

【研究展望】

## 新しい富の指標計測 —持続可能性計測研究の過去と未来—

山口臨太郎・大久保和宣・佐藤真行・籠橋一輝・馬奈木俊介

自然資本を含めた包括的な富が減らないことが持続可能性の必要条件であることが理論的に明らかにされたことを受け、近年、それを実際に計測した「新国富」が持続可能性指標として注目されている。本稿では、これまでの政策・理論・実証研究上の背景をレビューし、一例として水を自然資本に組み入れる際の課題を検討する。今後の研究課題として、世代内衡平性、人口減少の影響、集計の空間的範囲、シャドー価格の推計などを指摘する。

キーワード：持続可能性，富，ジェニユイン・セイビング，シャドー価格，環境評価

### 1. はじめに

本稿の目的は、2000年代初頭から研究が蓄積され、国連関係組織（国連大学、国連環境計画、国連教育科学文化機関）によって近年実践に移されている包括的富指標（IWI：Inclusive Wealth Index、以下では馬奈木（2014）<sup>1)</sup>に倣い、新国富指標と呼ぶ）に関して、理論と実証の両面から意義と到達点を明らかにし、将来の課題を示すことである。

ローマ・クラブは1972年に『成長の限界』と題した報告書を発表した。これは、マサチューセッツ工科大学の3人の科学者が率いたチームが、システム・ダイナミクスという手法を用いて、世界人口、再生不可能資源ストック、地球環境の汚染、1人当たり食料、1人当たり工業生産について、それぞれが長期的にどのような軌道を描くかをシミュレートしたものである。シミュレーションは、3つのシナリオにもとづいて行われたが、ビジネス・アズ・ユージュアル（Business as Usual：政策的な対応が何もしなれないというシナリオ）では、2030年までに地球上の成長は限界に達して経済の縮小と人口の減少が始まることが予測された。

『成長の限界』には発表の直後から多くの厳しい批判が浴びせられた。例えば、資源価格が上昇することによって、資源節約的な技術に移行したり、代替投入物を用いるように生産技術が切り替わったりするはずだと主張された。しかし、技術変化が人口爆発、資源枯渇、環境汚染を解決するという楽観的な見方は支配的にはならなかった。

『成長の限界』は、これらの問題について人々が漠然と感じていた不安を科学的な証拠によって支持したのである。

政治的な対応が必要なのは明らかだったが、先進国と途上国の利害対立がそれを阻んだ。当時は環境保全と経済成長は対立するという考え方が大勢であり、環境保全を推し進めたい先進国と経済成長を志向する途上国の意見を調停することが困難だった。

このような利害対立の中で生まれたのが「持続可能な発展」という概念であり、それが高度に政治的な舞台において結晶化したのが、1987年に「環境と発展に関する世界委員会」（WCED：World Commission on Environment and Development、いわゆるブルントラント委員会）が公表した最終報告書『われら共有の未来』（“Our Com-

mon Future”，邦訳は『地球の未来を守るために』）における定義である。「将来世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、現在世代のニーズを満たすような発展」という明確な定義が与えられたことによって、この概念はさらに広く認知されるようになった。

しかし、ブルントラント委員会の定義における「ニーズ」や「能力」が何を指しているのかについてはあいまいであった。そして、そのあいまいさが概念的な定義や解釈に関する混乱を招いた。この混乱は、政策を導く指標の開発にとっても大きな障害となった。広いコンセンサスが得られるような明確な指針がなく、各主体が独自に持続可能性指標の開発を行ったために、国際的な比較可能性は確保されなかった。また、持続可能な発展という概念が包含するものが徐々に拡大していったことも混乱に拍車をかけた。持続可能性指標のもっとも一般的な形式は、個別指標の集合としてそれを定義するものだが、概念の拡張に合わせて個別指標の入れ替えがアドホックに行われた。

1990年代終盤から、国際的な比較可能性を有し、共通の推計枠組みを用いた一貫性のある持続可能性指標の開発に、国際機関が着手するようになった。国連統計局の環境・経済会計体系（SEEA：System of Environmental-Economic Accounting）や世界銀行の「調整純貯蓄」（adjusted net saving）が有名である。新国富指標の開発も、このような潮流の中で始まった。

新国富とは、社会の進歩、人間の福祉、そして長期の持続可能性という点から見た国の富を表わす概念である<sup>2)</sup>。新国富指標の理論的枠組みにおいて、持続可能性は福祉の増進（正の変化）として定義されている。ここでいう福祉は、現在世代だけでなく将来世代をも含む、「社会的福祉」であり、世代を通じた福祉（intergenerational well-being）を意味している。

ある国の富とは、その国が保有している、効用の発生に関連する、すべての資本資産の社会的価値である。ここでいう資本資産には、人工資本のみならず、自然資本や人的資本が含まれる。これらの資本資産は、国の生産的基盤を構成する要素であるから、新国富を測定することは人々の福祉

を生み出し維持する国の能力を測定することに等しい。

これまでも多くの持続可能性指標が提案されてきたが、新国富指標はそれらと何が違うのだろうか。端的に言えば、新国富指標は全体像を俯瞰するための総合的かつ単純な指標であり、分かりやすいので様々なステークホルダーの間のコミュニケーションを助けるという点で相対的に優れている。

持続可能性指標の開発方法には、主に3つの類型がある。第1の方法は、環境・経済・社会のいずれかに着目した個別指標を構築することである。例えば、生産や消費にともなう環境負荷の程度を定量化する試みとして、国や都市のレベルにおいてはエコロジカル・フットプリントが、製品のレベルにおいてはライフサイクル・アセスメントが開発された。第2の方法は、環境・経済・社会のそれぞれについていくつかの個別指標を選出し、それらの集合として持続可能性指標を定義するというものである。例えば、エコロジカル・フットプリントは単体で環境負荷を表わす指標として用いられるが、集合として定義される指標の構成要素としても用いられる。

たしかに、これらの個別指標は個々の政策領域におけるマネジメントにとっては有用である。しかし、それぞれ異なるものを異なる単位で測っており、それらを寄せ集めてみても、総体的に私たちの社会や経済が持続可能な発展の経路に近づいているか否かという問いに答えることができない。

持続可能性指標の開発における第3の方法は、複合的な総合指標を作ることである。しかし、この方法で開発された指標の多くは、指標に組み入れる構成要素の選択やそれらへの重みづけに関する恣意性があるという批判を免れ得ない。また、集計された値の解釈も難しい。

第1の方法である特定の政策領域を対象とする個別指標やそれらの長いリスト、あるいは第2の方法でも、開発した当人たちにとってさえ解釈が難しいような総合指標は、ステークホルダーの間のコミュニケーションを円滑にするどころかむしろ阻害してしまう。全般的な持続可能性政策の基本計画を立案したり、全体として政策パフォーマンスを評価したりするには、第3の方法である、

