

環境イノベーションのデザインに向けて



研究ノート

梅田 靖*

Toward Designing Green Innovations

Key Words : Sustainability, Green Innovation, Meso Domain,
Sustainable Society Scenario Simulation

1. はじめに

地球温暖化問題、資源・エネルギー枯渇問題、食料問題などの地球環境問題の解決と持続可能社会の実現は、いまや誰もが認める重要な問題であろう。この問題の解決に向けて、お役所用語で謳われるように「グリーン・イノベーション」が求められているが、これを引き起こすことは必ずしも容易ではなく、既存の技術開発研究の延長線上に常にグリーン・イノベーションがあるとも思えない。

筆者は、平成22年10月に設立された大阪大学環境イノベーションデザインセンターに関わっている。本稿では、持続可能社会実現に向けて環境イノベーションデザインセンターがどのような考え方で研究を開始しようと考えているのか、またその一例として、筆者の研究室で実施している「持続可能社会シナリオ・シミュレーション」についてその概要を述べる。

2. サステナビリティ・サイエンス

環境イノベーションデザインセンターでは、その前身であるサステナビリティ・サイエンス研究機構時代から、サステナビリティ・サイエンスの構築に向けて活動を行ってきた。サステナビリティ(持続可能性)というと、広義には、トリプル・ボトムラインとも呼ばれるが、社会の持続可能性(例

えば、ジェンダーや人種間の平等、基本的人権など)経済的な持続可能性、および、環境面での持続可能性を包含した概念であり、狭義には地球の有限性に起因する環境問題に関わる持続可能性を意味し、本稿でもこの範囲の議論を行う。この狭義の持続可能性は、簡単に言えば、地球環境問題の主たる課題を解決した状態である、低炭素社会、循環型社会、そして、生物多様性確保を含む自然共生社会の三つが並立した社会と整理されている[1]。

持続可能性が大きな問題として浮かび上がってきたのは、大気中の二酸化炭素の濃度にしろ、化石燃料や金属資源の枯渇にしろ、人類活動の規模が地球の許容量を越えつつあることがその本質的な課題である[2]。これまでの環境問題といえば、污水处理、大気汚染、公害など個別の問題解決を指向していた。しかし持続可能性の問題は、このような個別問題解決の積み重ねではどうやら解けないのではないかと、温暖化問題、資源枯渇問題、食糧問題などが複雑に相関しているというように、複雑な問題を複雑な問題のまま解かなければならない[1]ということが徐々に明らかになってきた。

3. 環境イノベーションをデザインすることが可能か？

前節で述べたような背景のもとで、「複雑な問題を複雑な問題のまま解く」、別の言い方をすると、解けない現状の問題構造を変えるために、グリーン・イノベーションが求められていると理解している。

このグリーン・イノベーションに向けて環境イノベーションデザインセンターは、「メゾ領域研究」によってアプローチしようとしている。図1のように、低炭素社会、持続可能社会などの将来像を描く「ビジョン領域研究」、省エネ技術、太陽光発電などの「シーズ領域研究」、そしてその両者の中間に「メ



*Yasushi UMEDA

1964年9月生

東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻博士課程(1992年)

