも挙げられます。

その後、90（平成2）年頃には、舗装事業費に占める維持・修繕の比率が初めて新設の舗装を上回り、わが国の舗装道路は「保全の時代」を迎えた。補修の頻度を少なくするため、舗装を長期にわたつて良好な供用状態に保つという考え方は古くからあつたのですが、93（平成5）年に、当時の建設省が、93（平成5）年計画（注2）の中で、長道路整備5カ年計画（注2）の中でも、長寿命化舗装をテーマとして取り上げて、

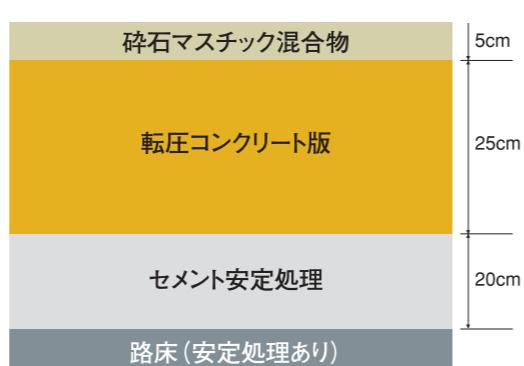
一般的な舗装の耐用年数はどうなっているのですか?

## 舗装の寿命

したが、それ以降はアスファルト舗装が中心になっています。両舗装の優劣はつけがたいのですが、アスファルト舗装の方が伸びた理由は、建設費用が比較的安いこと、コンクリート舗装のような養生期間が必要でなく施工後直ちに供用できること、維持修繕がしやすかつたことなどがござります。同時に、二回油

コンクリート舗装とアスファルト舗装のよいところを組み合わせたコンポジット舗装構造(図表2)とする」とや、路床強化することで長寿命化を図ることを検討しています。舗装としての構造的・長期的な健全性の確保は、20～30年を考えています。

図表2 コンポジット舗装構造



入しています。設計期間としては、供用後の疲労によるひび割れが発生するまでとしていますが、舗装面に多少のひび割れが出ても道路としての供用性能は確保できます。ちなみに、舗装の場合は使えなくなる状態までを寿命と考えており、耐用年数とは、この寿命に近いのかもしれません。



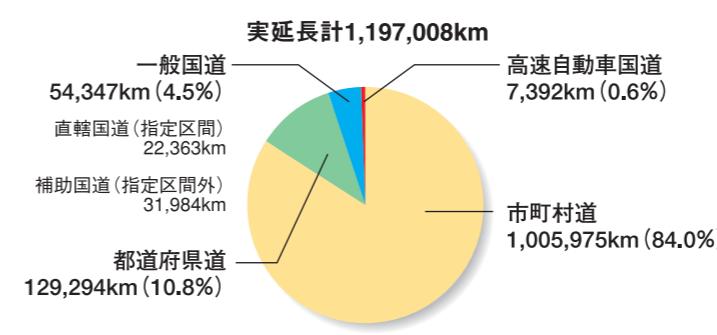
予防的維持・補修と  
技術・素材の革新で、  
長寿命化、環境問題に挑む

**新設から保全の時代へ**

---

道路舗装の長寿命化対策を中心、道路のメンテナنسや舗装技術の動向などをおうかがいいたします。また、道路整備の状況について。

図表 1 道路の種類(実延長)と舗装状況



※実延長には整備のみで未舗装の道路も含まれる

区分		(2006年4月1日現在)	
一般道路	舗装(簡易舗装を含む)	舗装率(%)	
	指定区間	100.0	22,357.4
	指定区間外	98.9	31,631.3
	計	99.3	53,988.6
都道府県道		96.2	124,433.7
市町村道		75.9	763,254.4
計		79.2	941,676.7

