

数理学的手法等の方法論の適用事例

平成22年12月9日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
埋設事業推進センター

- ✓ 第1回技術専門委員会において、「立地基準の項目ごとの重要性の程度を評価する手法として、AHP等の手法の適用例等を調査・整理すること」とご指摘いただいている。

- ✓ これを踏まえ、本資料では、立地選定等にあたって、最適化・意志決定に関わる数理学的手法等を適用した事例を紹介。

<今回のご報告事例>

■ 事例調査の視点

- 立地選定、政策決定にあたって最適化・意志決定に関わる数理学的手法等を利用しているもの
- 分野は、原子力関連施設、廃棄物処理施設
- 比較的最近の事例であり、公開情報の入手が容易であること

分野	選定事例名	手法	概要
原子力 関連施設	フィンランド原子力 発電所建設の是非	AHP	フィンランドの国会審議において、原子力発電所建設の是非を含むエネルギー政策について、AHPを用いて論点を構造化、各立場の問題認識を明確化。
	ユッカマウンテン 高レベル放射性廃棄物 処分場計画	効用分析	地下378－420mに面積計約8,100㎡の貯蔵所を建設し、計7万本の使用済み燃料棒を貯蔵する計画。放射性廃棄物地層処分サイト候補地の適格性評価過程で、科学的な特性調査の結果に基づき効用分析を利用。
	ITER計画の国内候補地 選定	AHP	ITER誘致にあたって、日本国内において候補地を公募。候補地の適性を客観的に比較するために、AHPを含んだ重み付け評価が実施され、「候補地として十分な適性を有しているか否かの判断材料」として評価。
廃棄物 処理施設	長野県廃棄物処理場	SEA	長野県における廃棄物処理場の設置について、「中信地区・廃棄物処理施設検討会」のもと、住民参加を通じて立地地点を選定。 日本で初めて戦略的環境アセスメントが本格的に取り入れられた事例として知られる。
	紀南地域廃棄物 最終処分場立地選定	AHP	紀南地域の廃棄物の適正処理を目指して、最終処分場の候補地群の選定と用地絞込みを実施。候補地を31箇所から5箇所へ絞り込む過程で、AHPを利用。

※ AHP (Analytic Hierarchy Process)：人間の総合判断、評価の仕組みを階層構造に構造化し、意思決定を行う手法

効用分析：一定の心理的満足感を「効用」と定義し、期待効用が最大となるような行動をとるものとして意思決定主体の行動を分析する手法

SEA (Strategic Environmental Assessment)：事業実施に先立ち、政策や上位計画等の検討段階から実施される環境アセスメント

原子力関連施設：フィンランド原子力発電所建設の是非

事業概要	フィンランドの国会審議において、原子力発電所建設の是非を含むエネルギー政策について、AHPを用いて論点を構造化、各立場の問題認識を明確化。
事業主体 (選定主体)	フィンランド政府
事業時期	1984年
事業に至る経緯	フィンランドでは1980年代初期、将来の電力需要・電力価格への対応について、原子力建設推進の立場と反対の立場での議論が行われていた。 議論を効果的に行なうために、論点の構造化、各立場の問題認識の明確化が必要とされていた。
立地場所、 周辺への影響	大手新聞紙で結果を発表する等、マスコミを通じて公衆の大きな関心を呼ぶことに成功。
事業の 手続、方法論	<ul style="list-style-type: none"> • 国会において、エネルギー政策に関する3つの選択肢について、国会議員等がAHPによる評価を実施。 • 原子力発電所の新規建設に否定的な結果が多く出たことから、原子力発電所の建設に関する事業者からの許可申請書提出は延期となった。
課題・解決策	<ul style="list-style-type: none"> • 各利害関係者の関心を明確化することを重要視しており、誰もが同一結果を導き出すような手法を選択した訳ではない。(多様性の評価) • 複雑すぎる数理学的手法は、全体像を見えにくくすることから、利用していない。 • 公衆にも知ってもらうため、マスコミへ積極的に情報発信を行った。

