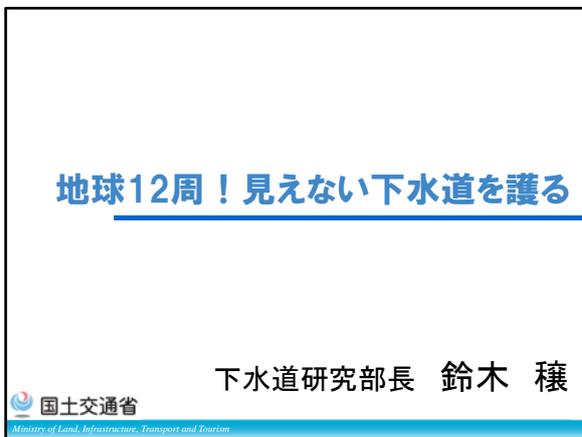


3.5 地球12周！見えない下水道を護る (下水道研究部長 鈴木 穰)



ご紹介いただきました下水道研究部長の鈴木でございます。このようなタイトルで発表させていただきます。



まず下水管の状況ですけれども、これは横軸に年度をとっておりまして、縦軸に各年度の下水道の整備延長を示しております。大都市では古くから管渠が整備されておりましたけれども、全国的には昭和30年代ぐらいから管渠の整備が進んできております。平成10年ごろをピークに最近では下がってきておりますけれども、延長で見ますと、どんどん長くなりまして、累積で46万km、地球12周分というところまで至っております。それとともに、50年以上たつ管渠が多くなってきております。現時点で約1万kmに達しました。これは累積の管渠延長の、ただいま2%ぐらいなのですけれども、これが20年後には24%にふえる見込みでございます。



どのような不具合が起きているかということでございますけれども、腐食、クラック、継ぎ手ずれ、空洞等に起因して路面陥没が年間3,000~4,000件発生しております。ここにあります写真ですけれども、これは硫化水素による管渠の腐食。下水というのは硫酸イオンが含まれておりますけれども、溶存酸素がなくなると、硫化水素に変わってまいります。その硫化水素は空気中に出て、このような壁面につ

き、そこで微生物がまた硫酸に酸化します。そうすると強い酸ですコンクリートが腐食し、ひ

どい場合にはこのように鉄筋が露出してくるという状況になります。これはもっとひどい状況でございまして、もう完全に破壊されてしまったという写真でございまして。こういったことで歩道の陥没、そういった不具合が生じます。こういったコンクリート管のほかにも、最近は塩化ビニルパイプというのもよく使われておりますが、こういったものでも、例えば荷重によって、ゆがみまして、亀裂、クラックが入るといようなことも生じておりますし、こちらは根の進入でございまして。雨水管とかの取り付け口から根が進入しまして、管をふさいでしまうこともございまして。下水管の中、水が豊富で、また栄養分もあるということで、このような状況、不具合を生じます。

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

問題への対応方針

① **点検・調査** ----- 膨大な延長 ---> 優先箇所抽出
 ---> 調査の高速化

- 管路は地下にあるため、調査はマンホール毎に蓋を開けて機材を出し入れする
- 調査には人員を要し、調査速度が遅く、コスト高のため、毎年、総延長の1%程度の調査できていない



② **劣化判定** -----> 新規調査方法に対応した判定基準

③ **補修・改築** -----> 最新補修・改築技術に対応した選定フロー

3

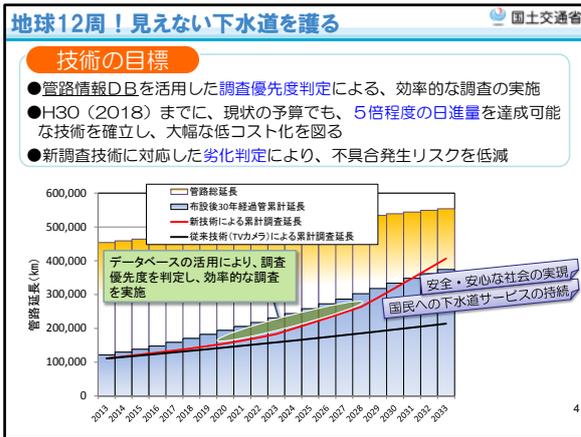
こういった問題への対応の方針でございましてけれども、まずは点検・調査。それに基づいて劣化度を判定する。それに基づき補修・改築を計画、実行するというようなことになるかと思っております。現在、点検・調査につきましては、こういったテレビカメラを用いまして行っておりますが、一番の大きな問題点は、マンホールごとに一度引き上げないといけない。マンホールのふたをあけて、入れて、スパンを調べて、

