

Title	構成型研究と科学技術戦略：再生可能エネルギーを例として
Author(s)	小林, 直人; 鷲津, 明由; 澤谷, 由里子; 本村, 陽一
Citation	年次学術大会講演要旨集, 28: 731-734
Issue Date	2013-11-02
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11816
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

構成型研究と科学技術戦略 ～再生可能エネルギーを例として～

○小林直人、鷺津明由、澤谷由里子（早稲田大学）、本村陽一（産業技術総合研究所）

1. はじめに

東日本大震災以後のレジリエントな社会構築、地球環境保全と持続的成長、健康・医療の向上、新産業創出と国際競争力増強など解決すべき課題が山積している現在の状況で、それらの課題解決に対して科学技術が果たす役割は大きく、実現可能な科学技術イノベーション政策への期待も大きい。

一方、研究開発成果が実際の社会に役立つまでに、長い時間がかかったり忘れ去られ葬られたりしてしまうことを、悪夢の時代、死の谷と呼び、研究活動とその社会的寄与との間に大きなギャップがあることが認識されている。このギャップを乗り越えるために、研究開発成果の社会での活用を視野に入れて目標を定め、その実現のためのシナリオを設定し、そのために必要な要素(技術)の選択と統合を行い、全体的な検証・評価を行う研究は、構成型研究と呼ばれている [1]。このような構成学 (Synthesiology) 的な研究手法が、今後科学技術戦略形成に結びつくことが大いに期待される。

これまでの研究事例では、技術的な構成方法に関する実績が積み重なりつつあるが [2]、今後は技術の社会導入のための構成方法や、さらには科学技術戦略構築に向けた構成方法の研究が望まれる。本稿では、早稲田大学次世代科学技術経済分析研究所 [3] で進められている産業連関分析を用いた再生エネルギーに関する経済・雇用・環境効果の計測結果を参照しつつ、この分野の戦略構築に寄与する構成型研究のあり方を概説する。

2. 再生可能エネルギー利用の産業連関分析

本研究では、再生可能エネルギーを対象として科学技術の詳細な経済分析手法として定評のある産業連関分析を用いている。これまでの政府公表の産業連関表では、過去の経済活動の分析はあるが、実現していない次世代科学技術の予測は扱われていない。そのため上記研究所では科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) や学内の次

世代科学技術の工学系研究者と連携し、新技術搭載後の産業連関表を詳細に作表している。その後、作表された表を用いて具体的な次世代科学技術の実現効果を、雇用、所得、環境などの側面から分析した。分析の第一歩としては、分散型の再生可能エネルギー電源（事業用・家庭用太陽光発電。風力発電、中小水力発電、地熱発電、バイオマス発電）の有効活用とそれを支える制御システム（EV（電気自動車）によるものを含む蓄電機能を持つ次世代送配電システム（スマートグリッド））に

関する研究である。図1は、産業連関分析によって導出した再生可能エネルギー発電施設建設に伴う経済波及効果を示す [4]。波及効果の大きさ（縦軸）と範囲（横軸）、直接的な初期費用（円の直径）の観点

