

10年の歩みとこれからのインフラ

久田 真*¹

我が国のここ10年を振り返った時、2011年には東日本大震災という未曾有の大規模自然災害に見舞われ、その翌年の2012年には笹子トンネル天井板の崩落事故という、その後の建設ならびにインフラに携わる者として決して忘れることができない事実がある。これらが重要な契機となり、この10年間は、インフラに関する実に様々な取組みと変化があった。特に、近年における建設関係の技術的なイノベーションにおいては、とりわけインフラ維持管理分野において新技術の導入に関する産官学を挙げた大規模な動向が目立つ。また、インフラ整備における生産性向上に資する技術やICTなどの導入も推進され、今後のインフラに求められる技術は、維持管理だけでなく、計画や設計、施工などの全てのプロセスにおいて多岐にわたっていると思われる。

本稿では、インフラに関わるここ10年の技術開発などの動向を概観し、今後のインフラに求められる技術や展望についてまとめた。

キーワード：東日本大震災、Society5.0、科学技術イノベーション、情報基盤（データベース）

1. はじめに

近年のインフラに関する技術開発は、点検や修繕など、既設インフラの維持管理に関する動向が目立つが、今後の建設分野に求められる技術の方向性としては、i-Constructionに代表されるような設計・施工の生産性を飛躍的に向上させるような技術や、建設に携わる人々の暮らしを豊かにするような未来のあり方を見据え、これを具現化するようなITあるいはICTなど、その方向性は多岐にわたって進行していると思われる。しかも、このような動向は、建設分野の内部で生じているだけでなく、これまで建設分野と馴染みのなかった他分野の参入というかたちで進んでいるようにも見て取れる。

東日本大震災からの10年の節目という経緯で執筆の機会を頂いたこともあり、本稿では、近年のインフラに関わる全国的な取組みや政策などの経緯を俯瞰した。また、10年前の震災で東北のインフラに何が起こったのか、震災後の現地のインフラを眺めていて気付いた点とともに、10年を経た段階で想起したいいくつかの点をまとめた。さらに、Society 5.0として描かれている将来の我が国の未来を見据え、目指すべき社会において建設分野がどのように貢献し、そのような未来においてインフラに求められる技術とはいか

なるものかについての著者なりの意見をまとめた。

2. インフラ維持管理のこれまでの系譜

「ここ10年」より更に遡るが、我が国のインフラに維持管理の重要性を問題提起したと言われている「コンクリート・クライシス（NHK、1984年）」という番組が放映されてから約35年が経過したことになる。コンクリート・クライシスが放映された頃、筆者は土木工学を目指して間もない大学生であったが、その頃は、太平洋戦争後から増加し続けた社会資本整備への投資額が年間30兆円を超えるほどの規模であり、少子高齢化や社会保障費がこれほど大きな負担になるということは、予想もできなかったのではないかと思う。当時の大学のカリキュラムでは、インフラの耐久性や維持管理に関する講義科目がようやく設けられ始めた時期であり、CIMやi-Constructionなどについては、考え方としてもまだ確立されたものではなかったのではないかと思われる。

さらに、当時は、インフラの維持管理についての体系的な方法論も十分には確立しておらず、それでも、建設省（当時）は1988年に橋梁点検要領（案）を公表し、橋梁の点検に関するいくつかの要点を示した。また、（社）土木学会からは、1995年にコンクリート構造物の維持管理標準（案）が発刊され、2001年にはコンクリート標準示方書として維持管理編が新規に制定されることとなり、これをもってインフラの維持管理に関する方法論の基礎が確立したと考えてよい。

2004年には、橋梁点検要領（案）が橋梁定期点検要領（案）として改訂されたが、膨大な数の橋梁を管理する地方自治体における橋梁点検は思うように進捗しなかった。このような状況を鑑みて、建設省（当時）は、特に地方自治体の橋梁点検を推し進めることを目的として、2007年に橋梁長寿命化修繕計画補助事業を開始した。奇しくも同年、愛



