

人口減少時代のインフラ整備論：計画と技術の観点から*

Infrastructure development and management in depopulated society from planning and technology perspectives *

植村哲士**・松岡末季***・北詰恵一****・宇都正哲*****・浅見泰司*****

By Tetsuji UEMURA**・Miki MATSUOKA***・Keiichi KITAZUME****・Masaaki UTO*****・Yasushi ASAMI*****

1. はじめに

2008年以降本格的な人口減少社会に入った日本において、人口減少期のインフラ整備計画のあり方について確立するのは喫急の課題である。しかしながら、コンパクトシティやアセットマネジメントなどインフラ整備に関連する様々な計画技術について議論が行われている一方で、インフラ整備計画の全体論について議論されていない。また、インフラ整備計画の前提になるインフラ整備技術の今後の方向性についても十分な検討がなされていない。本稿では、人口減少がインフラ整備に与える影響を管理できるようなインフラ整備計画やインフラ整備技術のあり方について試論を試みている。

2. インフラ整備を議論する3つの視点

インフラは、一度壊れても再建可能である。しかし、森林などの再生可能な自然資本と異なり、人為的に維持管理・更新を行わない限り、いつか、廃墟と化し、社会の存続を危うくさせる。利用と維持・管理の観点から人口資本であるインフラの人口減少による影響を考えると、単にインフラの利用者が減少するだけでなく、インフラ管理のための資金の払い手が減少し（資金負担が増加し）、管理するための技術者が不足することも考えられる。これらの人口減少下で考えられる様々な問題について議論していくためには一定の視点を持つことが必要である。

従来から、インフラ整備は効率性・公平性などの視点で議論されてきた。昨今の「無駄な公共事業」論もインフラ整備の非効率性が想定されている。この効率性について、何の効率性を重視するかはともかくとして、対象が定まった後は効率的であることのほうが望ましいことは論を待たない。問題は、経済的効率性や経営的効率性などの表現からわかるように、インフラに関しても多様な効率性が混在し、発話者の都合のよい効率性が文脈に合わせて使われているところに議論の混乱の源がある。

他方、「日本列島改造論（田中，1972）に代表されるように、都市と地方の格差縮小を目指したインフラ整備のために「地域間公平性」という論理が用いられている。日本の都市は地方から食料やエネルギーなどの財や、若年層などの人的資本を供給され、それらの資本を都市内で効率的に生産・消費活動に振り向けることで、その成長を実現してきた。一方で、資本を供給してきた地方に成果を分配する時期になってみると、地方の居住者が減少しており、一人当たりの分配額が都市と比べて不均等になるなど、公平性の歪みが生まれている。

更に、人口減少時代においてインフラを利用し続けるためには、インフラが持続可能であることが重要になる。通常、持続可能性や持続可能な開発（発展）とは、人口成長期、経済成長期に、人間の社会経済活動と資源利用等の環境との調和を世代間にわたり調整していくための論理であるが、縮退時代であっても、一人当たり負

*キーワード：計画基礎論

**正員、人環修、野村総合研究所社会システムコンサルティング部

(東京都千代田区丸の内1-6-5 丸の内北口ビル12F、

TEL:03-5533-2955、E-mail:t-uemura@nri.co.jp)

***非会員、社工修、野村総合研究所社会システムコンサルティング部

****正員、工博、関西大学関西大学環境都市工学部都市システム工学科 准教授

*****非会員 PhD 野村総合研究所社会システムコンサルティング部

*****非会員 PhD 東京大学空間情報科学研究センター教授

担とインフラサービス供給のバランス等を議論していく上で、「持続可能な社会」、「持続可能な発展」という考え方に則ってインフラ整備のあり方を議論することは意味のあることである。

この持続可能性は世代間公平性の考え方を内在しており、従来は世代会計で議論されてきた給付と負担のバランスについても包含している概念である。

以上の効率性・公平性・持続可能性は、インフラ整備を考える上で普遍的な視点であると考えられる。そこで、人口減少社会におけるインフラ整備をこれらの視点から検討した場合にどのような課題が考えられるのかについて、特に、計画論と技術論に関して議論を行った。

