

1.6 社会資本整備の経済効果

1.6.1 社会的割引率のあるべき水準について

(1) 概要

本稿の第1項では、昨今、見直しの必要性が本格的に議論されてきた「社会的割引率は何%とすべきか」という問題について、経済学における考え方、具体的な参考水準、諸外国の事例、国内の研究を整理し、次のとおり、現時点でのあるべき水準・算出方法について提言を行った。

- 従来通り、長期国債金利を参考にする場合は、経済・物価中立的な国債金利である「自然利子率」や「均衡イールドカーブ」を用いて算出すべきであり、現行の4%から1.5%へ2.5%程度の引き下げが必要である。
- 公共事業が民間事業や個人消費とのトレードオフであること、建設国債の償還財源が税収で賄っていないことを踏まえ、長期国債金利ではなく、歳入全体の資金調達コストも考慮する場合は、現行の4%から3%へ1%程度の引き下げに止める必要がある。
- 将来世代の便益を反映させ、遠い将来の社会的割引率を引き下げる時間低減型の導入は、人口減少により遠い将来の利子率が高まると考えられる日本では、慎重に検討すべきである。
- 市場金利には個人の便益しか反映されておらず、水資源の確保・気候変動の抑制・大気汚染などの公害防止などの社会全体の便益は反映されていない。また、金額換算が難しく便益や費用減にも計上できないため、社会全体の便益に不可逆的な影響を与える場合や、上下水道のように生活に必要不可欠な公共事業については、上記水準から一定程度(α %)の更なる引き下げや、引き下げた社会的割引率による感度分析が必要である。

第2項では、前項を踏まえたうえで、費用便益分析に焦点を当てる。具体的には、阿賀野川、高瀬川、黒部川の3水系における河川整備計画費用便益分析のデータを基に感度分析を行い、B/Cの変化についてまとめた。

第3項では、貨幣換算が困難な効果について焦点を当てる。便益計算は、現在直接効果の計上に留まっているが、諸外国における道路事業の評価手法等を参考にしつつ、合理的な範囲で間接効果を計上し、社会情勢に対応した事業評価に努めるべきである。また、間接効果の精度の高い計算手法の開発を促進するべきである。そこで、貨幣換算が困難な便益の合理的な算出について、学識経験者の方々の御意見を伺った。加えて、費用便益分析の改善を目的に、国土交通省技術指針に従って適切な項目を追加することにより、環境質や人的損失額の計上を試みた。また、モデルケースを取り上げ、ダムによる水力発電を例にB/C改善の試算を行った。

第4項では、これまでの公共事業において、全体事業費が当初の予定から大幅に増加するプロジェクトが存在したことから、事業費上振れのリスク管理手法について検討を行い、より妥当な手法の提案を行った。

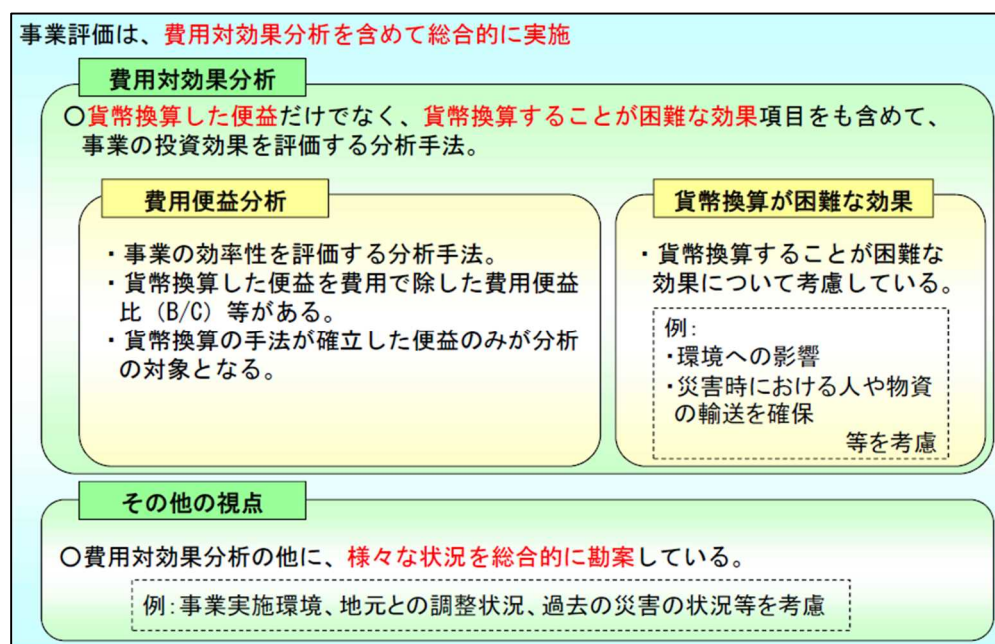
第5項では、これまでの各項の総括として、社会情勢の変化に対応する費用対効果分析の実施に向けた提言を行った。

本調査研究に当たっては、取材を快諾いただいた学識経験者の方々、国土交通省北陸地方整備局のご協力を賜り、沢山の貴重な情報やご意見を頂戴した。ここに深く感謝の意を表したい。

(2) 課題設定の背景

公共事業の採否評価は、図表 1-6-1 のとおり、費用便益分析に加え、貨幣換算できない効果や、事業実施環境・地元との調整状況などの様々な状況を勘案する総合評価方式にて行われており、定性的な評価に比べて論理的・客観的に国民に説明しやすい費用便益分析などの定量的な評価が、現在も評価の中心的な役割を担っている。

図表1-6-1 公共事業評価の手法



(出典) 国土交通省資料

その費用便益分析の評価指標において、社会的割引率は費用と便益の現在価値への換算に用いられているが、「社会的割引率は何%とすべきか」について、これまでも何度か議論・見直しがなされてきた。

1967年以前は、当時の国土総合開発審議会における経済効果測定の金利(かんがい6~7%、洪水調節5.5%)を参考に、将来の金利低下を見込み、かんがい6~7%、洪水調節5%と定められた。1967年以降はその後の金利低下傾向を勘案し、さらに1割程度低下させた。2004年には、10年もの国債の実質金利等を参考値として全事業において当面4%を適用するとされ、以

後、4%が継続適用されている。

しかし、「昨今、…社会的割引率の妥当性について、国会等において議論されている。また、事業評価監視委員会において、事業費の増加のリスクへの対応について、委員より指摘を受けている。」（国土交通省¹）ことから、2021年度の公共事業評価手法研究委員会において、社会的割引率の妥当性について議論が行われているところである。

こうした状況を踏まえ、「社会的割引率は何%とすべきか」という問題について、経済学における考え方、具体的な参考水準、諸外国の事例、国内の研究を整理し、現時点でのあるべき水準について提言を行う。

(3) 経済学における社会的割引率の考え方

はじめに、経済学における社会的割引率の考え方について、整理を行う。

① 完全市場における社会的割引率と批判

経済学では、財やサービスの取引市場や金融市場が完全で理想的、かつ政府の行動が合理的であれば、社会的割引率には市場利子率を使用すればよいと考えられている。

しかし、市場には、独占企業がより高値をつけるために生産を制限する「競争の失敗」や、温暖化や大気汚染などの社会全体の損失が反映されない「外部性」などの、「市場の失敗」が存在するため、市場利子率をそのまま社会的割引率に使用することは適当ではない。

また、イギリスの経済学者であるピグー（A.C.pigou）は、（現実の）人々の時間的視野が公共事業の影響する時間に比べて短いことを挙げ、仮に市場が完全であっても、公共事業が遠い将来の世代にもたらす便益・費用（例えば、再生不可能な天然資源を現役世代が過剰に消費するなど）を人々の時間選好に考慮しなければ、公共事業は将来世代にとって過小評価となりうるので、市場利子率よりも低い社会的割引率を公共事業に適用することを主張している。

そのほかにも、アメリカの経済学者であるアロー（K.J.Arrow）は、民間事業には様々なリスクを伴うため、市場利子率にはリスクプレミアムを含むが、公共事業はリスク分散されており、市場利子率よりも低いと主張している。

② 不完全市場における社会的割引率の算出方法

それでは、市場が不完全な場合には社会的割引率をどう算出すればいいのだろうか。

経済学では、次の3つの算出方法が主に示されてきた。

(a) 資本の社会的機会費用 (Social Opportunity Cost of Capital ; SOCC)

貯蓄が一定であれば、公共事業で使用する資本は、民間事業で使用するはずだった資本を転用しているので、公共事業を行う際には、公共事業で使用する資本が民間で使用する

¹ 国土交通省「委員会の位置づけと開催趣旨」より引用。

時と同等以上の便益をもたらす必要があると考えている。

この考えから、市場利子率や民間事業の限界資本収益率を出発点に、温暖化や大気汚染などの社会全体の損失を補正し、社会的割引率を求めるアプローチである。

(b) 社会的時間選好率 (Social Rate of Time Preference ; SRTP)

公共事業の資金源となる貯蓄は現在世代の消費を犠牲にして成り立っているので、社会全体の視点からみると、現在世代の消費の犠牲によって、将来世代の消費を増大させるという効果をもつと考えている。

この考えから、現在世代と将来世代の間の消費の相対的望ましさについて、将来の消費に対する社会の評価を反映して、社会的な時間選好率を求め、それを社会的割引率とするアプローチである。

(c) 加重平均

公共事業の資金源に応じて、個人からの資金であれば(a)を、民間企業からの資金であれば(b)を、外国からの資金であれば国債金利を調達コストと考え、それらを加重平均して、社会的割引率とするアプローチである。

③ 問題点

しかし、実際に算出するときには、(a)では外部性などを社会的割引率としてどう算出すべきかといった問題が、(b)では社会的な時間選好率をどう算出すべきかといった問題が、(c)ではその両方の問題が、残されており、現在、経済学者の間で統一された見解は示されていない。