*¹ Makoto HISADA

東北大学大学院工学研究科 教授
同インフラマネジメント
研究センター センター長

知県と三重県を繋ぐ木曾川大橋の斜材破断が確認され、東北地方でも、同形式の橋梁である秋田県の本荘大橋で同様の損傷が露呈した。さらに同年、米国では、ミネアポリスで大規模橋梁が崩落し、多くの犠牲者を出してしまったという事故が発生し、インフラの社会的重要性が改めて深く認識された年であった。

この後、2011年3月に東日本大震災が発生し、地震のみならず、台風や豪雨がもたらす水害など大規模自然災害の激甚化が大きな懸念事項となった。さらに、冒頭の言でも触れたとおり、震災の翌年となる2012年12月には、笹子トンネル天井板の落下事故が発生し、インフラ維持管理についての大きな契機となり、これを教訓として、国土交通政策や科学技術イノベーション政策で重点的に取り上げられるなど、インフラの老朽化対策に関する取組みは国を挙げたかたちで急速に推進されていくことになる。

最近10年については、インフラに関わる事項とともに、

表 - 1 東日本大震災以降の主なできごと

西暦	主なできごと
2011	東日本大震災 → 大規模自然災害が激甚化 科学技術基本計画（第4期）
2012	笹子トンネル天井板落下事故 → インフラ老朽化が社会問題化 安倍内閣発足
2013	国土交通大臣「社会資本メンテナンス元年」 日本再興戦略2013（～2016） 科学技術イノベーション総合戦略 総務省「インフラ長寿命化基本計画」→ 関係省庁が「行動計画」を策定
2014	国土交通省・社会資本整備審議会・道路部会「最後の警告」 国土交通省「道路メンテナンス会議」設置（全都道府県） 道路法、港湾法の改正（5年に一度の近接目視が義務化） 総務省「公共施設等総合管理計画」策定要請 内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（第1期、～2018）」 内閣府「革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）」
2015	国連「持続可能な開発目標（SDGs）」（～2030）
2016	国土交通大臣「生産性革命元年」 国土交通省「i-Construction」 インフラメンテナンス国民会議 創設 科学技術基本計画（第5期、Society 5.0の実現と推進）
2017	未来投資戦略2017 新しい経済パッケージ SIP（第2期、～2022）
2018	未来投資戦略2018 内閣府「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）」 統合イノベーション戦略2018
2019	金融・世界経済に関する首脳会合2019（G20大阪） 内閣府「ムーンショット型研究開発制度」 国土交通省「道路技術懇談会」設置 統合イノベーション戦略2019
2020	新型コロナ災禍 統合イノベーション戦略2020 内閣府「規制改革実施計画」 菅新内閣発足、デジタル庁創設
2021	防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策 科学技術・イノベーション基本計画（第6期） 成長戦略実行計画（DX、カーボンニュートラル、グリーンイノベーション） 東京オリンピック・パラリンピック

首相官邸や内閣府、国土交通省、文部科学省等から発出される事項、さらには国連など国際的な事項も含めると極めて多岐にわたっているため、主な事項を取り上げて一覧にして表 - 1 に示した。

3. 東北地方のインフラに何が起こったか？

震災から10年となる2021年3月が近づくにつれ、東北地方では、道路をはじめとする復興インフラの開通式が挙行されたというニュースが毎週のように報道され、この類のニュースが同年4月以降に急激に減少した。その一方で、東北地方には、東日本大震災の災禍を経験した膨大な既設インフラが存在している。加えて、この10年で、太平洋沿岸部の防潮堤をはじめ、高度経済成長期のインフラ整備のピークを連想させるような、他の地域には見られない新たなインフラが多数追加された。

今後、東北地方は、これらのインフラと共に歩んでいくことになったわけであるが、3.11を機に、東北地方のインフラに何が起こったのかをまとめてみたい。

3.1 既設インフラの状態の複雑化

東日本大震災では、本震となる3月11日のマグニチュード9.0の地震動とともに、それに伴う筆舌に尽くしがたい巨大津波が発生した。その後も、同年4月7日に発生した震度6強の余震に代表される、数百では数えきれない余震が発生し、地域を継続的に脅かした。この度ごとに、そこにあったインフラは地震動を受け、沿岸部では、本震時の津波による海水だけでなく、地盤沈下により干満現象だけで海水に浸水することとなった。

