

# 原子力エネルギーを「リスク評価」する授業デザイン —倫理的探究と多基準意思決定を統合し、近未来のエネルギー社会を探る—

酒井雅子

## 要 約

本研究は、K.シュレーダー＝フレチェットのリスク・アセスメントにおける「リスク評価」概念を参照して、市民として原子力エネルギーを「リスク評価」する学びを開発するものである。開発した学びは、倫理的探究「そもそも原子力エネルギーのリスクを受容できるものか」を探る学び、そして、多基準意思決定（MCDM）アプローチで、現実社会の諸エネルギーを比較衡量し、「今、原子力エネルギーをどう受容するか」を探る学び、さらに、これら二つを統合し、近未来の日本のエネルギー事情の予測も踏まえて、「近未来に向けて、原子力エネルギーをどう受容していくか」を軸に、民主的なエネルギー社会を探る学びである。

倫理的探究は、原子力エネルギーのリスクを倫理的・哲学的に根本から考えることで、突き進む科学技術開発のプレーキになり、多基準意思決定アプローチは、エネルギー問題を多角的・客観的に把握して、諸エネルギーの優先度を算定し、合意形成を行う市民の育成が期待できる。統合の学びは、近未来の日本のエネルギー危機に対する現実的で具体的な行動へと連関できる。

トランス・サイエンスとされる原子力エネルギーの問題はあまりにも複雑で、社会でどう受容するかの判断には、多くのリサーチと熟慮を要する。したがって、この問題に対峙した本研究の授業開発は一つの挑戦である。「よりVUCAな時代」が到来する現代、複雑な問題の授業開発は重要性を増す。

キーワード：K.シュレーダー＝フレチェット、原子力エネルギー、リスク評価、倫理、多基準意思決定、市民

## 1 研究の目的と方法

本研究の目的は、K.シュレーダー＝フレチェットのリスク・アセスメントにおける「リスク評価」概念を参照して、市民として原子力エネルギーを「リスク評価」する学びを開発することにある。一つは、倫理的な観点から、そもそも原子力エネルギーのリスクを受容できるものかを探る学び、もう一つは、多基準意思決定（MCDM）を援用し、現実社会の諸エネルギーのベネフィットとリスクを多基準で比較衡量し、「今、原子力エネルギーをどう受容するか」を探る学びである。そして、これら二つを統合し、「近未来に向けて、原子力エネルギーをど

う受容していくか」を軸に、民主的なエネルギー社会を探る学びである。これらの学びでは、原子力エネルギーの受容のあり方を合意形成する市民の育成を目指している。

この目的を探るために、まず、福島第一原子力発電所事故前後の原子力エネルギーの「リスク評価」に関する授業の先行研究を辿り、本研究の位置づけを確認する。次に、研究の理論的枠組みであるシュレーダー＝フレチェットの「リスク評価」の考え方、および、多基準意思決定（MCDM）の概念とその一メソッドである分析階層法（AHP）を明らかにする。その上で、原子力エネルギーを「リスク評価」する授業デザインを提示する。

## 2 近年の原子力エネルギーの「リスク評価」に関する授業の先行研究

2011年3月の東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故を境に、日本の原子力エネルギーのリスク評価に関する授業研究は、大きな変化がみられる。

### 2-1 原発事故直後まで

事故前の2010年2月に文部科学省・資源エネルギー庁が小中学生向けに原子力エネルギー副読本を発行し、配布した。中学生向けの『チャレンジ！原子力ワールド』には、最初のページに内閣府が実施した「原子力に関する特別世論調査」で原子力発電を推進・維持するという回答が8割近く（78.3%）であることが記されている。そして、少量の放射線であれば健康に影響はないこと、原子力発電の核分裂は制御できること、原子力発電所は万一事故が発生しても放射性物質の放出を防止できる五重の壁の安全設計を行っていること、使用済み核燃料をリサイクルする「核燃料サイクル」が可能であること（注：現状は、5-3参照）等々、原子力の安全性と有効性が過度に強調された記述が複数ある。しかし、「事実と反する記載がある」として、回収されHPから削除されている（後藤，2013）。事故後の2011年10月に文科省が放射線等に関する副読本を作成したが、原発事故には殆ど触れられていず、また、当該副読本の指導資料を作成した福島県教委は、教職員研修会にて「福島原発に触れるな」と指示したとされる（後藤，2013）。