(4) 社会的割引率の具体的な参考水準

前述のとおり統一見解がないとはいえ、実務者においては、公共事業を評価するために、社会的割引率の具体的な水準を示す必要があるため、その参考となる水準を検討する。

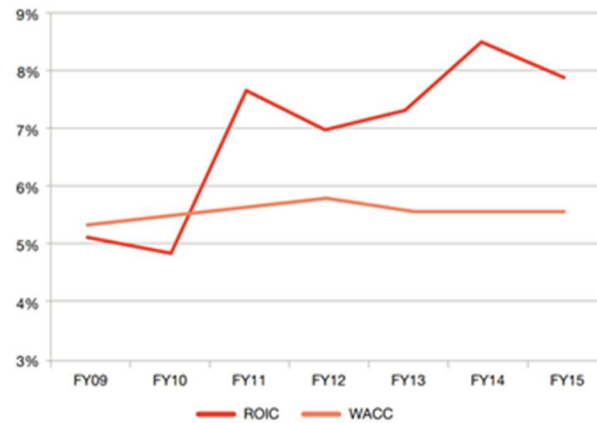
① 社会的機会費用における具体的な水準

社会的機会費用における具体的な水準としては、民間事業の投資評価で使用する「加重平均資本コスト」や国債の実質金利がある。

(a) 加重平均資本コスト

図表 1-6-2 の通り、日本の上場企業の加重平均資本コストの平均である 5～6%が考えられる。(この間の GDP デフレーターは年 0.56%であり、実質値は 4.5～5.5%と推定される。)

図表1-6-2 JPX 日経 400 の ROIC(投下資本利益率)と WACC(加重平均資本コスト)



(出典) PwC Japan 2016

(b) 国債実質金利

30年・40年の国債金利は、日銀の「量的・質的金融緩和」導入後の2013/4～2021/3の平均で0.27%と0.36%となっている。

② 社会的時間選好率における具体的な水準

社会的時間選好率における具体的な水準としては、一般的に次の式で示されるラムゼイ・ルールによるものがある。

$$\text{SRTP(社会的時間選好率)} = \rho + \eta g, \quad \rho = \delta + L$$

ρ : 効用の割引率、 δ : 純時間選好率、 L : 壊滅的なリスク（人類滅亡、社会経済的な目的や優先順位の予期せぬ変化、技術ショックなど）、 η : 消費の限界効用の弾力性、 g : 消費の一人当たり実質期待成長率

イギリスでは $\rho = 0.015$ ($\delta = 0.005$ 、 $L = 0.01$)、 $\eta = 1$ 、 $g = 0.02$ と推定し、 $\text{SRTP} = (0.005 + 0.01) + 1 \times 0.02 = 0.035 = 3.5\%$ と推定し、実際の公共事業評価に使用している。また、将来価値が不確実なため、長期的には低下するとして、30年を超えた部分について、経過年数に応じて社会的割引率を引き下げている。さらに、気候変動による環境変化など、現在世代と将来世代の間で不可逆的な社会福祉への影響については、純時間選好率 ($\delta = 0.005$) を除いた社会的割引率による感度分析を適用するとしている（図表 1-6-3）。

図表1-6-3 イギリスにおける社会的割引率

経過年数	0-30	31-75	76-125	126-200	201-300	301+
SRTP	3.50%	3.00%	2.50%	2.00%	1.50%	1.00%
純時間選好率を除いたSRTP	3.00%	2.57%	2.14%	1.71%	1.29%	0.86%

(出典) イギリス財務省「THE GREEN BOOK」

また、2007年のアジア開発銀行の研究成果報告書では、日本のSRTPについて、 $\rho = 0.015$ 、 $\eta = 1.3$ と仮定し、 $g = 2.34$ （1970～2004の一人当たり実質GDP年成長率）から、 $SRTP = 4.5$ と算出している。（2010～2019では $g = 1.41$ であり、この期間では $SRTP = 3.3$ となる。）

③ 我が国における具体的な水準の課題

我が国における具体的な水準の課題として、環境を目的とする事業や水資源開発では、定量化できない便益が多く、結果として過小評価となっていることが挙げられる。

例えば、多目的ダムを含む河川事業においては、河川環境に係る項目のうち、観光、流水の清潔の保持、塩害、地下水位の維持、景観、動植物の生息地又は生育地の状況、人と河川との豊かな触れ合いの確保、流水の占用（都市用水）については、算定不能であるため、特定多目的ダム²における費用割り振りでは、流水の正常な機能の維持³を目的とする不特定容量⁴や上水道用水の開発を目的とした水道容量においては、妥当投資額⁵について身替り建設費⁶をもって代用する結果となっている。これは事業のB/Cを1.0と評価する手法であり、過小評価に他ならない。

よって、環境を目的とする事業や水資源開発のように、その便益を算定することが現状では不可能な事業にあっては、他事業との比較において、その公平性を保つ観点から、社会的割引率を低減させることも一つの手法と考えられる。

² 1957年に制定された特定多目的ダム法に基づき、国土交通大臣（制定当時は建設大臣）が事業主体として計画から完成後の管理までを一貫して行う多目的ダム。

³ 本来河川が持っている機能（舟運、漁業、観光、塩害防止、河口閉塞の防止、河川管理施設の保護、地下水の維持、動植物の保護、流水の清潔の保持、景観、流水の占用など）を正常に維持すること。

⁴ 渇水時に河川環境を保全したり、既存利水者の取水を可能にしたりするため、ダムから河川流量の補給を行うための容量。

⁵ 事業により毎年発生する年便益を現在価値化したもの。B/C=1.0となる建設費に相当する。

⁶ 洪水調節や上水道用水など各用途が多目的ダムと同様の効用を有する施設等を独自に設置するときに要する費用。

(5) 諸外国の事例

続いて、諸外国の公共事業評価で実際に使用されている算出方法と水準を整理する。

標本調査ではあるが、概ね、北米・オセアニアでは社会的機会費用アプローチにより 7～10%、ヨーロッパでは主に社会的時間選好率アプローチにより 3.5～6%、東南アジアでは社会的機会費用アプローチにより 12～15%、中国では加重平均アプローチにより 8%となっている。また、同国内でも事業期間や事業主体により異なる社会的割引率を使用されている。先のイギリスの例以外では、アメリカにおいて、環境保護庁が、便益が世代をまたぐようなプロジェクトでは、①事業期間が観測される金利に反映されるものよりも長いこと②現在の政策プロセスで発言権のない将来の世代が影響を受けること③世代内の時間範囲と比較して、世代間の投資期間はより大きな不確実性を伴うことから、0%、0.5～3%、2～3%～7%の範囲の3つによる感度分析を行うこととしていたり、水資源関係については、2.75%を適用したりしている（図表 1-6-4）。

図表1-6-4 各国の社会的割引率

国名 (組織)	割引率	理論的根拠
米国 (行政管理予算局)	1992年以前：10%；1992年以降：7%	主に社会的機会費用アプローチで、民間投資の限界税引前収益率に近い割引率。 他のアプローチ（影の価格アプローチや国債利率）も言及されている。
米国 (議会予算局と会計検査院)	事業期間と同じ満期の市場性のある国債金利	社会的時間選好率アプローチ
米国 (環境保護庁)	世代内の割引率…税引後市場金利として2～3%。2～3%と7%の範囲での感度分析も実施。 世代間の割引率…0%シナリオ、2～3%と7%の範囲での感度分析、最適成長モデルで規定された0.5～3%シナリオで経済分析を実施。	社会的時間選好率アプローチ
カナダ	10%	社会的機会費用アプローチ
オーストラリア	1991年以前は8% それ以降は社会的機会費用による率(毎年見直し)	社会的機会費用アプローチ
ニュージーランド (財務省)	10%（他に合意された割引率がない場合の標準レート）	社会的機会費用アプローチ
フランス	1960年から実質割引率を設定 1985年に8%、2005年に4%に設定	1985年：公共投資と民間投資のバランスを保つため 2005年：社会的機会費用アプローチ
ドイツ	1999年：4% 2004年：3%	実質長期国債金利
英国	1967年：8% 1969年：10% 1978年：5% 1989年：6% 2003年：3.5% 30年以上の長期事業の3.5%未満の色々な率	1980年代初頭までは社会的機会費用アプローチ、 それ以降は社会的時間選好率アプローチ
イタリア	5%	社会的時間選好率アプローチ
スペイン	部門ごとに4～6%	社会的時間選好率アプローチ
ノルウェー	1978年：7% 1998年：3.5%	実質国債金利
中国	8%：短中期事業 8%未満：長期事業	社会的時間選好と資本利益率の加重平均。 前者は4.5～6%、後者は9～11%と推定。
インド	12%	社会的機会費用アプローチ
パキスタン	12%	社会的機会費用アプローチ
フィリピン	15%	社会的機会費用アプローチ

（出典）アジア開発銀行のワーキングペーパー資料を当研究所にて和訳し、本文より補足

(6) 国内の研究

続いて、国内の研究論文と研究者への取材結果を整理する。

経済学者である井堀・福島(1999)は、経済理論を用いた分析を行い、公共事業の資金調達が公債発行によることを考慮すると、民間資本の生産性を反映した市場利子率の近似としては、国債金利が有力であるとした上で、現実の不完全な市場（課税による歪み、情報の非対称性、将来の不確実性、不完全競争）を考えると、現行よりも高い率や低い率（4%に対する6%や2%など）を用いた感度分析が有益と主張している。

阪田・林田(2002)は、重複世代モデルを定式化し、1973～1993年度のデータを用いて、社会的割引率を算出し、1982年度以降は現在の4%よりもかなり低い値になっているので、4%の修正が必要と主張している。

山田・大野(2007)は、仮想市場評価法による年間支払意思額と生涯支払意思額を計測し、指数型・双曲型・独自型の3つの割引モデルを用いて社会的割引率を算出し、4%を使用すると、指数型割引モデルでは、都市部など若年層が多い地域では将来の便益を過小評価する恐れが、双曲型・独自型割引モデルでは、初期に便益が大きい事業を過大評価し、中長期に便益が大きい事業を過小評価する恐れがあると主張している。

大谷・佐渡・今野・土谷・牧(2013)は、主要先進国等の公共事業評価に適用されている社会的割引率について調査を行い、他国と比べて、4%は著しく不当ではないが、水準や算出方法等の検討を行う必要があると主張している。

瀬木・小林(2013)は、人口減少・高齢化社会において、人口構成不変に基づいた計画が、現役世代・将来世代の厚生にどう影響するかについて、動学的最適資源配分モデル（2世代OLGモデル）⁷を用いて、分析し、人口減少を考慮しない計画は、過大な投資（社会的割引率が低い状態）をもたらす、高齢化を考慮した固定的な社会的割引率を用いると過小な投資をもたらすと主張している。