その結果、これらのインフラのうち、甚大な被害を受けたものについては再構築されたものが多数ある一方で、損傷が軽微であり、応急処置等を経て供用を再開し、今日でも供用されているインフラも少なくない。被災の程度だけでなく、その時の経年の老朽化の程度も加味すると、図 - 1 に示すようにその状態は極めて複雑であり、被災地には、これらのインフラが至る所に存在している。この10年、復興を最優先にしてきた地域にあっては、これらのインフラが供用されており、今後、こういった複雑な状態のインフラを適切に維持管理していかなければならないのである。

3.2 震災によるダメージの再発（後遺症）

写真 - 1 は、震災時による津波の浸水域にありながら、損傷が軽微で供用を再開した学校施設のある柱部分の状況

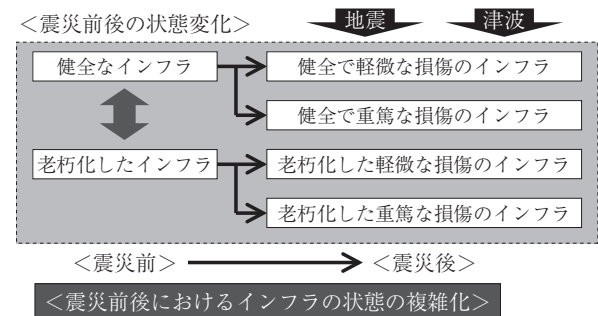


図 - 1 震災により複雑化したインフラの状態の説明

であるが、管理担当者の話では、このような金属部分の腐食は、震災前には見られなかったとのことである。阪神淡路大震災で損傷を受けた構造物は、1995年の震災発生から20年を経た昨今において当時の「古傷」が再び痛み出したとの話を聞くが、東日本大震災においては、震災からわずか4年で後遺症が発生したようである。



写真 - 1 震災後約4年で腐食が顕在化した学校施設
(2014年12月 筆者撮影)

3.3 復興事業によるインフラの酷使

例えば、仙台市を起点とする三陸自動車道の仙台～石巻区間などでは、震災以降、救援物資の輸送や作業員の移動などで、震災前と比較して使用状態が大きく変化し、しばらくの期間、終日、頻繁に渋滞が発生し、大型車の通行が激増した。これらのインフラは老朽化していたわけではないが、想定外の供用による交通荷重の増加により、当時は道路施設の損傷が早まっているとの指摘があった。本路線は、震災後の10年を経た後も重要路線として供用され続けており、このようなインフラに対しても、これまでの使用履歴などを把握した上で、適切な維持管理が望まれるところである。

3.4 寒冷地特有の劣化

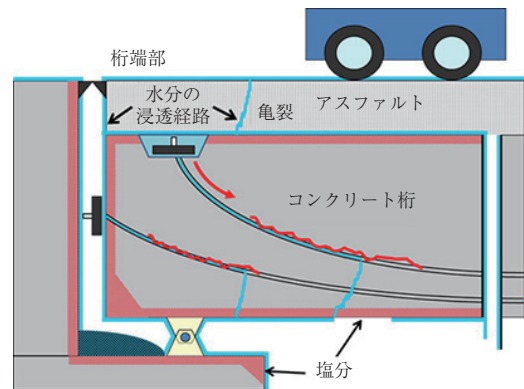
積雪寒冷地域においては、厳しい寒さや強い風の影響により、コンクリート構造物が凍害をはじめとする特徴的な損傷を引き起こし易いことは良く知られている。凍結防止剤



写真 - 2 コンクリート床版の砂利化の事例
(著者撮影)

剤の影響による劣化損傷は、例えば、高規格道路のアスファルト部分を除去した床版のコンクリート部分において、コンクリート組織が崩壊し、土砂化あるいは砂利化した状況が報告されている(写真 - 2)。