政策領域を横断する総合的な指標であり、かつ分かりやすく単純な指標が適している。

分かりやすさを正しさと混同してはならないが、社会経済にインパクトをもたらすためには、分かりやすさは重要である。これまで、科学的な研究や調査の成果は、人々の思考習慣や生活スタイルあるいは社会や経済を統治する制度に劇的な変化を起こすことができなかった（地球温暖化のような問題を解決し、持続可能な発展を実現するのに必要なのは、まさにそのような変化であるにもかかわらず）。科学と政策の間にはギャップがあり、両者のつながりを強化する必要があるという危機感と認識は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）や生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学・政策プラットフォーム（IPBES：Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services）のような、科学的な研究成果をもとに政策提言を行う政府間組織を生み出した。これらの組織は、難解かつ長大な研究成果を要約し、政策決定者に分かりやすく伝える努力をしている。

また、2012年6月の国連持続可能な発展会議（RIO+20）で打ち出されたフューチャー・アース（Future Earth）は、地球環境に関する学際的研究と、市民、政策・行政担当者、経済界、NGO/NPO、メディアなどの様々なステークホルダーとの協働や共創による超学際的研究のための新しい国際的な枠組みであるが、ステークホルダーの意見を取り入れながら研究成果を分かりやすく伝える方法を模索することを推奨している。

分かりやすさは、異なる階層の政府やその他のステークホルダーの間で議論を成立させるのにも必要である。持続可能な発展の実現のためには、グローバル、スープラナショナル、ナショナル、サブナショナルなど、様々な階層における取り組みが必要であり、さらにそれらの取り組みは調和的でなければならない。それには、分かりやすい共通の思考の枠組みとそれにもとづく単純な指標が必要である。

新国富指標は、政策決定者と科学者の間で、異なる領域の専門家の中で、専門家と素人の間で、

多様な目標をもつ組織の間で、階層の異なる政府や機関の間で、円滑なコミュニケーションを可能にするツールである。私たちは、新国富指標によって、社会や経済の状態または変化を継続的に監視することができ、政策が及ぼす長期的な影響を予測することができる。そして、私たちの社会や経済が良い／悪い変化を経験しているのか、何がそのような状態や変化を引き起こしているのかについてより良く理解し、どのような措置を講じるべきかを議論することができる。もちろん、総合指標とその構成要素によって表現できない社会経済の側面があることは銘記しなければならない。

なお本稿では、自然資本と他の資本との代替が可能であると考え、「弱い」持続可能性指標を扱う。これは自然資本を他の資本で代替できると考えているためではなく、弱い持続可能性は、強い持続可能性の必要条件となるためである。

以下では、新国富指標に関する研究成果を整理し、拡張の方向を探る。その構成は以下のとおりである。まず、第2節において、新国富指標の理論的な枠組みを解説する。GDPの修正により新国富に接近できること、新国富の変化が福祉の変化の代理指標となることを述べる。また理論的枠組みにおいては、経済の最適性や効率性を仮定する必要がないことが示される。第3節では、新国富の実証的推計における論点を整理する。人的資本や自然資本の推計上の課題や、計上する資本資産の包括性の問題を指摘する。また、持続可能性を判断する時間的・空間的単位の問題を整理し、今後の実証研究の方向性を示す。

第4節においても、計上する資本資産の包括性に関する議論がなされる。具体的には、自然資本から得られる水のサービスの価値をどう推計し、新国富指標とどう接合すればよいかを考える。水は多様な経路を通じて人々の福祉に貢献していることを考えると、その価値が新国富から漏れているのは見逃せない。本稿では、水のシャドー価格の推計方法に絞ってレビューを行う。最後に、第5節において、将来取り組むべき新国富指標に関する研究の課題を要約し結論とする。

## 2. 理論研究の現状と課題

### 2.1 GDP から NDP へ

フランスのサルコジ前大統領が設置した委員会による報告書 (Stiglitz et al., 2009) が広く知られるようになり、日本でも GDP (国内総生産) に代わる指標の議論が再び高まっている。そこで、持続可能性指標の理論を振り返る上でも、GDP の長所と短所を明らかにするところから始めるのがよいだろう。

GDP は、ある期間内に生産された財・サービスの付加価値を測っていることから、経済活動の規模とその変化を知るのに有益である。一方、GDP が表せないこととしては、Stiglitz et al.

(2009) にまとめられているように、家庭内労働や財・サービスの質の向上、人々の生活満足度や幸福度、経済の持続可能性という3つが挙げられる<sup>3)</sup>。このうち、本稿の主題である持続可能性の視点から、GDP はどのように修正すればよいだろうか。

GDP を支出面から見ると、個人の所得と同様、消費するか貯蓄 (= 投資) するか2通りしかない。では、今期の GDP のうち、いくらを消費し、いくらを投資に回せばよいだろうか。すべてを消費してしまうと、来期以降の生活の糧がなくなってしまう、投資収益率は極めて大きい。そこで、少しずつ今期の消費をあきらめて、投資に回す額を増やしていくとする。1万円の消費をあきらめるごとに、その見返りとして将来得られる消費(消費利子率)が上っていく一方で、投資額がだんだん増え、投資の収益率が下がっていく。結局、消費と投資は、消費利子率と投資収益率が等しくなるところでバランスがとれる。

この考え方は、1家計の内部では、異時点間の効率性という視点でのバランスだが、世代を超えた文脈にあてはめると、世代間均衡性という視点につながる。私たちの世代の生活水準を確保することは重要だが、一方で私たちが消費しすぎると、投資が減り、ひいては将来世代の生活の糧が目減りしてしまう。このような世代間均衡性を念頭に置くならば、GDP のうち、現在世代の福祉につながる消費と、将来世代の福祉につながる投資と

のバランスをとる必要があるのである。

このように世代を超えた文脈では、将来世代の生活の糧となりうる資本への投資を測ることが重要になる。そのような資本には、経済学が中心に扱ってきた人工資本だけでなく、人々の教育や健康を表す人的資本、天然資源や生態系など人間の生活が依存する自然資本も含まれるだろう。したがって、GDP に持続可能性を反映させるためには、まず資本の対象を広げるという作業が必要である。

資本の対象を人的資本や自然資本にも広げると、新たな課題が出てくる。ここで、自然資本である枯渇性資源(石油)を、每期同じ量だけ(コストをかけずに)採掘してそれを国内ですべて消費するA国を想定しよう。A国のGDPは、支出の側面から見ると、消費と投資の2つのいずれかに分類できるが、投資はゼロであるため、 $GDP = \text{石油消費} > 0$  が当分は続く。しかし、石油がいつか枯渇すると、 $GDP = \text{消費} = 0$  となってしまう。A国経済がこのように持続不可能であることを表現するためには、今期の石油の減耗をGDPに含める必要がある。つまり第二の作業として、資本の減耗をマイナスの投資として計上することで、 $NDP(\text{国内純生産}) = \text{消費} + \text{純投資} = \text{消費} + (\text{投資} - \text{資本減耗})$  という指標にする。この経済では、消費と資本減耗とがちょうど打ち消しあうので、每期、 $NDP = 0$  となる。

