

【会議名称】

日本学術会議 土木工学・建築学委員会インフラ高度化分科会（第24期・第6回）

【開催日時】

令和元年8月9日（火） 10時～12時

【場 所】

日本学術会議 6-C(1)会議室

【出席者】

小林潔司，池田駿介，嘉門雅史，小松利光，東畑郁生，那須清吾，花木啓祐，安福規之

【議事前】

1. 議事要旨確認

第5回分科会の議事要旨については、メール回覧により確認，承認済み。

【議事内容】

各分科会委員からインフラ高度化の課題、方向性についての意見を報告して頂いた。ただし、天野玲子、依田照彦氏は書面にての報告。報告内容は以下の通り。

1. 池田駿介

極端な降雨による洪水災害のみでなく、気候変動は水資源にも大きな影響を及ぼしつつある。その中で、これらの適応策としてダム役割が期待されており、治水・利水機能の維持向上が課題となっている。

気象庁気象研究所の超高度解像度全球大気モデルによる現在と将来の気候（2075～2099）における降水量変化を利用して、全国 109 水系の日平均河川流量を調べ、流況曲線を描くと将来の水資源の状況を把握することができる。また、年間の流況のみならず季節変動の影響も重要である。また、各地のダムで問題となっているダム堆砂による容量減少も重要なファクターとなる。これらによると流況は、地域によって異なり、対策も異なってくる。特にこれまで何とか乗り切ってきたものが流況の変化および堆砂の執行により、渇水期にパンクしてしまうケースが出てくることで、供給量がゼロとなる事態が生じ、社会的に大きなインパクトを与える。

これらによる対策として、堆砂対策は勿論のこと、適地があればダムの上池を作り、そこに貯留することを提案する。現在のダムの再開発の考え方は排水トンネルを設置して、洪水に備えて予め放流するという方法であるが、むしろ貯留して洪水を防ぎ、しかも水資源や発電として利用する方がよいと思われる。太陽光や風力発電は、供給と需

要の時間的バランスが取れず、貯留方法を考える必要がある。これらの再生エネルギーを利用して洪水時に上池に揚水してダムを確保し、この水を発電に利用することが考えられる。費用との関係もあるが、発想の転換が求められる。

人材育成： 我が国は、インフラ高度化に対応できる若手人材の育成が遅れている。人材開発において、特に大学を卒業してから例えば技術士になる 40 歳までくらいの 15 年間程度の人材育成制度がなく、急いで IPD（Initial Professional Development）の枠組みを構築しなければならない。国土形成計画においても技術者育成の観点がないのは残念であり、技術者は自然に育つと考えているのかもしれないがこれは間違いである。米国で企業が人材育成に使う費用は GDP の約 2% であるが、わが国はわずか 0.1% である。人材が育たないと高度なインフラも絵に描いた餅になる。

2. 嘉門雅史

総務省の「自治体戦略 2040 構想研究会」報告によれば、2040 年には出生数は 74 万程度になる見込みであり、総人口は 1 億 1092 万人となって毎年 90 万人程度減少し、高齢者人口比率は 36.1% で 2042 年にピークを迎えると予測されている。地方では消滅する市町村が激増するだけでなく、三大都市圏でも高齢化の進行が著しくなり、空家の増大による危険街区の増加が懸念されている。人口減少の速度を低下させるには海外からの移住者の増加に待つしかないが、増加率の上昇はなかなか難しい。

インフラの整備には計画策定から、設計・事業着手、建設まで長期にわたることから、整備に要する時間スパンを考慮すると、2040 年という 20 年後の世界は目前に迫っている課題に他ならない。人口増加モデルの総決算を徹底し、人口減少社会に適合したインフラ整備と維持管理のシナリオを確定しなければならない。国土交通省の「国土形成計画」の国土の調和ある発展を期すことはもはや困難であることを認識し、「選択と集中」に向けたインフラ整備計画を策定することが、結果的にインフラの高度化に繋がるものと考えられる。

