

## 高齢化するインフラに、 どう対応するか ～インフラ維持管理・更新・マネ ジメント技術の社会実装～



高松 泰 (たかまつ やすし)

北海道大学公共政策大学院特任教授

1954年北海道生まれ。77年北海道大学工学部卒業。同年北海道開発庁（現国土交通省）入庁、北海道開発局小樽開発建設部小樽道路事務所長、局長官房開発調整課防災対策官、国土交通省北海道局参事官、大臣官房審議官、北海道開発局長、北海道局長などを経て、2014年4月から現職。

政府は、平成26年に「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）<sup>\*1</sup>」を創設し、大変革時代を科学イノベーションによって課題解決するとともに、わが国の産業競争力強化を図ることとしています。

SIPにおいて取り組んでいる課題の一つに「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」があります。社会インフラは国民の生活や経済活動を支える役割を果たしていますが、多くは高度成長期に建設されたもので高齢化が進んでいます。重大事故や維持修繕コストの増大が懸念され、これらの課題解決に向けて、①点検・モニタリング・診断技術、②構造材料・劣化機構・補修・補強技術、③情報・通信技術、④ロボット技術、⑤アセットマネジメント（社会インフラの維持・管理・補修）技術の5つの分野で研究開発が進められています。

これらの研究開発技術を地域へ実装するため、SIPでは平成28年度から地域の大学を中心として、地方自治体への実装によるイノベーション等を飛躍的に推進することとしました。北海道大学・北見工業大学・室蘭工業大学ではインフラマネジメント共同研究グループを設置して、北海道において平成28～30年度の3年計画で「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の地域実装に資する研究開発に取り組むこととしました。

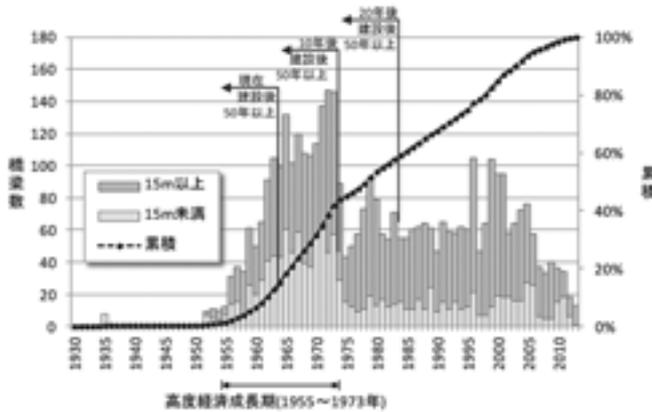
### 1 北海道におけるインフラ老朽化の現状・課題

北海道における<sup>きょうりょう</sup>橋梁の建設期と橋梁数のグラフを添付しました。北海道においても、高度経済成長期に建設された橋梁が多く、今後これら橋梁の高齢化が一斉に進むことから、適切な時期での補修・架替えが必要となることが想定されます。建設後50年以上を経過した橋梁箇所数の占める割合は、今後、大幅に増加する見込みです。

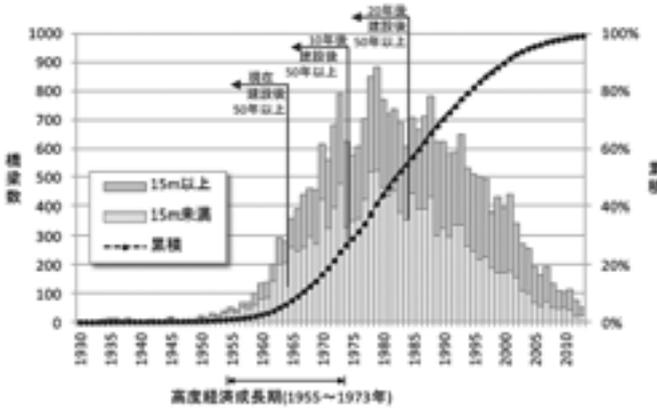
北海道は積雪寒冷地域であり凍結融解や凍害等の厳しい自然環境に由来する技術的課題があります。また、面積が広大で人口が低密度である地域も多く、地方財政等の観点から維持管理費用確保の課題も想定されます。