### 2.2 NDP から包括的投資へ

A国のNDPは0だが、今の消費パターンを続けていればいつかは消費がゼロになってしまう。この持続不可能な状態をマイナスの符号で「予言」できる指標にできないだろうか。

前述したように、消費は現在世代の福祉に、投資は将来世代の福祉につながり、このバランスをとることが重要であった。持続可能性の指標は、現在と将来とのバランスよりも、将来世代の福祉が今よりも下がらないかどうか第一の関心がある<sup>4)</sup>。  $NDP = \text{消費} + \text{純投資}$  のうち、現在世代の消費を差し引いた残り(純投資)がプラスかどうかを示すことが重要なのである。こうして、最終的な持続可能性指標は、 $NDP - \text{消費} = \text{純投資}$  と



る。再びA国の例で、石油を2兆円分採掘して全量を消費したとすると、 $NDP - \text{消費} = 0 - 2 = -2$ とマイナスになっており、持続不可能であることを表せる。また、採掘した石油2兆円の半分を消費に、もう半分を人工資本への投資に充てた場合は、 $NDP - \text{消費} = 0 - 1 = -1$ とやはりマイナスだが、全量消費したケースよりはマイナス幅が少なく、より持続可能と言える。この2つの例は、NDPで表せば0円で同じになってしまう。

GDPやNDPを経由して持続可能性指標にたどり着く道筋を示したが、ここまでの議論から明らかのように、 $NDP - \text{消費}$ ではなく、最初から純投資を測れば最も近道であろう。まとめると、1) 資本の対象を広げ、2) 資本減耗を計上し、3) 純投資がプラスかどうかを判断する、という手順である。手順1)において、人工資本、人的資本、自然資本を合わせて包括的富、新国富と呼ぶ（本節では以下、富と呼ぶ）。今期の富は、正しく測定すれば、現在から将来までの世代が享受する福祉（社会的福祉）に等しい<sup>5)</sup>。言い換えれば、現在から将来までの福祉の合計は、直接測るのは難しいが、現在存在する富を測ることで代用できるのである。

ここで、ブルントラント委員会の言う「ニーズを満たす能力」を、「現在から将来までの世代が享受する福祉（社会的福祉）」と解釈しなおすと、富への純投資がプラスであることが、持続可能な発展の指標となることが確認できる。現在の指標（富）で将来の福祉を占める点がこの指標の長所である。

### 2.3 シャドー価格、最適性、持続可能性

富を「正しく測定する」のに必要な情報は、他の財・サービスと同じく、価格と量である。とりわけ厄介なのが価格である。資本の対象を広げた時点で、市場で取引されていない資本が含まれているからである。ここで、ある社会経済におけるある資本の追加的な価値のことを、資本のシャドー価格と定義する。資本のシャドー価格は、一定の条件の下で、その資本があと1単位増えたら、現在から将来までの福祉がどれだけ増加するかを表している。

ここで、「一定の条件の下で」とは、その資本が将来的にどう使われるかという条件によってシャドー価格も変わることを意味する。経済学では伝統的に、すべての世代の福祉を足し合わせた和が最大になるように資本が使われるという条件をベンチマークとして考えてきた。これを最適経路という。最適経路であるための必要条件は、数学的に導き出すことができ、それを用いて資本のシャドー価格を決められる。Hamilton and Clemens (1999) は、経済が最適経路上にあることを前提として、各資本のシャドー価格を理論的に導出し、富への純投資を測定している。たとえば、A国と同じように、枯渇性資源（石油）を消費するB国を想定しよう。B国は、最適経路に従って動いているが、それ以外の点ではA国と全く同じ条件にあるとする。B国での石油のシャドー価格は、消費の限界効用に等しく、石油が枯渇に近づくにつれて、割引率と同じ率で上昇していく（ホテリング・ルール）。そして最適な経済では、資源利用量、消費やGNPは、時間とともに少なくなっていく（Dasgupta and Heal, 1979）。

ところが実際の経済は、最適経路からは乖離しているのが普通だろう。では経済が最適経路上にない場合に、シャドー価格をどのように求めればよいだろうか。B国に当てはまるような、最適のための必要条件は使えない。そこでDasgupta and Mäler (2000) は、経済が特定の「資源配分メカニズム」に従って動いているという仕組みを考案し、それによりシャドー価格を決められるとした。B国の例は、この資源配分メカニズムがたまたま最適なものだったというに過ぎない。これに対してA国は、毎年の石油利用量を一定にするというルール（資源配分メカニズム）に従って資源を使っていると解釈できる。A国の資源のシャドー価格は、「資源利用量＝一定」という制約条件が将来まで続くという仮定の下での資本の追加的な価値として計算でき、これはB国でのシャドー価格とは違うものになる。

不完全経済のA国、最適経済のB国のいずれにおいても、シャドー価格は、その資本があと1単位増えたら、現在から将来までの福祉（社会的福祉）がどれだけ増加するかを表す。既に述べた

ように社会的福祉は、正しく測れば、今期の富に等しい。また富は、銀行預金などの資産と同じように、生産過程に使われることで社会に運用益をもたらすと考えることができる。実はこの運用益こそ、NDPである。そして、富の増加は、この運用益から今期の消費（による効用）を引いた残りである。一方で富の増加は、シャドー価格×資本の増分としても書ける。このことから、

$$\text{富の運用益} = \text{今期の消費} + \text{資本のシャドー価格} \times \text{資本の増分}$$

という関係が成り立つ（図1参照）。運用益は、富×収益率だから、上式の右辺より、資本が富＝福祉に与える影響は、1）毎期の消費、2）シャドー価格、3）資本の増分、への3つの影響に分解できる。これを変形するとシャドー価格は、A国、B国問わず、

$$\text{シャドー価格} = (\text{消費への影響} + \text{シャドー価格への影響}) \div (\text{実効} \text{ 割引率}^6)$$

の形で書けることが分かる。実はこの式は、株や債券などの資産価格と同じ形をしている（Fenichel and Abbott, 2014）。たとえば株価は、株をもつことによる毎期の消費への影響（配当、インカムゲイン）とシャドー価格への影響（値上がり益、キャピタルゲイン）を足して割引率で割り戻したものである。人工、人的、自然資本のシャドー価格は、その資本が将来的にもたらす直接的便益と値上がり益の現在価値として計算できるのである。