### 2-2 原発事故，その後

教育の場で原発の是非を問う論争問題を取り上げる場合、国の公的な教材に公平さを欠くことを重くみた福島大学放射線副読本研究会は、2012年に、公正な判断力や批判力を育てる副読本『放射線と被ばくの問題を考えるための副読本—“減思力”を防ぎ、判断力・批判力を育むために』を作成した。やがて、原発の是非について、資料に基づいて原発に対し維持推進・廃止・縮小の立場を表明する授業（鈴木，2013；池田，2011）、原発問題のステークホルダー（関

与者)である原発付近の農業従事者・漁業従事者・政治家・原発推進の科学者・子ども・消費者・電力会社社長などになってロールプレイングし、それぞれの立場を考える授業(日本環境教育学会, 2014; 佐々木, 2016), 原発や原子力エネルギー, 放射線の知識を学ぶ授業(市川, 2012; 関根, 澤野, 2014), 再生可能エネルギーを視野に入れた未来のエネルギー社会を考える授業(千葉, 2011; 大竹, 2016)などが実践された。これらの授業実践は、一部、事故後の高揚感もあって脱原発の偏向を否めない実践もあるが、総じて、学習者が国の政策立案者と対等の関係で原発問題を公正に考える学び、原子力エネルギーの知識を習得する学び、未来のエネルギー社会を具体的に考える学びが行われた点において、科学技術における市民教育の萌芽とみて取ることができる。

ところで、原発の是非を問う授業法に限ってみていくと、政治的リテラシーを育成する主権者教育の領域で、判断の基準を作り各学習者が基準に基づいて、維持推進・廃止・縮小を意思決定する授業がみられる(岡田, 2021, pp.93-109)。前述の鈴木(2013)実践が意見文を書き共有する活動、池田(2011)実践がディベート活動という、いずれも従来の授業法であるのに対し、岡田(2021)実践は、論争問題に内在する複数の基準を自分や他者が納得して見出し、各学習者が自ら選んだ基準で意思決定させている。このような学びは、意見の異なる個々人が集団で答えを探り出す社会において、問題の多層構造を客観的に理解させ、集団の意思決定、民主的な合意形成につながっていくといえる。これに関連して、国語科では、平成29年告示の学習指導要領から中学校3年に指導事項「進行の仕方を工夫したり互いの発言を生かしたりしながら話し合い、合意形成に向けて考えを広げたり深めたりすること。」が組み込まれたが、合意形成は今後に期待される段階にあるといえる。

以上、福島第一原子力発電所の事故直後まで原発のリスクを公正に批判し難かった日本の教育事情を反省し、民主主義社会を形成する市民として原子力エネルギーの受け止め方を意思決定し合意形成を行う学びの開発は、喫緊の課題であると考えられる。本研究では、「リスク評価」の理論的枠組みの検討から始め、授業をデザインしていく。

### 3 研究の理論的枠組み①——リスク評価

#### 3-1 K.シュレーダー=フレチェットにみる「リスク評価」

環境倫理の研究者K.シュレーダー=フレチェット(2007, pp.67-94)によれば、個々のリスクに対する社会の対応を決定していくプロセスには、リスクをどのくらい受容できるかを検討する「リスク・アセスメント」と、受容した場合、社会がリスクとどう関わっていくかを検討する「リスク管理」がある。「リスク・アセスメント」には三つの段階があり、第1段階「リスク同定」では、人間の健康や安全に対する脅威を明らかにし、第2段階「リスク判定」では、