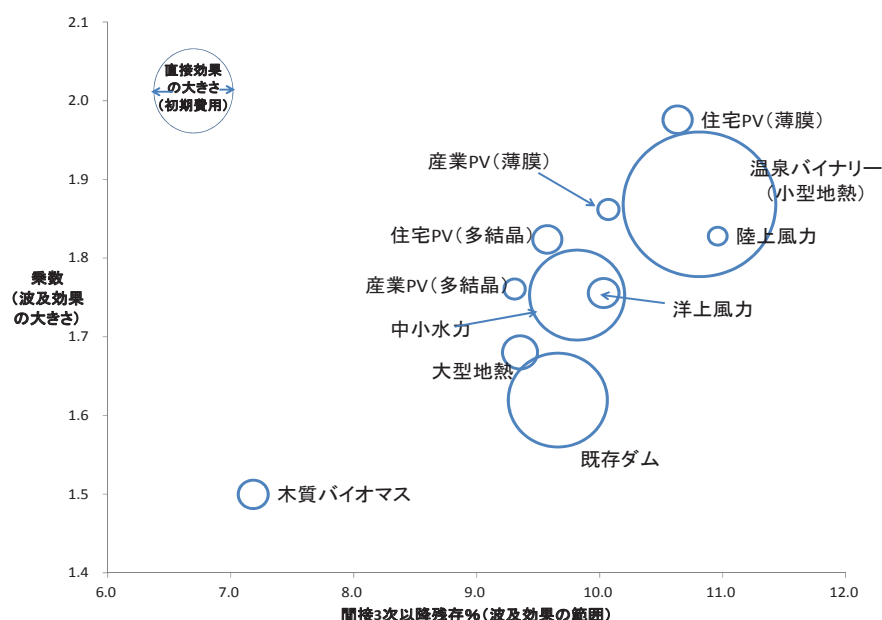


図1. 再生可能エネルギー発電施設建設による波及効果

から、各再生可能エネルギーが異なる特質を持つことが示されている。他にも考察すべき様々な再生可能エネルギーの特質（発電設備の稼働率、部品・原材料の国内調達率、発電能力の他に電力の需給調整能力、発電所運転時の地域波及効果、等）があり、これらをふまえた包括的な分析が必要とされる。さらに、出力変動を伴う再生可能エネルギー電源の活用の際にその変動を、揚水発電や蓄電池の他、HEMS (Home Energy Management System) ・ (EV) の普及、デマンドレスポンスの活用、地域的なマイクログリッドの導入等、様々なエネルギーマネジメントの技術要素を多様に組み合わせて吸収させることが、電気工学分野の電源計画モデルでも重要な分析課題として考えられている。

また表 1 は太陽光発電 (PV) 2,800 万 kW 導入時に資源エネルギー庁が想定（次世代送配電ネットワーク研究会報告書、平成 22 年 4 月 [5]）した 6 つのエネルギーマネジメントのシナリオに対して、施設の建設時と運用時にどれだけの CO₂ 誘発効果がもたらされるかを産業連関分析により試算した結果である

[4]。現状の技術では蓄電池を大量導入するよりも PV の出力抑制というマネジメントのほうが適切であること、若干の HEMS 装置の導入は環境効果を持ちうることを示されている。この結果にさらに蓄電池の技術開発動向や HEMS の普及率や技術開発動向、HEMS に対する消費者の反応を考慮に入れた場合の効果、太陽光以外の再生可能エネルギーが加わった場合の効果などを検討することが望まれる。

シナリオ		A 1年あたり 2,800万kW 施設建設CO ₂ 排出量	B 1年あたり 施設運用 CO ₂ 排出量	C 1年あたり 太陽光発電 CO ₂ 削減換 算量	B-C 差し引き 運用時CO ₂ 削減量	A+(B-C) 1年あたり CO ₂ 総合効 果
1	出力抑制なし NaS電池大規模	3,362,070	506,120	9,713,088	-9,206,968	-5,844,897
1'	出力抑制なし Liイオン電池大規模	7,302,917	261,461	9,713,088	-9,451,627	-2,148,709
2	出力抑制中規模 NaS電池中規模	2,003,038	291,584	9,470,261	-9,178,677	-7,175,639
3	出力抑制小規模 NaS電池やや大規模	2,529,762	347,111	9,632,146	-9,285,034	-6,755,272
4	出力抑制大規模 NaS電池小規模	1,754,062	262,711	9,227,434	-8,964,722	-7,210,661
5	出力抑制中規模 HEMS活用	1,759,190	260,088	9,389,318	-9,129,230	-7,370,040

表 1 PV と EMS 建設時と運用時の CO₂ 排出量(t-CO₂)

3. 構成学的検討の例

前章で示したように産業連関分析によって、投入・産出構造を見ることによって産業ごとの生産構造や販売構造をみることで、経済構造の把握をすることが出来る。新たな産業の動きなども予測することが出来るが、これを科学技術戦略構築に結びつけるためには、いくつかのシナリオに基づいて経済構造を把握する必要がある。このシナリオの形成には、目標とそれを実現するための要素を統合するシナリオを構成学的手法で形成し、それを基に産業連関分析を行い、その結果をまたシナリオ形成にフィードバックするという螺旋的なプロセスを経ることにより、有効な政策提言に結びつけることが出来ると考えられる。

構成学は、研究成果の社会での活用を視野に入れて、目標やその実現のためのシナリオを設定し、そのために必要な要素選択と統合を行い、全体的な検証・評価を行う研究の方法論である [1]。実際には、目標を見据えた技術シーズを創出あるいは選択を行い、それをベースに全体の目標実現シナリオを作り上げていく。一方、科学技術戦略構築の構成学的検討においても、ある技術課題に対して、①その最終的な目標の設定、②目標を実現するシナリオの設定、③シナリオを達成するための要素選択と統合、をそれぞれ行い、その実現可能性を検討・評価することが必要である。①の目標設定では、実際には、粗い目標、やや細かい目標、精確な目標というようにシナリオの形成と並行して段階的に目標を明確化していく。また②では、鍵となるシナリオの設定が重要である。粗い目標を設定した後、そのシナリオとして、それに必要な要素選択・統合のシナリオを描いていく。これが基盤戦略の策定となる。③では、このシナリオに沿って具体的に要素選択・統合を行う。実際には、システム構築のシミュレーション実施や確率推論などによる判断を行う。その上で、シナリオを再点検・再構築し、さらに目標の精緻化を行っていく。