3. 計画論

ここでは、主にわが国のインフラ整備の方向性を規定してきた全国総合開発計画において、各時代のインフラ整備計画と時間性・空間性および効率性・公平性・持続性がどのような関係にあったかについて議論することで、人口減少時代の計画論のあり方を探る試みを行った。

(1) インフラ整備計画の変遷

政府が計画から資金拠出、整備、維持管理まで担っていた時代から、地方自治体への分権および民間資金の活用、そして民間セクターによる運営、地縁組織や国民個人による自治的マネジメントへと徐々にシフトしてきたといえる。

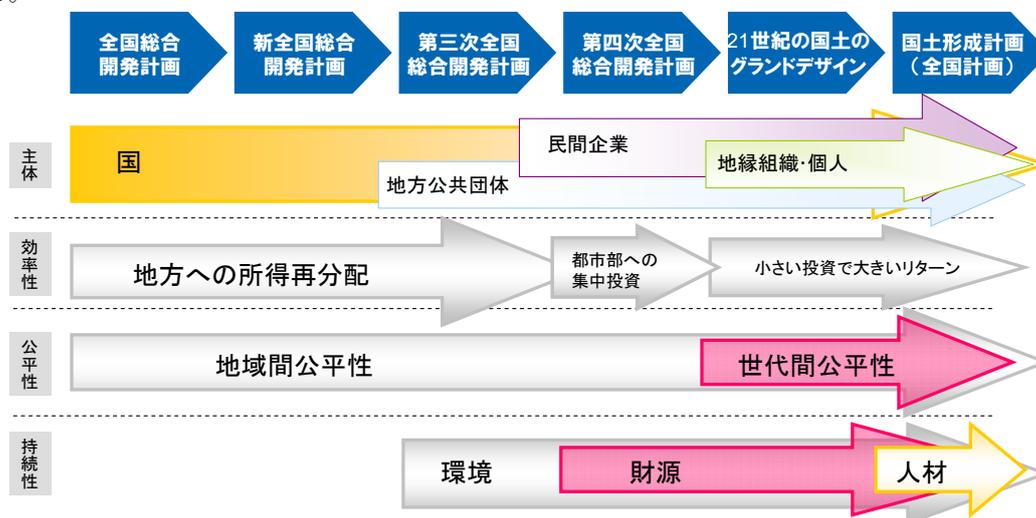


図-1 インフラ整備計画における論点の変遷

(2) インフラ整備計画における「効率性」

日本のインフラ整備は、基本的に、経済効率性を一貫して優先してきたといえる。異なるのは、第四全総までは経済発展に資するインフラ整備を優先し、経済が発展することでその所得を分配するという考え方が根底にあったのに対し、第五全総以降は、公的セクターの財源

1960年代は計画策定・整備・資金の出し手・維持管理の全てを政府が主導し、担ってきた。その後、1970年代に入って地方分権運動が盛んになったこと、オイルショックを契機に政府の財政赤字が増大したことから、整備の担い手として地方公共団体にも着目されるようになった。世界的にオイルショック後の不況から政府が公共部門を縮小し、新自由主義が台頭したのが1980年代のことであった。わが国において1980年代は好景気に沸き、経済活動の活性化のために各種規制が緩和された。その流れの中で民間活用が奨励され、投資主体および不動産開発主体として民間企業が大きな役割を果たした。また地方公共団体も、公共施設開発のために多くの資金を投じた。

バブル経済が崩壊し、経済活動が停滞する1990年代に入ると、政府、地方公共団体ともに財政状況はいっそう厳しくなり、従来のようにインフラ投資・整備主体であり続けることが難しくなった。新たにPFI方式等の官民連携スキームに着目が集まるようになり、投資主体としての民間セクターの重要性が増した。また地方分権の機運の再びの高まりも受けて、より地域分権を推進するとされ、地方公共団体が主体となって基盤整備等を行えるような仕組みが整いはじめた。NPO、自治組織、教育機関等のローカルセクターがインフラ運営主体として着目されるようになった。さらに2000年代に入ると「新たな公」の概念が浸透し始め、非公的セクターで担える部分は共助・自助で補うという機運が高まった(図-1)。