脅威の危険性の曝露のレベルに応じて死や傷害のリスクを判定し、第3段階「リスク評価」では、社会がそのリスクをどのレベルまで受容可能かを評価する。一般に、「同定」「判定」は科学の専門家が行い、「評価」は専門家、政策立案者、市民が関わるとされる。特に、市民は「どの程度安全ならば十分に安全とみなせるのか (How safe is safe enough?)」(p.86)に関心を持つとされる。本研究が着目するのはこの「リスク評価」の段階である。

### 3-2 市民が行うべき二つの「リスク評価」—「倫理的評価」と「多基準意思決定の評価」

社会がリスクを評価する方法は、シュレーダー＝フレチェット (2007) によれば、広く行われているのは「リスク費用便益分析」という意思決定のアプローチとされる。ある選択肢を複数の基準でリスクとベネフィットを比較衡量しトレード・オフして、リスクを配分し、採るべき選択肢が決定される。確かに、政策決定では様々な意見が存在し議論を経ても収拾がつかないならば、社会的事業を行うのは難しい。一方、量で評価するならば、公金の公平分配が可能となり、ある程度合理的な決定が行われ得る。しかしながら、シュレーダー＝フレチェットは意思決定の最大の問題点は質的に異なるリスクを量で比較する点であるとする (p.72)。

これに類する指摘は、小林 (2012) にもみられる。小林は、原発問題を、功利主義vsカント哲学のようなリベラリズムの構図を描いて論じている。例えば、日本で、被害による苦痛より経済的便益の量が勝っていれば、「経済成長のために原子力エネルギーは必要だ」という主張が成り立つが、一方、いかなる場合でも人間の尊厳・人権は必ず守らなければならないとするならば、「多くの人々の命を脅かす原子力は廃止しなければならない」という主張が成り立つ。(小林, pp.9-34) つまり、量を根拠に評価できる便益 (ベネフィット) の評価と、量では測りきれない人間の尊厳に基づく評価は別であり、どちらに重きを置くかで評価の結果も変わるというのである。そして、後者の評価に関連して、「原発が1000年に1度の確率で事故を起こすとすれば、1億人の生活の便利と10万人の犠牲、どちらを重視するか」と問いかける。(小林, pp.53-54, p.106) そもそも、立地地域の人口が少ない等々の理由で、10万人を犠牲にした1億人の便利な生活を選択することが許されるのかという問題である。

福島原発事故後、ドイツ連邦の委託により原発廃止をめぐる議論が交わされた「安全なエネルギー供給に関する倫理委員会」(2013, pp.39-53)でも、「相対的にリスクを比較衡量する立場」vs「絶対的にリスクを拒否する立場」で根本的な論争があり、両者の歩み寄りが行われた。すなわち、理論的には、一般的リスクは「発生確率」と「被害の大きさ」を掛け合わせた数値で示されるが、発生確率の程度に関わらず、甚大な被害をもたらす(放射線の)リスクは絶対的に拒否するべきであるとし、そして、原子力エネルギーとそれを代替するエネルギーを、エコロジー・経済・社会という基準で比較衡量した上で、原子力エネルギーを拒否した未来のエネルギー社会を速やかに形成する、という合意に至ったのである。実際、ロシアによるウクライナ侵攻の影響で「脱原発」が一時的に延期されてはいたが、2023年4月15日、60年以上

続いたドイツの原発の歴史に幕が下りることになった。(毎日新聞朝刊2023年4月15日)

これらからいえることは、リスク評価において、社会的な意思決定に欠かせない比較衡量の分析・評価は、社会を動かすために必要であり、さらに、リスクを負ってしまった人々、あるいは、負うかもしれない人々の守られるべき命や人権といった倫理に関わる議論もまた、別次元の評価として重要であるということである。