また、図 - 2 は、東北地方のある県が管理するPC橋の外観であるが、PCT桁のウェブにシース沿いの浸みが卓越し、ひび割れ発生に至っており、詳細調査として実施したドリル削孔の結果析出した液体の色調からは、内部で鋼材腐食が生じている可能性も十分に示唆される。このような劣化は、上縁定着部あるいは桁端部の間隙から侵入した水分がシース内のグラウトの未充填部もしくはシースと母材コンクリートとのすき間に行き渡り、この水分が氷点下になって凍結し、体積膨張してコンクリートにひび割れを生じさせ、年数を経てひび割れが拡幅し、遊離石灰を析出させたものと考えられるが、積雪寒冷地で頻繁に散布される凍結防止剤が鋼材の腐食を加速させていると推察される。



シースに沿ったひび割れ、さび汁

凍結防止剤による促進?

図 - 2 PCT 桁のシースに沿った損傷の事例

3.5 既設インフラの維持管理への対応の遅れ

ここまでの記載でも言及したとおり、この10年における東北地方の建設分野は、この期間中にも頻発した集中豪雨などの自然災害による被害からの復旧などと並行して、震災からの復興を最優先してきた。その一方で、この10年と言えば、表 - 1 に示したとおり、数多くのインフラの維持管理に関する取組みが進められ、今日に至っている。

この10年、東北地方でも、インフラ維持管理に関して全く取り組まれてこなかったわけではないが、他の地方と

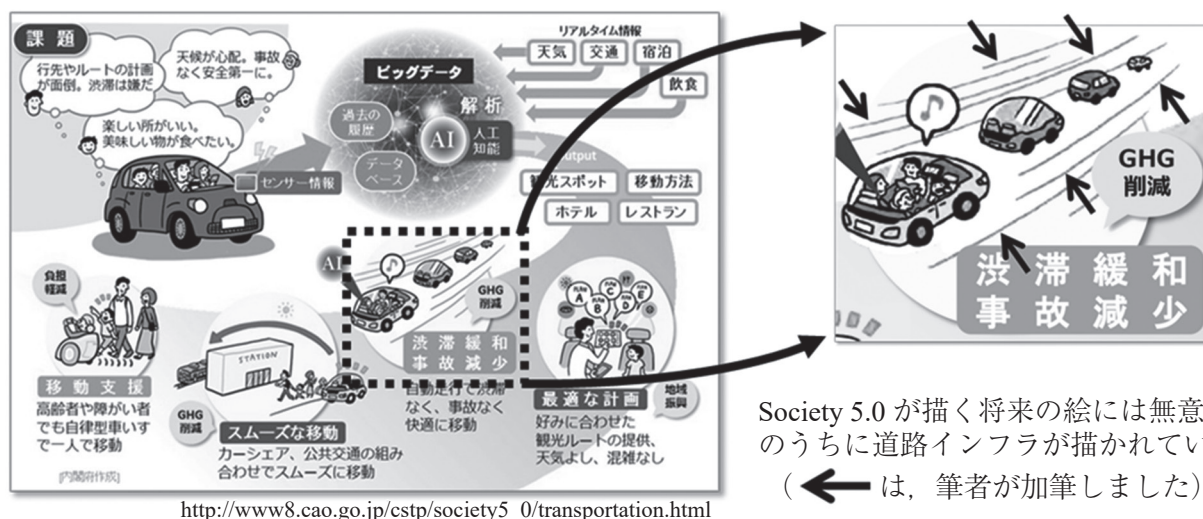


図 - 3 Society 5.0 における新たな価値創造として描かれている「未来の交通」のイラスト (一部、筆者が加筆しています)

比較して、震災からの復興という大きな達成すべき目標があり、これを優先したがゆえに、インフラの維持管理については、後回しにされてきた側面があることは否めない。10年前にそのインフラがどのような状態にあったのか、震災によりどのような被害を受け、その後、どのような処置を施されて今日に至ったのかなど、確実な維持管理を実施するためにフォローアップすべき事項は多い。加えて、少子高齢化などの社会情勢の変化による財源不足、技術者不足などについては、他の地方と同等か、もしくはそれ以上に厳しい状況に陥ることが懸念されている。