こうして求められたシャドー価格を使って、各資本に重みづけをする。それを合算した富が成長していることが、持続可能な発展の指標となる。A国とB国との違いは、最適かどうかという点

にあったが、これはその経済が持続可能かどうかとは全く関係ないのである。

## 2.4 関連する文献

持続可能な発展の指標の理論は、所得の概念の議論にまでさかのぼることができる。Fisher（1906）は、「経済の富がもたらすサービス」を所得ととらえていた。公共財の研究で知られるスウェーデンのLindahl（1932）は、「富が減少しないような最大消費額」を所得ととらえており、これはまさに上記のNDPに相当する。またIS-LMモデルや経済史で著名なHicks（1939）もやはり、「今週使える最大額。しかも実質ベースで来週も同じだけ使えそうな額」を所得と定義しており、持続可能性の概念を先取りしている。時代が進んで今から40年前には、Weitzman（1976）がNDPに持続可能性指標としての意味があることを指摘した。Hartwick（1977）は、枯渇性資源の収益をすべて人工資本に投資し、富が減らないようにすることで、将来の効用が下がらないことを指摘した。1987年のブルントラント委員会による定義を踏まえて、Pezzey（1989）が持続可能な発展の定義を整理してから、持続可能な発展の経済学的な議論が急増した。Pearce and Atkinson（1993）が直感的に富の純投資指標を示し、Hamilton and Clemens（1999）とDasgupta and Mäler（2000）がそれぞれ、最適経済と不完全経済を対象に理論化を行った。理論サーベイとして、Dasgupta（2001/2004）、Heal and Kriström（2005）、Aronson and Löfgren（2010）等がまとまっている。

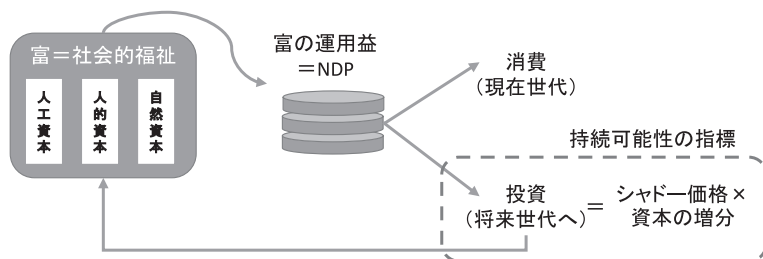


図1 富、福祉、NDP、持続可能性の関係

## 2.5 理論面での今後の課題

理論面での今後の課題として、5点指摘したい。

第一に、富を構成する資本が国内や世界でどのように分配され、資本へのアクセスにどのような不平等が生じているのか、それがどう持続可能性に影響するのかを解明する必要がある。

第二に、資本が将来どのように使われるかを表す資源配分メカニズムは、当然ながら不確実なものであり、これを理論化する必要がある。

第三に、富や投資の指標は国を単位とするものが大半だが、世界、地域、サブナショナル、ローカルなどの他のレベルとの指標の集計や空間的波及効果などの反映が課題である。

第四に、不完全経済における資本の生産性を考慮したシャドー価格である。たとえば東日本大震災前後の富を比較した研究では、自然資本としての農地のシャドー価格は、過去に栽培されてきた農作物の価値に基づいて計算された<sup>7)</sup>。ところが被災地では、塩害や放射性物質への懸念により、作物や用途の変更がなされている土地も多い。本来は、こうした今後の用途がシャドー価格に反映されるべきである。別の例として、東南アジアでは農地拡大で森林が減少しているが、森林伐採後に食用作物ではなくバイオ燃料作物が栽培されたり、さらには耕作が放棄されたりという例が後を絶たない。こうした現地の制度や慣習を踏まえて、自然資本の生産性や将来収益をフォワードルッキングな形でシャドー価格に反映する理論・実証が求められている。

最後に、人口と持続可能性との関係性が挙げられる。フォワードルッキングなシャドー価格は、人的資本や人口についても言える。人口が急増しているサブサハラアフリカ、南アジア、中東や、少子高齢化に直面する先進国は、今後の人口構造の変化を反映したシャドー価格を使うべきであろう (Arrow et al., 2003; Yamaguchi, 2014)。とりわけ日本では、人口減少が進むと他の条件が一定であれば1人当たりの富は見かけ上増えるが、それ以外の影響も含めて、人口減少局面での1人当たり富や持続可能な発展とは何かを議論する必要がある。

## 3. 新国富指標に関する実証研究に向けて

### 3.1 新国富指標の定式化と計測

持続可能性指標としての新国富は、福祉の源泉である資本の総量に着目するものであり、Pearce and Atkinson (1993) より研究が加速しているキャピタルアプローチにもとづいている。この指標は、前節で指摘されたようなGDPのもつ限界を超え、これまでに測定されていなかった資本を考慮するだけでなく、現時点での消費や効用が将来続くうか考えるために開発された。国民経済計算やその他様々な既存指標を改善し、利用することから、基本的には国民国家単位、年単位で計測される。したがって、新国富  $W_t$  は、計測年を  $t$  として次のように表される。

$$W_t = P_{Mt}M_t + P_{Ht}H_t + P_{Nt}N_t + P_{Zt}Z_t$$

$M_t$ ,  $H_t$ ,  $N_t$ ,  $Z_t$  はそれぞれ  $t$  年時点での人工資本量、人的資本量、自然資本量、その他資本量である。資本  $i = [M, H, N, Z]$  の前にかかっている  $P_i$  は、富を価値ベースで計測するためのシャドー価格である。この定式化から、実証上の論点がいくつか見えてくる。

### 3.2 捕捉範囲とその経済評価

まず、それぞれの資本を表している  $M$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $Z$  が捕捉する範囲とそのシャドー価格についてである。第一に、人工資本  $M$  はこれまでいかにして計測するかという経済学的、統計的な議論が積み上げられてきた (野村, 2004)。また、国民経済計算 (SNA) などによって測定手法ならびにデータの蓄積もかなりある。新国富指標では、こうした国民純投資や国民純貯蓄などの既存データを利用できる。

それに対して、人的資本や自然資本は既存のデータを上手く使うことが難しいという問題がある。人的資本  $H$  については、「得られたスキルと知識」と定義した Schultz (1961) や Becker (1964) 以来の議論がある。これまでのところ、人的資本の計測において重要視されてきたのは教育である。教育によって労働生産性や賃金が向上することをもって、人間に体化された資本であるとみなすわけである。世界銀行の調整純貯蓄では、単純

に教育支出でもって人的資本蓄積を近似しているが、新国富指標においては、所得アプローチに基づいて、教育と生涯賃金との関係などをもとにより精緻に計測されている。教育と並んで重要な人的資本の要素である健康については、新国富指標では統計的生命の価値を考慮した寿命の延びについて計測が試みられた。しかしながら、健康が福祉に直接もたらす便益や生産性向上等については、まだ適切な推定技術が整っているとは言えず、指標に組み込まれるに至っていない。こうした人的資本の推定は、今後残されている大きな課題の1つである。