## 4 研究の理論的枠組み②——多基準意思決定 (MCDM)

ここで、本研究の授業開発に援用する多基準意思決定アプローチについて、「リスク評価」における有効性、および、方法を明らかにする。

### 4-1 「リスク評価」における多基準意思決定の意義

原子力エネルギーを供給する原子力発電の是非をめぐる市民が議論する場合、多基準意思決定がなぜ「リスク評価」に有効なのか。

仮に、原子力発電を推進維持する立場、あるいは、廃止する立場を表明しても、議論は平行線を辿るばかりである。国会近くをシュプレヒコールしながらデモ行進をしたとしても、各立場の思いの強さを多くの国民にアピールして問題意識を喚起できるが、社会的意思決定は進まない。哲学領域のクリティカル・シンキング研究者R.W.Paul (1987)は、自分の立場のみを押し通す思考を「弱い意味のクリティカル・シンキング」と呼び、反対の立場の考えも公正に評価し自分の立場に取り入れる思考を「強い意味のクリティカル・シンキング」と呼んだ。この事態を打開する手始めとして、それぞれの立場を意思表示したステークホルダーが、どんな基準、もしくは、準拠枠で、どんな根拠(事実・データ)を基に立場を正当化する理由を持っているのか、整理する必要があるだろう。

これについて、意思決定の研究者であるR.L.キニー、H.ライファー(1980)が、アメリカ合衆国の原子力発電所の設置と認可を想定して、判断の基準(準拠枠)、および、基準内目標、それに最も関係するステークホルダーを示している。



表1 原子力発電所の設置・認可をめぐる判断の基準とステークホルダー

基準	基準内目標	最も関係するステークホルダー
環境的	汚染の最小化	環境保護をする人, 地域社会
環境的	美的に満足できる施設の建設	環境保護をする人, 地域社会
人身安全	人間の健康への危険の最小化	環境保護をする人, 地域社会, 電力会社, 州機関, 連邦機関
消費者への福利	必要な電力の供給	消費者, 環境保護をする人, 地域社会, 電力会社, 州機関
消費者への福利	消費者の電力コストの最小化	消費者, 州機関
経済的	地域社会への経済的利益の最大化	地域社会
経済的	電力会社の利潤の最大化	電力会社
経済的	州の収入の最大化	州機関
経済的	貿易収支の改善	連邦機関
国家利益	国外燃料への依存度の減少	連邦機関

キニー, R.L., ライファー, H. (1980, p.499) より一部改変

表1において、一見対立関係にあるようなステークホルダー：地域社会 vs 電力会社・州機関にも、「健康への危険への最小化」「必要な電力供給」を目指す共通の見方があり、全く対立しているわけではない。他方、同じステークホルダー：地域社会でも、「汚染の最小化」「健康への危険の最小化」という原発設置を反対する見方と、「必要な電力供給」「地域社会への経済的利益の最大化」という原発設置を賛成する見方があり、地域住民の各々の価値観・置かれた状況によって、どの基準の見方を重視するか、各基準の見方の重みづけが異なると推測される。

したがって、各ステークホルダーという人々が行った判断の基準を洗い出した後、最終的には問題の事象が含む持つ複数の基準に再編することで、より客観的な意思決定に近づくといえる。

#### 4-2 多基準意思決定 (MCDM) アプローチの理論的枠組み

次に、多基準意思決定アプローチとは何なのか、理論的枠組みを確認したい。近年の研究によると、様々な利害・価値観が入り混じる複雑な問題の議論に市民が参加する「分析・討議アプローチ (analytical-deliberative approach)」に、多基準で多選択肢を意思決定する方法が導入されていることが分かる。例えば、海外では、遺伝子組み換え作物の是非 (Stirling,A.,Mayer,S.,1999), エネルギーのニーズに応える都市開発 (Dassen,T,et al.,2013), 腎臓移植の是非 (Burgess,J.,et al.,2007) などに多基準意思決定アプローチが採用されている。日本では、地域の小公園の整備 (吉田, 矢口, 2020) について意思決定する研究等がある。便宜上「多基準」と記したが、多基準意思決定 (Multiple Criteria Decision Making :MCDM) の類には、

多属性意思決定 (Multiple Attribute Decision Making :MADM), 多目標意思決定 (Multiple Objective Decision Making :MODM) もあり, 三者は, MCDMがMADM, MODMを含む関係にある (Yoon,Hwang,1995)。