もう一回上に引き上げて次の場所に移るとい、こういったもので時間がかかっております。現在、総延長の1%ぐらいの調査しかできておりません。先ほどお話ししましたように、管渠は膨大な延長になっておりますので、調査の優先箇所を抽出することが必要でございまして。それと同時に、これを上回る速度を持った調査方法を開発することも必要でございまして。

それから劣化判定につきましては、このような高速化した調査に対応しまして、新たな判定基準が必要でございまして。

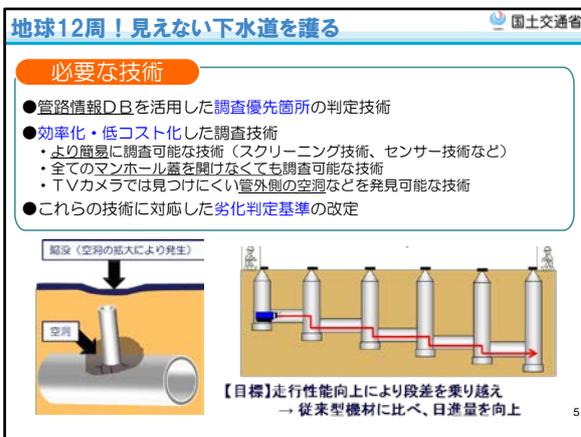
補修・改築に関しましては、最近、最新の補修・改築技術が出てきておりますので、この調査に対応して、どのような技術を選ぶかという、そのような選定フローも必要でございまして。

技術の目標といたしましては、最近、国土交通省が管路情報データベースというのを構築しつつありますので、そういったような情報を用いて、調査優先度判定を行うということが1つでございまして。それから、平成30年度までに、現在の予算でも5倍程度の日進量を達成可能な技術を確認して、大幅なコスト削減を図る。それと、先ほども申し上げましたけれども、新調査技術に対応した劣化判定によって、不具合発生リスクを低減したいと考えております。



い部分については優先度を判定して、効率的な調査を行うという体系でございます。

これが、効率的な調査を適用することによって、どう対応するかというのを模式的に示したものでございます。一番長い棒グラフが現在の延長でございます。46万km。これはまだ延びていく予想でございます。紫色が30年を経過したものでございまして、これはもう少し早いスピードで増えていってまいります。新しい調査方法によって、調査の速度を上げるというのが1つでございますし、そのほか、対応できな



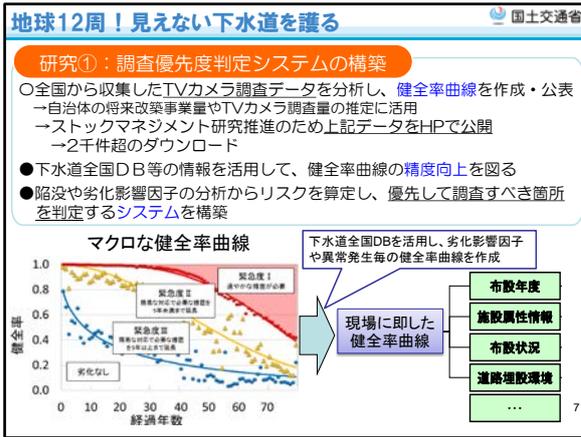
空洞等があれば、それは不具合につながる可能性がありますので、それを発見する技術。それから、これに対応した劣化判定技術ということになります。

必要な技術といたしましては、繰り返しになりますけれども、データベースを活用した調査優先箇所の判定技術。それから効率化・低コスト化した調査技術でございまして、1つはスクリーニング技術によって、より簡易に調べようというもの。それから、ここにありますように、マンホールのふたをあけなくても、連続して調査が可能な技術。それから、内側を見ていたのではわからないけれども、外側から、管の外に