今後は、SIP などのイノベーション政策で培ってきた技術成果を最大限に活用し、一刻も早く、既設インフラの維持管理を推進する体制を整備し、実行すべきである。

3.6 新たに整備されたインフラの維持管理

2021年初頭、2011～2019年の間に東日本大震災からの復興に費やされた費用が33.4兆円となることが報じられた。このうち、公共事業など、まちづくりに絡むハード関連事業が17兆円にのぼり、このうち道路整備が2兆円を超え、土地の造成事業などにも多くの予算が投じられたことが明らかとなった。具体的に、どこのインフラにどれだけの費用が投入されたかはともかく、少なくとも、東北地方にはこれだけの巨額費用により、他の地方とは異なる多くの新しいインフラが整備されたことは間違いない。

この10年間で、これらのインフラの整備という復興事業により当該地域には膨大なフロー効果をもたらされたが、今後は、これらのインフラによるストック効果を最大限に発揮できるような取組みを推進すべきであろう。また、これらのインフラが新規であるため、しばらくは老朽化への対応は不要と考えるのではなく、これまでの教訓を活かし、ライフサイクルコストを少しでも低減できるよう、速やかに予防保全的な対応を始めるべきである。

4. 今後のインフラに求められる技術について

今後のインフラに求められる技術の開発動向は、維持管

理に関わる分野のみならず、建設や更新における更なる効率化や高度化に関わる分野も含めて、広範囲に進められてきている。その背景には、単に生産性を向上させてモノ造りを加速させるという観点ではなく、少子高齢化への対応や担い手不足の解消、若者や女性の活躍推進、地域格差の是正など、我が国の持続的な発展に関わる課題を克服するといった社会課題に拠り所があるような印象である。特に、建設分野は、拠点として設けられた工場で生産される製品を、多量かつ安価に、より広範囲に販売するといった、いわゆる一般的な製造業の枠組みとは異なる。すなわち、インフラは、どんな遠隔地であってもその場その場で構築され、供用され、維持管理されるものであるため、建設分野の業務に従事する者は、必ずその場その場に密着する地域経済を活性化させる担い手となり得るのである。

したがって、今後といわず、これまでもそうだったと思うが、インフラに求められる技術とは、必ずしも複雑で難しい技術だけでなく、少子化、高齢化が進行し、ヒト・モノ・カネのいずれの側面からも困難な状況が想定される地方でしっかりと根付き、その地域で持続させることが可能な技術なども考えられるであろう。これまで、現業で主に設計、施工に従事してきた技術者にも新たに着手し易い維持管理の点検や修繕に関わる技術、地場に存在する技術的な強みを活かした地方創生に繋がる技術なども、今後は強く求められていくのではないかと。

また、ドローンに代表されるロボットの建設分野への応用はもちろん、将来にわたって継続的に伝承し得る情報(データ)の保存や利活用に関する技術や、作業員の安全確保という観点から、医療などと連携し得るような、他分野との連携・拡張できる技術も必要になってくるかもしれない。このほかにも、土木工学ではない他分野で開発されている技術、高度・効率的だが複雑な技術だけでなく簡便・確実でエラーの少ない再現性のある技術なども、望まれる技術の方向性として考えられるのではないかと。いずれにせよ、国土交通省が推進する i-Construction の理念も踏まえつつ、

道路の計画、設計から施工そして供用中の維持管理まで、単独の工程での効用だけでなく、設計、施工時の情報を維持管理のステージで活用するなど、必要なデータを確実に継承し、全てのプロセスを俯瞰し、新たな価値の創造に繋がるような情報基盤の整備に関する技術が強く望まれると思われる。

今後のインフラに関して望まれる技術について留意すべき点は、インフラを最も身近に利用する自動車や物流などのモビリティをはじめとする関連分野の技術革新の動向である。昨今では、自動運転をはじめとするモビリティ分野のイノベーションが急速に進展しているが、自動車や物流車両の自動化が進展した場合、果たして今のような道路網、信号ネットワーク、付帯設備などは、今のままの考え方の延長で未来社会が迎えられるのか・・・？仮に、自動運転が快適に走行するはずの道路が、大規模修繕で通行止め、あるいは豪雨災害で電柱が倒壊して使用禁止、というような光景は、いかがなものかと感じている。