Yoon,Hwang (1995) によれば, これらの意思決定のアプローチには, 次のような共通点がある。なお, 当該論考では「属性 (attribute)」が使われているが, 多基準意思決定に合わせ, 「基準」を使って捉えていく。

### (1) 多基準意思決定のアプローチ

- ①意思決定する「目的 (purpose)」に即して, 複数の「選択肢」を設定する。
- ②各選択肢を評価する複数の「基準」を, 文献探索やステークホルダーの討論を行い, 設定する。その際, 検討すべき問題に内在する基準を「完全に (complete) 網羅 (exhaustive)」し, 二重評価を避けるため「相互排他的 (mutually exclusive)」であるように配慮する。／基準は, 高次の抽象的レベルから低次の測定可能レベルまであり, 階層ツリーの構造を成す。より高次の基準に矛盾せず一貫性を持たせる。／基準の数は, 総合的な判断が難しくならないよう, 各レベルとも最大 $7 \pm 2$ とする。
- ③基準と選択肢を行・列とする「決定マトリクス」を作る。低次レベル基準のデータ表ともいえる。
- ④データは, 様々な単位を持ち, 基準間で質的には比較できない。そのため, 各選択肢を基準別に比較できるよう, 共通の単位に変換する「正規化 (normalization)」が行われる。
- ⑤意思決定者は, 「目的」を反映させて, 各基準に対し, 基準間の相対的な重要性を示すために「重みづけ (weighting)」をする。「重みづけ」は, 意思決定者が最も関心を持っている事柄を, 定量的に数値で示すもので, 数量化には, 基準間の差に意味がある「基数スケール (cardinal scale)」, または, ランクづけをする「序数スケール (ordinal scale)」がある。「序数スケール」は比較的容易であるが, 殆どの多基準意思決定では「基数スケール」が使われ, 重みづけの合計が1になるように正規化される。
- ⑥基準ごとに, 基準の「重みづけ」の数値を各選択肢の評価点に掛け合わせ, 次に, 選択肢ごとに, それら重みづけされた評価点を合計し, 評価点の合計値に応じて, 選択肢が選択, あるいは, ランクづけされる。

### (2) 多基準意思決定の一メソッド——階層分析法 (AHP)

以上の特徴を持つ多基準意思決定には, 様々なメソッドがあるが, 本研究では, 「階層分析法 (Analytic Hierarchy Process :AHP)」を使う。Yoon,Hwang (1995) によれば, 本メソッドは階層構造を使って複雑な問題を直感的に理解するように形式化したもので, 1980年にT. L.Saatyによって開発された (p.59)。カーター大統領がイラクのアメリカ人質を救済する際に使われたとされる (p. vi)。意思決定の方法は, 以下のとおりである (Yoon,Hwang,1995 ;

西崎2017；高萩，中島，2005)。

①階層構造

少なくとも意思決定の目的，基準，選択肢の3層をなす。

②各基準の重み (weight)

各基準を，一対比較する。すなわち，基準の数を2乗した数だけあるペアを，それぞれ次のような比較尺度で採点する。「同じくらい重要→1」「少し重要→3」「かなり重要→5」「実証的に重要→7」「絶対的に重要→9」である。その際，同じ基準の組合せの点は1，逆の組合せの点は逆数とし，実質，一対比較の回数は，基準の数を $n$ とすると， $n(n-1)/2$ である。そして，基準ごとに点数の幾何平均値を算定し，幾何平均値の合計が1になるように正規化する。その値が重みである。

③選択肢の優先度 (priority)

基準ごとに各選択肢の優先度を，基準の重みづけと同じ方法で算定する。

④選択肢の総合優先度

選択肢ごとに，各基準の選択肢の優先度に基準の重みを掛け合わせた数値の合計値を算定する。例えば，基準の数を $n$ とすると，選択肢 $a$ の総合優先度は次のようになる。

$$\boxed{\text{基準1の優先度} \times \text{基準1の重み} + \dots + \text{基準}n\text{の優先度} \times \text{基準}n\text{の重み}}$$