が厳しくなったことから、できる限り少ない投資で大きな効果を得るという方向性にシフトした点である。

(3) インフラ整備計画における「公平性」

当初は大都市-地方間の公平性が論点となってきた。基本的には大都市部の所得を地方へ分配するという方針が貫かれているが、時代によって投資対象が大都市部へ

集中していたこともあった。そして第五次全総において、新たに世代間公平性が論点として加わった。これは主に人口減少下において少子高齢化問題が顕在化する中で、インフラ整備においても現在世代と将来世代とが適切に費用分担すべく、適正な受益者負担のあり方を考えるべきとされた。

(4) インフラ整備計画における「持続可能性」

インフラ整備における持続可能性は、比較的最近になって論じられるようになった。1960年代後半頃には公害問題、都市部の過密問題を受け都市成長の限界が顕在化し始めた。そして1973年のオイルショック等とその後の不況を契機として第三次全総では「国土資源の有限性」

「高い経済成長が持続し得ないこと」などという観点から開発の持続性の萌芽とも言える考え方が現れた。第四次全総では、環境の恩恵を持続的に享受できるべきである、という点から環境の持続性について触れられ、第五次全総において初めて「国土の持続的な利用」という表現が現れた。第五次全総では自然環境、農業、エネルギー、産業といった多岐分野にわたって持続性の重要性が強調されている。さらに2008年の国土形成計画においては国土利用の持続可能性の観点のみならず、世代を超えた財源分担および人的資源育成の観点からもインフラ維持管理の持続性について触れられた。更に、インフラの老朽化に対応するための維持更新投資の増大への対応の必要性にも言及し、新規にインフラを整備することのみならず、既存インフラの維持管理に主眼が置かれた計画となっているといえる。

4. 技術論

(1) インフラ整備技術の変遷

インフラ整備の技術的関心とは、いかに社会環境の変化に対応しながら、国民の生活・文化、産業・経済活動を支えていくかということである。

これまでのインフラ整備の技術の流れとして、巨大化・長大化傾向が見られた。昭和44年から始まる新全国総合開発計画において唱えられた大規模開発プロジェクト方式を持ち出すまでもなく、ダム、トンネル、橋梁などは、旺盛に増加する需要を満たし、さらにスケールメリットを活かして効率よく対応するために、巨大化・長大化した。構造物そのものの大型化に関する技術だけでなく、大きな部材を生産する技術やそれを扱う土木機械に関する技術、施工技術も含めて、すべてにわたって大きなものをつくるための技術開発が進んだ。明石海峡大橋や青函トンネルなど、各分野において世界でも長大なものが日本に存在する。

また、強度や耐久性の向上の歴史であったともいえる。巨大化・長大化した構造物は高い強度の部材を必要

とした。より重要なことは、度重なる自然災害に対応するため、台風や梅雨によって増水した水圧や、高潮や津波に対抗できる堤防や防波堤・防潮堤を作り、強い地震にも破壊しないインフラ構造物を作る耐震化技術の向上である。このことによって、災害大国日本において、急増する国民財産を守り続けた。

このような技術の発展は、インフラの材料の高度化技術の進展とも関連する。選ばれる材料そのものも、土・木から、煉瓦、セメント、鉄筋コンクリート、鉄・鉄鋼など、より強度が高く、耐久性やさまざまな外力への対抗性能が優れたものが開発され、併せて、施工性の高いものや環境への負荷の小さい材料が世に送り出されてきた。コンクリートと鉄鋼については、現在もその材質に関する技術開発は進められている。

国民は、インフラから得られるサービス水準の改善を求めてきた。個々のインフラの基本的な機能だけでなく、より快適で豊かな機能の改善を要求し、インフラは、それに応えようとしてきた。高規格化は、インフラの一つの流れになってきている。ただし、近年の財政の制約下では、インフラによってこのような高規格のサービスを提供することに疑念が投げかけられている。サービスを二極化させ、より高規格のサービスは、応分の費用負担によって、民間の施設で提供されることが望まれるかもしれない。