\*1 SIP  
Strategic Innovation Promotion Program

国道【国管理】 4,162橋



地方道【地方公共団体管理】 25,963橋



出典：「北海道道路メンテナンス会議資料」（北海道開発局HP）  
H26.4.1現在

シンポジウムの開催日・場所

- 2016年11月4日（金）、北海道大学学術交流会館
- 2017年1月12日（木）、室蘭工業大学学生会館多目的ホール
- 2017年1月13日（金）、北見市民会館小ホール

基調講演

【北海道大学】

「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の現状と展望  
北海道大学大学院工学研究院教授 横田 弘  
SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」における  
出口戦略

慶応義塾大学理工学部管理工学科教授 岡田 有策

【室蘭工業大学】

インフラマネジメントと技術開発

横浜国立大学先端科学高等研究院上席特別教授 藤野 陽三  
白鳥大橋の現状と維持管理に向けた取り組み  
室蘭工業大学工学研究科准教授 小室 雅人

【北見工業大学】

インフラマネジメントと技術開発

横浜国立大学先端科学高等研究院上席特別教授 藤野 陽三  
北海道東部地域におけるインフラマネジメント  
北見工業大学社会環境工学科教授 三上 修一

## 2 シンポジウムの開催

SIP技術を北海道において地域実装していくためには、なるべく多くの関係者等にSIP技術をPRしていく必要があります。そのため、多くの行政機関や関係業界等に後援いただきながら、キックオフの意味を込めてシンポジウムを開催しました。北海道大学・室蘭工業大学・北見工業大学ではそれぞれ、「高齢化するインフラに、どう対応するか…インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の社会実装…」と題してシンポジウムを行いました。

以下、SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」プログラムディレクターの藤野陽三氏、及びサブプログラムディレクターの岡田有策氏の講演を要約して紹介します。

### 基調講演1

#### インフラマネジメントと技術開発

##### 1 「インフラストラクチャー」について

塩野七生さん（歴史作家）によると、ローマ人の考えているインフラとは、道、橋、港とか水道がありますが、そのほかに競技場とか公共浴場、要するにみんなが使うものがインフラで、さらに、システム、医療、教育とか安全保障など、みんなに共通して適用されるもの、それもインフラと書いておられます。



藤野 陽三 氏

横浜国立大学  
先端科学高等研究院  
上席特別教授（内閣府参与総合科学技術イノベーション会議SIPプログラムディレクター兼任）

宇沢弘文先生（経済学者）は、「社会的共通資本」という概念を出されており、社会の共通した資本（ソーシャル・コモン・キャピタル）がインフラです。そのインフラというのは、「自然環境」「社会的インフラストラクチャー」「制度資本（システム）」の三つがあると言われています。

ケンブリッジ大学がまとめた国連大学の報告書に Inclusive Wealth というのがあり、包括的「富」と訳されています。一体「富」とは何なのか、自然資本、人工資本、人的資本の三つをもって富であるというのがこの報告書なのです。

## 2 インフラの維持管理

社会基盤ストックは増加しメンテナンス費用がかかりますが、人口は減少しており、人手のかかる維持管理をするわけにはいきません。一方、インフラ維持管理には様々な複雑さがあります。まずは利害関係者(ステークホルダー)の多様さ・複雑さ、現象・対象における不確定性・ばらつきの大きさ、そして専門家(人間)が実施する必要性が高い領域であることです。

現在のインフラは、必ずしも完璧なものがずっと時代ごとにできているわけではありません。それを何とかアップグレードする、直す、補修するというをやっていく必要があります。エンジニアリングが関係してくると、一つはストックマネジメント(維持管理)、もう一つ北海道は災害が多いのでリスクマネジメント、このバランスをとることが重要です。

## 3 「橋梁」の維持管理

米国「シルバー橋」の崩落(1967年)、2007年のミネソタの橋梁事故などを経験し、ヤネフ博士は自ら現場に行って橋を見て「橋梁マネジメント」という本を書きました。経済的なセンス、政策的なセンスのバランスがあります。ヤネフさんは真理を追求するのが工学、意思決定をするのが「マネジメント」、この二つの間にブリッジマネジメントを置きたい、エンジニアはバックグラウンドは持っているので、マネジメントを勉強して、間を埋めてほしいと述べています。

## 4 総合科学技術・イノベーション会議/SIP

日本では、平成25年12月にインフラ史上、歴史的な事故\*2を起こしました。総合科学技術会議は平成26年の予算を考えると、社会のニーズは、環境とエネルギー、健康・高齢化、インフラの安全だと考えたわけです。総合科学技術会議(現在の総合科学技術・イ