なお，各選択肢の総合優先度は，合計すると1になる。

このような分析階層法は，トレード・オフがなく，Excelや関数電卓で重みや優先度が算定でき，多基準意思決定アプローチの中では，比較的負担が軽いといえる。

以上，多基準意思決定アプローチは，多様な価値観が錯綜する問題において，問題に内在する複数の基準を設定する点，定量的評価も活用する点で，議論が平行線を辿る状況を免れ，より客観的に合意形成が図れる利点がある。ただし，「基準の設定」「決定マトリクス作成におけるデータ収集」「基準の重みづけ」「選択肢の優先度の評価」の4場面では，意思決定者各々の価値観が表出し意見が分かれることが予測される。特に，現実社会の問題状況で，ステークホルダー間で価値観が異なるのは問題に内在する基準の重みづけの違いによるとされ（キニー，ライファー，1980），「基準の設定」「基準の重みづけ」は重要な場面であるといえる。これらを踏まえ，合意形成の学びに導入する場合，上記4場面で学習者達が議論を交わし合う活動を取り入れる必要がある。

さらに，AHPに限らず多基準意思決定のメソッドは様々あり，各メソッドの数的処理の違いによって，最終的な「選択肢の総合優先度」によるランクづけが同一になるとは限らない。したがって，AHPで意思決定された優先度は，有効であっても一目安として捉える必要がある。



## 5 原子力エネルギーをリスク評価する授業デザイン

### 5-1 授業目標

- 私的な個人というより、民主的な社会を構築しようとする一市民として、公共の福祉を踏まえ、原子力エネルギーを、倫理的探究、多基準意思決定の探究でリスク評価し、それらを統合して、近未来に向けた、現実的な原子力エネルギーの受容のあり方を探ることができる。そのために、
- ・関連する情報をリサーチできる。
  - ・根拠・理由に基づく判断を合理的に行うために、クリティカル・シンキングのスキルを使い、収集したデータの信頼性、基準・選択肢との関連性、および、データ解釈の妥当性を評価できる。
  - ・対話的活動では、クリティカル・シンキングの態度で、自分や他者の考え方に心を開いて公正に評価し、他者の考え方を取り入れたり、自分の考え方を修正したりできる。(酒井, 2023)

### 5-2 授業の全体像

学習内容 (注) ○は学習者の取組み, ◎は学習者の実態に合わせ指導者の支援が必要となる取組みを示す。	言語活動
リスク評価A【倫理的探究】 そもそも、原子力エネルギーのリスクを受容できるものか？	
◎リスクのリサーチ  ◎哲学対話 【世代内正義】 ・原発周辺地域住民がリスクを負うことの公正さ ・原発労働者が被曝リスクを負い、不安定な雇用システムで働くことの公正さ 【世代間正義】 ・10万年後までの子孫が原子力発電の核廃棄物をもたらす被曝リスクを負うことの正義 【科学技術の信仰】 ・原子力エネルギーの科学技術の発展をどこまで信じ続けるか ○哲学対話のリフレクション	・リスクやステークホルダーを特定するために、リサーチをする ・学習材資料を読解する  ・指導者がナビゲーターとなって、クラス討論する  ・意見文を書く