長谷川・新井・小泉(2016)は、既往研究の事例整理や送水システムを対象としたライフサイクルアセスメントへの社会的割引率による感度分析を行い、国債金利と4%の乖離、温室効果ガス排出への減価償却の不適切な適用、将来世代との不公平を指摘し、40年以上の社会的割引率には時間低減型の概念を導入することを主張している。

小林潔司 京都大学経営管理大学院特任教授（元土木学会会長）は、2021年9月22日の当研究所の取材に対し、次のように回答された。

- 「当面4%」と決めた当時は、長期国債や諸外国の事例を参考にしたが、4%の理論的な根拠

⁷ 生存期間が有限で世代交代が起き、また年齢変化により消費・貯蓄行動が変化する個人の最適化行動と企業の利潤最大化行動から導かれる資本量等の動的な変化を示す世代重複モデル（Overlapping Generations Model）に、少子高齢化による人口構成の変化も反映させたモデル。

は示すことができず、暫定値として決めた。

- しかし、近年まで見直しの議論が上がらないまま、20年以上が経ち、4%がある種のリファレンス・ポイント（参照点）となっている。
- 4%を見直した場合の影響は国全体の事業に及ぶため、割引率の引き下げにより、どれくらいの事業が追加採択されるかを踏まえた上で、継続的に議論する必要がある。

角哲也 京都大学防災研究所教授は、2021年9月28日の当研究所の取材に対し、次のように回答された。

- ダム事業などは、経済年数が60～80年だが、適切に管理すれば200～300年あるいはそれ以上と、世代を超えて使用できる。ここで問題となるのが、ダムの堆砂対策などの追加投資であり、再開発事業に4%を一律に適用すると、遠い将来の費用負担を現在価値化するとほぼゼロとなってしまう、対策を先送りした方がよくなってしまう。全てを次世代に押し付けてしまうことは、世代間の衡平性の観点からは合理的ではない。
- そこで、イギリスなどのように、超長期部分の評価には、引き下げた割引率を使用する方法があり、日本でも大いに議論すべきである。社会的割引率については、このような考え方を考慮して、不確実な遠い将来については割引率を引き下げることにも検討に値する。

阪田和哉 宇都宮大学地域デザイン科学部准教授は、2021年10月22日の当研究所の取材に対し、次のように回答された。

- 社会的割引率とは、社会的意思決定の際に用いる割引率である。様々な理論や値が提唱されているが、社会的な意思決定に正解がないのと同様に正解の値や算出方法は存在せず、どのような値も参考値に過ぎないので、最後は学識者や専門家の議論を踏まえてオーソライズされたものを用いるように政治的に決定するしかない。
- 長期国債の実質利回りは、現在では4%から乖離してきているが、国債実質利回りを基に4%という値を使い続けることには、①シンプルでわかりやすく理解を得やすい②高めの割引率によって便益を大きく見積もりすぎるリスクを減らすことができるといった利点がある。この4%という値を近年の国債実質利回りに合うように、長期的な視点から段階的に引き下げていく方法が現実的である。
- 公共事業には大きなサunkコスト⁸が生じやすく、社会的割引率を安易に引き下げすぎて便益を過大評価し、結果としてやるべきでなかった公共事業を走らせてしまうのは、リスクが大きい。間違いが起こるのなら、やるべきでない公共事業を開始するのではなく、やるべき公共事業の着手が遅れるほうが損失は小さい。引き下げの際に段階的に行うことには、こういった点からもメリットがある。
- 経済・物価に対して中立的な実質金利の水準である「自然利子率」を参考値とする方法も考

⁸ 回収不能な埋没費用のこと。

えられるが、政治的に決定するしかないため、変更する理由が必要になると、長期国債を参考値とするのに比べ、わかりにくさがある。

- すべてのインフラ整備事業に適用する社会的割引率を変更するのではなく、
 - ① 人々の日常生活に必要不可欠のもの（上下水道など）
 - ② 人々の日常生活を便利で快適にするもの（時間短縮できる道路など）
 - ③ 万が一の事態に備え、人々の暮らしを守るもの（ダム・堤防など）
 - ④ みんなの暮らしの環境を先々まで守るためもの（地球環境や地域の持続性など）といった事業の効果のタイプごとに、割引率を区分して考える方法も一案である。

(7) 結語

最後に、これまでの内容を踏まえ、現時点における、公共事業の社会的割引率のあるべき算出方法と水準を提言したい。

① 従来通り、長期国債金利を参考にすべきか

(a) 公共事業の財源がすべて建設国債で賄われていると考える場合

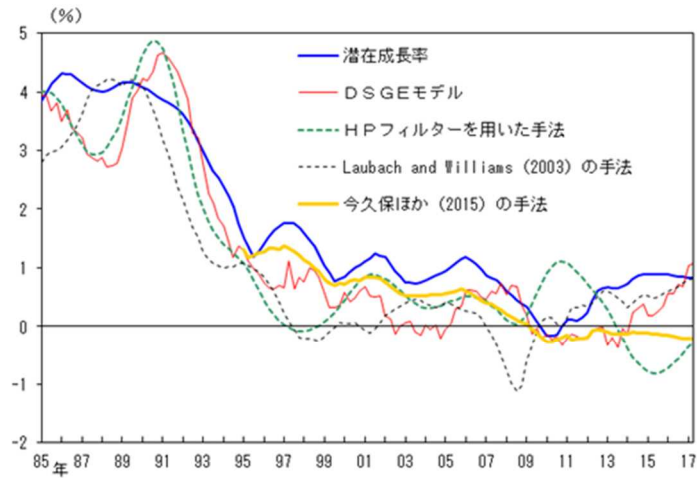
公共事業の財源が、「国の資産を形成するものであり、通常、その資産からの受益も長期にわたるので、後世代にも相応の負担を求めることを許している」との考えに基づき、原則すべて建設国債で賄われていることに鑑みれば、公共事業の採否評価に用いる社会的割引率を、その資金調達コストである国債金利を参考にすることが考えられる。

ただし、具体的な水準として、現行の長期国債金利の0.3%とすべきかという、そうではない。

国債金利は、日銀による「量的・質的金融緩和」の導入前後で3.0%も低下しており、バブル景気やリーマンショックといった景気変動でも大きく変動する。また、公共事業の財源である建設国債は、毎年度の定率繰入等により、借換債を含め、全体として60年で償還し終える運用となっていることから、現時点で長期国債金利が0.3%だからといって、財源すべてをこの率で確保できているわけではなく、今後高まる可能性は十分にある。よって、現在の低下した国債金利をそのまま用いるべきでなく、経済・物価に対して中立的な実質金利の水準である「自然利子率」を用いるのが適切と考える。

具体的な水準としては、須藤・岡崎・瀧塚(2018)が、様々な手法による自然利子率の推計をまとめ、最近の自然利子率(年利)は概ね0~1%程度の範囲内で推移しているとしているので、この水準が適切と考える(図表1-6-5)。

図表1-6-5 様々な手法による自然利子率



(注) 1. 潜在成長率は日本銀行調査統計局の試算値。
 2. DSGEモデルは、点推計値の移動平均。
 3. 今久保ほか (2015) の手法で推計された自然利子率は、年限1年の自然利子率。
 4. HPフィルターを用いた手法、Laubach and Williams (2003) の手法、今久保ほか (2015) の手法は「総括的な検証」で用いた手法。これらの手法の詳細については、岩崎ほか (2016) を参照。

(出所) Consensus Economics「コンセンサス・フォーキャスト」、
 Laubach and Williams (2003)、今久保ほか (2015)、岩崎ほか (2016)、
 日本銀行

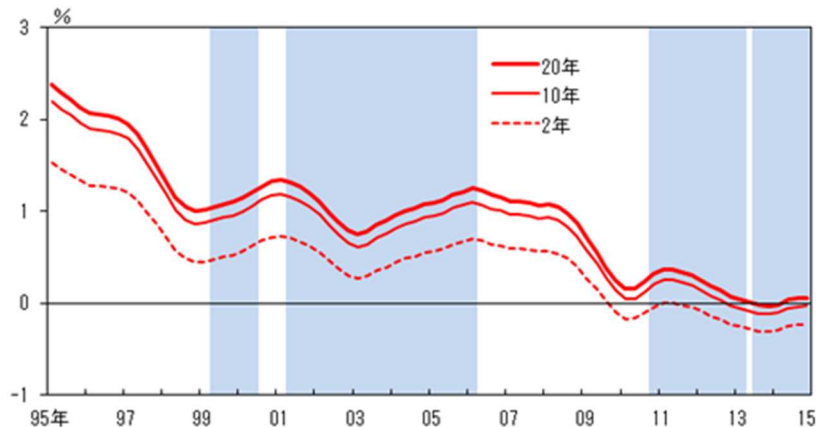
(出典) 日本銀行資料より

また、これは短期金利であるため、長期金利への補正には、同じく景気中立的な国債の残存期間と金利の関係を表した「均衡イールドカーブ」を用いるのが適切と考える。

具体的な水準としては、今久保・小島・中島(2015)が、2年限と10年限の直近の均衡金利差を0.2%程度と推定しているため、この水準が適切と言える(図表1-6-6)。

最後に、推定されていない10年限と30年限・40年限の金利差を実際の金利差(0.8~0.9%)で補正すると、長期の自然利子率は、現時点で1~2%程度と推定できる。

図表1-6-6 年限別の均衡実質金利



(出典) 日本銀行資料より

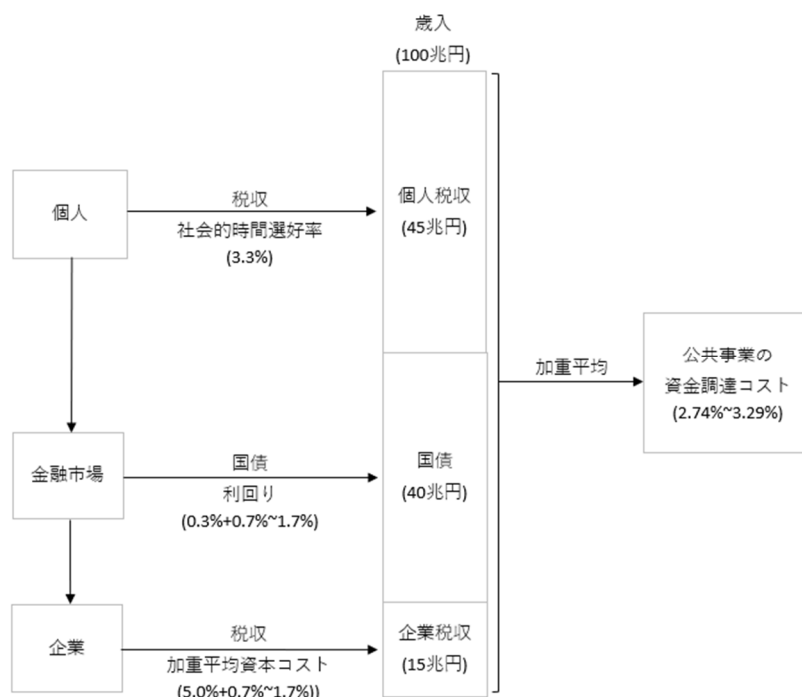
(b) 公共事業の財源がすべて建設国債で賄われていないと考える場合

一方で、建設国債の償還財源が税収などで賄えず、赤字国債で穴埋めしていること、公共事業の財源（資金源）は民間事業や個人消費とのトレードオフであることを考えると、加重平均アプローチにより、歳入全体の資金調達コストも考慮すべきである。