課題：現在のインフラの老朽化は著しく、更新費用を含めて維持管理費用は天文学的であるが、それ以前に国土の空間管理の見直しが急務であると考ええる。我が国の地籍の確定率は極めて低く、最低の京都府では 10% に満たない。痛みを伴う改革を避けてはならない。また所有者不明山林や、耕作放棄地の増加によって、防災・治安の課題が山積している。現在の立地適正化計画や、コンパクトシティ構想が強力に推進されて、生き残りをかけた社会の構築を考えることが早道であろう。

戦略：

- (1) 国土の地籍の確定を強力に推進するべきである。
- (2) 行政の枠組みを超えたインフラ整備の展開を図るために、圏域としての連携を図る。
- (3) 国土ネットワークの確立のために、基盤施設としての運輸交通網の選別を図り、重点整備する施設と放棄する施設を明確に区分けする。
- (4) 人口 30 万人程度のコンパクト化した都市域には、IoT 等を活用した高度インフラ

の更新と整備を積極的に推進する。

- (5) 既存ストックとしてのインフラの有効利用のために、インフラの点検から補修・補強システムの標準化と基準化を早急に図る。

3. 小松利光

気候変動による災害外力の増大下では大型防災インフラ（ダムや堤防等）の破綻大災害につながる。

昨年の西日本豪雨災害では、国交省所管の 213 ダムで洪水調節を実施し、その内 8 ダムで異常洪水時防災操作（但し書き操作）を余儀なくされた（野村ダム・狩野川ダム等）。災害の特性としてダムや堤防は『 All or nothing 』的性格をもつ。

ダムが通常の治水操作が出来て堤防が破堤しなければ、それ程大きな被害は出ない。短いタイムスケールでの「災害外力の増大、社会環境の変化」に対して、防災インフラが破綻しないようにするための（それ程お金と時間をかけない）ストレステストと緊急的手当が必要。例：ダム湖の網場（アバ）の点検強化、灌漑用ダムや電力ダムと治水ダムの連携協力による治水能力の強化（寺内ダムの例）、支川合流部下流側の堤防の強化（多くの破堤が見られる）、大型インフラのストレステスト、流木捕捉施設、河川施設や橋梁の流木や土砂に対する備え、危機管理型水位計を用いた天然ダム検知システムの構築等

コメント：最新の科学技術を用いた「インフラの高度化」も良いが、人命と財産を守るために気候変動下での急激なハザードの増大（想定してなかった）に対して防災インフラを破綻させないための手当がまず必要である。

4. 東畑郁生

目標：

- ・ 世界人口のゆるやかな減少。地球にホモサピエンスが繁殖しすぎた。
- ・ 我が国に繁栄継続。
- ・ ただし受忍すべき事柄はあるだろう。

(1) 目標細目

- ・ 我が国の人口は、微増を目指す。微増を目指すことによりトータルでは微減。
- ・ 世界人口は微減させる：急減はショックが大きい。
- ・ 社会の繁栄：個人の自己実現による。おしゃれ、高級腕時計購入、趣味などすべては自己実現。しかし今の日本国社会では、勤労を通じた自己実現が容易ならず。

(2) 周辺状況

- ・ リニア新幹線の開通が近い。
- ・ 大都市に埋め立て人工島が次々に造成。
- ・ 地方の衰退。画一的な国に。
- ・ インドとアフリカの人口爆発。

(3) 方法

(3-1) 国内

- ・ リニア新幹線の駅（甲府、飯田、中津川）周辺に**高価な**ものづくりタウンを設ける。

地方を衰退させない。専門職大学を誘致。新設あるいは既存工学部の拡張、改組など。個人能力を発揮しやすい分野優先。相模原は十分都市化しており除外。

- ・並行して、ものづくり者工房を設ける。設計や調査業も可。スペースは家賃低廉に。専門職大学の指導者も兼任。リタイアした中高年腕自慢の人格者優先：年金と大学給与で基本的に生活成り立つ。＋工房を営業。
- ・工房は大都市の会社の分室でも可。本社は品川・名古屋駅の周辺。リニア新幹線で移動瞬時。運賃は会社負担。
- ・新幹線は当初の意図に反し、地方のビジネスを東京へ吸い取ってしまった。この教訓要注意。
- ・専門職大学の学生：高校新卒に限らず。社会人教育も。
- ・一般市民もこのタウンに住めば住環境がよく、子育てスペース確保可。保育士資格者は保育園に優先雇用、その子供は優先入園。
- ・同時に、品川・名古屋駅（本社所在地）に近い埋め立て地に、産業特区設置。大都市志向、子作らず、かつ個人のビジネス能力の高い人々にも活動の場。所得税、就労ビザの障壁撤廃。