原子力関連施設：ユッカマウンテン高レベル放射性廃棄物処分場計画

事業概要	<p>地下378－420mに面積計約8,100㎡の貯蔵所を建設し、計7万本の使用済み燃料棒を貯蔵する計画。放射性廃棄物地層処分サイト候補地の適格性評価過程で、科学的な特性調査の結果に基づき効用分析を利用。</p>
事業主体 (選定主体)	<p>米国エネルギー省(DOE)</p>
事業時期	<p>1983年(予備的なボーリング、物理的探査の実施サイトで9地点を選定) ～2002年(DOE長官の推薦を受け、大統領がユッカマウンテンを連邦議会へ推薦)</p>
事業に至る経緯	<ul style="list-style-type: none"> • 1982年の放射性廃棄物政策法の成立を受けて、1983年にDOEが9カ所の候補地を選択。 • 1986年に3カ所のサイトがDOEから特性調査地区として推薦され、その後、1987年の放射性廃棄物政策法の修正により、ネバダ州ユッカマウンテンが特性調査の対象サイトとして選定された。
立地場所、 周辺への影響	<p>目標設定では、事業従事者や一般公衆への健康影響等に加え、考古学的・歴史的・文化的な面での負の影響、美的価値への負の影響の最小化、処分場コスト、廃棄物輸送コストの最小化等が挙げられている。</p>
事業の手続、方法論	<p>A) 処分場閉鎖後に関する解析： 目標設定、挙動指標の設定、シナリオ分析、サイト候補地の評価、多属性効用関数の構築</p> <p>B) 処分場閉鎖前に関する解析： 目標設定、挙動指標の設定、サイト影響の評価および挙動指標ごとのスコア付け、多属性効用値の評価、各候補サイトの評価、感度解析</p> <p>C) 閉鎖前および閉鎖後に関する総合的解析： 閉鎖前後の効用関数の統合、感度解析</p> <p style="text-align: right;">※評価項目毎の効用関数構築時、連続型の関数を用いる場合と、離散型の評価シートを用いる場合を併用</p>
課題・解決策	<p>現政権の方針により、DOEは2010年3月に許認可申請を取り下げる申請をNRC(原子力規制委員会)へ提出し、現在はNRCにおいて検討中。</p> <p>なお、DOEは、高レベル放射性廃棄物管理の代替方策を検討するため、2010年1月に専門家からなるブルーリボン委員会を設置(2年以内に最終報告を行う予定)。</p>

原子力関連施設:ITER計画の国内候補地選定

事業概要	ITER誘致にあたって、日本国内において候補地を公募。候補地の適性を客観的に比較するために、AHPを含んだ重み付け評価が実施され、「候補地として十分な適性を有しているか否かの判断材料」として評価。
事業主体 (選定主体)	国(主に文部科学省)
事業時期	2001年～2002年
事業に至る経緯	ITER(国際熱核融合実験炉)の建設・運転に向け国際協議が開始される中、誘致を念頭に国内に適地があるかどうかを見極めるため、候補地を公募し評価。
立地場所、 周辺への影響	北海道苫小牧市・青森県六ヶ所村・茨城県那珂町の3地点が応募し、数理的な手法のもと、六ヶ所村と那珂町が十分な適性を有するとされた。 その後、六ヶ所村を国内候補地として閣議了解。
事業の手続、方法論	<ul style="list-style-type: none"> •文部科学省は専門家会合を開き、適地の「基本条件」「望ましい条件」をまとめた上で、公表し、ITER候補地を公募。評価にあたっては、客観性・公正性を確保するため、「重み付け」は調査設定グループの委員が行ない、「各項目の評価」は調査実施グループの委員のみが実施。 •「望ましい条件」(評価項目B)の評価において、個人の感覚の曖昧な部分を合理的に選択できる手法としてAHPを利用。
課題・解決策	<ul style="list-style-type: none"> •点数付けは1回だけでなく、2回のフィードバックを含む3回行うことで信頼性を向上。 •数理的な手法により順位付けを行っているが、一地点に絞り込んではいない。