このループを回す間に、研究成果を社会的試用に供することが出来るようになるが、その場合はその結果をまたシナリオ構築・要素統合にフィードバックを行いシナリオの修正を行う。このような漸進的

方法 (piecemeal method) で、徐々に目標・シナリオを絞って精緻化していくことが構成学的な戦略形成の方法の特徴の一つと言えよう。フィードバックにより、シナリオや構成方法を軌道修正する際、目標設定、シナリオ描出、要素(検討課題)となる技術や知識の選択および統合には、多様な視点から仮説形成推論(アブダクション)を用いて行うことが推奨される(吉川 [6])。

図2にはこの構成学的手法による検討の例を示している。この研究課題においては、実行可能性のある政策に繋がる複数のプランについて、それらの達成目標設定の合理性・可能性を検討し、各プランを実行するに当たって必要な検討課題(①法律的・制度的課題、②地域的課題、③新技術・新サービス・新産業の可能性、④社会需要など)を抽出する。図2には再生可能エネルギーの普及にあたって考慮すべき諸検討課題の例も示してある。これらを考慮に入れて

想定したプランを戦略として社会で実現するための道筋を検討していく。

その上で科学技術政策の専門家や政策担当者等の助言を得て全体的な政策実行可能性を検討し、その結果を、産業連関表分析の前提条件として提供することを意図している。

図2では、目標として、2030年時点での有効なEMS(Energy Management System)構築を設定した場合、それに必要な「発電施設投資計画」や「HEMS、EV普及見通し」などを想定してバックキャストを行い、現時点からの課題、「蓄電池の技術開発動向」「HEMSの普及率」等々の課題を選択・統合して全体シナリオを作り上げて行くプロセスを想定している。その過程でそのシナリオに沿った「産業連関分析結果」との比較を行い、必要なフィードバックを行う。このループを何回も回して、次第に精緻な目標・シナリオを作り上げていく。

また図2ではシナリオを構成する要素(検討課題)の関係性、時間的发展性を示しているが、その検討課題の内容(検討要素、有力情報、判断基準)などを、表2に示してある。具体的には、「蓄電池技術の開発動向」という検討課題は、「蓄電池容量・寿命等の技術課題」「ライフサイクルコスト」「高付加価値性」などの解決すべき検討要素があるが、その課題の解決には、「消費者動向」「ユーザー企業の戦略・動向」「製造メーカの戦略・動向」が有力な情報であり、さらにその動向の判断基準として「国際ビジネス動向」「政策誘導効果」「企業投資意欲」などが挙げられる。これと「HEMS普及率」の検討が統合されて「有効な家庭用PV設置容量」の検討に移っていく。この判断結果が、次の「次世代型火力発電機の開発」さらには「再生可能エネルギー利用率」などの検討課題の前提となっていく。これらの判断の際には、技術開発実績と動向、シミュレーション、市場調査等々のさまざまな情報を得つつ検討を進行させていく。一方で、将来的には大規模データと確率推論と組み合わせる判断方法も望まれる。

一方、よく言われるシナリオ・プランニングは、不確実な未来を予測するために市場、技術、経済などの軸から未来を予測する複数のシナリオを作り、それぞれのシナリオでの投資リターン効果などを予測する手法である。その際には比較的マクロな環境要因をベースにシナリオを考えることが多い。これに対して、上でのべた構成学によるシナリオ形成は、目標を可能な限り明確に設定し、それに向けて利用可能な要素技術、機会、制度等を選択・統合して行くことに特徴がある。従って、目標設定に確実性を求めること、そこに向けて具体的事実の積み上げに基づいた計画性および論理性のあるシナリオを作り上げていく、と言うことが出来よう。今回の場合、「2030年に再生可能エネルギーを有効するためのEMS実現」という比較的明白な目標を設定し、それに向けた技術開発や投資、社会受容性などを要素と考えて、シナリオを形成していく設定を行っている。