出典 道路統計年報2007  
※高速自動車国道は国土交通省資料



**注3 リフレクションクラック**  
コンクリート版やひび割れのある既設舗装などにアスファルト混合物を施工した時、下層の目地やひび割れが原因となって上層部分に生じるひび割れのこと。

**注4 密粒アスコン**  
加熱アスファルト混合物（粗骨材、細骨材、フィラーおよびアスファルトを配合設計に従って計量し加熱混合したもの）のうち、合成粒度での2.36、ふるい通過量が35%～50%のもの。表層用加熱アスファルト混合物として、最も一般的に用いられる。

**注5 碎石マスチック・アスコン**

粗骨材量、バインダー（結合材）量が多く、すり減り抵抗力、骨材把握力が大きいため耐摩耗性に優れる。また粗骨材のかみ合わせ効果と、植物性繊維のバインダ改質効果により、耐流動性に優れ、フィラー（充填剤）量、バインダー量の多い良質なサンドマスチックで充填された空隙の少ない混合物であるため、水密性、たわみ性、ひび割れ抵抗性に優れている。

**注6 TA法**

アスファルト舗装の構造設計手法の1つで、路床の設計CBR（路床・路盤の支持力を表わす指標）と、設計交通量に応じて目標とするTA（等値換算厚）を下回らないように舗装の各層の厚さを決定する手法。この手法はバランスのとれた舗装の構成を前提条件としており、從来あった舗装全厚の目標値（H）は設げず、各層ごとの最小厚さのみ限定を受ける。

**注7 ポットホール**

アスファルト舗装の供用時に舗装表面にできる局部的小穴。

**注8 クラッシャラン**

原石（岩石・玉石）を破碎機で割り粒度調整していない碎石。道路用碎石にはクラッシャランの粒度・品質が規定されており、舗装の下層路盤、簡易舗装の上層路盤などに用いられる。

**注9 オーバーレイ**

一般的には既設アスファルト舗装、コンクリート舗装の上に3cm以上の厚さでアスファルト混合物を舗設する修繕工事。



写真2 路面性状測定車（ロードスキャナー）

単位水量（まだ固まっているコンクリート1mに含まれる水の量）の少ない超硬練りコンクリートをアスファルトフィニッシャなどで敷きならし、ローラで転圧して仕上げる舗装。通常のコンクリート舗装に比べて、工期の短縮、早期の交通開放が可能。



写真1 転圧コンクリート舗装 RCCP

## 新たな舗装技術で長寿命化を図る

開発はなされているのですか？

根本 当社の場合、85（昭和60）年に、これからの舗装技術のあり方を検討し、『安全』『環境』『長寿命化』の3つのコンセプトを掲げて、研究開発をスタートさせました。その中で長寿命化舗装として取り組んだのがコンボジット舗装です。コンクリート舗装の構造的な耐久性のよさと、アスファルト舗装の走行性のよさを組み合わせた舗装で、路面にわだち（轍）などの破損が出てきた時は、その表層だけを畳替えるように張り替えることによって長寿命化を図ることを考えました。

ただコンボジット舗装の場合、通常の目地があるコンクリート版を用いると、そこから表層にリフレクションクラック（注3）が出てくることが課題となります。当社では、コンクリート版には転圧コンクリート（写真1）を採用して通常よりも目地間隔を延ばし、その上に高性能なアスコン（アスファルト混合物）を舗装して、走行性と長期の供用性の向上を目指して取り組みました。表層には一般的な密粒アスコン（注4）ではなく、ドイツで実績がある碎石マスチック・アスコン（注5）を使うことによってアスファル

期的に調査して供用性能の経時変化を把握します。国道クラスでは数年に1回実施されているようですが、路面性状測定車（写真2）を走らせ、一般的にはわだち、ひび割れ、平坦性の3項目を測定してデータベース化し、補修の優先順位を決める際に利用します。路盤や路床を含む構造的な問題が発見されたような場合には、破損の原因を特定するために、もう少し詳細な調査をやつてから修繕工事に入るわけです。