現在、大阪大学大学院 工学研究科機械工学専攻 教授 博士(工学) ライフサイクル設計、サステナビリティ・サイエンス

TEL : 06-6879-7260

FAX : 06-6879-7260

E-mail : umeda@mech.eng.osaka-u.ac.jp

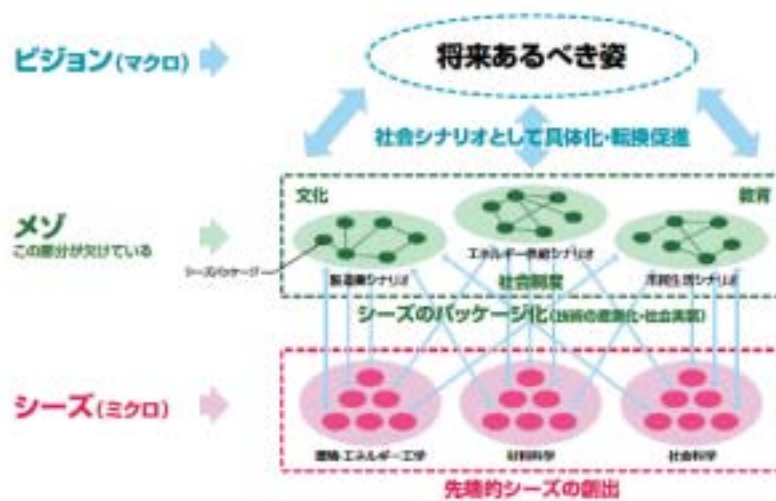


図1: メゾ領域研究

「メゾ領域研究」を位置づけている。これは、持続可能社会、低炭素社会などさまざまなビジョンが提唱されているものの、その具体像が不明確であったり、実現のための道筋が明らかでなかったりする。一方で、個別の技術や方法論であるシーズは、そのままではビジョンの実現には結びつかず、社会にそのシーズが普及して初めて効果を持つものであるし、前節で述べたように持続可能性の問題は本質的に複雑であり、特定のキラーテクノロジーで持続可能性の問題がきれいに解決することはほぼ不可能であろう。そこで、ビジョンとシーズをつなぐ「メゾ領域」が重要になってくる。メゾ領域は、先端技術や枯れた技術、そして非技術的なシーズを含めて、さまざまなシーズを組み合わせ、ものづくり、食料生産、社会生活、社会制度の姿を創り上げる領域であり、それぞれの問題解決に向けて技術群の適用方法とそれに関わる制度を同時に設計する問題領域である。例えば、低炭素社会というビジョンに向けて、蓄電池技術、モーター技術、材料技術、スマートグリッド技術など、および、さまざまな制度設計、ビジネスモデルを組合せながら、将来のモビリティの姿や自動車産業の姿を描き、それに向けた技術ロードマップ、規格、技術普及策を作成することがメゾ領域研究に相当すると考えている。

大阪大学には、太陽光利用、燃料電池、熱電変換技術、材料技術などの世界最先端のシーズが多くあり、さらに文系においても、環境経済モデル、排出権取引、環境制度設計、科学技術に対するコンセン

サス形成など環境関連シーズが多数存在する。しかし、先日開催した環境イノベーションデザインセンターのシンポジウムにおいて、参加者から「阪大で環境をやっていたとは知らなかった」という意見が出たように、これらのシーズ研究を戦略的に融合させ、国家的な課題となっている持続可能社会の実現に向けた新たなイノベーションを能動的に誘導するための組織的な取り組みに欠けていた。この部分にメゾ領域研究として取り組むことによって、学内の文系理系の多様なシーズを連携させ、持続可能性の問題に対して実際に役立てる仕組みを作ろうというのが環境イノベーションデザインセンターなのである。このためにセンターでは、研究、教育、社会学連携、低炭素キャンパスを四つの柱とし、シーズ基礎研究、メゾレベルへの展開、社会学連携や低炭素キャンパスによる社会実験という研究サイクルを駆動することを計画している。

4. 3Sシミュレーション

前節で述べたメゾ領域研究はその試みが始まったばかりであり、確固とした方法論があるわけではないが、その方法論提案の試みの一例として筆者の研究室で研究している「持続可能社会シナリオ (Sustainable Society Scenario, 3S) シミュレーション」[3] ~ [5] について紹介する。

3Sシミュレーションとは、持続可能社会像や持続可能なものづくりの姿といったビジョン領域のイメージを明確化し、そこに至る道筋や必要な技術課

題を明らかにすることを目的に、種々の「シナリオ」を人々が容易かつ効率的に作成することを支援する計算機環境の構築を目的としている。ビジョンとシーズをシナリオを介して結びつけることを目的としているという意味で、まさにメゾ領域研究であると考えている。