ノベーション会議：内閣府)は、それまで予算を持っていませんでしたが、500億円を確保、3分の1は健康に使い、残り3分の2を10課題に分けて研究することになりました。そのとき、SIPの一つにこのインフラの維持管理が選ばれました。

四つの周辺技術(構造材料・劣化機構・補修・補強技術、点検・モニタリング・診断技術、ロボット技術、情報・通信技術)の真ん中に、アセットマネジメントがあります。土木の人たちが大多数を占める開発の島です。こういう五つの島で、成果が上がってきたものをアセットマネジメントの中に入れて、土木界に送り出す構造です。平成26年度の開始時点で60課題、1,500名程度の人に参加しています。

## 5 SIPにおける維持管理技術の開発

例えば点検ですが、東北大学で取り組んでいるマルチコプター、ドローンは球の中にカメラや、撮影中のカメラを冷やすためのファン等を詰めて飛んで行って、橋桁の中に入り、コンクリートのひび割れ状態を撮影します。人間が操縦して、アクセスしにくいところに行ってくれる技術です。富士通(株)のロボットは、高い橋脚を対象にして、壁のクラックの状態をビデオとかカメラで撮ってくるロボットです。

橋梁床版の劣化に関して、一番日本で進んだ技術をずっと独自で開発されたのが東京大学の前川宏一教授のチームで、非常に高度な解析技術を持っています。コンクリートをゲル(半固体)の状態からモデル化して、コンクリートのスケールを何メートル、何キロメートルのスケールまで上げ、なおかつ時間軸も、10分、100分から10の7乗時間、何十年というオーダーまでコンクリートの挙動を予測するシステムを作っています。余寿命予測モデルが出来つつあります。前川先生が持っているプログラムでは、劣化の指標である「たわみ」の変化について、最初のコンクリートの強さと剛性(ずれ・ねじれなどの外からの力に対する物の変形しにくい性質)を入れ、傷んだ床版のひび割れの写真を撮ってきて、それを数値化して入れると、その床

\*2

平成24年12月の中央自動車道笹子トンネル天井版落下事故(山梨県)

版がその後どういう挙動を示すかが説明できます。

今後、人工知能や機械学習を使い、写真を撮ると答えが出てくる、その写真もドローンが撮れば人間は行かなくても良いということが期待されます。

## 6 これからのSIPの展開

SIP技術を実際の社会でインフラ維持管理している人に見てもらうことが非常に重要です。地域でインフラのSIP技術を普及、伝道してくれる人を公募しました。北海道では、北大を中心としたチームと（地独）北海道立総合研究機構が水を中心としたテーマに取り組むこととなりました。是非、技術を見て、コメントやアドバイスをいただきたいと思います。

最後になりますが、(株)東芝の西田厚聡会長に説明しましたところ、開口一番「フルーガル」にやってほしいとメッセージがありました。フルーガルというのは、つましい、儉約するよなという意味です。これを技術の開発のモットーと思っています。

### 基調講演 2

## SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」における出口戦略

### 1 SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）は、「総合科学技術・イノベーション会議」の3本の矢に位置付けられており、基礎研究から実用化・事業化まで見据えて一貫通貫で研究開発を推進することとされています。研究投資ではない経済投資という感覚で、SIPが終わった時には経済

成長に寄与するものであることが求められています。従って、単に技術開発だけではだめで、出来上がった技術をどうやって社会実装につなげ、社会に貢献するもの



岡田 有策 氏  
慶應義塾大学  
理工学部管理工学科教授

になっているのか、まで考えていく必要があります。

SIPインフラでは、点検や診断、補修等様々な技術の研究開発を行い、ライフサイクルコストの最小化、安心・安全なインフラの提供、インフラマネジメント産業の創出等につなげていくことが全体の構成です。新技術は、コストアップになる、コストカットをする  
と維持管理予算の削減につながる、ライフサイクルコストよりも目先の課題に予算付けされる等、課題もあります。安心・安全なインフラ提供にはコストの負担を伴います。このような問題点も踏まえたうえで進めていかなければならず、単なる研究開発ではないのがSIPです。