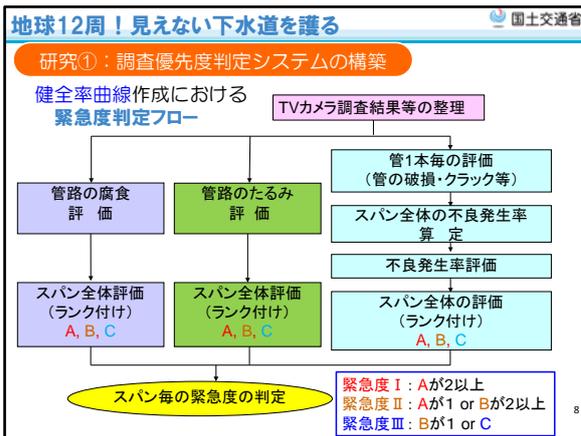
これから国総研の研究内容につきまして、現在進行中、あるいは今後の予定も含めてご紹介したいと思います。

1つが、調査優先度判定システムの構築。それから管路調査技術の効率化・低コスト化の研究。それから劣化判定基準の作成でございます。

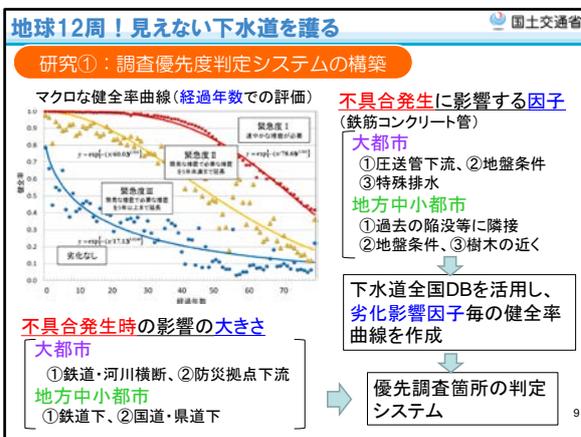


まず調査優先度判定システムの構築ですけれども、白丸で書いたのはもう既に終わっているものを示しております、黒が現在進行中のものがございます。全国から収集しましたTVカメラの調査データを分析し、健全率曲線を作成いたしました。少し小さい図で申しわけございませんけれども、緊急度Ⅰというのは速やかな対応が必要である。緊急度Ⅱがその次。緊急度Ⅲは簡易な対応によって少し延命できるだろうというようなものですが、年数の経過とともに緊急度Ⅰの割合が多くなっていく、このような健全率曲線を作成しました。これは自治体の事業量の推定とかに使われておりますし、このデータはホームページで公開しております、今まで2,000件超のダウンロードがされております。

これからでございますけれども、これは結局経過年数を影響因子として全体の特徴を見たものでございますので、布設年度以外に管渠の属性、布設状況、そういったもので健全率曲線を、現場に即したものにしていける予定でございます。



先ほどの健全率曲線で、緊急度の判定をどのようにしているかということですが、TVカメラの結果を以下のように整理して判定しております。まずスパン全体、マンホールとマンホールの間でございますけれども、そこで腐食がどの程度であるのか、それから管渠のたまりがどの程度であるのかというのを、ひどいものからA、B、Cというようにランクづけいたします。それ以外に、管一本ごとに管の破損とかクラックがないか、そういったところから不良の発生率を評価いたしまして、スパン全体で評価いたしまして、ABCをつけます。緊急度の判定でございますが、緊急度Ⅰというのは、Aが2つ以上あればⅠであると。緊急度ⅡはAが1、Bが2以上というように判定しております。