具体的な算出方法としては、民間事業の加重平均資本コストの算出方法と同様に、歳入に占める個人からの税収・国債・企業からの税収の割合を勘案し、個人からの税収には社会的時間選好率を、国債には国債金利を、企業からの税収には加重平均資本コストを用いて、加重平均する方法である。

具体的な水準としては、図表 1-6-7 のとおり、歳入 100 兆円のうち、個人からの税収が 45 兆円、国債が 40 兆円、企業からの税収が 15 兆円、社会的時間選好率が 3.3%、国債金利が 0.3%、民間の加重平均資本コストが 5.0%とすると、国債金利と民間の加重平均資本コストは自然利子率への補正(+0.7%~1.7%)が必要なため、 $3.3\% \times (45 \text{ 兆円} \div 100 \text{ 兆円}) + 1.0\% \sim 2.0\% \times (40 \text{ 兆円} \div 100 \text{ 兆円}) + 5.7\% \sim 6.7\% \times (15 \text{ 兆円} \div 100 \text{ 兆円}) = 2.74\% \sim 3.29\%$ となる。

図表1-6-7 歳入全体の資金調達コストを考慮した計算方法



(出典) 当研究所にて作成

② 自然利子率や加重平均資本調達コストをそのまま使用すべきか

次に、自然利子率や歳入全体の加重平均資金調達コストなどの市場金利に基づいた値には、社会全体や将来世代の便益が反映されていないため、資金調達コストを以下3点について補正する必要がある。

(a) 【 $\Delta\alpha\%$ 】社会全体の便益（便益や費用減に既計上のものを除く）

大気汚染などの公害防止、気候変動による環境変化への対応、国民生活に必要な不可欠な水資源の確保など、市場金利には反映されていない社会全体の便益のうち、金額換算が難しく、社会福祉に不可逆的な影響を与えるものがあれば、社会的割引率の引き下げにより、そうした影響を反映させる必要がある。

具体的な引き下げ水準としては、イギリスのように純時間選好率の0.5%程度の引き下げや、アメリカのように0%や0.5%～3%による感度分析の実施が考えられるが、今後、議論が必要である。

(b) 【 $\Delta 0.5\%$ 】将来世代の便益（便益や費用減に既計上のものを除く）

将来世代の便益は、市場金利に反映されておらず、また、一定の社会的割引率を用いると、社会的割引率は将来になるほど指数関数的に増加し、遠い将来の便益・費用はともにゼロに近くなり、将来世代の便益・費用がほとんど考慮されなくなることから、遠い将来の社会的割引率については時間低減型の導入により引き下げが必要である。

具体的な引き下げ水準としては、イギリスと同様に、国債の最長年限以上（日本では40年限）について、0.5%程度の引き下げが考えられる。

(c) 【0.5%増】人口減少（便益や費用減に既計上のものを除く）

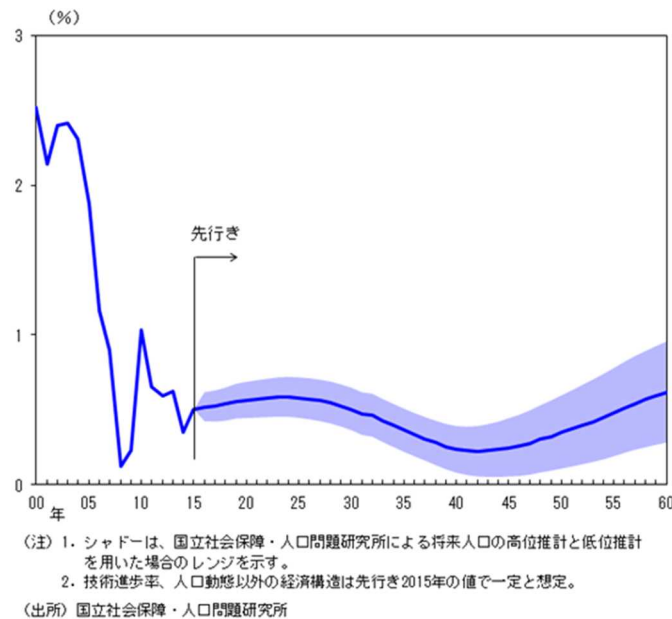
日本の人口減少傾向を考えると、将来の社会的割引率は高める必要がある。極端な例えをすれば、50年後に人口が半分になるのであれば、現在世代と将来世代の一人当たりの便益を等しくするためだけでも、50年後の社会的割引率は最低200%以上とする必要がある。

具体的な引き上げ水準としては、北尾・竹内・御子柴・木村(2019)が、男女別の労働環境や人口動態を反映した世代重複モデルによる中長期のマクロ経済予測を行い、金利水準が45年後には現在より0.5%高くなり、その後も高くなると推計している。また、須藤・岡崎・瀧塚(2018)も、世代重複モデルによる予測を行い、40年後には同水準以上になると推計している(図表1-6-8)。

よって、40年以上については、0.5%程度の引き上げが必要であり、(b)と合わせると、いずれも補正しない方法が妥当と考える。

以上を踏まえると、現時点の社会的割引率のあるべき水準は、長期国債金利を用いると(1.0%～2.0%)－ $\alpha\%$ 、歳入全体の資金調達コストまで考慮すると(2.74%～3.29%)－ $\alpha\%$ と言える。

図表1-6-8 先行きの自然利子率のシミュレーション



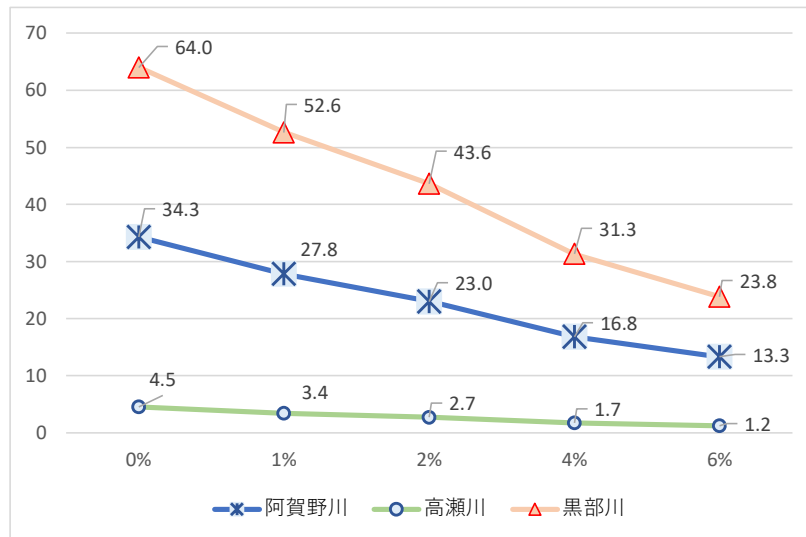
(出典) 日本銀行資料より

1.6.2 社会的割引率の見直しと感度分析

1.6.1において、市場金利には個人の便益しか反映されておらず、水資源の確保・気候変動の抑制・大気汚染など、公害防止等の社会全体の便益は反映されておらず、金額換算が難しく便益や費用減にも計上できないため、これが不可逆的な影響を与えるのであれば、一定程度(α %)引き下げた社会的割引率による感度分析が必要であることを述べた。本項では、これらの知見を踏まえ、治水事業の実施内容を定めた河川法第16条の2に基づく河川整備計画の費用便益分析の改善について、試算を行う。具体的には、一級水系の阿賀野川（北陸地方整備局）、高瀬川（東北地方整備局）、黒部川（北陸地方整備局）の河川整備計画費用便益分析について、各地方整備局が公表している分析結果を基にさまざまな社会的割引率を与えて感度分析を行った。

北陸地方整備局は、上述した阿賀野川河川整備計画に関する費用便益分析について、2018年度の第2回北陸地方整備局事業評価監視委員会において、資料を提出している。公表された資料に基づき、当研究所において、その計算を再現した。さらに、社会的割引率を変化させた場合の感度分析を行うべく、現在公共事業採択可否の判断を行う上で一般的に使用されている4%に加えて、0、1、2、6%の計算を実施した。高瀬川と黒部川に関しても同様に感度分析を実施し、結果を1つにまとめたグラフが図表1-6-9である。図表1-6-9に示すとおり、社会的割引率を小さくすれば、現在用いられている4%による場合と比べてB/Cが改善することがわかった。

図表1-6-9 3水系のB/C



(出典) 国土交通省発表資料に基づき当研究所にて作成

1.6.3 費用便益手法の改善

(1) 費用便益手法に関する学識経験者の意見

ここでは、費用便益手法の改善に向けて、造詣の深い学識経験者の取材により把握した御意見を御紹介する。取材を行った方は、国土交通省公共事業評価手法研究委員会の委員を務めておられる小林潔司京都大学経営管理大学院特任教授（元土木学会会長）、国土交通省に長く勤務され、行政にも詳しい角哲也京都大学防災研究所教授、社会的割引率の論文を書かれ、公共調達に関する様々な委員を担当されている阪田和哉宇都宮大学地域デザイン科学部准教授である。具体的には、以下の3項目について御意見をうかがった。（阪田准教授には項目②と③のみうかがった。）