補修要否の判断と対象とする破損項目は、道路の種別によつても異なりますが、平坦性、わだち、ひび割れの他にも、段差、すべり、透水、騒音など多岐にわた

ります。その管理基準の目標値も、それぞれの道路管理者が決めます。基本的にはその損傷が軽いうちに補修することが望ましく、特に構造的な破損は早目に修繕した方が長持ちさせることができます。路面に亀甲状のひび割れが出てくるようになると構造的な破損であり、舗装の供用性能としても終局段階に近いですから、通常の場合は既設舗装を打ち替えて、建設時点と同様の性能まで戻します。

——舗装の厚さはどのくらいあるのですか？

根本 これも一概に言えませんが、簡易舗装のような場合は、表層4cmぐらいのアスコンの下に、クラッシャラン（注8）10cmの路盤という構造のものもありました。一方で、重交通道路で路床の支持力が低い場合などと、アスファルト層は30cmぐらいあって、その下にもクラッシャラン等の粒状路盤材が入っていますから、

舗装合計の厚さは1mぐらいになるものもあります。

——補修にもいろいろな段階があるのではないかと思いますが。

根本 どこの層まで補修をするかは、道路管理者が実施した調査に基づいて、破損の種類やその及ぶ範囲を考慮して判断されます。例えば、ひび割れが進行して構造的に破損がひどく、舗装の寿命に近い状態では全層を打ち替えたり、わだち掘れの原因が表層の流动性によるものであればそれを切削オーバーレイ（注9）したり、平坦性の回復であれば単純にオーバーレイすることもあります。もつと軽い破損であれば、予防的な維持のために路面を表面処理したり、小さなポットホールであれば、その部分のみをパッチングしたりします。補修の中では、大きく分けると、維持と修繕に区分して対応するのが一般的です。

ト舗装の弱点である流動抵抗性を高めることがあります。

根本 初期の建設コストは多少高いかもしれません、長期間にわたって供用でき、しかも補修も減らせますから、トータルの試算だと経済的になるとと言われています。それ以外では、耐久性が高いことから補修のための道路工事が少なくなり、工事時の渋滞も軽減できます。

わが国の道路渋滞で生じる損失は全体で12兆円ほどにもなるそうです。工事渋滞による損失分など内訳は分かれませんが、一般ユーザーへの迷惑解消を含めて、社会的な貢献度は相当高いものがあると言えます。

——そのほかにも長寿命化対策への取り組みの方法はあるのでしょうか？

根本 アスファルト舗装の構造設計をする場合によく使われる方法で、TA法（注6）と呼ばれるものがあります。この方法は舗装の基盤となる路床の支持力と交通量を基準にして設計されますが、当初計画したよりも設計期間を伸ばして設計で用いる交通量（疲労破壊輪数）を増やせば、所要の舗装が厚くなり、当然長寿命化が図れることになります。例えば、当初の設計期間である10年間ににおける疲労破壊輪数の2倍の交通量として設

計するネットワークの道路の舗装状況を調査します。その現況の調査には2通りあり、1つは簡易調査と呼ばれている日常点検で、一般的にはパトロール車で走りながら目視で損傷のあるなしを確認していきます。この調査で特に注意しているのはポットホール（注7）という小さな穴ボコです。これは、2輪車が走行する場合に、安全上の問題が出てきますので、早急に補修する必要があります。

もう1つは路面の定量調査と呼ばれるもので、ネットワーク全体の状況を定めることができます。

## 維持・補修のための調査法と対処法

——舗装の場合、維持・修繕の基準や手順はどうなっていますか？

根本 道路会社は既設の舗装を直接管理する立場にはありませんので、一般的な話になります。まず道路管理者は効率的に維持管理をするために、所管するネットワークの道路の舗装状況を調査します。その現況の調査には2通りあり、1つは簡易調査と呼ばれている日常点検で、一般的にはパトロール車で走りながら目視で損傷のあるなしを確認していきます。この調査で特に注意しているのはポットホール（注7）という小さな穴ボコです。これは、2輪車が走行する場合に、安全上の問題が出てきますので、早急に補修する必要があります。