アセットマネジメントは、長寿命化を進めている。阿部(2006)は、インフラの機能としての長寿命化の必要性を、コスト削減、安全強化、資産保全、環境負荷軽減などの面から説いている。国土交通省は、道路、住宅、公園、上下水道など、幅広い範囲のインフラの長寿命化の支援制度を充実させている。

防災や都市活動のためのインフラは、いわば、自然に対抗することを志向する技術であった。自然外力を力学的に防ぎ、高度に効率化された都市機能は自然と分離したものになった。人々は、これを反省し、自然と共生・調和するインフラのあり方を模索し始めている。

社会基盤技術の学際化をあげることができる。もともとシビルエンジニアリングは、幅広い学問体系を網羅するものであるが、それでも、力学系、材料系などが個々に発展してきていたものと考えられる。しかし海洋学、気象学、地理学などと関連しながら発達した海岸工学、さらに、地球物理学、地質学、農業工学、林学などと交流しながら進められた水文学、建築、農業土木、地質学などと関連が深い土質工学など、インフラ技術を支える学問は、隣接する学問体系を取り込みながら発展を見せた。さらに、ORの分野や経済学などの考え方を取り込みながら土木計画学が発展してきたことも指摘しておきたい。

(2) インフラ整備技術における「効率性」

効率性をインフラ整備による提供サービスをその費用で割ったものであるとすれば、人口減少によって量的な提供サービスが低下するにもかかわらず、費用が変わらないことを意味する。インフラ整備技術と効率性という観点では、「インフラ需要に応じて効率よくインフラサービスを提供できるようにするための技術」という点と定義できるであろう。人口減少時代では特に時間変化に伴ってダウンサイジングを行っていくことが重要になる。規模の小さいインフラの基本的技術は、過去に存在するはずであるが、大規模なものから小規模なものへ移行する技術は、未経験なものが多い。効率性を考えた場合のインフラ技術は、この点が重要になる。

(2) インフラ整備技術における「公平性」

公平性については、世代間公平性と地域間公平性について考えるべきである。世代間公平性は、世代ごとの受益と負担費用が計測できさえすれば、インフラ技術とは別に財政的なやりとりで調整が可能であるが、財政的なやりとりに過重な調整を行わせないためのインフラの整備、撤退が必要である。地域間公平性は、人々がその地域に愛着があり、地域間移動に大きなコストと時間がかかることが前提である。しかし、人口減少は、人々の移動をインフラ整備水準の高いところに誘導する政策を不可欠としている。人々が地域間移動をするのであれば、移動コストを適切に補償することで、ある程度の公平性は保たれる。「公平性」に関する技術とは、このように適切にダウンサイズしたり、移動手段を提供することに関連した技術といえる。

(3) インフラ整備技術における「持続可能性」

インフラの材料のリサイクルや地元調達、また、規模の適切なダウンサイジングなどは、インフラ整備を行うための必要資源面の持続可能性に貢献する。必要以上に高規格のインフラを整備せず、高規格に伴うコスト増は、厳密な利用者負担を徹底することで、財政的な持続可能性も実現できよう。環境と調和し、自然と共生的なインフラ技術開発を進めることで、人口減少下においても持続可能なインフラ整備を実現できることになろう。

