

2G14

科学的な根拠に基づく政策立案支援のための新たな方法：
研究開発課題のプライオリティセッティングの試み

○笠木 伸英、緒方 寛、斎藤 広明、鈴木 至、関根 泰、中村 亮二、福田 哲也、渡辺 美代子
((独) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター)

1. 序論

政策形成の過程は、客観的な根拠に基づき進められ、社会に対して透明で説明可能なものであることが望ましい。しかし、一般に政策は政策決定者の主義や価値観に依る部分もあり、その論拠が分かりにくい場合が多い。そこで、客観的根拠に基づいて助言を提供する科学者と、総合的観点から政治的判断を為す政策決定者の役割と責任を明確に分離し、相互に独立で尊重する枠組みを作らねばならない。採りうる複数の政策オプションがあるとき、助言者はそれらの最善の比較評価を提供し、政策決定者の判断を支援する。しかし、このような政策立案過程を実現する方法は確立されておらず、実践的経験も蓄積されていない。著者らは、多くの有識者へのヒアリングを参考に、今後我が国がエネルギー分野において取り組むべき25件の研究開発課題を抽出した¹⁾。それらは、化石資源有効利用の観点から10件、再生可能エネルギーの利用の拡大の観点から7件、効率的なエネルギー利用システムの観点から8件である。これらの課題に対する技術的・政策的な観点の相対的な重みづけの試行を通じて、研究開発戦略におけるプライオリティセッティングの方法を提案する²⁾。なお、以下では研究開発課題の優先度を定量化することを試みているが、その結果は選定や政策決定の支援としての参考データとして位置付けられるもので、算出される総合点をもって一義的に決定を促すことを意図しているものではない。これまでの結果を報告してご批判を仰ぎ、方法論としての改善をさらに試みたい。また、JST/CRDSではエネルギー以外の分野においても研究開発課題の抽出を行っており^{3)、4)}、以下では環境分野として、ライフサイエンス・臨床医学分野から8件、ナノテクノロジー・材料分野から4件、合計12件の研究開発課題を選定し、これらについてもプライオリティセッティングによる重みづけの試行を行った。

2. 課題優先度の定量化法

2.1 対象課題

本報では、表1、2に示した、CRDSの俯瞰調査^{1)、3)、4)}で抽出されたエネルギー分野と環境分野の研究開発課題を優先順位付けの対象とした。それらは、平成23~24年度に多数の専門家の協力を得て進められた各分野の研究開発状況の把握や主要課題の抽出の結果である(報告書^{1)、3)、4)}では「研究開発領域」と表現されている)。

2.2 定量化の方法

図1に示すように、複数の研究開発課題に対して、 N 個の指標評価値(p_i)と、それらの指標に対する重み(w_i)を用いて次式より総合点(P)を算出する。

$$P = 100 \sum_{i=1}^N w_i [(p_i - 1)/4], \quad \sum_{i=1}^N w_i = 1.0 \quad (1)$$

ここで、 p_i は5段階評価とし、 P の満点は100点である。なお、 $w_i=1.0$ としたときの P を技術点とよぶ。

2.3 評価指標の設定と指標の評価

エネルギー・環境分野では供給安定性(社会的期待の充足度)、環境性、経済性の観点から評価指標を設定することが相応しい。さらに本報では、科学技術政策上の観点と投資リスクを追加し、表3に示すようにエネルギー分野では20、環境分野では21の評価指標を採用した。これらの評価指標の選択は最終結果に影響を及ぼすため、ステークホルダー間での合意が前提となる。指標評価は、本来専門家によって定量的根拠をもって行われるべきものである。即ち、各指標に対して、最新の科学的知識に基づいて与えられる定量値を参照して、専門家が合意する科学的評価である。指標によって、その評価の不確かさは異なり、科学の進展によって不確かさを減少させる努力が必要である。本報では、表1、表2の各研究開発課題について、表3、表4に示す指標に対して、関連分野の複数の専門家に5段階評価(p_i)を依頼し、その結果を著者らならびに有識者会合で確認・討議の後、さらに著者らが評価の偏りを排除するように見直した結果を用いた。尚、表3、表4のAからDでは当該研究開発による便益、Eでは公