計すれば、その舗装は設計期間が20年相当あるということになります。また、路床の支持力も設計の基準になるわけだから、これを安定処理等をして厚さは一定にしたまま長寿命化を図れるというのも、1つの考え方だとえます。

図表4 排水性舗装の概念図

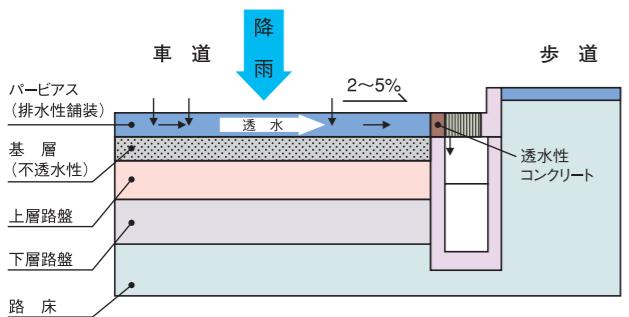
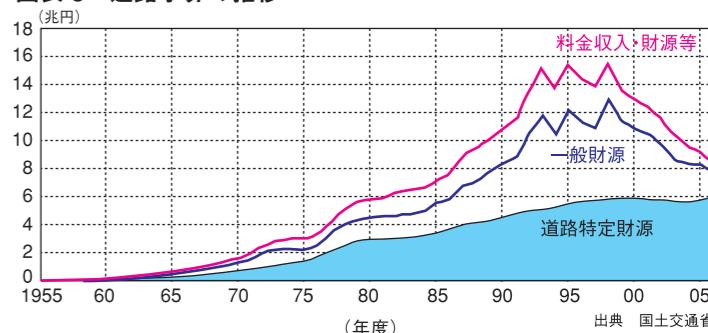


写真3 排水性舗装(雨天時の路面状況)



空隙率の高い透水性のアスファルト混合物を車道の表層に用いて、雨水を速やかに路面下に浸透、下層を不透水層として道路の側溝などに排水させるアスファルト舗装。水はねや水煙を防止、すべり抵抗を確保し雨天時の車両走行の安全性を高め、水膜による路面の乱反射を防いで運転手の視認性を向上し、走行に伴って発生するタイヤ路面騒音を低減する。

図表3 道路予算の推移



## 予防的な維持・補修で舗装の延命

—— 維持と修繕という分け方には、何か根拠があるのでしょうか。

根本 どこまでが維持で、どこからが修繕かというのは明確には区別し難いところがありますが、維持というのは日常的な手入れや軽度な修理のことを言います。言い換えれば、修繕は構造的な回復を期待して行うもので、路面や舗装の性能が低下して維持作業では十分な効果が見込めない場合に実施するということになります。予防的維持は、構造的に大きな変状が現れる前に行うもので、本格的な修繕までの期間を延長できると言われています。

つまり、維持・修繕の流れとしましては、限られた範囲の破損を補修しながら、全体としての供用レベルを維持し、破損が進行して目標とする供用レベル以下になった時点で、修繕して舗装を更新するのが通常の考え方です。予防的維持の位置づけは難しいのですが、修繕の時期を遅らせることがによってライフコストの低減につながると考えられています。修繕の目安としては、アスファルト舗装では、ひび割れ率が20%ぐらいになると行われることが多いのですが、道

### 新材料が生む高性能舗装

—— 先ほど新しい碎石マスチック混合物の話が出ましたが、アスコンの取り組みなども教えてください。

根本 基本的に舗装材料としてのアスコンを見た場合、コストと性能のバランスからは非常に優れていると思います。日本で最初に建設された高速道路は名神高速道路の山科試験舗装地区ですが、当時の路盤には粒状材を使い、その上に100mmぐらいいのアスコンを敷いていましたが、予想以上の重交通のため供用後に問題になったのはひび割れだったそうです。その後、東名高速道路を建設する際、ひび割れ防止のためにアスファルトの量を多くしたそうですが、こちらも重交通のため路面のわだちが問題になりました。つまり、アスコンの場合、混合するアスファルトの量によって性能はいろいろ変わりますので、貴重な経験を踏みながら、よりよい方向を目指して今日に至つているわけです。