## 2 SIPインフラの社会実装

SIPインフラの中においては、研究開発として、点検、構造材料、ロボット技術、情報通信、アセットマネジメントの5分野について平成26年度開始時点で60課題あります。代表は、国立研究開発法人が12件、大学が16件、民間が32件、全部で255機関、研究者1,500人以上の非常に大きなプロジェクトです。様々な技術開発がなされています。先端的なものや地方自治体を中心に展開していくものがあり、「地域型アセットマネジメントシステム」については出口が見えないという課題がありました。

## 3 SIPインフラの出口戦略

SIPインフラでは、出口戦略として①～⑤の出口戦略を考えています。

- ① 技術の社会実装加速体制の構築
- ② 地域の特性に応じたアセットマネジメントシステムの構築
- ③ 地方整備局の現状を踏まえたインフラ維持管理の未来像の提案
- ④ 新たなインフラ維持管理産業の創出
- ⑤ 地域事例をショーケースとした国際展開

SIPの60課題自体を、社会実装しなければいけませんので①があります。そのため、技術の紹介や広報も含めて次の②、③を考え始めました。実際には地域特

性、社会的状況、地域的状況を考えていかなければいけないことから、地方整備局の現状も踏まえて、インフラ維持管理の未来像も提案しながら、新たなインフラ維持管理産業の創出など全体を見据えていくことが必要です。また、国際展開も考えています。

出口戦略では、レピュテーション（評価、評判）という言葉を使っていますが、インフラをしっかりと管理維持して、地域の活性化につなげていくような社会実験を行いたいと考えています。

#### 4 新技術の地域実装

全国8ブロックの中から、「地域実装支援チーム」の大学を選定しました。SIPの技術を使って地域展開する、さらには、様々な技術を使って新たなインフラ維持管理の拠点になってもらうことが今回の流れにつながってきます。SIP側から言えば、SIPの技術を実装してもらう意味で、地域実装支援と言っていますけれども、単にSIPの技術だけではなくて、本当にインフラ維持管理をそれぞれの地域の中で進めてもらうための地域拠点を通じて、SIPの期間だけでなく、今後のいろいろな形での土木分野、インフラ分野におけるイノベーションの技術を支える拠点になっていただこうと考えています。

また、ビジネス環境をどうやったら導出できるのかというような事柄を一緒に考えていくチームも参加しました。

#### 5 地域実装支援チーム

北海道では北大と道総研、それから東北大学、岐阜大学、関西大学、鳥取大学、愛媛大学、長崎大学、琉球大学が、今回、9月1日から地域拠点という形でチームの中に入りました。

東北大学では、震災があり、復興、さらには長寿命化させるための新しい素材の導入が行われています。同大学ではインフラマネジメント研究センターを中心にしながら、東北各県の連合体として、いろいろな形で新たな技術を東北の中に展開しようと考えています。

岐阜大学では、メンテナンスアドバイザーとして維

持管理をしていくための人材育成について先鞭<sup>せんべん</sup>をつける活動をしています。ME（社会基盤メンテナンスエキスパート）という制度が培われており、それを例にしながら、長崎大学や長岡技術科学大学でも人材育成が進められています。

SIPは2018年度で終わりますが、その後も新たなインフラ維持管理ビジネスの創発、インフラ維持管理に関する継続的技術革新につなげ、地域実装チームを含めながら社会に役立っていくよう考えています。

さらに、開発技術のビジネス化支援、自治体とのマッチング支援などをサポートするチームも活動しています。

#### 6 今後の展開

「Society 5.0\*」は、これからの情報社会に続くものとして、内閣府の科技部門の中において非常に重要なキーワードになっています。インフラの中においても、いろいろな形でデータの問題が出てきます。地域にも様々なデータがあり、どのように日本国全体のものとして活用するのか、アセットマネジメントに使っていくための情報展開と情報共有、分析、評価をどうしていくのが重要です。

SIPでは単に技術開発だけでは許してもらえないというのが実態です。そういうことを踏まえていきながら、北海道チームには非常に期待しておりますし、そこを通じて少しでもSIPの成果が世の中で実装してもらえればいいと考えています。

#### Society 5.0

閣議決定された科学技術政策の基本指針の一つ。人工知能・ビッグデータ・ユビキタス関連の情報技術を従来の技術と組み合わせ、社会のあらゆる分野で新しい製品やサービスを提供できるよう、研究や開発、投資を進めるようとするもの。

人間社会において、狩猟・農耕・工業・情報に続く5番目の変革と位置づけたもの。

（当シンポジウムは、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理人：（国研）科学技術振興機構によって実施されました）