（３－２）世界

- ・インドに住んでいた体験：教育レベルの高いクラスは、子供の数が少ない（せいぜい二人）。
- ・**高等教育の推進**→職業志向→出産の減少。インドでは可能。
- ・アフリカでは部族間の争い（利権争奪戦）が激しく、社会をマネージできない。
- ・人々が戦いに倦むまでは手が付けられない。西欧も第二次大戦までは、好戦的であった。
- ・資源に恵まれないアフリカの国（ガーナ、エチオピア）はマネージ可能。独裁者を受容するか？石油と天然ガスに恵まれたナイジェリアは治安が最悪。

（４） 受忍すべきことは？

- ・ふわっとして快適な社会、辛いことの無い社会は目指さない。
- ・寿命が長すぎるのは次の世代に負担が大きすぎる。90歳の両親を65を過ぎた子供が介護？。
- ・人が亡くなるのは悲しいが、治療しすぎも問題。我が国では毎年150万人ほどの人が亡くなっている。これをゼロにはできない。天命あり。宗教や死生観は重要。まだ使命を背負っている人々には、生きていただきたい。
- ・85歳以降の生活習慣病の治療は自己責任、自己負担大幅引き上げ。年間予算に限度設定。

5. 那須清吾

提言 1 22世紀の国づくり、「幸せ」とは何か、人類が目指す幸福の実現とは何か？

○飛鳥時代 ⇒江戸時代 ⇒明治時代 ⇒現代 ⇒100年後で。

（問）日本人の幸せは時代で変わるのか、産業構造も時代が選択した結果では。

(答) AI が人間の洞察と課題解決提案を越え、人間が哲学・価値観や判断力を中心に機能し生きていく時代は、幸福はより人間の根源的な欲求と精神性に基づく。これを提供するのは、地方や自然かもしれない、住む場所に依存しない社会環境で。

AV（自動運転）が中山間の生活と社会に革命をもたらす様に、VR（仮想現実）と物理的世界が繋がった時、都市と地方の格差と距離が無くなる可能性がある。

○各時代の社会基盤や技術、自然環境や世界情勢と調和して、幸せを追求して来た。

(問) 社会基盤や技術は手段であったが、AI は産業革命の様に人間の在り方に影響も。

(答) 人類の歴史上初めて、人間が生み出す論理を越えた正解と思われるシステムが世の中を導く時代が来る。人間は賢くそれを読み解き、現代の社会基盤の延長線上で何が間違いで、何が幸せかを判断する能力を求められる。

技術ではなく、法律や制度、哲学や倫理、知性と価値観がより重要な役割を果たす。これらの在り方とその教育方法が問われる時代になる。社会基盤が AI や IoT によって創造される時代は、土木技術者はより慎重な経営者となるべきである。

○地方（都市、中山間）と大都市圏でそれぞれの幸せがあるはず。

(問) 基本的な幸せや生活の要素、これを支える基軸は何なのか。

(答) 21世紀のグランドデザイン（最後の全総計画）に描かれた未来社会は現実となっている。しかし、日本人はその社会基盤を新たな未来社会の為に使いこなしていない。それは、土木工学が社会システムのデザインに集中する必要性を示している。

人口減少は国内消費を減少させて海外依存度を高める危険性がある一方、AI による効率的で効果的な社会創造がこれを克服し、経済・所得を維持する可能性が高い。それは、都市と地方の格差を初めて解消する可能性がある。

提言 2 国家 100 年の計が人材育成、1000 年の計は文化、次世代継承できる社会構築？

○日本人とはどのような存在なのか？

(問) 聖徳太子以来、神道に加えて生まれた仏教の精神性と土木建築的造形物の継承とは。

(答) 日本人が生み出す快適性、気持ち良い社会は、日本人にしか作れない。真面目で丁寧、相手の身になって考える姿勢やマニュアルにはない創意工夫など、守るべき DNA を見定めて守る。