個人による，倫理的リスク評価の総括	
リスク評価B【多基準意思決定の探究】 今，原子力エネルギーをどう受容するか？ ——原子力エネルギーと火力エネルギー・再生可能エネルギーの比較衡量から	
◎目的の設定 ◎選択肢・基準の検討 ◎AHPの階層構造の確定（図1） ・選択肢の設定 ・基準の設定 基準の数・完全網羅性・相互排他性の吟味  ◎決定マトリクスの作成（表2） ◎基準ごとのデータ収集 ○データの信頼性の吟味 ○基準・選択肢とデータの関連性の吟味  ◎選択肢の優先度の評価（表3～5） ○データ解釈の妥当性の吟味 ◎AHPの数的処理：幾何平均・正規化  ◎基準の重みづけ（表6） ○解釈の妥当性の吟味 ◎AHPの数的処理：幾何平均・正規化  ◎全基準の選択肢の総合優先度（表7） ◎クラスの総合優先度【クラスのプレ意思決定】 ◎各学習者の総合優先度【個人の意思決定】 グループおよびクラスの討論結果を参考にして算定 ◎クラスの総合優先度【クラス的意思決定】 個人の総合優先度を集約して再算定  ○多基準意思決定の目的「原子力エネルギーをどう受容するか」を導出	・多基準意思決定の目的・選択肢・基準を設定するために，リサーチする  <u>ジグソー法によるグループ活動</u> 〈ホーム・グループ〉 ・基準ごとに担当者を決める 〈基準別エキスパート・グループ〉 ・担当の基準についてデータを収集し吟味する ・担当の基準における選択肢の優先度を算定する  〈ホーム・グループ〉 ・各基準における選択肢の優先度を共有して，基準の重みづけ①を行う 〈クラス討論〉 ・各ホーム・グループが行った基準の重みづけ①を吟味して，クラスの基準の重みづけ②を行う  ・クラスで選択肢の総合優先度①を算定する ・個人でも選択肢の総合優先度②を算定する  ・クラスで選択肢の総合優先度③を再算定する  ・選択肢，すなわち，原子力エネルギー・火力エネルギー・再生可能エネルギーの総合優先度から， <u>クラス集団は原子力エネルギーをどう受け入れるかを導き出す</u>
リスク評価A・Bの統合 近未来に向けた，民主的なエネルギー社会を論じる ——原子力発電をどう受容していくか（共存vs決別の方向性を軸にして）	

<p>◎近未来のエネルギー事情を予測する。</p> <p>◎日本のエネルギー事情の推移のデータ、および、リスク評価Bの結果から、どんな未来が予測できるか</p> <p>【根拠データ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー自給率の推移（表8）</li> <li>・一次エネルギー供給量の推移（表8）</li> <li>・原子力発電設備利用率の推移（図2）</li> <li>・決定マトリクス（表2）</li> </ul> <p>◎近未来に向けた、民主的なエネルギー社会を論じる。</p> <p>◎<u>原発をどう受容していくか、方向性[共存vs決別]</u>を軸にする。</p> <p>○エネルギー事情の未来予測、および、リスク評価Aの考察を踏まえて、論理的に論じる。</p> <p>○未来に責任を負う当事者として論じる。</p> <p>○クラスでの発表・共有</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データを分析し、分析結果に基づいて考察する</li> <li>・必要に応じて、リサーチする</li> <li>・意見文を書く</li> <li>・クラスで意見発表会を行う</li> </ul>
--	--

### 5-3 リスク評価A：倫理的探究

#### そもそも、原子力エネルギーのリスクを受容できるものか？

原子力エネルギーの威力は、1945年、爆撃機に搭載された原子爆弾が広島・長崎に放射線と強力な爆風・熱線の被害を広範囲に亘ってもたらしたように、火力エネルギー・再生可能エネルギーの比ではない。このような原子力エネルギーは、もし放射線をコントロールできれば、原子力発電で莫大なエネルギーが平和的に利用できる。

ただし、使用済み核燃料を繰り返し再利用できるはずの「核燃料サイクル」は完成せず、核廃棄物の最終処分場もない。（資源エネルギー庁、2023年7月18日）また、2001年の*ESTO Project Report* (p.18)によれば、原発の事故リスクについて、発生確率は0に近い低さ、被害の程度は無限大に近い高さとして、原発の建設・稼働にはジレンマがある。さらに、アメリカの物理学者A.L. ワインバーグは、原子力の大規模施設の運営にあたって、低線量の放射線がどのレベルであれば人体に安全といえるか、すなわち、低線量被曝とガンの因果関係について、科学では確かな答えが出せないとし、それを超科学（トランス・サイエンス）の領域であると定義した。（柴谷、1973）