一般にわだち対策としては、ゴムや樹脂を混合した改質アスファルトを用いたり、使用する骨材の配合比を工夫したりして行われます。改質アスファルトは現在多くの種類が開発され沿途に応じた選択ができます。特に排水性舗装(写真3・図表4)のボーラス

アスコンには高粘度バイインダーが使用されていますが、施工実績が伸びているのは、このバイインダーの開発によると言つても過言ではありません。

アスコンの種類も骨材の組み合わせによって、密粒度のもの、ギャップ粒度のもの、開粒度のものなどさまざまです。一般的に使われているのは、密粒度アスコンですが、これはモルタル分を比較的多くしていますので、仕上がり面がきれいに見えます。

—— 排水性舗装というのは、やはり単価は高くなるのでしょうか。

根本 アスコンのコストは、使用する骨材によつても変わりますが、大きく影響するのはアスファルトバイインダーの値段です。排水性舗装のアスコンに用いる高粘度バイインダーが開発された当初は、ストレートアスファルトに比べてかなり高価であり、バイインダーとしてのコストは確かに10倍程度していたと思

います。その後、排水性舗装が広く普及するにつれて徐々に値段も下がり、同じ施工厚で単位面積当たりを比べますと、高粘度バイインダーを用いた排水性舗装は、通常の密粒アスコンの舗装の1.5~2倍程度だと思います。

ただここにきて、原油の高騰によりアスファルト自体の値段が急激に高くなり、舗装会社にとつて大きな悩みの種となっています。

—— 費用が2倍もすると、そういうふう使えませんね。

根本 確かに高くなっていますが、排水性舗装が広く用いられるようになつたのは、その性能が認められたからだと思います。高速道路では、高機能舗装と呼ばれ雨天時の走行のしやすさを含めて、一般的のユーザーの方からも評価されているようですし、騒音対策が必要な幹線道路では、交通騒音の低減効果が認められています。このように排水性舗装は、安全面や環境面で高い評価を受けており、近年開発された舗装技術の中でも優等生だと思いま

る重の効果があつたと考えざるを得ません。

もちろん、表層以下の層も交通荷重の疲労を受けて構造的にも弱くなっているわけですから、表層の張り替えだけでも、いつまでも舗装を延命させることはできません。わが国の舗装では、

切削オーバーレイや単純なオーバーレイの適用が多いことを考えますと、これからは路盤や路床まで全部やり換えるケースが増えてくる可能性があるように思います。

—— 下水道の場合、建設事業と維持管理事業というのは完全に財源の内訳が違う組み立てになっていますが、そういう仕分けはないのでしょうか。

根本 補装の構造設計では、当然その期間において構造的性能は確保できるよう、舗装断面を決めるわけですが、この設計期間中にも路面性能の低下によって表層だけを修繕することがあります。耐用年数という言葉は曖昧ですが、表層の張り替えだけで寿命を延ばせるとは設計では考えていません。

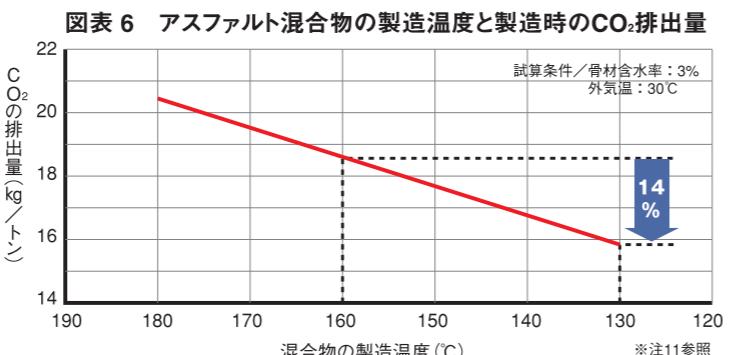
しかし、長期間供用されてきた舗装を見ますと、現実的にはその効果がないとは言い切れません。10年設計のアスファルト舗装が表層の切削オーバーレイだけでかなり残っていることを考へると、当初の設計が過大だったのではないかと言わざることもありますが、表層の張り替えだけでも寿命を延ばせることができます。このままでは新設の道路だけではなく既存のストックの管理面でかなりの影響が出てくるのではないかと心配しております(図表3)。そのためにも、社会資本としての道路的重要性をもつと一般の方々にも理解していただけるような説明が大切な時期に来ているように思われます。