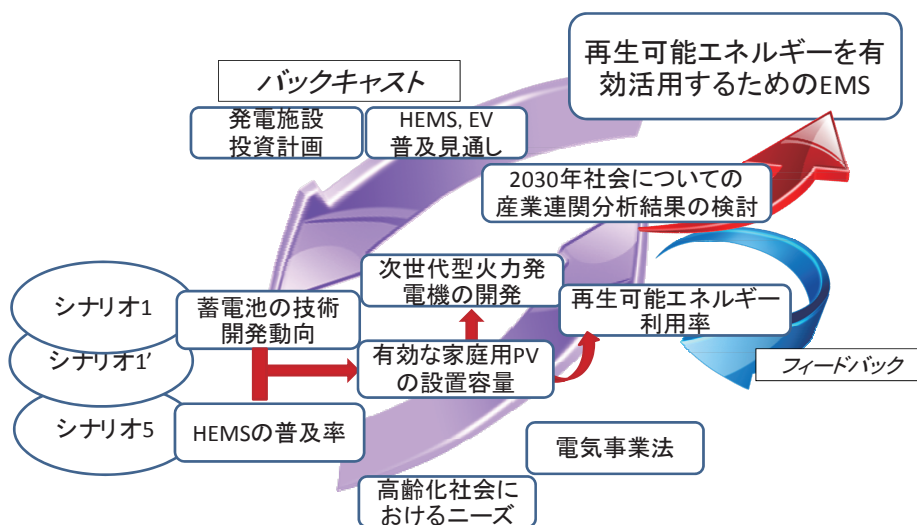


図2 構成学的検討の例

検討課題	検討要素	有力情報	判断基準
蓄電池技術の技術開発動向	・容量・寿命等技術課題 ・ライフサイクル・コスト ・高付加価値性	・消費者動向 ・ユーザー企業の戦略・動向 ・製造メーカーの戦略・動向	・国際ビジネス動向 ・政策誘導効果 ・企業投資意欲
HEMS普及率	・省エネルギー効果 ・利便性・快適性 ・安全性・高付加価値性	・住宅メーカー動向 ・装置システム・メーカー動向 ・高齢化社会ニーズ	・システム柔軟性 ・政策誘導効果 ・情報通信技術連携
有効な家庭用PV設置容量	・経済性 ・効率性・安全性 ・耐久性	・蓄電池技術開発動向 ・HEMS普及動向 ・電気事業法、政策誘導効果	・消費者意識 ・企業投資意欲 ・国際ビジネス動向
次世代型火力発電機の開発	・電力需給調整能力 ・最適電源構成 ・安全性評価	・家庭用PV普及率 ・家庭用蓄電池普及率 ・HEMS普及率	・電力供給投資動向 ・電力需要変化 ・電力供給多様化動向
再生可能エネルギー利用率	・PV技術開発動向 ・風力発電開発動向 ・火力発電動向	・次世代火力発電機開発 ・総合的EMS開発動向 ・消費者動向、新価値観	・国際ビジネス動向 ・政策誘導効果 ・既存エネルギー動向

表 2 構成学的検討における検討課題の例

4. おわりに

本来、技術開発成果の集積を基に成り立ってきた構成学が、本研究のような科学技術戦略構築にどのように応用できるかはまだ課題が多い。その際、極めて重要な事は、検討課題の抽出と評価であろう。今後、大規模データや確率推論のより広範な活用によって、より精緻な戦略構築に向けた研究が期待される。

一方、今回行った産業連関と構成的手法の連携による研究成果は、将来的に国や地方自治体の再生エネルギー利用政策の形成に役立てることが出来ると考えられる。特に、文部科学省においてはNISTEP およびそこを通して未来エネルギー開拓のプロジェクト等に、経済省資源エネルギー庁やNEDOにとっては、再生可能エネルギーの開発・普及政策に利用することが可能であろう。特に現在スマートシティの政策も動いている中で、それを目指す地方自治体が利用することも予想される。また電力会社やエネルギー関連企業、協会などにも役立つ情報となることも期待され、このような手法が戦略形成に広く利用されることを期待したい。

参考文献

- [1] 吉川弘之、「第2 種基礎研究の原著論文誌」、*Synthesiology*、1(1)、pp.1-6、(2008)。
- [2] 小林直人、赤松 幹之、岡路 正博、富樫 茂子、原田 晃、湯元 昇、「Synthesiology 論文における構成方法の分析」、*Synthesiology*、5(1)、pp.36-52 (2012)。
- [3] http://www.kikou.waseda.ac.jp/WSD322_open.php?KikoId=01&KenkyujoId=6G&kbn=0
- [4] A. Washizu, K. Asakura, S. Nakano and K. Takase, “Input-Output Analysis of the Introduction of Renewable Energy and Smart Grid Systems”, 21st International Input-Output Conference, Kitakyushu, Japan, 2013
- [5] 次世代送配電ネットワーク研究会報告書、平成 22 年 4 月。
- [6] 吉川弘之、「本格研究」、東京大学出版会、(2009)。