つぎに、自然資本 $N$ であるが、こちらはさらに評価が難しい。第一に、利用可能なデータがかなり限られている。これまでは、森林、エネルギー資源、鉱物資源、二酸化炭素や大気汚染物質排出ダメージなどが測定されているが、漁業資源、生物多様性、土壌資源など、測定されていない項目は容易に見出すことができる。これは、それだけ自然資本として評価されている範囲が限られていることを意味するものであり、包括性が本質的に重要である新国富指標において、測定範囲の拡大は非常に重要な課題と言える。Yang et al. (2015) はこうしたデータ制約の問題を克服するために、欠損データ補完手法を応用して包括性の拡大に挑戦している。また、同時にそうした自然資本の貨幣評価も大きな課題である。自然資本（環境、資源、生態系）の性質は、価格をもたない価値物である（植田，1996）という点に特徴があり、そうした価値をいかにして経済評価するかという取り組みは、環境の経済評価論として盛んに研究されてきた。環境の経済評価研究がそれだけ盛んであるという事実自体が、自然資本のシャドー価格推定の困難さを示唆するものであって、現時点でも新国富指標の推定において大きな困難となっている。第二に、環境の経済評価の実践は、個別事例を対象に評価される傾向にある。しかるに、新国富指標は国民経済単位で計測されるのが常である。ミクロ的な事例評価から、マクロ的な指標測定へと架橋することは非常に大きな課題である。そのために、Sato et al. (2015) は便益移転あるいは価値移転と呼ばれる手法に着目した。これは個

別事例として評価されてきた経済評価結果をできる限り集約し、それぞれの事例が示す経済評価結果の違いを、それぞれの事例のもつ特徴を説明変数とする回帰式で表現し、他の事例に適用するものである。そのためにはたくさんの評価蓄積のある対象である必要があるが、森林についてはある程度可能な状況である。第三に、森林には多面的な機能と価値があることはよく知られているが、利用可能なシャドー価格の情報はその一部の機能の価値（たとえば木材価格）に限られてきた。そこで Sato et al. (2015) は、非市場価値も含めた森林の総経済価値に対する支払い意思額を考慮し、従来の持続可能性指標に用いられた森林のシャドー価格は過小である傾向を見出した。これは、伐採による森林減耗が過小評価され、したがって持続可能性が過大評価されている可能性があることを示唆する。

最後に、以上の3つのカテゴリーのいずれにも属していない資本 $Z$ をいかに考慮するかという点がある。しばしば指摘されるのは社会関係資本である。富の活用をより有効にする社会関係資本のもつ重要性が広く認められるとともに、持続可能性指標への導入の是非は1つの議論となっている。また、公的負債は負のストックとも考えられるが、債券の保有者が国内にいれば国内の金融資産と相殺される。ただし Aronsson et al. (2012) は将来的な償還にともなう増税による死荷重損失に着目し、公的負債の負の影響を持続可能性指標で考慮することを提案した。他にも、Dasgupta (2001/2004) が指摘する知識資本など、無形資本の評価問題も重要である。

### 3.3 測定単位と時間変化について

新国富は、ある国におけるある時点の数値として表される。その性質上当然のことではあるが、データに空間的ならびに時間的断絶が発生する。

まず、影響を与える可能性のある他国の動向が無視される日本をはじめとする枯渇性資源の乏しい国においては、減耗する資本の種類がそもそも少ないから、新国富指標で負値を取る資本項目が少ない。それにとまって、自然資本減耗は軽微であり持続可能と判定されることが多い。しかし



実際は、輸入を通じて他国の自然資本を減耗させているケースがある。貿易価格が十分に適切な水準であれば、自然資本の等価交換が成り立つが、自然資本の外部性がある場合、市場価格は価値の過小評価となる。そのとき、貿易を通じて資源輸出国の持続可能性を大きく損なうことがある。このように、国民国家単位で測られる持続可能性指標では、国際依存関係が捨象されてしまうおそれがあることを念頭において、空間的な相互影響を分析していくことが求められる。この点は、国家間関係だけでなく、地域と地域、地域と国家の関係でも当てはまる。UNU-IHDP and UNEP (2012) の米国の州単位での分析や、Yamaguchi et al. (2016) の日本の地域単位での分析においても、空間的な切り分けが議論されている。

次に、各時点の値にのみ注目することで失われる情報として、発展の経路がある。消費者の効用が通常の凹関数であれば、消費や所得の変動が大きいことは望ましくなく、コンスタントな値をとることが望まれる。富への投資の変動が激しいことの良し悪しは理論的に明らかにはなっていないが、持続可能性が同じ平均値をとる2つの国があるとしたら、散らばりが小さい国の方が、リスクは少ないと直感的に言えるだろう。そのため、各年の指標で持続性を議論するのではなく、時系列的な動向をみて持続可能性のリスクを判断する必要がある。Sato et al. (2012) は、各国の持続可能性指標の経路のボラティリティを観察し、不安定な経路をもつ持続可能性リスクを評価した。その結果、一見同じような平均値を指標にもつ国であっても、持続可能性の変動はかなり異なることがあることが分かり、指標の解釈における時系列過程の配慮の重要性が示された。

最後に、技術進歩や効率性変化、震災や金融ショックなどの外的要因といった、資本項目に量的にも質的にも現れない要素についても、時系列分析によって補足していくことが求められる。

### 3.4 規模の調整

最後に、GDPを各国で比較する際に人口の規模を調整するように、新国富指標でも規模の調整が必要となる。大国と小国では所有する資本の総

額の意味がまったく異なるからである。たとえば世界銀行の調整純貯蓄では、国民総所得（GNI）で調整されている。これにより、様々な国の持続可能性指標を、所得のうちどれだけの割合が富への投資（フロー）に回ったかという観点で把握できる。しかし富のストック量については、1人当たり指標が重要であることもある。Arrow et al. (2012) は、富成長率から人口成長率を差し引くことで1人当たり富成長率を算出している。このように、富を1人当たりで見るというアプローチは妥当であるように思われるが、一方で人口減少社会では、2節でも議論したように、1人当たり富が大きくなるため持続可能性指標は改善されるが、人口減少自体が持続可能性を脅かしているのが現実である。本来は、単純に人口で除すだけでなく、人口減少が各資本に及ぼす影響も考慮されなければならない。

### 3.5 まとめ

以上のように、新国富指標の定式化からさまざまな実証上の課題が見えてくる。その多くは、データの制約に起因するものである。各資本の計測でカバーできる範囲を拡大し、それぞれのシャドー価格の精度を向上することが求められる。九州大学で開発が進んでいるWorld Resource Tableはこうした問題に貢献するであろう。また、そうしたデータベースにもとづく実証研究として、空間的な相互影響だけでなく、時間的な影響を分析するための時系列分析のさらなる研究が求められる。