実際、持続可能社会に向けた種々のシナリオが様々な提案されている。例えば有名なものに、IPCC 温暖化シナリオ [6]、2050 年低炭素社会シナリオ [7]、エネルギー需給シナリオ [8] などがある。これらのシナリオでは、大規模データベースやシミュレーションを用いた将来予測手法が援用され、個人レベルでは作成が困難であるが、今後は様々なシナリオを自由に提案し、社会的合意を形成して行くことが重要であると考えている。これらのシナリオは、基本的には人手により作成され、シナリオは文章で記述されている。しかし、現状のシナリオの表現では、以下のようなことが必ずしも明示されておらず、シナリオの合理的な理解が困難である。

- ・ どこまでが事実に基づいているのか、また、どのような前提や仮定に基づき導出されたのか。
- ・ どのような論理展開がなされているのか、逆に、どの部分に論理的飛躍が含まれているのか。
- ・ どのようなシミュレーション手法やデータの外挿手法が利用されているのか。例えば、過去のデータを将来に向けて線形的に外挿することに意味があるのか。
- ・ 前提、シミュレーション手法、外挿手法などが変わるとシナリオがどのように変わるのか。

持続可能社会へのシナリオは将来予測を含むため、必然的に論理的飛躍、仮定、外挿が含まれており、シナリオにおける確からしい部分と飛躍がある部分を明確に分けて理解すべきである。

これら課題を解決し、シナリオの作成、分析、再利用を支援することが3Sシミュレーションの目的である(図2参照)。そこでは、共通のフォーマットで構造的に記述されたシナリオを集積し、これらを用いて持続可能社会のシミュレーションを行おうとするものであり、その実現のために以下の四つの課題を設定した。

- (1) 形式化、計算可能化のためのシナリオ表現方法論：文章として記述されているシナリオを、仮定、事実、因果関係、論理的飛躍関係などを用

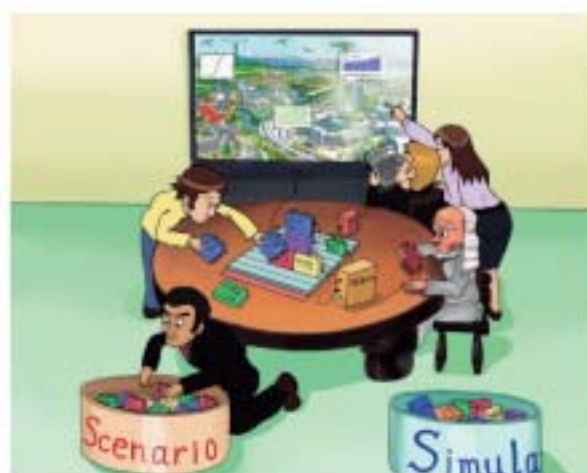


図2：3Sシミュレータのイメージ

いて構造化し、計算機上で表現する。この結果、統一した表現でシナリオを記述できるため、各シナリオで確からしい部分、仮定した部分、シミュレーションなどにより予測した部分などの色分けを可能にし、シナリオの作成、分析、比較、操作を容易にする。

- (2) シナリオ作成方法論の計算機化：シナリオ作成方法は、進め方にノウハウが多く、手順が定式化されていない。このシナリオ作成方法論の定式化、および、計算機支援方法を検討する。その結果、ユーザが計算機支援を受けてシナリオ作成を容易に、かつ、論理的、根拠を持って行うことができるようになる。
- (3) 動くシナリオ化：シナリオには多くの場合その根拠として、データベース、シミュレータなどが付随しているが、これらも集積することにより、シナリオに含まれている前提や仮定を変化させるとシナリオの結論、すなわち、持続可能社会の姿がどのように変化するかを検討可能にする。
- (4) シナリオのアーカイブ化：(1)の手法を用いて、既存のシナリオを形式化・計算可能化し、集積する。このシナリオのアーカイブを用いれば、ユーザは、既存のシナリオの理解、分析、比較、および既存シナリオを援用した新規シナリオの作成などが容易に行えるようになる。