**注10 特定都市河川浸水被害対策法**  
水害の恐れのある河川を指定し、指定河川とその流域における水害対策を計画的に実施していくことを義務付けた法律。2003(平成15)年6月に成立。河川管理者や下水道事業者など幅広い流域関係者が参加することで、流域単位での管理を求めている。対策としては、川道外や宅地への雨水貯留浸透施設の設置などがある。

**注11 中温化技術**  
製造温度を約30°C低減し、従来の混合物と同等の作業性、熱劣化の低減による混合物品質の向上、舗装温度低減による交通供用までの養生時間の短縮等を行って、地球温暖化の防止や省資源、省エネルギー等に貢献できる地球環境に優しいアスファルト混合物。(図表6)

写真5 遮熱性舗装

ヒートアイランド対策として遮熱性舗装が施工された皇居外苑の楠木正成像周辺の歩道

図表6 アスファルト混合物の製造温度と製造時のCO<sub>2</sub>排出量

一方、セメントコンクリートは水和して組成が変わってしまうため、アスファルトのような再生はできません。これは地球が長い時をかけてつくってきたアスファルトの大きな強みです。アスファルトもよいと思います。

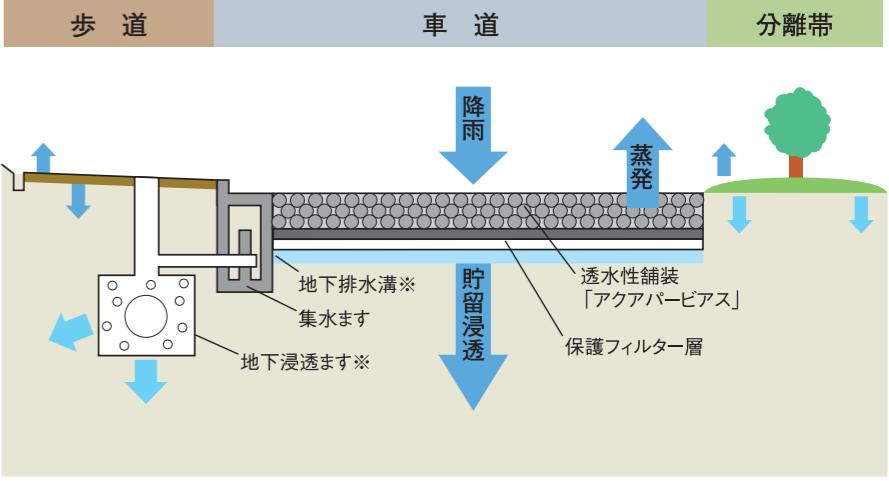
永遠にリサイクルできるわけではありませんが、環境にやさしい舗装材だと言えます。

また、地球環境という面では、アスファルト混合物製造時の加熱温度を下げる中温化技術(注11・図表6)を開発し、CO<sub>2</sub>の排出抑制や省エネルギーに活用しています。都市環境という面では、ヒートアイランド(写真5・図表7)や局地的洪水対策にも配慮した技術、沿道環境という面では、騒音、振動、大気汚染などの課題に取り組んできました。また最近は、安全・安心の観点から耐震舗装や、これから工エネルギー問題に対応した技術など、テーマを広くとらえて研究開発を進めているところです。

——今後の課題は?