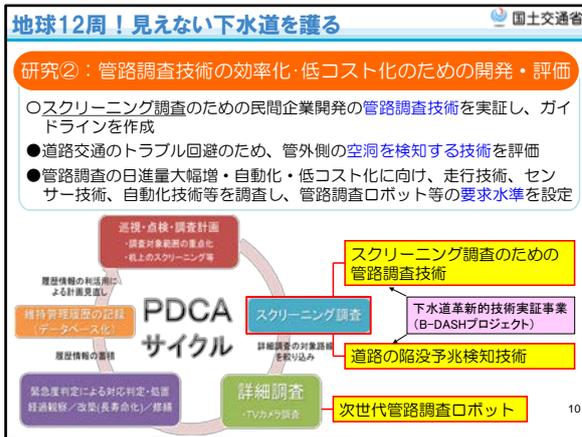


先ほどの健全率曲線で、緊急度の判定をどのようにしているかということですが、TVカメラの結果を以下のように整理して判定しております。まずスパン全体、マンホールとマンホールの間でございますけれども、そこで腐食がどの程度であるのか、それから管渠のたまりがどの程度であるのかというのを、ひどいものからA、B、Cというようにランクづけいたします。それ以外に、管一本ごとに管の破損とかクラックがないか、そういったところから不良の発生率を評価いたしまして、スパン全体で評価いたしまして、ABCをつけます。緊急度の判定でございますが、緊急度Ⅰというのは、Aが2つ以上あればⅠであると。緊急度ⅡはAが1、Bが2以上というように判定しております。

先ほど申しましたように、これは経過年数で評価したものでございますけれども、それ以外に影響する因子が色々ございます。まず鉄筋コンクリートについて見ますと、その不具合の発生に影響する因子ですが、圧送管の下流。圧送管というのは、空気と触れないで下水が送られますので、硫化水素が発生しやすくなります。ですから、圧送管が出たところで硫化水素が出て、管渠の腐食につながることもござい

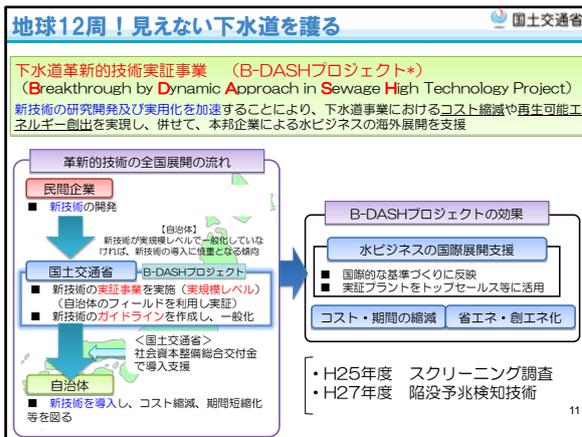
す。それから当たり前ではございますが、地盤の条件。それから特殊排水。高い濃度の下水とかが入ってきますと、同じように嫌気状態となって、管渠が腐食することがございます。地方中小都市ですと、過去に陥没があった等の、その近くにあるかどうかというようなこと。それから地盤条件。それとこれは特徴的かもしれませんが、樹木の近く、こういったようなことが影響します。こういったようなことがございますので、下水道の全国データベースを活用して、劣化影響因子ごとの健全率曲線を作成して行く予定でございます。

それとともに、不具合発生時の影響の大きさも考えなくてははいけません。大都市では、鉄道架線を横断している管渠の影響が大きいですし、あと防災拠点下流というのもございます。下水管が防災拠点の下流で使えなくなると、防災拠点自体が使えなくなりますので、こういったことにも気をつける必要がございます。それから地方中小都市ですと鉄道の下、国道下というようなところがありまして、こういった2つのことを考えながら、今後、優先調査箇所の判定システムを構築する予定でございます。



それから研究の2番目でございますけれども、これは管路調査技術の効率化・低コスト化の開発・評価でございます。管路の長寿命化に関しましては、このようなPDCAサイクルがセットされております。まず巡視・点検・調査の計画を立てて、それから次はちょっと飛ばしまして、詳細調査、TV調査をやると、それから緊急度判定で対応を考え、またそれを最終的に計画に生かしていくというところでござい

ます。しかし、課題はこれの速度が遅いということですので、この中間にスクリーニング調査を今後位置づけたいと考えております。



2つのスクリーニング調査をやっております、これは下水道革新的技術実証事業、B-DASHプロジェクトと呼んでおります。これを実施しております。簡単にご説明いたしますと、新技術の研究開発及び実用化を加速して、下水道事業におけるコスト削減を図っていきましょうというものでございます。