5. 人口減少時代の計画論・技術論

(1) 計画論

人口減少時代のインフラ整備計画は、時間のマネジメントと空間のマネジメントの観点から議論していく必要がある。

時間のマネジメントの主目的は、人口減少速度とイ

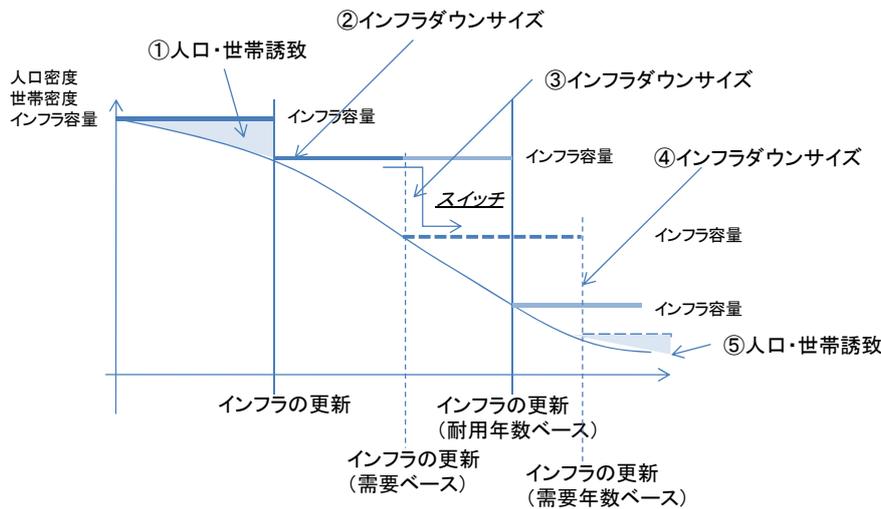
ンフラ更新の時間差を上手くコントロールしていくことにある。空間マネジメントとも関係するが、人口減少を緩和する努力を先に行うべき場合と、インフラそのものをダウンサイジングしてしまった方が良い場合がある。特に、インフラは、その性格上、初期投資後のしばらくは維持管理が必要ない。将来の再成長可能性を留保するためにも、この時期のダウンサイジングや撤去は、多少のコスト増があったとしても適切ではない。逆に、インフラの更新期が近づいてきている場合で、かつ、将来的に人口の回復が望めないような場所では、インフラを更新するよりも、インフラを廃止し、居住人口を他の地域に移転させる方が、社会的コストは低減する。

また、技術論とも関係するが、現在のインフラ技術開発は長寿命化が基本方針である。一方で、人口減少速度が速い地域の場合、長寿命化したインフラは数十年後には不要になる。この場合、インフラだけそこに残り残されることになる。逆に、20年だけインフラが必要ならば、20年だけもつインフラを開発し、そちらの方が建設・維持管理コストが安い場合、その地域からしてみると、そのインフラの方が望ましいことになる。

この観点から、その地域のインフラが、残り何年必要なのか、どのタイミングでダウンサイジングを行うかを考慮したうえで、インフラ整備計画を立案する必要がある。

更に、空間的な視点から、インフラ整備と人口配置を同時に議論する必要がある。このためには、インフラ整備だけでなく、土地利用計画や都市計画とインフラ整備を連動させていく必要がある。

地方に権限と財源を渡した場合、地方のインフラは利用者減に苛まれ、ダウンサイジングするにしろ、更新するにしろ、少ない利用者で相当量のインフラ整備費の負担を行っていく必要がある。他方、都市のインフラは、利用者がそれほど減少せず、現在と同程度の利用者でインフラ更新を考えていけばよいことになる。このため、人口減少時代にインフラ整備を地方分権化すると、結局、地方の負担を増加させることになる。もちろん、地区別に受益と負担を明確にして無駄なインフラ新設や更新は防いでいかなければならないが、必要なインフラを全国ある程度の等しい負担で整備していくことも、憲法が保障する居住の自由を実現していくために重要であると考えられる。このため、地方を中心とした部分最適の話と、国全体の全体最適の話をどのようにバランスを取っていくかが問題になる。基本的には全体最適を目指して、都市で金を浮かせて地方に回すこと必要になっていくと考えられる。この際に、ナショナルミニマムの明確化や、ダウンサイジングの促進など、サービスレベル上のギャップを地域的に発生させないことも重要になる。