根本 現在は、よりよい環境を次の世代にどのように伝えていくかが問われている時代のように思われますので、やはり舗装分野でも環境関連の研究を継続することの重要性を感じております。同時に、すでに蓄積された莫大な道路ストックをいかに管理していくかを、道路に携る者だけではなく、一般の方々を含めて議論できればいいと願っています。

図表5 透水性舗装の概念図



※は、路床浸透性能に応じた補助施設

## 都市・環境問題にも性能を発揮

透水性舗装(図表5)  
も、雨水を路面にためませんね。

根本 透水性舗装は、排水性舗装が雨水を側方の排水構造で処理するのと異なり、舗装の中に入った水を地中に還元するといつもです。この舗装もかなり古くから歩道等の交通条件のあまり厳しくないところへ使われていましたが、当社では車道への適用を目指して1985(昭和60)年から開発を始めました。研究開発のコンセプトである、安全と環境に合致する舗装と考えたためです。

透水性舗装も、高粘度バインダーの出現によってポーラスアスコンの耐久性への目途が立ち、さらに路盤材も耐水性を確保できる方向が分かれましたので、一応室内での検討段階を終えました。この成果を基にして、2000(平成12)年には国道155号線の重交通道路で試験舗装を行い、05(平成17)年に開催された愛知万博のアクセス道路で本施工されました。

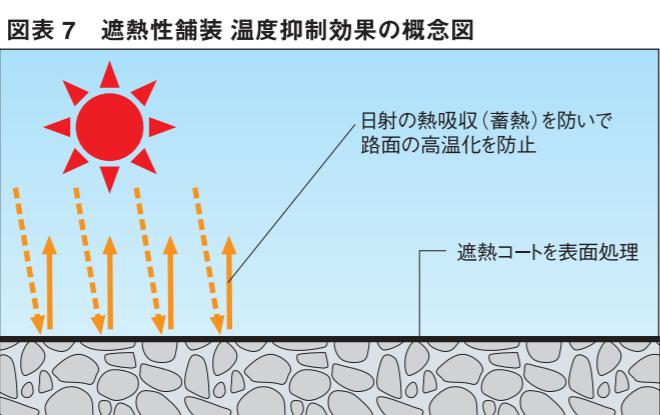
2003(平成15)年に、道路を含む環境対策がなされているようですね。根本 この20年間、舗装会社にとって環境対策に関する技術の開発が大きなテーマでしたし、これからも取り組んでいかなければならぬ課題だと思います。環境対策ではこれまで熱心に取り組んできたものの1つに、省資源・省エネ・舗装発生材の再利用につながるリサイクルがあります。アスファルトの舗装を修繕する場合、古い舗装から出てくる材料は、そのほとんど全量を舗装材として再利用しています。また、他産

定規模以上の開発行為における雨水流出を抑制することを目的とした特定都市河川浸水被害対策法(注10)が施行されてからは、その対策として徐々に透水性舗装の重要性が高まってきています。ただ車道の適用現状は、広く採用されるまでには至っていません。国土交通省が主体となった全国10個所での試験舗装も追跡調査の段階にあり、この成果が出てくれば適用拡大につながるのではないかと考えています。コストも通常より高くなりますが、透水性舗装の機能を踏まえていたただくことを願っています。

## 環境対策と 次の時代へ向けての取り組み

最近は舗装でも、いろいろな環境対策がなされているようです。

根本 この20年間、舗装会社にとって環境対策に関する技術の開発が大きなテーマでしたし、これからも取り組んでいかなければならぬ課題だと思います。環境対策ではこれまで熱心に取り組んできたものの1つに、省資源・省エネ・舗装発生材の再利用につながるリサイクルがあります。アスファルトの舗装を修繕する場合、古い舗装から出てくる材料は、そのほとんど全量を舗装材として再利用しています。また、他産

写真4 副産物利用混合物  
(ガラスカレット10~15%使用)