民間企業では色々新技術が開発されているわけでございますけれども、自治体は、実績が

ないとなかなか採用しにくい。そういったところで、国土交通省のほうで新技術の実証事業を実規模レベルで行いまして、ガイドラインを作成いたします。これによって、自治体が採用しやすくなるという仕組みでございます。管渠に関しましては、平成25年度にスクリーニング調査、平成27

年度に陥没予兆検査技術をやっております。

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

○スクリーニング調査のための**管路調査技術**
 広範囲の管路施設を対象に、重大な事故に繋がる異状を迅速かつ安価に調査するもので、事前の管洗浄は実施しない。

従来技術

H25 研究成果 (B-DASHプロジェクト) スクリーニングを核とした調査技術

マンホールに入らず調査 管口カメラ

ノンストップスピード調査 展開広角カメラ

従来技術の**2倍程度**の調査速度を達成

異常箇所を自動発見 画像認識カメラ

調査速度 (約300m/日)

そういったノンストップで走らせて、広角カメラで見て、展開図を同時に作成していくという技術。それから、同じような技術でございますけれども、不具合箇所を自動的に発見するという、このような技術が開発されて、従来技術の2倍の速度が達成されました。

そのうちの一つ、スクリーニング調査でございますけれども、従来技術、こういったテレビカメラでございますと、調査速度が余り上がりません。不具合箇所を見つけましたら、カメラを回しまして、確認します。それに対して、簡易な方法でございますけれども、マンホールから管口カメラというのをに入れて、管渠の中をのぞいて、見える距離は限られますけれども、そこでふぐあいを調べるとというのが1つ。それから

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

●道路の**陥没予兆検知技術**
 TVカメラで発見できない下水道周辺空洞や地盤の緩み、路面変状を迅速かつ効率的に発見し、管路管理に役立てる

モバイルマッピングシステム MMS

地中レーダー探査 GPR

探査深度 1.5m

B-DASHプロジェクトで実証研究

もう一つ、これは今年度からやっているものでございますけれども、テレビカメラでは発見できない下水道周辺の空洞、地盤の緩み、路面変状を迅速、効率的に発見する。これで管路管理に役立てるものでございます。モバイル・マッピング・システムによって路面変状を把握するとともに、地中レーダー探査によって空洞を把握します。これが基本になっております。

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

平成27年度B-DASH選定技術

陥没の兆候の検知を目的とした空洞探査の精度と日進量の向上に関する実証研究
 三菱電機(株)・名古屋市・相模原市共同研究体

車両牽引型深層空洞探査装置の実用化に向けた実証研究
 川崎地質(株)・日本下水道事業団・船橋市共同研究体

三次元陥没予兆診断技術に関する実証研究
 (株)環境総合テクノス(株)・日水コン・関西大学・豊中市共同研究体

【検証内容】

- ① 空洞探査技術の正答率の向上や解析の効率化・省力化
- ② 下水道の管路管理への適用性
- ③ 計測頻度及び計測結果の判定基準(案)の検討

こういった技術も道路の分野ではやっておられますけれども、深さが大体1.5メートルほど聞いておりますので、下水管はもう少し深いので、深さを深くする。それから、実際に下水管の中も調べまして、空洞の発生状況と下水管の不具合の関係も調べております。

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

研究②：管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価

●次世代管路調査ロボットの**要求水準**を設定
 [現状]・段差、曲がりを超えることが困難 → マンホール毎に調査
 ・調査時間の8～9割は、移動や準備・片付け
 [目標]・段差やインバートの走行困難箇所を克服
 ・複数管路の連続調査で無駄を省く

【これまでの検討内容】
 ・作業時間内訳の分析
 ・走行困難箇所（段差や屈曲等）の発生パターン、頻度の実態調査
 ・ロボット技術の有識者との意見交換

項目	単位	1スパン延長
移動	分	5.00
準備	分	6.80
現地作業時間内訳		
機材設置	分	0.50
計測	分	2.50
機材回収	分	1.70
片付け	分	3.80
1スパンあたり所要時間合計(分)		20.30
日進量 (m/日)		532.0

測しているのは実は3分弱でございまして、準備とか移動とか、そういったところでかなり時間を要しております。ですから、このようなことが克服できれば、もっと時間が短くなるわけでございます。