## 4. 包括的富と水

水利用は経済活動と不可分の関係にある。都市化や人口増加は水需要を増大させ、東アジアや東南アジア、アフリカ、中東を中心に、水ストレスが高まりつつある（Hanasaki et al., 2013）。また一部の国や地域では、地球温暖化による降水量の変化によって、渇水や水不足が深刻化するおそれもある。ひとたび水が不足すれば、1994年に日本を襲った大渇水のように、経済活動や人々の暮らしに深刻な影響がもたらされる。

このように水は我々の経済活動の基盤として位置づけられるべき自然資本であるが、包括的富

(IWI) の中では、自然資本として森林、漁場、化石燃料、鉱物資源、農地が計上されているのみであり、水そのものは含まれていない。これはそもそも何を資本ととらえるべきかという点が明確でないこと、水の資源量や利用量に関する時系列のデータを得にくいこと、市場の不完全性による水価格データの欠如等に起因すると考えられる。IWIの中に水をくみ入れるためには、前節までの議論で明らかのように、シャドー価格の推定が不可欠となる。そこで本節では、水のシャドー価格の推定方法に焦点を絞って検討する。

#### 4.1 国連の水に関する環境・経済統合勘定 (SEEAW)

水利用と経済活動の関係をとらえようという先行研究に、国連の水に関する環境・経済統合勘定 (SEEAW) がある。SEEAW は 2004～2007 年にかけて国連統計局が中心となって作成した環境経済統合勘定の水資源版であり、SEEA-2003 の枠組みに準拠しつつ、水循環を経済活動と関連づけながら、包括的に記録することを目指している。SEEAW は、水のストックを①表流水、②地下水、③土壤水という 3 つのカテゴリーに分け、それらの相互作用と、家計や各経済部門ごとの水利用との関係を記述する点に特徴がある。

SEEAW の枠組みに基づいて水会計を整備していくには、水循環に関わる全ての行政部門の情報を統合する必要があるため、それ自体が 1 つの大きな課題となる。現在、物理的な水会計に関しては、比較的整備が進んでいるが、経済評価と組み合わせたハイブリッド会計の整備に関しては、まだ初期段階にある (Gan et al., 2012)。

SEEAW は水利用に関する基本データを蓄積する上で重要なツールとなるが、とりわけ、SEEAW を活用することによって、水資源 1 単位当たりの資源生産性を算出することができる。Lange et al. (2007) は、アフリカ南部を流れる国際河川であるオレンジ川の流域各国 (レソト、南アフリカ、ナミビア、ボツワナ) を対象として、2000 年時点での部門ごと (農業、鉱業、製造業、サービス産業、その他) の水利用量と生産高を対照させ、水の資源生産性を推計・比較している。

その結果、レソトの水の資源生産性が 92 ランド/ $\text{m}^3$  と最も高く、ボツワナが 75 ランド/ $\text{m}^3$ 、ナミビアが 14 ランド/ $\text{m}^3$ 、南アフリカが 6 ランド/ $\text{m}^3$  であることが分かった。これらの結果は、水のシャドー価格として利用できるのではないかという期待を私たちに持たせてくれる。しかし、残念ながら、上記の結果をシャドー価格として用いることはできない。水の資源生産性は  $1 \text{ m}^3$  当たりの経済価値を表しており、これは平均価値であるためである。SEEAW は各国の水循環や水資源と、各部門の水利用の状況を国際的に比較可能な共通の基準に沿って記述することができるという大きな利点があるものの、水会計から算出される水の資源生産性は理論上、シャドー価格とはなり得ない。包括的富の中に水資源の価値を組み入れるためには、私たちは水の限界価値を推計する必要がある (2.3 節参照)。

#### 4.2 水のシャドー価格の推計

もし水の市場価格が観察されるのであれば、私たちはそれを水の限界価値 (シャドー価格) として利用すれば良い。しかし、実際には水が市場で取引されている例は少なく、仮に市場が存在したとしても、政府の補助金が投入されていることで、市場価格に歪みが生じていることが多い。このことから、水の市場価格を限界価値として活用することには限界があり、IWI の中に水を組み入れるためには、水のシャドー価格を何らかの方法によって推計する必要がある。

水のシャドー価格を推計する先行研究には、産業連関表を用いた分析、残存価値法を用いた分析、表明選好法を用いた分析等がある。産業連関分析は主に工業用水と農業用水を対象とし、残存価値法は農業用水、表明選好法は生活用水や環境用水を対象として、それぞれの水のシャドー価格を推計している。本項では、紙幅の都合上、農業用水や工業用水を対象としたシャドー価格の推計方法に限定して検討する。

Liu et al. (2009) は、1999 年のクロスセクション・データを用いて、中国国内の 9 つの流域での工業用水や農業用水、商業・サービス向けの用水のシャドー価格を産業連関分析によって明らかに

している。それによれば、中国国内の水のシャドー価格は  $\$0.003/\text{m}^3 \sim \$0.331/\text{m}^3$  と推定されている。また日本国内の水のシャドー価格を推定した研究に、福石（2010）がある。福石は、2000年の日本の部門別産業データを基に、産業連関分析を用いて、部門別の水のシャドー価格を推定した結果、水の希少性が高まるにつれて、日本の水資源のシャドー価格は  $25,000 \text{ 円}/\text{m}^3$  まで上昇する可能性があることを指摘している。

農業用水のシャドー価格を推計する先行研究に、残存価値法（residual value method）と呼ばれる手法を用いたものがある（Young, 2005）。これは農作物の収入関数から水の限界生産物価値を求める手法であり、水以外の生産要素の限界生産物価値に投入量を掛け合わせたものを農作物収入から差し引くことで、水の限界生産物価値を間接的に求めるものである。残存価値法を用いて農業用水のシャドー価格を推計した研究に、Hellegers and Davidson（2010）、Berbel et al.（2011）、Ziolkowska（2015）がある。いずれもクロスセクションデータを用いて、インドやスペイン、アメリカにおける農業用水のシャドー価格を推計しており、インドでは流域平均で  $\$0.03/\text{m}^3$ 、スペインでは  $\$0.045/\text{m}^3 \sim \$0.62/\text{m}^3$ 、アメリカでは  $0.004/\text{m}^3 \sim \$0.7/\text{m}^3$  と推定されている。