項目① 便益における間接効果の計上について

公共事業評価手法研究委員会では、便益における間接効果の計上が議論されています。一方、便益評価項目の拡大について、批判的な意見も見られます。今後、間接効果の計上について、いかに取り組むべきとお考えでしょうか

項目② 環境事業や水資源対策事業の便益計上、評価について

我が国においては、便益の評価手法が確立しておらず、例えば、ダム事業においては不特定容量や利水容量のように、費用を持って便益値とするなどしています。社会的割引率設定の参考とされる国債金利には、個人の時間選考やリスク選考しか反映されていません。そこで、社会全体の利益を反映させるために、社会的割引率を一定程度引き下げたり、引き下げた社

会的割引率による感度分析を行ったりすることについてご意見ををお願いします。

項目③ 人口減少下における将来便益について

将来人口減少が見込まれ、氾濫防御家屋数や交通量の減少について、どのように評価に織り込むべきでしょうか。

【便益における間接効果の計上について】

● 小林潔司 京都大学経営管理大学院特任教授

便益の計上について、直接効果と間接効果に分類できる。直接効果は事業発生段階で現れるのに対し、間接効果は最終帰着までのプロセス段階で直接効果が形を変えて現れる。したがって費用便益分析に関しては、事業発生時点で確実に計測することができる直接効果を便益として計上し、帰着に至るまでのプロセスで様々なタイミングで形を変えて現れる間接効果は、計測が難しく重複して計上してしまう恐れがあるため、通常便益の項目に入れていない。そもそも道路事業においては、便益の中で走行時間短縮効果が卓越しているため、間接効果を計上していないとも言える。

一方でユーザーへ事業の必要性を説明する際は、「移動時間が5分短縮される」などの直接効果のみでは、一般的に事業本来の効果が伝わりづらい傾向にあるため、「物流が効率化され企業収益が増加する」、「空港へのアクセスが便利になり観光客収入の増加が期待される」などといった間接効果を用いて、便益の見える化を行うことが、効果的である。

直接効果を計上しているB/Cに加え、間接効果なども評価した総合評価マニュアルの作成も検討されたが、事業ごとの特殊性が高いこと、また、便益を通貨換算して計算するのに要する時間に対して便益となる金額の割合が少ないことや、通貨換算の不確実性などの理由から、総合評価マニュアルの作成は見送られた。

すべての直接効果を網羅できているわけではなく、漏れはどうしても存在してしまう。よって、算出されたB/Cの値を、事業採択の足切水準に用いるのはいかなものかという議論は長年繰り広げられている。砂防事業では、人命保全効果を算出して、 $B/C > 1.0$ としているようだが、道路防災事業にあっては、1.0以下の事業であっても採択されている。一方で、同じ条件下で計測しているのだからB/Cが高い事業からやるべきであるという意見は無視できない。

● 角哲也 京都大学防災研究所教授

間接効果を計上すること自体は、方法論は難しいが、悪いことではない。また $B/C > 1.0$ 達成のために間接効果を無理に計上することは好ましくないが、間接効果計上の方法論をさらに磨くことは重要である。様々な工夫を施すことにより、合理的に算出する手法の開発が可能になると考える。特に、ダムにおける水質改善事業など環境に関する事業においては、直接効果のみで妥当投資額を上回することは厳しいため、間接効果計上を実現可能とする方法論の確立は必要である。この他治水事業においても、洪水被害については、浸水による損失の直接被害だ

けでなく、家に流れ込んだ土砂の片付けを行うために被災された方が会社を休まなければならないことによる損失などがあり、治水事業は、逸失利益の発生を防ぐという間接効果が存在する。このような間接効果は便益に計上すべきである。

近年、国土交通省は、社会資本整備のストック効果を積極的に広報しており、このようなストック効果を正当に評価できれば良い。但し、例えば「堤防やダムを整備により、水害が減少したことの効果として、工場立地数が増加するなど町が発展した。」との説明を聞くが、現実には、工場立地数の増加は、治水事業の他に道路整備や工業団地の造成、都市づくりなど種々の社会資本整備の効果が複合的に組み合わさって発現したものと考えられ、間接効果を個別の事業ごとに分離して評価すべきところであるが、実務的には難しいだろう。

日経コンストラクションの記事には、青森県の実施する社会資本整備について、便益を算出する際に最後に地域修正係数を掛ける手法が紹介されているが、地域修正計数の根拠を示すことは難しく、少し安易な印象がある。

道路事業における費用便益分析に用いる便益項目について述べれば、我が国においては、国土交通省策定の費用便益分析マニュアルに基づき、直接効果である走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の3項目に絞って便益を算出することとしている。一方、ヨーロッパ、オセアニアなど諸外国においては、騒音低減、大気汚染の減少、広域的な経済効果など様々な効果を評価している。この問題に関しては、外国を参考に評価項目を増やすべきと議論する前に、どのような経緯で日本が評価項目を直接効果3項目に絞ったかを分析することが重要である。現状において、確実に計測できる3項目に絞り、その後の技術開発を待って計上できる項目を増やすとする方針であった可能性もあるだろう。

2009年に国土交通省は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針を発出しており、便益に計上できる項目として、それまで未計上であった人的損失額やCO₂の貨幣価値を提唱している。これらの項目について、技術指針に則り、計上していく考えは評価できる。しかし、現実には治水事業においては、土石流対策事業を除いて人命を守る便益や、ダム管理水力発電事業によるCO₂排出削減効果について、計上している事業はほとんどない。この原因として、治水事業のように、現状でもB/Cが1.0を大幅に上回る事業において、あえてこれらの項目を計上する必要性が薄いこと、多くの死者が発生する土石流と違って、洪水による死者は全国年間平均で100名以下に留まっており、便益に計上してもその数値は小さいものと考えられたことによるものと推察される。しかし、近年地球温暖化に伴う気候変動により、豪雨発生の外力は従来に比べて格段に大きくなっており、2018年西日本豪雨や2020年球磨川水害など毎年のように激甚な水害に見舞われ、多数の人が亡くなっておられる状況にある。治水対策においても、例えば球磨川では、本川堤防の整備だけでなく、支川の改修や、ダム事業、砂防事業による土砂災害防止事業、流域対策など、今後は流域治水として取り組まれていく予定である。その効果について、単に浸水家屋や田畑、事業所等の浸水被害だけでなく、人的被害発生防御の効果や浸水常襲地帯であった地域の開発効果などの間接効果の計上は、今後重要視されると考

えられる。

また、カーボンニュートラルで今後 CO₂ の削減が求められる情勢の中で、化石燃料を使用する火力発電の代替としての水力発電の役割が注目されているが、多くの多目的ダムを管理する国土交通省、都道府県土木部において CO₂ の削減効果を計上することは重要である。現状では都道府県土木部の管理する多くのダムにおいて、B/C が壁となって水力発電が実施されていないが、本項目の計上は、ダム管理用発電の採択を後押しするだろうし、そもそもこれらの効果の存在を世の中に伝える意義は大きいと考える。

【環境事業や水資源対策事業の便益計上、評価について】

● 小林潔司 京都大学経営管理大学院特任教授

環境事業やダムにおける不特定容量などの便益評価においては、市場がないため、代替する別の手法で計測することが伝統的に用いられているが、数値が安定しない欠点がある。例えば、朝鮮戦争により禿山となった山地に植林を行う国連の事業があったが、流出した土砂を元に戻す費用をもって便益としていた。治水事業も土木被害額算定においては、壊れた施設を元に戻す費用をもって計上している。

環境事業にあっては、CVM 法⁹に頼らざるを得ない。住民に対して投資を許容する額をアンケートにより聞き出す手法であるが、他に使用できる便益手法がないのが実情である。日本の社会で幅広く受け入れられるかは、わからない。

● 角哲也 京都大学防災研究所教授

生活用水を供給する水道事業、治水事業など代替がきかないインフラは、経済性のみで事業採択の可否を議論するべきではなく、各事業の重要性に見合った正当な評価が必要である。環境の観点では、限定的な地域にしか生息できない希少種を絶滅させてしまう外部不経済が発生するため、代替がきかないという課題があり、上記代替のきかないインフラ事業とトレードオフの関係になった場合にどのように対処すべきかという問題はとても難しい。

また、ダム事業は、水没や河川分断に伴って環境に対する影響が小さくなく、外部不経済が高いとされているが、ダムは湖面が水鳥の生息や観光資源として活用される他、不特定容量による補給は、下流河川の水質や魚類の生息環境など河川環境を改善する効果を有するなど、環境に関する別項目の価値が存在しており、評価すべき便益を見逃しているケースがある。このため、様々な便益を網羅的に正しく評価して合理的に事業採択の判断が行えるようにする必要がある。

ダム事業における利水容量もほとんど代替が利かないが、独立行政法人水資源機構の川上ダ

⁹ 仮想的市場評価法。アンケート調査を用いて人々に支払意思額等を尋ねることで、市場で取り引きされていない財（効果）の価値を計測する手法。

ムにおける長寿命化容量¹⁰により、社会資本を長期にわたって活用できるようにすることは適切な施策である。この場合、+1としての川上ダムが新規完成することにより、近隣のダム群（N）の利水容量を代替して、貯水位を下げながら堆砂を掘削できるようになる掘削費用の経済性が向上することを便益として計上している。重要インフラの長寿命化戦略の好例であろう。

アメリカにおけるダムに関する政策は、政権交代により大きな影響を受けてきた。すなわち、オバマ政権では、天候により出力が大きく変動する太陽光発電、風力発電による電力供給を安定化させるため、水力発電を調整電源として促進しようという動きが活発であったが、トランプ政権では効率性を重視し、シェールガス・オイルを中心としたエネルギー開発と火力発電が推進された。その後のバイデン政権では、CO₂削減やカーボンニュートラルに貢献する事業、かつ長期的な価値を生む投資に力を入れている。近年では、水力発電のCO₂削減効果に関する情報を積極的に公開することにより水力発電事業参加について公募し、事業者を誘致している。