土木建築的造形物の継承は、古い文化と新しい文化が自然とともに調和する日本社会が文明として創造する役割を果たす。都市と地方に同等に成立するはずである。

提言 3 「22 世紀の世界の中の日本」像？

○国際的に尊敬される日本として自律する将来像。

(問) 諸外国が羨む日本とは、経済的豊かさと美しい社会の継続とは。

(答) 人口減少と高齢化社会の日本は、古い社会基盤と AI や IoT などの新たな技術の統合により快適な社会を創造し、それが経済的な効率性を生むことで、旺盛な需要と

豊かな収入をもたらす制度設計が必要である。土木工学は、その仕組みを支える基盤の役割を果たすべき。地方の新たな社会システムや農業などの高度化こそが、その先兵となり得る。それは世界の羨む社会であるべき。

○日本人の幸せは、家族や社会の人々との結びつきの在り方

(問) 単独世帯が主流となった日本社会でどの様に良き日本を継承するのか、地方は不利なのか。

(答) 古い社会基盤と AI や IoT などの新たな技術の統合により快適な社会は何処にでも出現する。AI や AV は効率的に地方の単独世帯へのサービス提供を実現し、高齢化と単独世帯化の課題を解消する可能性がある。むしろ、地方の方が課題を解決し、快適な自然環境の中での生活環境と仕事環境を得ることが出来る可能性がある。気候変化は都市環境を劣化させ、地方の価値を高める。

6. 安福規之

地球温暖化対応におけるインフラ技術の付加価値性

・SDGs がインフラ技術に求めるもの

生産性の向上と労働環境の改善、気候変動への対応の観点を切り口として、地球の豊かさを守るインフラ技術の高度化のあり様について分析する。

・気候変動対応におけるインフラ技術の実情と可能性

気候変動対応策は、緩和策と適応策に分けられが、前者は、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出削減と吸収に寄与する対策で、具体的には、省エネルギーへの取り組みや再生可能エネルギーの普及拡大、森林整備などである。後者は、防御、順応、退避することで気候条件に対して順応的に対応することを指し、台風被害に備えた防災減災や生態系の保全などが挙げられる。そうした中でのインフラ技術の実情と可能性について整理する。

・ブルー・グリーンカーボンとインフラ技術の関係性

藻場や浅場等の海洋生態系により蓄積されるブルーカーボンが、地球温暖化対策の新しい可能性として世界的に注目されている。ブルーカーボンとグリーンカーボンをめぐる現状とそれにかかわるインフラ技術の関係性について、主に地盤工学的な視点から整理する。

・インフラの高度化における付加価値性と持続性

インフラ技術の付加価値性を高めたインフラ技術の開発が求められる時代になっている。緩和策的要素と適応策的要素とを融合した付加価値性の高い技術開発の可能性、人類の経済活動を活性化しつつ持続可能な地球を実現する高度なインフラ技術の可能性などをいくつかの具体的な事例を通して、主に地盤学的視点から考える。

SDGs の実現に貢献するためには、「時間軸」と「地域軸」,「空間軸」を適切に捉え、例えば、「減災と地球環境の再生」、「減災と新しい産業構造の創成」、「緑化と地球環境の再生」、「緑化と新しい産業の創成」に繋がるような複数の価値を有し、ある

いは複合的な価値を効率的に支えるインフラ技術の総合(統合)化の推進が必要であることに言及したい。

その中で、SDGs に実現に関わる身近で具体的なインフラ技術を取りあげることで、インフラの統合化におけるハイテク技術からローテク技術までの幅広いインフラ技術が「時間軸」と「地域軸」,「空間軸」の中で抱える現状と技術的・社会的課題や意義を整理し、低炭素社会の実現を視座においた地球の豊かさを守る（SDGs の実現に貢献する）インフラ技術の高度化のひとつのありようを示したい。

・インフラの高度化と教育

わかること、つくること、共生すること、ひとを育てることはセットであるべきである。例えば、インフラ技術の高度化の中で AI 等の導入、環境との共生が求められる中、これからの土木人材として求められる素養とはどういったものなのか？これからの土木教育の将来のあり様を現状分析し、考える。