図・2 インフラと人口要因の期間マネジメント

(2) 技術論

技術面については、インフラの寿命の短期化・低コスト化、需要変動への対応の柔軟化、技術継承が最大の課題になると考えられる。

インフラが人工物である以上、長寿命化しても、いつか、更新する必要がある。それまでの期間中需要が継続するような幹線部分を除いて、適宜、容量を削減したり、廃止したり、規格を引き上げる必要も出てくる。インフラの寿命を長くするのではなく、短くした方が、需要変動への対応を行いやすい。また、インフラは必要性があり建設されていることから、簡単に廃止することにはならないだろうが、一方で、需要減少下に過大需要のインフラを維持していくことは、維持管理費がかかるため経済的とは言えない。このことから、例えば、上下水道の建設の際には、長期的に容量を半減できるように、大口径のパイプを一本通すのではなく、中口径のパイプを二本通すことで冗長性と将来の需要変動への対応を取っておくということも考えられる。つまり、インフラのモジュール化である。日本の場合、耐震対策も必要であるが、インフラ全体として耐震対策を行うのではなく、各モジュールとその接合部分で耐震性を満たし、インフラ全体での耐震性を満たすというような発想が必要になってくるであろう。

インフラの長寿命化は、必要な技術者数を削減できるという面から、人口減少時代のインフラ整備に不可欠との主張もされる。一方で、技術継承のためには定期的な更新投資も必要である。特に、日本のインフラは高度経済成長期とバブル崩壊後に集中整備されているため、更新も一時期に集中する。財政制約のために新規建設が削減する中、一定の建設量を確保しないと、建設産業に従事する技術者の数も急減することが予想される。技術者を長期・安定的に確保するためにも、長寿命化だけでなく、適切な短期化と更新を行っていくことは必要な考

え方である。

次に、巨大化・長大化技術は、その必要性を低下させていくことになると考えられる。現に、本州四国連絡橋が完成して以降、長大橋建造技術の継承が問題となった。そして、今後求められることは、ダウンサイジング技術である。ただし、需要が減少するから、それに併せて規模を小さくするというような単純な技術ではない。国民の活動は、巨大・長大なインフラの存在を前提として機能しており、サービス水準の低下があれば、即、国民活動に影響をもたらす。サービス水準を低下させてはいけないわけではないが、利用者や周辺地域住民への影響とインフラの効率性とのバランスを維持しつつ、賢くダウンサイジングするマネジメント技術が求められよう。

また、強度・耐久性の向上技術は、人口減少局面においても引き続き求められる技術であるものの、より求められるのは、その強度が時間経過とともに劣化していくことに対して、どのように保守管理していくかという技術であろう。両者がバランス良く技術進歩することで、インフラの機能が守られる。

インフラの材料は、その地域の地場の材料を積極的に使ったり、リサイクル・リユースによって調達されたりする技術の開発が進んでおり、より環境との調和を目指した材料の選択が行われるであろう。人口減少局面において持続可能なインフラ材料の調達が必要不可欠となる。

ネットワーク化については、パラダイムチェンジが行われる可能性が高い。いわゆる、公共交通指向型都市開発は、都市機能を既存の鉄道ネットワーク周辺に集めようとしている。空港や港湾は、「選択と集中」の方針に基づき、一部の大規模施設に集約され、多くの都市機能がその周辺に集まることになろう。空間に依存しない情報インフラは、このような影響を受けないものの、物理的な移動を伴うインフラについては、ネットワークを延伸させるのではなく、既存のネットワークを前提として

地域資源の方を移動させ集約させることになるであろう。

高規格幹線道路、新幹線、スーパー中枢港湾、国際ハブ空港、高度浄水処理水、高機能公共住宅等、高規格化を広く進めることはない。人口減少下において、そのような余裕がない以上、選択的に整備され、その高規格化された部分は、厳密な利用者負担によって調達される財源の範囲で提供されることになる。

長寿命化は、本書の他の部分でも指摘するように、人口減少下では、技術革新が見込めたり、ダウンサイジングの傾向が大きかったりする場合は、需要の減少に応じて、柔軟に対応する必要がある、必ずしも指向されるものではない。場合によっては、短寿命のもので整備されることが望まれる。