● 阪田和哉 宇都宮大学地域デザイン科学部准教授

経済学的には、費用と便益は同じものを異なる側面・立場から見たものに過ぎないので、費用をもって便益として計上することには一定の意味がある。環境事業などの評価の際に便益の算出方法がない場合は、CVM法に頼らざるを得ない。CVM法におけるアンケート調査では、回答者に現実の支払いを求めるのではなく、仮想の支払いの質問をするため、実際よりも支払いを許容しがちな甘めの回答になる傾向に注意が必要である。また、日常の買い物等での支払い行動における金銭感覚に結果が影響を受ける可能性がある。多くの研究・調査事例では、支払いの可否が分かれるのは数千円程度の提示額となる事例が多い。このように、提示された環境改善の程度（スコープという）に応じて、適切に支払い意思が反応せず、何について尋ねても数百円の支払いはOK、数万円はNG、数千円程度で判断が分かれる、というような調査結果になってしまうことがある（スコープ無反応性）。数千円程度の支払い可否への感度が高い手法であることなどにも注意する必要がある。

【人口減少下における将来便益について】

● 小林潔司 京都大学経営管理大学院特任教授

基本的には、将来、人口が減少することが見込まれており、治水事業の氾濫区域内人口や道路事業の交通量が減少することから、これらの影響計算を便益に盛り込むべきである。

インフラはあくまで手段であり、インフラが整ったからといって、それを活用しなければ経済は豊かにならないし、便益は発生しない。逆に、人口が減っても、インフラを効果的に活用できれば、事業の便益が増加する可能性は十分にある。B/Cは直接効果のみを計上した現在の需要や便益のみを反映した指標であるから、そのインフラで完成後に何ができるか、何をした

¹⁰ 近傍のダムにおいて、浚渫より安価な陸上掘削で定期的に堆積土砂を除去するために、一時的に他のダム容量の肩代わりの役割を果たす容量。

いかということに重点を置いて事業採択に進むことが、人口減少が確実に想定される日本では重要である。

例えば、中国地方山間部には、人口も少なく買い物に行くには車で遠くの都市部のスーパーマーケットまで行く必要がある地区があった。そこに高速道路が整備されることで物流が豊かになり、過疎地区にもスーパーマーケットが増え、山間部地区の人々の生活は便利になった。一方で、物流の効率化が進んだことにより、山間部住民が買い物で都市部に行く必要がなくなったため、高速道路の交通量はこれまでより減少してしまったという事例がある。

一時事業凍結された第二名神高速道路事業の再開判定も同様であり、評価における大項目に「物流の効率化」がなかったため、かつて、再開と判定されなかったことがある。

近年、人が動く時代から、モノが動く時代に変化している。倉庫等物流システムの再編は、国土構造を大きく変えている。よって、道路事業の評価に当たっては、人の交通量だけでなく、物流の効率性の向上をもっと評価すべきである。時代とともに重要視すべき便益項目は変化し、それに便益分析手法も対応する必要がある。

このほか、治水事業の場合、地球温暖化に伴う気候変動により、外力としての降雨量が大きくなっており、水管理・国土保全局では、河川計画を策定するに当たって、計画降雨量を 1.1 倍（北海道、九州西部は 1.15 倍）して基本高水流量を算出する動きとなっている。よって、将来の便益計算あつては、これら外力の強化に伴う影響を織り込むべきである。また、費用の計算に当たっても、近年実施されている流域治水により、対策費用を算出すべきである。

青森県で採用されている地域修正係数については、事業評価手法検討委員会でも相当議論を行った。ドイツ合併後に東ドイツの開発を促進するために策定された手法が参考になる。この計数については、恣意的に費用便益分析が行われる可能性があり、国で定めることは難しいが、各地方公共団体で活用することに対しては、公平性について様々な考え方があるため自由である。

● 角哲也 京都大学防災研究所教授

人口減少により、氾濫防御家屋数や交通量が減少することを便益評価にどのように織り込むかについては非常に難しい問題である。そもそも、社会資本整備については、あまねく国民に最低整備水準の実施、最低限のサービス提供がどこまで必要かどうか、例えば、限界集落に対する道路や橋梁をどのように維持するか議論を真剣に行う必要がある。治水事業においても、NM(ナショナルミニマム)流量といって、最低限の整備水準を示す流量が当面の整備目標値として用いられてきた。

道路事業においては、現在基本的に将来交通量が増加するという予測に基づき道路を建設している。交通量が増加する予測については、ケースバイケースではあるが、社会的な動向を見極める必要があると考える。また道路の便益は、単に当該箇所を通過する交通量だけで評価すべきではなく、ネットワークやリンクとしての価値を含めて道路事業を評価すべきである。す

なわち、東日本大震災において、三陸沿岸道路の被災に対して、東北縦貫道などの「くしの歯作戦」によるネットワーク効果が確認されたように、災害時のリダンダンシー確保の効果は顕著であるほか、東北縦貫道の渋滞時における常磐道のように、迂回路としての効用も大きい。また、新名神や新東名高速道路のように、二重化を図ることで、先述の川上ダムのように既存の名神や東名高速道路の大規模改修が実施できるようになることも高く評価すべきである。従って、今後は一定の社会的活動を維持するため、ミッシングリンク¹¹の整備に強力に取り組む必要がある。

人口減少下における氾濫家屋数の評価については、1軒のために多大な堤防を築くのか、輪中堤にするのか、地盤嵩上げをするのか、治水の手法として何が最適かを比較して精査する必要がある。現在でも東北地方の氾濫区域内人口が少ない河川では、連続堤防による事業のB/Cは採択が微妙な1.0程度の水準にあるが、1つの事業手法に固執することなく、様々なアプローチから家屋を守る方法を考え、具体的には、地域にあった輪中堤や宅地嵩上げを主体とする水防災事業を行うこととしている。また、事業のオプションの検討とともに、事業遂行のスピード感が非常に重要である。連続堤防建設のように完璧な事業を目指すあまり、莫大な時間を費やして便益の効果が先送りになることは本末転倒であるから、時間をコスト化し、その地域に見あった、スピード感を持った対策を実施することが重要である。これらを河川整備計画のような計画論に入れるべきか、入れざるべきかの議論はまた別に行う必要があるが、局所的治水対策がスピーディーにできるのであれば、大いに取り入れていくべきである。

将来、必要となる可能性があるが、当面需要が発生せず、B/Cが1.0を上回れない事業においては、将来の不確実性に対して、状況が明らかになった段階で、変更できるように備える「リアル・オプション」の考え方を導入して暫定的な整備を進めると良いだろう。例えば、人口増加の可能性がある地域で、現時点では2車線で整備するが、人口増加が明らかになったときに4車線に変更できるように、橋台は4車線に耐えうる構造で予め整備するなどがありうる。オーストラリアのブリスベンでは、将来の人口増加による水需要発生の可能性を見越して、将来嵩上げ工事が可能なダム計画が進められていた。最終的にはダムは建設されなかったが、貴重な考え方の事業スキームの提案であった。なお、九州電力の上椎葉ダムも同様の工夫がされていると聞いている。

● 阪田和哉 宇都宮大学地域デザイン科学部准教授

評価期間について考えると、例えば、ドローンが移動の主流になると自動車道の需要が大きく減るように、技術革新などによって公共物の遠い将来の使われ方や需要は変わりうる。そのため、供用期間を50年間として、それ以降の便益は分析・算定せず、インフラの残存価値を

¹¹ 未整備区間であり、途中で途切れている区間のこと。ミッシングリンクの解消は、大規模災害時における代替ルートの確保、国際競争力の強化、地域経済の強化による地域の自立の支援を図るために必要である。

それ以降の便益の総額とすることが一般的である。一方で、CO₂排出削減など、遠い将来の効果が見通せるものについては、評価期間を延ばした感度分析を行う方法も考えられる。

また、人口減少下でのインフラの維持・管理に係る事業などの評価において、地域住民が利用・活用方法を工夫することで、便益を高められる場合には、そのあたりを評価に盛り込むことで、地域を守るインフラ、インフラを活かす地域、という健全で持続可能な関係性を後押しできるなど考える余地は多い。

一方で、事業内容や便益のタイプごとに評価方法が細分化し、事業評価自体に膨大な時間やコストがかかっては本末転倒である。限りある時間とお金はできる限り公共工事自体に費やされるべきである。事業のスピード感を損なうことなく、シンプルで間違いの少ない効率的な評価、モニタリング手法が求められる。

(2) 社会情勢の変化に対応する費用便益分析の改善

2009年に国土交通省が発出した「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）」（以下「技術指針」という。）には、便益の計測に関して、事業実施による効果を網羅的に整理し、これらの効果について可能な限り貨幣化を行い、便益を整理すること、またその便益が重複しないよう留意することが定められている。技術指針では、各種便益原単位の設定に関し、「時間価値」「人的損失額」「環境質」の3つの考え方について述べている。ここでは、これらのうち、環境質の価値と人的損失額について、環境や人命などについての価値観点の変化に対応するべく、これらを応用した調査研究を行う。

① 環境質の価値評価

環境質に係る要素としては、大気質、水質、騒音、地形、地質の改変、植物・動物への影響等、多くの要素があり、これらはいずれも現在のところ取引市場が形成されていない非市場財であるため、貨幣価値の算定にはいくつか計測手法がある。

CO₂の貨幣価値原単位の計測方法として、「被害費用に基づく方法」、「対策費用に基づく方法」、「排出権取引価格を用いる方法」の3つがあり、一般的に「被害費用に基づく方法」が用いられている。被害費用に基づく方法とは、環境質の悪化による被害を、実際の被害額や、支払意思額によって把握する方法で、CO₂の増加による気候変動に伴うエネルギー需要量への影響（例えば、冷房への電力需要の増大）や、農作物等への影響から被害額を算定する。諸外国における設定状況、既往研究の状況等を踏まえ、日本では、公共事業の事業評価に適用するCO₂の貨幣価値原単位を「10,600円/t-C」（2006年価格）と技術指針に定められている。

以上の情報を踏まえ、ここでは、再生可能エネルギーの一角を占める水力発電の費用便益分析について、研究を行う。

現在の日本の発電電力の70%以上が、発電時にCO₂の排出が多いLNG火力発電や石炭火

力発電によるもので、CO₂排出量の少ない水力発電は全体のわずか7.8%にとどまっている。

既存ストックの有効活用という面で、既設ダム of 利水放流管に発電機を設置するダム管理用発電は効率的である。そこで、環境質を踏まえた費用便益分析を用いて、新規の発電計画を策定するに当たって、旧電源開発促進法において費用便益分析計算のkW、kWh単価の基準とされてきたLNG火力発電と、そのCO₂排出量の多さから、2019年COP25等で縮減が議論されている石炭火力発電におけるCO₂の排出量を水力発電と比較し、事業評価を行った。