表1 エネルギー分野の研究開発課題

略号	課題
S1	低品位・未利用固体炭素資源の革新的な改質転換・輸送・利用技術
S2	メタンハイドレート利用技術
S3	超高温材料と伝熱技術
S4	革新的電気化学的反応器の基盤技術
S5	超高効率固体酸化物形燃料電池
S6	負荷運用性に優れ CO ₂ の大幅な低減が可能な高効率石炭火力発電技術
S7	劣質・未利用固体炭素資源を使用した高度製銑技術開発
S8	吸熱反応による排熱利用のための低温作動型触媒
S9	石油化学品の革新的製造プロセス
S10	次世代型バイオ燃料
S11	浮体式洋上風力発電システムの大規模普及に向けた革新的技術開発
S12	バイオマスエネルギー増産加速化のための生物機能解析基盤技術
S13	地域環境適合型高性能太陽光発電システム技術
S14	超高効率太陽光発電の大規模広域普及に向けた基盤技術
S15	未利用温泉エネルギーによるバイナリー発電システム
S16	高温地熱エネルギー革新的利用技術
S17	太陽熱利用の革新的技術・システム
S18	低コスト・高効率燃料電池
S19	次世代二次電池
S20	高効率ガソリンエンジン
S21	中低温熱利用基盤技術
S22	エネルギーキャリア基盤技術
S23	再生可能電力による化学品生産技術
S24	次世代エネルギーネットワーク基盤技術
S25	電力国際ネットワーク基盤技術

表2 環境分野の研究開発課題

略号	課題
L1	作物増産技術
L2	持続農業
L3	化成品原料
L4	資源回収・リサイクル
L5	微生物生態・環境ゲノミクス
L6	動物生態
L7	植物生理・生態
L8	生物多様性
N1	元素戦略・希少元素代替技術
N2	分離機能材料による水処理
N3	放射能物質の汚染・減容化などの基盤的技術
N4	リスク評価・リスク管理・リスクコミュニケーションと社会受容

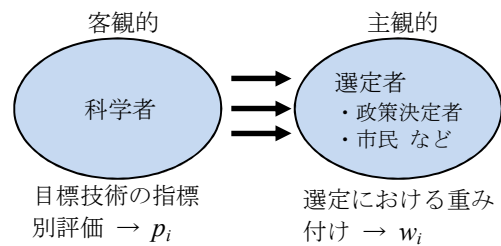


図1 科学的根拠と政策的判断の分離と定量化

表3 技術的評価および投資リスク指標（エネルギー分野）

カテゴリー	指標	重み
A 安定供給性	A-1 量的インパクト	20
	A-2 資源入手の容易さ	2
	A-3 供給変動性	2
	A-4 緊急時・事故時適用性・対応性	2
B 環境性・持続性	B-1 温室効果ガス排出量	15
	B-2 環境負荷	2
	B-3 食料生産・生態系保全等への影響	2
C 経済性	C-1 経済効果	10
	C-2 エネルギー収支	10
	C-3 競争力・海外展開可能性	5
	C-4 他産業への波及効果	5
D 科学技術政策との親和性	D-1 政策との整合性	15
	D-2 学術的価値・波及効果	5
	D-3 人材育成・研究開発基盤への貢献	5
E 研究開発投資リスク	E-1 技術の困難性	30
	E-2 研究者・技術者コミュニティ	20
	E-3 研究開発の国際優位性	10
	E-4 産業の国際優位性	10
	E-5 社会的および政治的障壁	20
	E-6 研究開発費用の大きさ	20

表4 技術的評価および投資リスク指標（環境分野）

カテゴリー	指標	重み
A 社会的期待の充足度	A-1 価値創造	20
	A-2 波及効果	20
	A-3 社会的ニーズ	5
	A-4 受容性	2
	A-5 QOL	5
B 環境性・持続性	B-1 環境負荷	10
	B-2 生態系保全等への影響	2
	B-3 資源循環	5
C 経済性	C-1 経済効果	10
	C-2 投資対効果	2
	C-3 競争力・海外展開可能性	2
	C-4 他産業への波及効果	5
D 科学技術政策との親和性	D-1 政策との整合性	5
	D-2 学術的価値・波及効果	5
	D-3 人材育成・研究開発基盤への貢献	2
E 研究開発投資リスク	E-1 技術の困難性	30
	E-2 研究者・技術者コミュニティ	20
	E-3 研究開発の国際優位性	10
	E-4 産業の国際優位性	10
	E-5 社会的および政治的障壁	20
	E-6 研究開発費用の大きさ	20

的研究開発投資リスクが大きいものに対してより高い点を与えた。

2.4 重み付け

重み付けは、政策決定者が様々な社会的観点から判断すべきものである。その際、科学者の助言を求めることはあり得るが、科学的な指標評価とは独立の行為と考えられる。本報では、著者らによる重み付けを一例として採用したが(表3、表4)、複数の政策的考え方を示す重み付けを試行する必要がある。表3、表4中のカテゴリAからDは特定の課題の研究開発に期待できる便益、一方Eは研究開発に対する公的投資のリスクと読み替えることができる。著者らの重み付けは、化石資源有効利用分野に対しては、量的インパクト(A-1)、環境性(B-1)、経済性(C-1、C-2)、科学技術政策との親和性(D-1)をそれぞれ重視したことになる。研究開発投資リスクに対しては、際だった重みは与えていないが、「大挑戦型研究投資」としてE-1、E-3、E-6を、「産業育成型研究開発投資」としてE-2、E-4、E-5を重視する重み付けも考えられる。