水のシャドー価格を求める他の手法に、生産関数法（production function method）がある。生産関数法では、生産関数における水の限界生産物価値（ $\partial F(w, x)/\partial w = \text{MPP}_w$ ）を計算し、それを水の限界生産物価値の式（ $\text{VMP}_w = P_Q \text{MPP}_w$ ）に代入することによって、水のシャドー価格を求める（ここで  $w$  は水、 $x$  は水以外の生産要素、 $P_Q$  は産出物の価格、 $\text{VMP}_w$  は水の限界生産物価値を表す）。生産関数法は残存価値法と異なり、水の限界生産性を直接的に推計する点に特徴がある。残存価値法が、観察されていない生産要素の限界生産物価値を水の限界生産物価値に計上してしまう（推計結果が過大評価となる）可能性がある（Young, 2005）のに対して、生産関数法はそうした問題に直面しないという利点がある。

ところで、水には生産要素や消費財としての資源的側面と、親水空間等のアメニティや生き物を

育むハビタットとしての環境的側面がある。理想的にはこれらの全ての価値を自然資本のサービスがもたらす便益としてとらえた上で、シャドー価格を推定すべきである。しかし、世界各国を対象として水の全ての価値を反映させたシャドー価格を推定することは、データ制約の観点から現時点では難しいと言わざるを得ない。IWIの自然資本に水が含まれていない現状を鑑みると、まずは生産要素としての水の価値に焦点を当て、そのシャドー価格を各国別に推定していくことが急務となる。

#### 4.3 まとめと今後の課題

本節では水資源の計量分析を行う既存研究を簡単に概観し、水のシャドー価格を推定するための方法を紹介した。今後、IWIの中に水を組み入れていくには、水のシャドー価格の推定が不可欠である。そのための最初のステップとして、生産要素としての水資源のシャドー価格を各国別に推定していく必要がある。先述の残存価値法や生産関数法は、世界各国の水のシャドー価格を推定する上で有用な手法となる。

最後に、今後の研究課題をいくつか述べておきたい。第一に、世界各国の経済成長と水資源の関係性の計量分析である。この点に関しては、Barbier（2004）や Chaudhry and Barbier（2013）によって、経済成長や農業生産額と水資源との関係が分析されているが、彼らの論考は水資源の限界生産物価値を算出することを目的としていない。そこで、水資源と経済成長の関係性を、水の限界生産物価値を導出することを念頭に置いて分析する必要がある。先述の生産関数法を用いて各国別の水の限界生産物価値が求められれば、それを暫定的な水のシャドー価格として考え、水をIWIの中に組み入れることができる。その際、バーチャル・ウォーターをどのように組み入れるかということも重要な課題となるだろう。第二に、生産要素としての水だけでなく、消費財としての水の価値をシャドー価格に反映させることである。例えば、渇水や水不足によって引き起こされる水ストレスは、人々の主観的福祉にも大きな影響を与えるが、生産関数法ではこのような影響をとらえることが



表1 将来の課題（まとめ）

|              |                                                        |
|--------------|--------------------------------------------------------|
| 理論研究         | ・ 世代内衡平性（世代内における資本アクセスの<br>不平等）<br>・ 不確実性<br>・ 人口変化の影響 |
| 理論・<br>実証研究  | ・ 集計の空間的範囲、空間的相互作用<br>・ シェドー価格の推計方法                    |
| 実証研究<br>（一般） | ・ 計上する資本資産の包括性<br>・ 時系列的な動向（辿る経路の質）<br>・ 経済の規模の調整      |
| 実証研究<br>（水）  | ・ 水のサービスの限界価値（シェドー価格）の推計                               |

できない。この点に関しては、表明選好法だけでなく、近年研究が進んでいる生活満足度アプローチ (Tsurumi et al., 2015) の手法を用いて、水のシェドー価格を推定する方向性も考えられる。第三に、水のシェドー価格を将来もたらしうる利得の割引現在価値と考え、第2節で議論したようなフォワードルッキングの形で推定していくことも、今後検討する余地がある。

## 5. 結論

本稿では、新国富指標に関する研究の意義と到達点を理論と実証の両面から明らかにし、残されている問題を整理した。各節において示された将来の課題をまとめたのが表1である。

新国富が真に持続可能性指標として機能するには、解決すべき問題が多く残されているが、総合性とシンプルさにおいて持続可能性政策の立案と評価に役立つ優れた指標であり、様々なステークホルダーの間のコミュニケーションを助ける有望なツールでもあり、これらの課題に取り組む価値は十分ある。

※本研究は、日本学術振興会特別推進研究(26000001)「人口減少社会における、経済への外的ショックを踏まえた持続的発展社会に関する分析」の補助を受けている。直接的には、環境経済・政策学会 2015 年大会（20 周年記念大会）において催された企画セッションのうち、馬奈木俊介をオーガナイザーとし、山口臨太郎、佐藤真行、籠橋一輝を報告者とする、「持続可能性のこれまでとこれ

から」の内容をまとめたものである。なお、導入部と結論については、セッションにおける馬奈木による報告にもとづいて大久保和宣が執筆している。

## 注

1) 馬奈木俊介(2014)「問われる環境政策 経済運営, 「新国富」 向上軸に」<http://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/managi/02.html>

2) <http://inclusivewealthindex.org/inclusive-wealth/#our-approach>

3) 2点目の主観的な福祉については、GDPが直接表すことはできないものの、経済活動の動向と失業やインフレなどの動向は大きく関連するため、短期的には依然として重要な指標である。

4) 裏を返せば、持続可能性指標では現在世代の福祉がきちんと満たされているかが分からない。指標は目的によって使い分けなければならない。

5) ただし、技術、貿易価格、人口などの外生的要因が変化しないという前提変化が重要である。

6) ここで実効割引率とは、社会的割引率(純粋時間選好率)から、当該資本の再生産における限界生産性を引いたものである。限界生産性は、上記3)資本の増分への影響に由来し、インカムゲインの増加率のようなものである。資本の再生産の限界生産性が大きいと、実効割引率が低くなることを通じて、資本のシェドー価格は高くなる。

7) 詳細は Yamaguchi et al. (2016)、植田編(2016)参照。

## 参考文献

- Aronsson, T. and Löfgren, K.G. (eds.) (2010) *Handbook of Environmental Accounting*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Arrow, K.J., Dasgupta, P. and Mäler, K.G. (2003) "The genuine savings criterion and the value of population," *Economic Theory*, 21 (2-3), 217-225.
- Arrow, K.J., Dasgupta, P., Goulder, L., Mumford, K. and Oleson, K. (2012) "Sustainability and the measurement of wealth," *Environment and Development Economics*, 17, 317-353.
- Barbier, E.B. (2004) "Water and economic growth," *Economic Record*, 80(248), 1-16.
- Becker, G.S. (1964) *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, Chicago: University of Chicago Press.
- Berbel, J., Mesa-Jurado, A. and Máximo Pistón, J. (2011) "Value of irrigation water in Guadalquivir basin (Spain) by residual value method," *Water Resources Management*,