業から出てくる副産物なども、安全性を確保した上で積極的に有効活用を図るなど、産業間レベルのリサイクルにも取り組んでいます。(写真4)補修現場から持ち込まれたアスコンは、破碎機械にかけ碎き、決められた大きさに分級して再生骨材を製造します。その中に含まれているアスコントは劣化して硬くなっていますので、再生添加剤を加えて性状を回復させます。再生アスコンでは、新しい骨材に加える再生骨材の配合量はプランクト的方式によつても異りますが、多いものであれば半分以上を再生骨材とする場合もあります。現在、わが国で製造されているアスコンの約7割が再生アスコンで、その実績から見ても新規のアスコンと同等地に評価されていると考えて場合もあります。現在、わが国で製造場所もあります。現在、わが国で製造されているアスコンの約7割が再生アスコンで、その実績から見ても新規のアスコンと同等地に評価されていると考えて

業から出てくる副産物なども、安全性を確保した上で積極的に有効活用を図るなど、産業間レベルのリサイクルにも取り組んでいます。(写真4)

# G&U Ground and Underground

2008.Vol.3

発行／2008年10月

発行所／株式会社G&U技術研究センター

〒350-0164

埼玉県比企郡川島町大字吹塚732-157

TEL:049-299-1028 FAX:049-299-1026

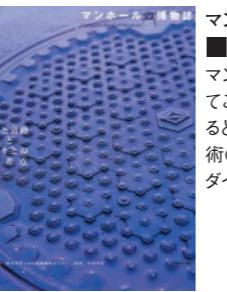
URL:<http://www.ground-underground.jp/>

監修／中川幸男

編集協力／株式会社プロジェクト福岡

アートディレクション&デザイン／有限会社ACCESS

印刷／株式会社ゼンリンプリントックス



## 株式会社G&U技術研究センター

G&Uとは、Ground & Undergroundの意。地上空間におけるマンホール本体とその周辺道路、そして地下空間におけるマンホール本体と周辺管路までを主たる研究領域に、これからの時代に向けて必要とされる新しい「都市空間における高度な安全環境の創出」をめざしています。

### 活動の紹介

◎2006(平成18)年3月の「マンホール蓋調達の今後の方針(案)」の公表以来、マンホールふたに関する性能規定化と性能規定に基づいたマンホールふたの性能検査が広がりを見せて来ています。当センターでは、財団法人下水道新技術推進機構(下水道機構)をはじめ他の企業との共同研究に関与し、その成果として「次世代型マンホールふた及び上部壁 技術マニュアル」(技術マニュアル)が公刊されました。

◎2007(平成19)年3月、マンホールふたでは国内唯一のISO/IEC17025(試験検証機関の国際規格)による試験所認定を取得し、当センターが日本水道協会のJIS認証試験所となる契約を締結。08(平成20)年2月、わが国での国際規格による試験所認定のもう一つの仕組みであるJNLA(独立行政法人製品評価技術基盤機構[NITE]による試験所登録制度)の認定を取得し、同年7月に日本下水道協会の認証センター契約試験所となる契約を締結。

◎2007(平成19)年7月の中越沖地震、08(平成20)年6月の岩手・宮城内陸地震では、社団法人日本下水管路管理業協会の協力を得てマンホール周辺の被害状況調査、事業体のマンホール改築計画書策定では、要請内容に加え当センター独自のマンホールふた関連の損傷劣化に関する分野の詳細調査を行うなど、知見の蓄積・拡充に努めています。また、事業体から引揚げられたマンホールふたに関して、材質確認とともに耐荷重強度の劣化状況についての研究を行い、08(平成20)年7月に、下水道展に併せて行われる下水道研究発表会において成果を発表しました。

◎2007(平成19)年10月にはNPO法人「21世紀水倶楽部」のシンポジウムに協賛、下水道のアセットマネジメントに関する講演会では当センターも講演を行い、同年7月東京都下の市町村、08(平成20)年2月大阪府下水道事業促進協議会の調査研究部会に対して、性能規定化に関する講演を行いました。