さらに、本文の表 - 1 で示した 2030 年までの国際的な達成目標である SDGs に対し、我が国は Society5.0 を実現することで貢献しようとしている。Society5.0 の内容については説明を割愛するが、Society5.0 が目指している人間中心の社会では、未来社会を実現するための技術を下支えし、利用者にサービスや価値を届けるうえでインフラは不可欠であり、これらが連動して初めて、人間中心の未来社会も実現することが可能となる（図 - 3）という考え方をもちたい。

さて、東北地方のインフラに話を戻すが、例えば宮城県では、この 10 年の復興期間は、最初の 3 年を復旧期、その次の 4 年を再生期、最後の 3 年を発展期と位置付けた。つまり、東日本大震災からの復興の目標は「元どおり」ではなく「元どおり以上」に発展することを期していた。こういう観点から復興事業を総括すると、どのようなまとめができるであろうか。東北地方は、今回の復興事業で得た成果を、元どおり以上の「未来」をもたらす東北地方へとけん引するインフラを整備することができたであろうか？

5. おわりに

2014 年からスタートした戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は、科学技術イノベーションに関する国家プロジェクトとして現在も継続しているが、第 1 期にあたる 2014～2018 年には、インフラ維持管理に直接関連する分野として「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」プロジェクト（SIP インフラ PJ）が設けられ、約 1500 名もの専門家ならびに技術者らが総力を結集して数多くのプロジェクトが実施された。その後、2018 年からは官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）がスタートしたが、このプロジェクトにおいても、重点分野として「革

新的建設・インフラ維持管理技術／革新的防災・減災技術」が定められている。このように、インフラに求められる技術については、インフラの維持管理が大きな社会問題として認知されるようになった経緯と連動するように開発が進められてきているが、これらの動向を俯瞰すると、少しずつかもしれないが、インフラの維持管理は着実に前進してきていると思われる。

2019 年 7 月に、金融・世界経済に関する首脳会合（G20）が大阪で開催された。会議の公式 web には、会議の成果として「付属文書」という文書がまとめられている。これらの文書にはインフラ（建設）に関するものがあり、その中に「質の高いインフラ投資に関する G20 原則」という文書がある。詳細な内容は割愛するが、この文書の要点は、地域経済の活性化の観点からもインフラ整備は世界的にも重点的に推進すべきであることが記されている。この点は、米国のバイデン政権が、コロナ禍における自国の経済対策として 220 兆円にも及ぶインフラ整備を重点政策として打ち出したことでも頷けるところである。

また、本原則には、これからのインフラは、設計、施工だけでなく、供用中の維持管理についても十分な配慮のうえ整備すべきことも記されている。さらに、インフラの質の高さとは、インフラそのものの耐久性などの質の高さだけでなく、契約事項を遵守するなどの清廉性や透明性に関する事項が含まれている点であるが、これらの要件はいずれも我が国の強みを活かすチャンスと捉えることができるのではないだろうか。

ここ 10 年の間に、我が国のインフラに関する主な取り組みなどを概説し、これからのインフラのあり方についても私見を述べさせて頂いた。本稿が、多少なりとも読者の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 久田 真：東北地方における自治体支援の取組み～東北大学インフラマネジメント研究センターの活動を通じて～、土木学会誌、Vol.199, No.12, p.88-89, 2015.12
- 2) 久田 真、鎌田 貢：インフラ維持管理と東北インフラ・マネジメント・プラットフォームの構築、道路建設、No.778, p.26-33, 2020.1
- 3) 久田 真：Society5.0 における建設の役割、建設機械、Vol.156, No.1, p.36-41, 2020.1
- 4) 内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）：<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>
- 5) 内閣府・Society5.0：https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- 6) G20 大阪（公式 web）：<https://g20.org/jp/>
- 7) 東北大学インフラ・マネジメント研究センター：<http://imc-tohoku.org/>

【2021 年 8 月 10 日受付】