7. 天野玲子

現状：高齢化社会、インフラの老朽化、地球温暖化、災害の多発・巨大化、低炭素社会への移行、価値観の多様化、IoT 技術の発展、国力の衰退

よりよき社会：地球温暖化や多発する災害を前提としつつも、多くの高齢者を交えた国民一人一人の価値観を尊重した、安心・安全で成熟・安定した社会

そのためにはどのようなインフラ整備が必要か：「よりよき社会」を実現するための一つの答えが、個々人の移動を最適化するために様々な移動手段を活用し、利用者の利便性を高めるための MaaS(Mobility as a Service「サービスとしての移動」)である。これはマイカー以外のすべての移動手段をひとつのサービスとして捉え、シームレスにつなぐものであるが、これを実現するためには道路等のインフラを巻き込んだ多様なシステム化が必要となる。現在、IoT 技術の発展には目覚ましいものがあり、自動車産業や IT 企業を中心に自動走行技術を核としたシステム化が進められている。

これらの動きに建設分野が対応するためには、巨大化しつつある自然災害が想定される中で、老朽化の進んだインフラの合理的な維持・管理体制を整備するとともに、早急なインフラのシステム化を進める必要がある。そのためには、これまでのハードインフラ中心の考え方を脱却して、インフラのシステム化を実現しそれを支えるための IoT 技術によるソフトインフラの整備を進めることが必要である。そのソフトインフラのマネジメント体制を整備するとともにそのための人材育成も早急に進めるべきである。

また、高速道路等についてはシステム化の動きが出てきているが、国民に安全・安心な生活を提供しようとすれば、国、高速道路会社、地方自治体などの管理主体別のインフラ整備を統一的に管理する体制も必要となる。

8. 依田照彦

現状認識：高度成長期以降に整備されたわが国の社会インフラでは、建設後 50 年以上経過するインフラの割合が急激に増加している。適宜適切な維持管理手法を導入することによって、社会インフラの長寿命化や維持管理・更新のトータルコストの縮減・平準化を図ることが喫緊の課題とされている。その一方で、社会インフラの損傷・劣化のセンサによる計測技術や、計測データを収集・伝送する通信技術、データを分析評価する技術等を用いたモニタリングシステムについては、目覚ましい進歩・発展がみられる。しかしながら、モニタリングシステムを社会インフラの維持管理の現場に活用するための指針となるべき具体的な方法や考え方などが示されていないため、合理的で効率的な技術をどのように適用すべきかインフラの管理者が迷うことが多く、本格的な現場導入に至っていないのが現状である。

課題：このような現状のもとで、インフラの合理的かつ効率的な維持管理を考えると、インフラの劣化や損傷のリスクを点検・診断により正確に評価して、その評価結果に基づき維持管理計画を作成するのがよいのではないかとと思われる。すなわち、維持管理計画や点検・診断計画の立案にあたって、リスク評価を取り入れ、リスクの高低によって維持管理作業に優先順位を与え、維持管理を計画的に行い、ライフサイクルコストの最適化を目指そうとする考え方である。具体的には、高リスクの劣化・損傷に対しては優先的に対処し、その一方で低リスクの劣化・損傷に対しては維持管理作業を縮小または延期することによって、インフラ全体のレジリエンスを維持しながら維持管理費の最適化を図ることである。リスクの高低で優先順位付けされた維持管理計画を作成することによって、インフラの信頼性向上および維持管理費の最適化を図ることができる。

実装戦略：

実験・解析ならびに現場実証に基づいた最先端のモニタリングシステムを現場に導入するためには、点検から補修・補強に至るまでの維持管理サイクルを高度化・効率化し、実際のインフラ管理者のニーズを踏まえ、モニタリング技術と維持管理のマッチングをはかり、モニタリングシステムを基準化・標準化し、インフラ管理者のニーズに合致した導入しやすいモニタリングシステムを提案する必要がある。さらに、課題の箇所ですべてのライフサイクルコストを維持管理計画段階から明示することがインフラモニタリング技術の実装を考える上で欠かせない。