現在、ある都市を対象に、このような段差や屈曲がどのように発生するか、あるいは頻度、そういったところについて調べておまして、こういったところからこの開発につなげていきたいと思っております。

それから、先ほどは簡易なスクリーニング技術でございましたけれども、これは実際の調査技術でもっとスピードアップを図りたいというものでございます。現在の問題といたしましては、管渠の中、マンホールで調査機器が連続的に使えない。あるいはマンホールでの曲がりで見えないということがございます。ここに時間を示しておりますけれども、1スパン当たりの時間、大体20分かかりますが、その中で計

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

研究③：新たな調査方法や経済的改築技術に適した判定基準作成

●効率的・低コストな調査方法に適した劣化判定基準の作成
 ●改築技術（マンホール間スパンの一部のみの改築）等の**新技術**に対応した判定基準（工法選定フロー）の作成

従来、布設替えが主流であったが、長寿命化が可能な技術が開発され、選択肢が増えている。異状の程度に応じた適切な工法選定が必要。

管きよの異状

従来 → 布設替え
 新技術 → 部分更生、更生工法

研究の3番でございますけれども、判定基準でございます。まだ、この調査方法、開発されているわけでもございませぬので、判定基準もこれからの課題でございます。ただ、最近、色々な部分更生、更生工法等が開発されておりますので、従来は不具合が発見されたら、1スパン布設替えしてしまうのが通常でございましたけれども、部分的にかえていく、そのような対応が必要になってきております。

地球12周！見えない下水道を護る 国土交通省

研究③：新たな調査方法や経済的改築技術に適した判定基準作成

・異状の程度に応じた**適切な工法選定**で、より経済的な改築を実施可能となる。
 ・**新技術**を積極的に導入し、LCCの最適化、施設延命化を実現。

従来の判定基準		新技術に対応した判定基準のイメージ	
緊急度区分	対応の基準	緊急度区分	対応の基準
緊急度Ⅰ		緊急度Ⅰ-①	
緊急度Ⅱ	5年未満まで延長できる	緊急度Ⅰ-②	(更生工法)
緊急度Ⅲ	5年以上にまで延長できる	緊急度Ⅱ-①	
		緊急度Ⅱ-②	
		緊急度Ⅲ	

その判断のイメージでございますけれども、従来は緊急度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲというので分けておりましたが、さらにその中を分けまして、全取りかえであるのか、あるいは更生工法、部分更生であるのか、そのようなところの判断のフローをつくっていく予定でございます。

地球12周！見えない下水道を護る

国土交通省

コンサルティング

- 自治体の要請により、道路陥没発生時における現場での原因調査方法の指導などを実施
- 平成25年度より、「管路腐食相談窓口」を開設し、自治体からの問合せや現場での技術指導に対応
- 下水道法改正により、管路施設の点検が義務化され、問合せが増えることが予想される




腐食相談窓口の設置
(下水道研究室ホームページ)

18

今、研究についてお話ししましたが、下水道は自治体が実際にやっておられますので、道路陥没が発生したときに現地の指導をしておりますし、あと、管路腐食相談窓口というのもセットしております。下水道法が改正されて、管路施設の点検が義務化されましたので、こういった問い合わせが今後ふえることが予想されます。

地球12周！見えない下水道を護る

国土交通省

技術移転

- B-DASH実証技術のガイドラインを作成し、説明会やHPで公開、さらに今後の調査結果を分析し、必要に応じガイドラインを改定
- 国総研における研究成果を各種指針類に反映・各種研修において、講師活動（長寿命化計画や管路調査・点検計画の策定方法等）を展開




成果	反映先
きよの液状化対策	2014
きよ更生工法の品質・施工管理	
-DASH(管きよマネジメントシステム)	-DASH技術導入ガイドライン

分野	回数
	5回
B-DASH含む)	7回
	13回
	1回

19

このほか、研究成果、特にB-DASHという、それで得られた成果を広報するとともに、我々の研究成果についても、色々基準類に反映しているところでございます。

国土交通省

ご清聴ありがとうございました。



N I L I M

国土技術政策総合研究所下水道研究部

20

ご清聴、どうもありがとうございました。