例えば、図3は、ハイブリッド自動車の普及シナリオ [9] を計算機上で記述した例であり、このシナリオがどのような仮定に基づいており(図中の緑で

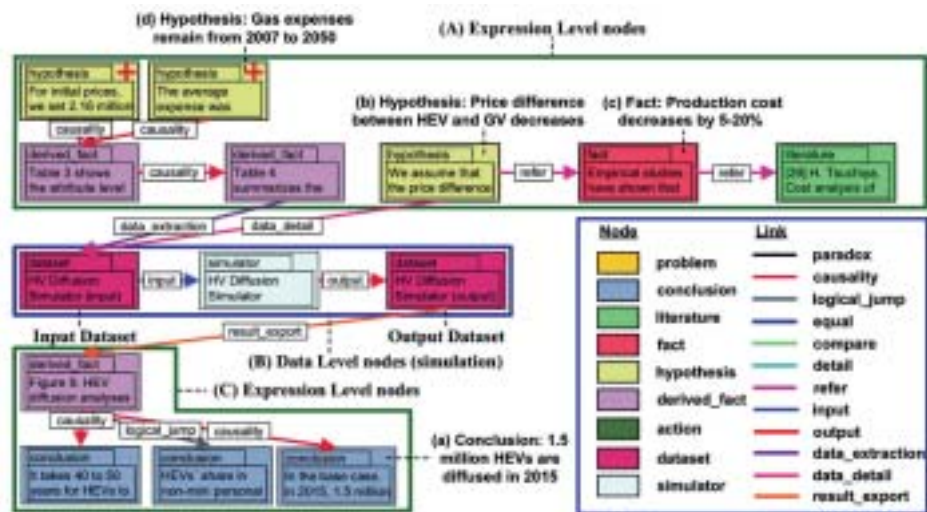


図3：シナリオ記述例

囲まれた部分 (A) 中の三つの hypothesis ノード、
 どのような因果関係に基づき、結論に至ったかが構
 造的に示されている。また、図4はこのシナリオで
 使用されている製品普及シミュレータ [9] の実行画
 面を示しており、例えば、シナリオ中でガソリン価
 格の予測を変化させると、ハイブリッド車の普及予
 測が変化することを示している。



図4：シミュレーション実行例

5. おわりに

本稿では、持続可能社会の実現に向けたグリーン・
 イノベーションを引き起こす方策として、大阪大学
 環境イノベーションデザインセンターで推進しよう

としている「メゾ領域研究」の考え方を述べた。ま
 た、メゾ領域研究の例として、筆者の研究室で実施
 している「持続可能社会シナリオ・シミュレーショ
 ン」研究を紹介した。このような研究アジェンダに
 一人でも興味を持って下さる方がいれば幸いである。

参考文献

- [1] 小宮山宏編, 「サステナビリティ学への挑戦」,
岩波書店, 2007.
- [2] 原圭史郎, 梅田靖編, 「サステナビリティ・
サイエンスを拓く—環境イノベーションへ向
けて」, 大阪大学出版会, 2011, (2011年4月出
版予定).
- [3] 梅田靖: 持続可能社会に向けた製造業の将来像,
学術の動向, 2006.12, pp. 60-67, 2006.
- [4] 木下裕介, 山崎泰寛ほか: 持続可能な製造業の
実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレ
ータの開発 (第1報)—構造的なシナリオ記
述に基づく論理構造の分析—, 精密工学会誌,
Vol. 75, No. 8, pp. 1029-1035, 2009.
- [5] 木下裕介, 山崎泰寛ほか: 持続可能な製造業の
実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレ
ータの開発 (第2報)—シナリオとシミュレ
ータの接続による動的シナリオの作成—, 精密
工学会誌, Vol. 76, No. 6, pp. 694-699, 2010.
- [6] IPCC Special Report on Emissions Scenarios,
<http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/>.
- [7] 西岡秀三編著, 日本低炭素社会のシナリオ—二

酸化炭素 70%削減の道筋―，日刊工業新聞社，
2008.

[8] International Energy Agency: World Energy
Outlook, <http://www.worldenergyoutlook.org/>.

[9] 松本光崇，近藤伸亮ほか：クリーンエネルギー
自動車の普及評価モデルの構築，エネルギー・
資源学会論文誌，Vol. 29, No. 3, pp. 49-55, 2008.