廃棄物処理施設：長野県廃棄物処理場

事業概要	<p>長野県における廃棄物処理場の設置について、「中信地区・廃棄物処理施設検討会」のもと、住民参加を通じて立地地点を選定。</p> <p>日本で初めて戦略的環境アセスメントが本格的に取り入れられた事例として知られる。</p>
事業主体 (選定主体)	「中信地区・廃棄物処理施設検討会」(知事により設置された組織)
事業時期	2001年～2004年
事業に至る経緯	<ul style="list-style-type: none"> •長野県及び財団法人長野県産業廃棄物処理事業団では、県の最終処分場容量の逼迫を受け、新たに最終処分場の立地地点を検討。 •検討の結果、豊科町への立地を計画したが、それまでのプロセスが不明であったことから住民が反発し、住民投票の結果、立地拒否という結果に至る。 •知事は計画を白紙撤回するとともに、住民参加型の検討会を立ち上げた。
立地場所、 周辺への影響	当初、廃棄物処理施設に反対する立場の住民は、本検討会に参加すること自体を拒否していたが、最終的には参加し、廃棄物の削減量や必要性等についての議論に加わった。
事業の 手続、 方法論	CATVを利用する等、公開に力を注ぐことで透明性を担保するとともに、最初から立地ありきではなく「必要性の議論」や「立地ルールの議論」等のステップを踏んだ検討を実施。
課題・ 解決策	<ul style="list-style-type: none"> •中立性を担保するため、賛成・中立・反対の各々の立場の住民が同数参加。 •住民団体から意見収集を行ったり、傍聴席からの発言を許可したりすることにより、可能な限り多くの利害関係者を巻き込んだ。 •処理施設ありきではなく、その必要性の議論から住民参加を図ることで、合意形成を推進。

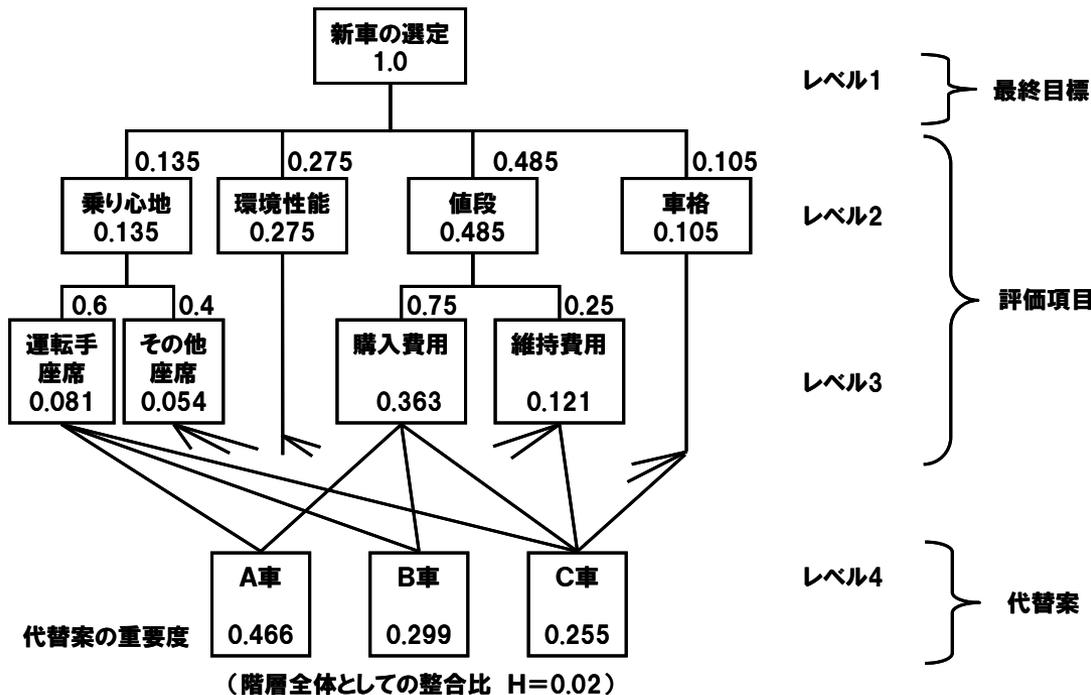
廃棄物処理施設：和歌山県廃棄物処理場

事業概要	紀南地域の廃棄物の適正処理を目指して、最終処分場の候補地群の選定と用地絞込みを実施。候補地を31箇所から5箇所へ絞り込む過程で、AHPを利用。
事業主体 (選定主体)	財団法人紀南環境整備公社 等
事業時期	平成14年11月：紀南地域廃棄物適正処理検討委員会設立 (～平成17年3月)：紀南地域廃棄物処理促進協議会等による検討 (平成17年7月～)：紀南環境整備公社等による検討
事業に至る経緯	紀南地域廃棄物適性処理委員会が答申した「紀南地域の廃棄物に係る適正処理方針」(平成16年3月)、及び「紀南にふさわしい最終処分場の用地選定について」(平成17年3月)を踏まえ、最終処分場の候補地を選定。
立地場所、 周辺への影響	地元住民や自然環境などへの影響だけでなく、世界遺産(熊野古道)やラムサール条約登録区域から候補地が眺望できるかなど景観面への影響についても評価を実施。
事業の手続、方法論	第1段階：自然条件、社会条件、環境条件の項目について評価基準を作成し、候補地毎に評価を行い、数箇所の候補地を選定。(31箇所→5箇所に) 第2段階：第1段階で絞込みを行った候補地を対象に詳細調査を実施し、総合評価を行った上で、1箇所の候補地を選定。(5箇所→1箇所に) ※AHPの評価項目の重み付けを含め、地質や動植物や最終処分場等の専門家からなる「技術アドバイザー会議」が評価を実施。
課題・解決策	<ul style="list-style-type: none"> •段階的な絞込みを行うことにより、最終処分場として相応しくない事実が後日判明するリスクを低減。 •情報公開により地域との信頼関係を醸成することを重視。