- 25(6), 1565-1579.
- Chaudhry, A.M. and Barbier, E.B. (2013) "Water and growth in an agricultural economy," *Agricultural Economics*, 44(2), 175-189.
- Dasgupta, P. (2001/2004) *Human Well-being and the Natural Environment*, Oxford: Oxford University Press (植田和弘監訳『サステナビリティの経済学—人間の福祉と自然環境』岩波書店, 2007年).
- Dasgupta, P.S. and Heal, G.M. (1979) *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Dasgupta, P. and Mäler, K.G. (2000) "Net national product, wealth, and social well-being," *Environment and Development Economics*, 5(1), 69-93.
- Fenichel, E.P. and Abbott, J.K. (2014) "Natural capital: from metaphor to measurement," *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1), 1-27.
- Fisher, I. (1906) *The Nature of Capital and Income*, New York: MacMillan.
- Fracasso, A. (2014) "A gravity model of virtual water trade," *Ecological Economics*, 108, 215-228.
- 福石幸生(2010)『経済学と水資源—日本における水のシャドウ・プライスの測定—』KEO Discussion Paper, No. 123, 慶應義塾大学産業研究所.
- Hamilton, K. and Clemens, M. (1999) "Genuine savings rates in developing countries," *The World Bank Economic Review*, 13(2), 333-356.
- Hanasaki, N. et al. (2013) "A global water scarcity assessment under shared socio-economic pathways - part 2: water availability and scarcity," *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(7), 2393-2413.
- Hanasaki, N., Inuzuka, T., Kanae, S. and Oki, T. (2010) "An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model," *Journal of Hydrology*, 384(3-4): 232-244.
- Hartwick, J.M. (1977) "Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources," *The American Economic Review*, 67(5), 972-974.
- Heal, G. and Kriström, B. (2005) "National income and the environment," *Handbook of Environmental Economics*, 3, 1147-1217.
- Hellegers, P. and Davidson, B. (2010) "Determining the disaggregated economic value of irrigation water in the Musi sub-basin in India," *Agricultural Water Management*, 97(6), 933-938.
- Hicks, J.R. (1939) *Value and Capital: An Inquiry into Some Fundamental Principles of Economic Theory*, Oxford: Clarendon Press.
- Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007) "Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern," in Craswell, E., Bonell, M., Bossio, D. and Demuth, S. (eds.) *Integrated Assessment of Water Resources and Global Change*, Netherlands: Springer.
- Gan, H., Wang, Y., Lu, W., Vardon, M. and Changhai, Q. (2012) "Development and application of the system of environmental-economic accounting for water in China," in Godfrey, J.M. and Chalmers, K. (eds.) *Water Accounting: International Approaches to Policy and Decision-Making*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Lange, G.M., Mungatana, E. and Hassan, R. (2007) "Water accounting for the orange river basin: an economic perspective on managing a transboundary resource," *Ecological Economics*, 61(4), 660-670.
- Lindahl, E. (1932) "The concept of income," in: Bagge, G. (ed.) *Essays in Honour of Gustav Cassel*, London: Allen & Unwin.
- Liu, X., Chen, X. and Wang, S. (2009) "Evaluating and predicting shadow prices of water resources in China and its nine major river basins," *Water Resources Management*, 23(8), 1467-1478.
- 野村浩二(2004)『資本の測定—日本経済の資本深化と生産性』慶應義塾大学出版会.
- Oki, T. and Kanae, S. (2006) "Global hydrological cycles and world water resources," *Science*, 313(5790), 1068-1072.
- Pearce, D.W. and Atkinson, G.D. (1993) "Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "weak" sustainability," *Ecological Economics*, 8(2), 103-108.
- Perry, C. (2012) "Accounting for water: stocks, flows, and values," in UNU-IHDP and UNEP, *Inclusive Wealth Report 2012: Measuring Progress toward Sustainability*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Pezzey, J. (1989) *Definitions of Sustainability*, CEED Discussion Paper No. 9, Peterborough: UK Centre for Economic and Environmental Development.
- Sato, M., Phim, R. and Managi, S. (2015) *Sustainability Indicators and the Shadow Price of Natural Capital*, MPRA papers No. 62612, München: Munich University.
- Sato, M., Samreth, S. and Yamada, K. (2012) "A numerical study on assessing sustainable development with future genuine savings simulation," *International Journal of Sustainable Development*, 15(4), 293-312.
- Schultz, T.W. (1961) "Investment in human capital," *American Economic Review*, 51(1), 1-17.
- Stiglitz, J., Sen, A. and Fitoussi, J.P. (2009) *The Measurement of Economic Performance and Social*

- Progress Revisited: Reflections and Overview*, Paris: Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.
- Tamea, S., Carr, J.A., Laio, F. and Ridolfi, L. (2014) "Drivers of the virtual water trade," *Water Resources Research*, 50 (1), 17-28.
- Tsurumi, T., Mizobuchi, H. and Managi, S. (2015) "A monetary evaluation of life: life satisfaction approach," in Managi, S. (ed.) *The Economics of Green Growth: New Indicators for Sustainable Societies*, New York: Routledge.
- 植田和弘 (1996) 『環境経済学』 岩波書店.
- 植田和弘編 (2016) 『被害・費用の包括的把握』 東洋経済新報社, 近刊.
- UNU-IHDP and UNEP (2012) *Inclusive Wealth Report 2012: Measuring Progress toward Sustainability*, New York: Cambridge University Press. (植田和弘・山口臨太郎共訳(武内和彦監修)『国連大学 包括的「富」報告書—自然資本・人工資本・人的資本の国際比較』 明石書店, 2014 年).
- Weitzman, M.L. (1976) "On the welfare significance of national product in a dynamic economy," *The Quarterly Journal of Economics*, 90 (1), 156-162.
- Yamaguchi, R. (2014) "Inclusive wealth with a changing but aging population," *Economics Letters*, 124 (1), 21-25.
- Yamaguchi, R., Sato, M. and Ueta, K. (2016) "Measuring regional wealth and assessing sustainable development: an application to a disaster-torn region in Japan," *Social Indicators Research*, in press.
- Yang, J., Managi, S. and Sato, M. (2015) "The effect of institutional quality on national wealth: an examination using multiple imputation method," *Environmental Economics and Policy Studies*, 17 (3), 431-453.
- Young, R.A. (2005) *Determining the Economic Value of Water: Concepts and Methods*. Washington DC: Resources for the Future.
- Ziolkowska, J.R. (2015) "Shadow price of water for irrigation: a case of the high plains," *Agricultural Water Management*, 153, 20-31.

(やまぐち・りんたろう 京都大学)

(おおくぼ・かずのぶ 京都大学)

(さとう・まさゆき 神戸大学)

(かごはし・いっき 南山大学)

(まなぎ・しゅんすけ 九州大学)

【2015 年 11 月 12 日受付, 2015 年 12 月 8 日受理】