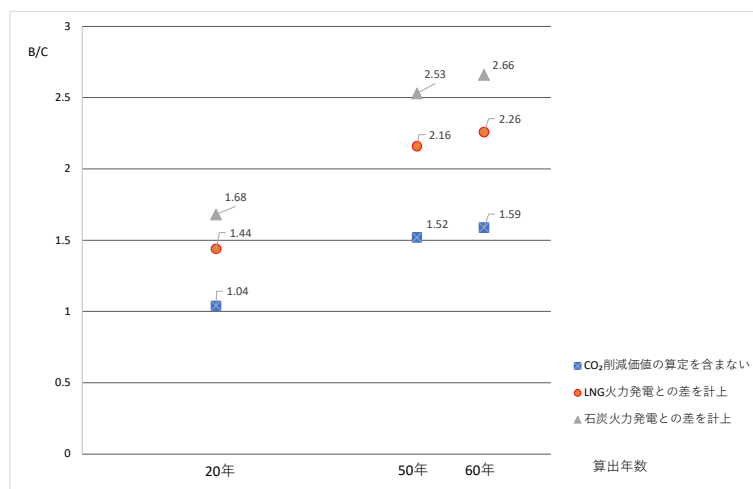
今回の水力発電のデータは青野ダム¹²のB/Cを用いた。CO₂削減価値の算出を含まない青野ダム水力発電のB/Cと、LNG火力発電及び石炭火力を、それぞれ青野ダム水力発電に置き換えた場合に削減されるCO₂排出量を計上したB/Cを比較したグラフを図表1-6-9に示す。今回の算出年数については、水力発電所の減価償却耐用年数が約20年、実際の発電機の年数が約50年、60年であることから、20年、50年、60年としている。

図表1-6-10に示すとおり、算出年数50年時の数値では、CO₂削減価値を含まない当初B/Cが1.52であるのに対して、LNG火力発電、石炭火力発電のCO₂排出量と比較し削減量を計上したB/Cは、それぞれ2.16、2.53と大きく上回っていることがわかる。しかし、ダムの管理用発電の費用対効果分析について、技術指針が発出された2009年6月以降に管理用発電が完成したダムのうち、CO₂削減効果を見込んでいるダムは、国土交通省直轄11ダムにあってはゼロ、補助18ダム¹³にあっては新潟県奥三面ダム、鹿児島県川辺ダムの2つのみであった。CO₂削減価値を算出し計上したダムの管理用発電のB/Cは、これまでに計算されてきた通常の手法によりB/Cの数値を大きく上回っている。このように、CO₂削減効果など環境質を便益に計上することは、環境質の向上に役立つ事業の採択につながる事が期待される。これは、昨今のカーボンニュートラルを目標とする社会情勢に即した費用便益分析の改善につながるのではないだろうか。

¹² 二級水系武庫川の兵庫県三田市加茂に位置する洪水調節、流水の正常な機能の維持、水道用水の新規開発を目的とした堤高29mの重力式コンクリートダムであり、1987年に竣工したダム。

¹³ 都道府県が、自ら管理する河川に国庫の補助を受けて計画、設置する都道府県営ダム。

図表1-6-10 青野ダム水力発電の B/C（社会的割引率 4.00%）



（出典）兵庫県のデータ（青野ダム）を基に当研究所にて算出

② 人的損失額

(a) 技術指針による価値評価

河川事業や砂防事業などの防災事業の実施により、洪水や土砂災害による死亡者数を減少させることが考えられ、道路事業においても、道路防災事業や歩道設置などの交通安全事業、道路改良事業により危険個所の解消と円滑な交通の確保により、交通事故者数の減少が見込まれる。技術指針においては、これらの人的損失額の価値評価算出方法として、「逸失利益」、「医療費」、「精神的損害」を基本構成要素として人的損失額を算定する。このうち、「逸失利益」は、被害者の収入に基づき算定されるため、収入の違いを適切に反映する必要があるが、現実的には被害者を特定できないことが多い。そのため、事業実施により影響を受ける地域レベルの平均的な収入データの適用が望ましい。算定方法としては、ライブニッツ方式を用いる。ただし、被害者の属性を考慮した逸失利益が、保険・裁判等により算定されている場合は、これを用いてもよい。「医療費」は、災害・事故等による傷害の程度で大きく異なるが、災害・事故の規模やそれに伴う傷害の程度を事前に予測することは困難なため、過去の類似事故・災害事例等の実績データから平均的な「医療費」を設定する。「精神的損害」は「支払意思額による生命の価値」をもとに設定することを基本とし、これまでの国内の研究実績・成果の蓄積状況、海外での設定状況を踏まえ、当面、226 百万円/人（死亡）を適用するが、今後、必要に応じて見直しを行う。

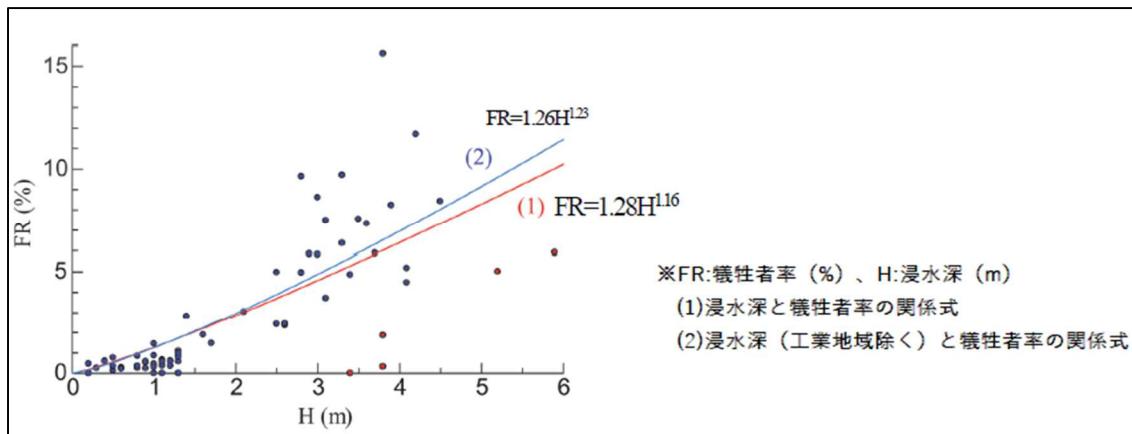
(b) 人的損失額の治水事業への応用

砂防事業、道路事業においては、費用便益分析マニュアルを定め、人的損失額を便益に織り込むよう定めている。一方で治水事業における費用便益分析は、国土交通省水管理・国土保全局が 2020 年 4 月に策定した治水経済調査マニュアルに従って実施されているが、便益として

計上されている項目は、一般資産被害、農作物被害、公共土木施設等被害、営業停止損失、間接被害に留まっており、人的被害額は含まれていない。

洪水氾濫計算をさまざまな洪水規模に関して実施すれば、各地点の浸水深さは相当の精度で求めることが可能である。浸水深さと水災害による死亡率との関係は、何人かの研究者において、在宅者の死亡率や死者数の推定について研究が行われてきた。図表 1-6-11 は、石巻市中心部での浸水深と犠牲者率の関係および構築した関係式である。こういった浸水深と死者の関係と各確率規模別の氾濫計算による浸水深さとの関係から死者数を推計し、通常の水害調査のように確率を乗じて積分すれば、治水事業による死者数軽減が算出でき、これにライブニッツ式（図表 1-6-12）を乗じれば、便益が求められる。今後は、治水事業における応用が期待される。

図表1-6-11 石巻市中心部での浸水深と犠牲者率



(出典) 土木学会論文集 B2 (海岸工学)「浸水深と建物被害率を考慮した東日本大震災における石巻市での人的被害要因の分析」

図表1-6-12 逸失利益（ライブニッツ方式）

$$L = a \times \left\{ 1 - (1 + r)^{-n} \right\} / r$$

L：逸失利益（現在価値化）

a：期間ごとに発生する収入額

n：労働可能期間満了時（n年後）

r：年利率（法定利率5%）

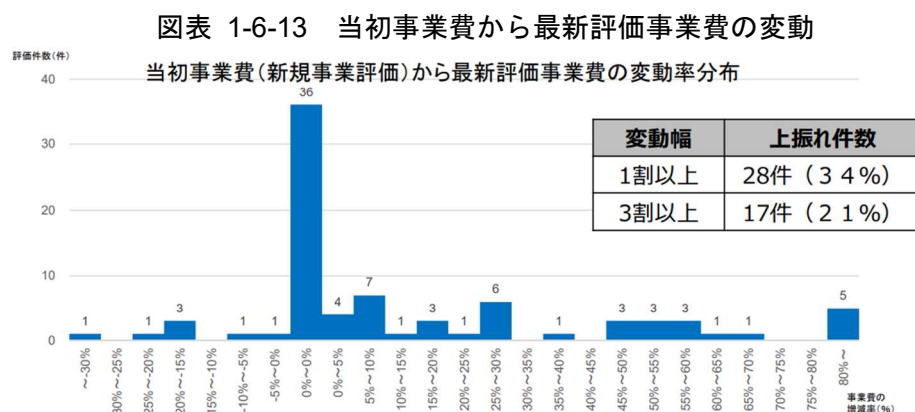
(出典) 国土交通省「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）」

1.6.4 事業費増加リスクへの対応

(1) 事業費の上振れと主な要因

かつて、公共事業の中には、全体事業費が大幅に増加するプロジェクトも見られ、ともすれば、そのコスト管理と費用便益評価の妥当性に批判が寄せられてきた。事業費 C の大幅増は、B/C の 1.0 以下への転落と公共事業としての妥当性の喪失を引き起こしかねないからである。2008～2018 年国土交通省の所管する事業評価カルテ（新規事業評価、再評価、事後評価）によれば、全体事業費の当初新規事業費評価時からの増加幅が全体の 1 割以内の事業は、図表 1-6-13 に示すとおり、全体の 6 割以上を占める一方、3 割以上増加する事業数も 2 割程度存在しており、コストに関する不確実性は大きい。