方法論の例(AHP)

- 階層的意決定手法(AHP; Analytic Hierarchy Process)は、人間の総合判断、評価の仕組みを階層構造に構造化し、意思決定を行なっていくプロセス。
- 問題全体を、最終目標、評価基準、代替案という階層図に表現し、2要素の対比較という直感的な判断を基に、問題全体の大局的な判断を合成して作成。(現在は、多数の派生的な手法が発展)
- 不確定な状況や多様な価値基準を含むような構造がはっきりしない問題において、意思決定を分かりやすく行う方法として、Saaty氏が1971年に開発。

～適用例: 新車選びのAHP～



【AHPの一般的な手順】

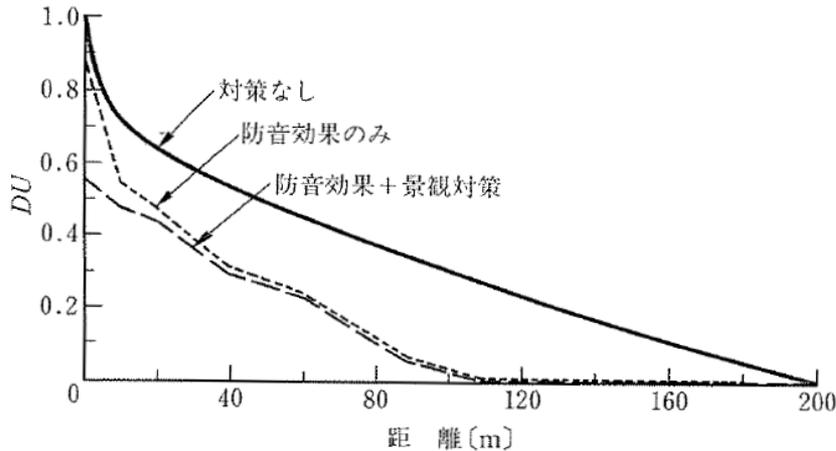
- (1)問題を階層構造に描く。
 - (2)各要素の重要度(プライオリティ)の評価を行う。
 - ①アンケート票を用いて対比較を行い、その結果を数値化する。
 - ②判断の整合性をチェックする。
 - ③各要素の重要度を求める。
 - ④重みを合成する。
 - ⑤階層構造全体としての整合性をチェックする。
- ※必要に応じて、感度分析等を実施

方法論の例(効用分析)

- 人が財を消費したりサービスを受けたりすることによって得られる一定の心理的満足感を「効用」と定義し、期待効用が最大となるような行動をとるものとして意思決定主体の行動を分析。(フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンによる公理系の構築; 1944年)
- 複数の代替案の中から、複数の評価基準に基づき選択をする場合には、上位レベルの評価関数に基づき、どの代替案が望ましいかを判断するような「多属性効用関数」を設定して分析する方法がある。

～適用例: 環境保全対策に対する地域住民の不効用の変化～

(不効用(=DU)は、距離ゼロで最大値1をとる)



出典) 「効用分析の数理と応用」をもとに作成

【効用分析の一般的な手順】

(1) 決定問題を定式化する。

① 評価すべき代替案を選定し、代替案を評価するための属性(評価指標)を選ぶ。

② 各属性の単位を適切に定めるとともに、各代替案を選択した時に得られる結果の確率分布を推定する。

③ 上記②で定められた単位に基づいて、各属性レベルの範囲すなわち最良レベルと最悪レベルを定める。

(2) それぞれの属性の重みを評価する。

(3) 各属性の効用関数、および、属性ごとの依存関係を評価する。

(4) 多属性効用関数を決定する。

(5) 多属性効用関数において、同程度の効用が得られるような変数の組み合わせに対応する曲線と、その組み合わせで期待される効用値を評価する。