3. 結果と考察

3.1 各課題に対する指標評価

例として、エネルギー分野として化石資源有効利用分野(S1~10)、環境分野としてライフサイエンス・臨床医学分野(L1~8)の研究開発課題に関する指標評価の結果を図2に示す。これらは、研究開発によってもたらされる様々な便益の推定から、目標技術の基本的な特徴を表したものである。線図が外枠円形に近いほど便益の大きい研究開発の対象技術と言える。化石資源有効利用分野では超高温材料と伝熱技術(S3)や高温燃料電池(S5)などが全般的に優位な評価となっている。一方、次世代バイオ燃料(S10)は量的なインパクトや経済性において優位性が劣ることが分かる。また、環境分野では微生物・環境ゲノミクス(L5)や生物多様性(L8)が優位な評価結果となっている。

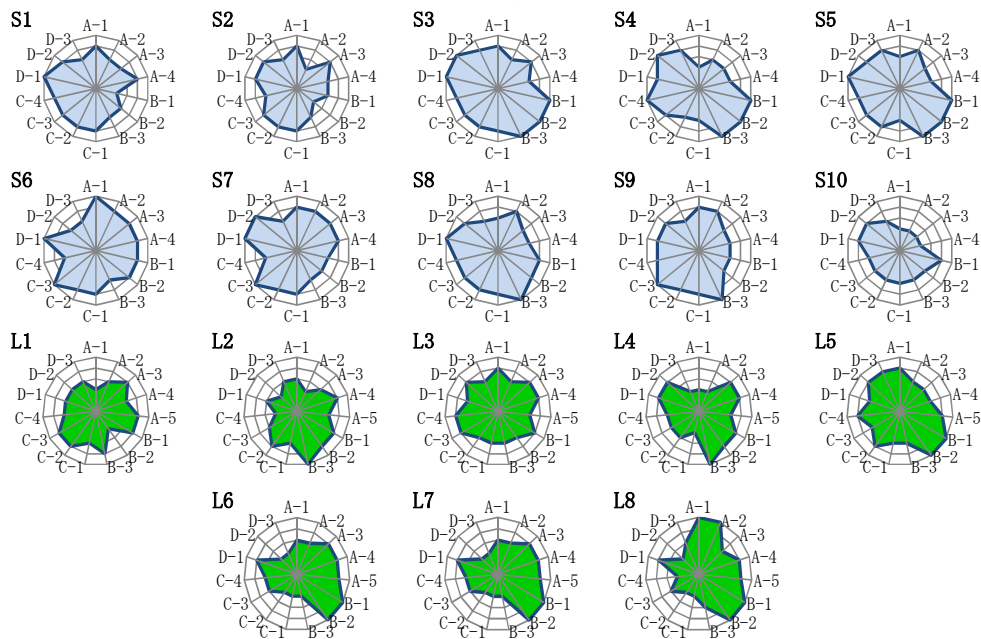


図2 化石資源有効利用分野およびライフサイエンス・臨床医学分野の開発課題別指標評価

3.2 総合評価

図3に各技術の技術点と、重みを考慮した総合点(式(1))を示す。専門家によって抽出された重要な研究開発領域であるが、多様な評価指標によって相対的な技術点の相違が明確になる。即ち、エネルギー分野では、超高温材料と伝熱技術(S3)、低コスト・高効率燃料電池(S18)、次世代二次電池(S19)、中低温熱利用基盤技術(S21)、次世代エネルギーネットワーク基盤技術(S24)などは技術的には高い評価が得られるが、一方、重み付けによって総合点を見れば、例えば、高効率石炭火力発電(S6)の優位性が顕著に高くなる。環境分野では優先度の変化はあまり見られない。

3.4 研究開発投資リスクと便益の関係

図4に研究開発投資リスク(指標E)と科学技術的便益(指標A~D)の相関図を示す。本図は、公的投資によって、成功率が低いが高インパクトの大きい研究開発を狙うか、着実に成果を挙げて市場導入を達成することを狙うかなど、研究開発自体の性質を判断したり、当該研究開発が政策的な方針に合致す

るかどうかを確認したりする上で有用ではないかと考えられる。エネルギー分野では、高い技術評価が得られた、超高温材料と伝熱技術 (S3)、低コスト・高効率燃料電池 (S18)、次世代二次電池 (S19)、中低温熱利用基盤技術 (S21)、次世代エネルギーネットワーク基盤技術 (S24)、高効率石炭火力発電 (S6) は研究開発投資リスクが低いことがわかる。一方、メタンハイドレート (S2) は技術評価が低いものの、研究開発投資リスクが高く政策的な支援が必要といえる。環境分野では、生物多様性 (L8)、放射性物質の汚染 (N3) は高い技術評価と研究開発投資リスクでありプライオリティが高いと考えられる。