このような状況を踏まえて国土交通省は、事業費の増加の主な要因について、事業費の増加・減少の要因と金額が公表されている道路、港湾、ダム事業を対象に調査を行った。主な要因としては、ダム事業にあつては、構造の変更による要因、物価や消費税の上昇が大きく、道路事業にあつては、地盤改良の変更などの工法・手順の変更、港湾事業にあつては、工法・手順の変更による要因がそれぞれ大きい。これらを引き起こす要因として、地盤情報の不足、設計で想定した地盤との乖離などが大きく、これらに対応するため、国土交通省は国土地盤情報データベースを策定した。これは、官民が所有する地盤情報等の収集・共有、品質確保、オープン化等の仕組みを構築したものであり、すべての地盤情報について、公共工事は、原則として収集・共有を徹底している。ライフライン工事は、占用手続きにあわせて、民間工事は、依頼者の同意を得た上で収集・共有する仕組み等の構築を検討している。2018 年 4 月、「国土地盤情報データベース」の運営主体を公募した結果、一般財団法人国土地盤情報センターに決定し、同年 9 月に運用を開始し、地方公共団体、公益事業者等に対象を拡大している。



データ：H20年度～H30年度の事業評価カルテ（新規事業評価、再評価、事後評価）
 ※新規事業評価の後に1回以上再評価又は事後評価を行っている事業を対象に作成（総事業数82件）
 ※増減率は、（最新評価時全体事業費－新規事業評価時全体事業費）/新規事業評価時全体事業費
 ※名目の全体事業費の前回評価からの増減率を集計。名目値の比較のため、景気の変動等の影響が含まれる。
 ※全事業：道路、河川、港湾、砂防、ダム、営繕、空港、鉄道事業（公園、海岸、海保事業は複数評価が公表されていないため含まない）

（出典）国土交通省「事業評価を巡る論点」

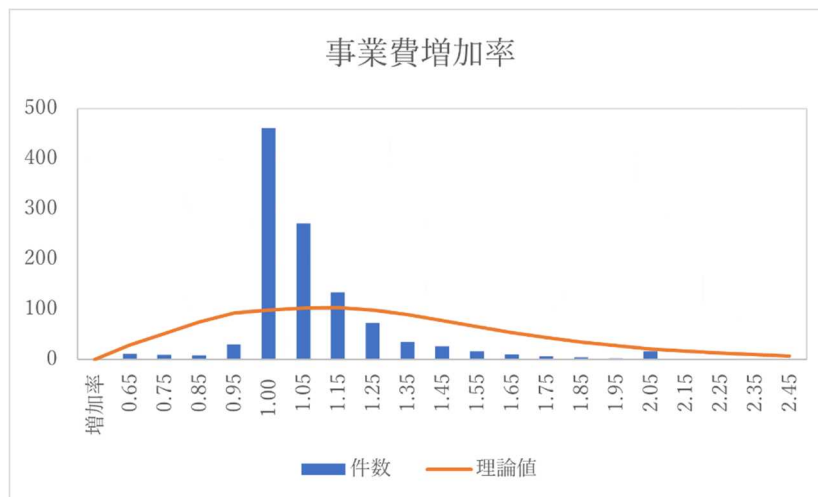
(2) 事業費変動のマネージメント

国土交通省は、費用便益分析において、不確実性を一律に評価することは困難であり、リスクを低減させる取り組みを進めることが必要としている。国土交通省所管事業の事業費変動は、図表 1-6-13 に示したとおりであり、これらの分布が対数正規分布に従うと仮定し、その回帰式を求めると図表 1-6-14 に示すとおりとなる。対数正規分布とは、グラフ横軸に示したデータ、ここでは事業費増加率の対数が正規分布に従うとした分布式である。公共事業における事業費は、下方硬直性が強いとの仮説を立てて、正規分布ではなく、対数正規分布を採用した。

公共事業の事業費管理は、経済的な性質の問題という面も保有しており、ここではリスク管理の手法として、類似の金融投資の判断指標を参考に金融投資の 2σ ¹⁴を採用する。 2σ に従えば、上限値約 2.275%で管理する必要がある、図表 1-6-14 の分布式で相当する事業費増加率は約 2.45 倍である。

今後、公共事業の新規採択の妥当性を評価するに当たっては、費用 C、すなわち全体事業費を正確に算出し、事業採択以降の事業費増嵩を最小限度に抑えるべきことは論を待たない。しかし、図表 1-6-13 に示すとおり、過去の事例によれば、事業費増加率が、事業評価委員会資料にて用いられている+10%を大きく上回る事業が存在したことも事実である。こうした将来の不確実性に対して、「リスク・オプション」の考え方にない、事業費のリスク管理として例えば、当初の 2.45 倍に事業費が増嵩する可能性が生じた段階で、事業変更の内容を精査することともに、B/C が 1.0 を上回ることを確認して、その妥当性について判断することが検討されてもいいのではないかと考える。

図表1-6-14 事業費増加率の分布式



(出典) 国土交通省資料もとに当研究所にて作成

¹⁴ あるデータの平均値や散らばり具合を表す標準偏差において、 2σ 内にその約95%が存在するとされている。金融投資におけるリスク管理の判断基準ではこの 2σ を採用することが一般的である。

1.6.5 合理的な費用対効果分析の実施に向けた提言

第1項から第4項にかけて社会資本整備の費用対効果分析について、現在の社会情勢に鑑みつつ、学識経験者の御意見をうかがうとともに、既往文献や諸外国の制度と比較し、その改善を行うべく、様々な視点で分析を実施した。本章では、これらを総括して、合理的な費用対効果分析の実施に向けた提言を行う。

(1) 社会的割引率のあるべき算出方法と水準

- 従来通り、長期国債金利を参考にする場合は、経済・物価に対して中立的な実質金利の水準である「自然利子率」や「均衡イールドカーブ」を用いて算出すべきであり、現行の4%から1.5%へ2.5%程度の引き下げが必要である。
- 公共事業が民間事業や個人消費とのトレードオフであること、建設国債の償還財源が税収で賄えていないことを踏まえ、長期国債金利ではなく、歳入全体の資金調達コストも考慮する場合は、現行の4%から3%へ1%程度の引き下げに止める必要がある。
- 将来世代の便益を反映させ、遠い将来の社会的割引率を引き下げる時間低減型の導入は、人口減少により遠い将来の利子率が高まると考えられる日本では、慎重に検討すべきである。
- 市場金利には個人の便益しか反映されておらず、水資源の確保・気候変動の抑制・大気汚染などの公害防止などの社会全体の便益は反映されていない。また、金額換算が難しく便益や費用減にも計上できないため、社会全体の便益に不可逆的な影響を与える場合や、上下水道のように生活に必要不可欠な公共事業については、上記水準から一定程度（ α %）の更なる引き下げや、引き下げた社会的割引率による感度分析が必要である。

(2) 便益における間接効果の計上

- 便益計算は、現在直接効果の計上に留まっているが、諸外国における道路事業の評価手法等を参考にしつつ、合理的な範囲で間接効果の計上に努めるべきである。また、間接効果の精度の高い計算手法の開発を促進するべきである。

(3) 主要な直接効果の計上

技術指針に定められている以下に示す主要な直接効果について、積極的に計上すること。

- CO₂削減効果の評価

技術指針が、便益計算においてCO₂削減効果を計上することを定めていることを踏まえ、ダム水力発電事業等CO₂削減効果の算出が可能な事業において、その効果を織り込むべきで

ある。

- 人的損失額を積極的に計上すること

現在、便益に人的損失額を計上することは、道路事業や土石流防止事業に留まっているが、治水事業や一般の砂防事業など人命保全に資する事業について、人的損失額の計上を積極的に検討すべきである。

(4) 事業費上振れリスク管理の強化

- 全体事業費が大幅に増加するプロジェクトも依然存在することから、B/C 算出に当たっては、事業費が 2σ 増大することを評価に織り込むなど事業費上振れのリスク管理を強化することが必要である。

(参考文献)

1.6.1 (3) (4)

岡野行秀・根岸隆編「公共経済学」有斐閣, 1973, 第4章

B. ジャクソン「公共部門の経済学」マグローヒル好学社, 1982, 第8章

J. E. スティグリッツ「公共経済学(上)」東洋経済新報社, 1996, 第9章

林正義・小川光・別所俊一郎「公共経済学」有斐閣, 2010, 第11章

HM Treasury: THE GREEN BOOK, 2020

HM Treasury: Intergenerational wealth transfers and social discounting:

Supplementary Green Book guidance, 2008

Asian Development Bank: Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: A Survey, 2007

1.6.1 (5)

大谷悟, 佐渡周子, 今野水己, 土屋和之, 牧浩太郎: 主要先進国等の公共事業評価に適用される社会的割引率, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5, pp.I_163-I_171, 2013

Asian Development Bank: Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: A Survey, 2007

1.6.1 (6)

井堀利宏, 福島隆司「費用便益分析における割引率」国土交通政策研究所, 費用便益分析に係る経済学的基本問題_第3章, 1999

阪田和哉, 林山泰久: 社会資本整備における社会的割引率に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.26, 2002

山田淳大,大野栄治:年間WTPと生涯WTPの違いに基づく割引率の計測,土木計画学研究・論文集,Vol.24 no.1, 2007

大谷悟,佐渡周子,今野水己,土屋和之,牧浩太郎:主要先進国等の公共事業評価に適用される社会的割引率,土木学会論文集 D3 (土木計画学),Vol.69,No.5,pp.I_163-I_171,2013

瀬木俊輔,小林潔司,:人口減少・高齢化社会における人口構成の不変想定がもたらす計画論的バイアス,土木学会論文集 D3 (土木計画学),Vol.69,No.5,pp.I_205-I_216,2013

長谷川高平,荒井康裕,小泉明:送配水システムのライフサイクルアセスメントにおける社会的割引率に関する一考察,土木学会論文集 G (環境),Vol.72,No.6,pp.II_205-II_216,2016

1.6.1 (7)

北尾早霧,竹内光,御子柴みなも,木村玄蔵「世代重複 (OLG) モデルによるマクロ経済予測についての共同研究業務報告書」東京大学・年金積立金管理運用独立行政法人, 2019

岡崎陽介,須藤直:わが国の自然利子率—DSGE モデルに基づく水準の計測と決定要因の識別—,日本銀行ワーキングペーパーシリーズ, No. 18-J-3, 2018

須藤直,瀧塚寧孝:人口動態の変化と実質金利の趨勢的な関係—世代重複モデルに基づく分析—,日本銀行ワーキングペーパーシリーズ, No. 18-J-4, 2018

今久保圭,小島治樹,中島上智:均衡イールドカーブの概念と計測,日本銀行ワーキングペーパーシリーズ, No. 15-J-4,2015