6. おわりに

人口減少社会でのインフラ整備について議論する際に、従来の人口成長下のインフラ整備で正しかったことが必ずしも正しいとは言えなくなる。

人口成長社会では、人口成長や社会経済成長を前提に構築されたインフラ整備計画が、仮に過大なものであったとしても、将来的にはそのインフラは必ず利用されてきた。つまり、10年後では過大供給であったインフラでも15年後には適切な供給水準になることが普通であった。ところが人口減少社会では、10年後に過大供給であれば、15年後には超過大供給になる。つまり、インフラ整備計画の失敗が、今まで以上に許されなくなっている。

人口減少の現れ方は、大都市、過疎地でそれぞれ異なり、対応を求められる問題や今後の解決の方向性は地域によって異なる。このことは同種のインフラサービス事業であるからといって、まったく同じ制度で一律にコントロールすることは適当ではないことを意味している。従って、個別の地域に応じて、インフラ事業の担い手や資金調達方法に多様性をもたす必要がある。

特に人口が減らない大都市においては、今後もインフラの適切な更新や環境対応といった形で資金的な負担が大きく、これをすべて国又は地方公共団体が債務として負担していくことは、財政全体の状況が悪化している状況下において現実的ではないだろう。景気の悪化などによるセーフティネットの構築や社会保障の維持など、限られた財源の中で、より官として役割の重大な部分への選択と集中を行うことが必要になる。他方、大都市におけるインフラは、純粋に排除可能性のない公共財を除けば、利益水準は高くないものの一定の安定した収入をもたらすことが見込める事業であり、今後の更新負担も含め民間資金を導入し、民間企業がその担い手となることは可能である。金融機関やファンドなど、民間の多様な資金の出し手の存在を意識してスキームを組めば、民

間資金の導入が過度のコスト増をもたらすとはいえない。

官が膨大なアセットを保有し、整備に伴って発生した債務、今後の維持管理、更新の負担を行うという財政負担を、インフラ事業を民間に移し、その際の対価を得るとともに財政負担を減らすことにより、大都市以外でインフラ維持も官が引き続き担わざるを得ない地域に、必要な公的資金を回す余裕を生むことができる。

このような観点からみると、人口減少による今後のインフラ整備の新たなパラダイム変化は、以下の4点が考えられる。まず、効率性、公平性、持続可能性の重点の置き方が変化しているということである。次に、人口減少に合わせたサービス水準の見直しが必要である。三点目として、インフラを持続可能に整備（建設・管理・運営・更新）していくためにどのように規模を縮小していくかという方法論を確立する必要がある。最後に、人口減少社会で生じる様々な制約要因への対応していく必要もある。

今後、引き続き、これらの点について議論を深めていくことが望まれる。

参考文献

- 1). 合田良實：土木教程選書土木文明史概論，鹿島出版会，2001.
- 2). 合田良實：土木と文明，鹿島出版会，2003.
- 3). 川上 征雄：国土計画の変遷—効率と衡平の計画思想，鹿島出版会，2008.
- 4). 国土交通省国土計画局：国土形成計画(全国計画)の解説—多様な広域ブロックの自立的発展と、美しく、暮らしやすい国土の形成を目指して，時事通信出版局，2008.
- 5). 国土政策機構編：国土を創った土木技術者たち，鹿島出版会，2005.
- 6). 高橋裕：現代日本土木史 第二版，彰国社，2008.
- 7). 本間義人：国土計画を考える—開発路線のゆくえ，中公新書，1999.
- 8). 馬淵浩一：技術革新はどう行われてきたか 新しい価値創造に向けて，日外アソシエーツ株式会社，2008.
- 9). 森地茂、屋井鉄雄 編著：社会資本の未来—新しい哲学と価値観でひらく21世紀の展望，社会資本研究会，1999.
- 10). 全国総合開発計画，1962.
- 11). 新全国総合開発計画，1969.
- 12). 第三次全国総合開発計画，1977.
- 13). 第四次全国総合開発計画，1987.
- 14). 21世紀の国土の グランドデザイン，1998.
- 15). 国土審議会調査改革部会：国土の総合的点検，2004.
- 16). 「日本21世紀ビジョン」専門調査会：「日本21世紀ビジョン」専門調査会報告書，2004.
- 17). 国土形成計画（全国計画），2008.