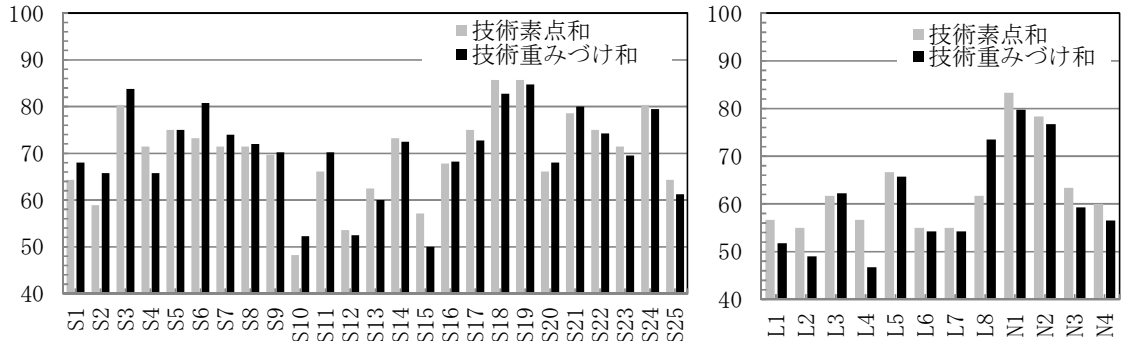


図3 各目標技術の技術点 (技術素点) と総合点 (技術重み付け和)

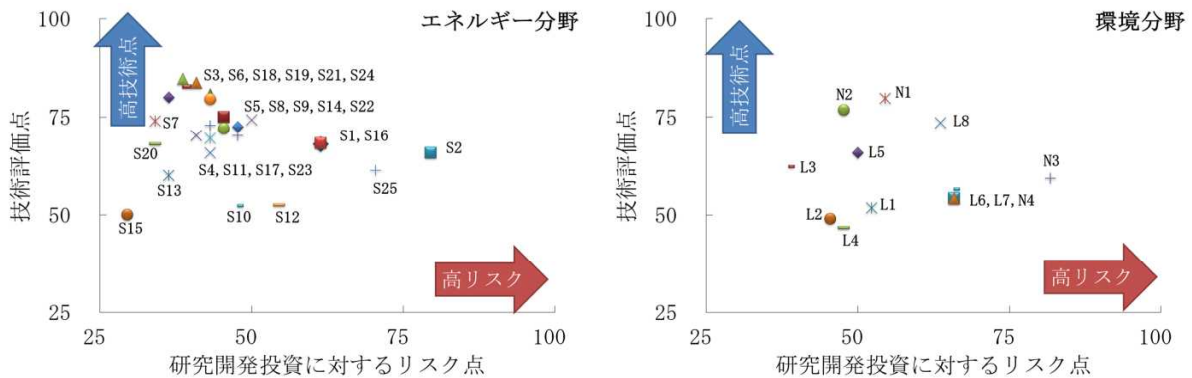


図4 研究投資リスクと科学的便益の関係

4. 結論

研究開発課題の指標評価と重み付けにより、科学的 (客観的) な評価と政策的 (主観的) な判断を分離し、研究開発課題の優先度を定量的に示す方法を提案した。指標評価には不確かさの評価も含めることが可能である。また、開発目標技術の便益と研究開発投資リスクの関係を定量化して政策的判断の参考に供することも可能であることを示した。このように科学的根拠に基づく評価と政策的価値判断を分離することは、政策形成過程の論理性、客観性、透明性を高めることに寄与し、意見相違の論点も明確にする。こうした方法論の確立は、今後のわが国の政策や社会合意の形成に有用と考えられる。本報告で指摘した問題に応える方法論を確立して社会と共有すること、そして技術の指標評価の精度と客観性を高めることは科学者の役割であることも再度指摘しておきたい。

謝 辞

本報でのエネルギー分野の研究開発課題群は、CRDS 環境・エネルギー研究戦略会議、同分科会の委員各位の協力によって抽出されたものであり、また各課題の科学的な評価にも支援を頂いた。ここに記して、謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) (独) 科学技術振興機構研究開発戦略センター；研究開発の俯瞰報告書 環境・エネルギー分野 (2013年)、(2013)
- 2) 笠木伸英ほか、科学的根拠に基づくエネルギー政策策定のための提案：研究開発課題の選定を例として、第32回エネルギー・資源学会研究発表会、(2013)
- 3) (独) 科学技術振興機構研究開発戦略センター；研究開発の俯瞰報告書ライフサイエンス・臨床医学分野 (2013年)、(2013)
- 4) (独) 科学技術振興機構研究開発戦略センター；研究開発の俯瞰報告書ナノテクノロジー・材料分野 (2013年)、(2013)