#### (1) 授業のねらいと言語活動

上述の、核燃料サイクルの完成度、原発事故の発生確率・被害の程度、低線量被曝を踏まえ、リスク評価A：倫理的探究では、リスクを負う可能性のある、原発周辺地域の住民・原発労働者・核廃棄物の管理を託された子々孫々に着目して三つの論点を立ち上げる。さらに、原子力エネルギーのリスクを克服しようとする科学者の立場も加え、原子核工学の科学技術の発展の行方を四つめの論点とする。

主要な言語活動は、答えを特定しない哲学対話とする。個々の学習者に開かれた答えを求め、指導者が論理的な推論をナビゲートするクラス集団の討論である。哲学対話の事前学習として、リスクに関する資料のリサーチと読解を、事後学習として、意見文を書く活動を設定する。

## (2) 哲学対話の論点、および、論点に関する学習材

### 論点1

原発周辺地域の住民が、国民のエネルギー生産のために、リスクを負うことは、公正であるといえるか？

#### 【主な学習材資料の内容】

- 原子力発電所が立地するのは、海辺の、人口が少ない、いわゆる過疎地である。同じ海辺でも、人口密集地域、例えば東京湾沿いの首都圏に原発はない。(ニッポンドットコム「日本の原子力発電所マップ 2022年版」)
- 原発地域は、国から支給される原発立地地域共生交付金によって道路・公立学校・公立病院等が整備され(資源エネルギー庁、2022年10月)、原子力関連企業の雇用があり、生活が潤う。
- 原発が多いフランスは地震が起きないのに対し、日本列島は地球上で四つのプレートが集まる地震が起きやすい場所にある。2011年～2020年でみるとマグニチュード6.0以上の地震は、全世界の17.9%が日本周辺で発生している。2011年の東日本大震災は、マグニチュード9.0の世界で4番めの巨大地震だった。(国土技術研究センター「地震の多い国」)
- 東日本大震災による福島第一原発事故では、事故直後、恐怖に慄いて緊急避難し、日常生活が突然奪われた。事故当時に福島県在住であった歌人の短歌によれば、長期間、避難先の仮設住宅などでの暮らしを強いられ、生きがいを喪失する者、「震災関連死」として亡くなる高齢者がいた。そして、地域の汚染状況に応じて賠償金が支給された(酒井、2021)

### 論点2

原発労働者が、被曝リスクを負い、不安定な雇用システムで働くことは、公正といえるか？

#### 【主な学習材資料の内容】

- 平常時の被曝の実効線量限度は、一般が1mSv/年に対し、原発労働者は100mSv/5年かつ50mSv/年で、1年では一般の50倍まで認められている。(日本原子力文化財団「線量限度について」)線量限度は、原発労働者の安全を守る基準であるが、被曝量に応じて労働時間が変動することも意味する。
- 原発運営には、少なくとも三つの階層の事業者が関わる。大飯原発の場合、上位層の原子力事業者(約150人)、中位層の常駐する会社(約1300人)、そして、定期点検時のみ、下位層の常駐しない会社(約1700人)が加わる。(電気事業連合会「原子力技術・人材の維持について」)

定期検査時のみの派遣労働者は、定期的な収入は得られない。日雇い労働者は、一度に多量の被曝をしてしまった作業に関わって線量限度を超えてしまった場合、労働日数が減り、安定した収入は得られない。

- 事故が起きると、臨時で、広域の除染作業、危険な廃炉作業をこなす多くの労働者が求められる。(酒井, 2021)

### 論点3

10万年後までの子々孫々が、原子力発電の核廃棄物がもたらす被曝リスクを負わされることは、公正といえるか？

#### 【主な学習材資料の内容】

- 原子力発電で廃棄された使用済み核燃料は、再処理しなければ、天然ウラン並みになるまで10万年かかる。再処理をして、再処理の工程で排出される高レベル放射性廃棄物は、天然ウラン並みになるまで約8000年かかる。(資源エネルギー庁, 2015年7月3日)
- 2023年時点で、青森県六ヶ所村の再処理工場施設は、着工から30年たっても完成延期を26回繰り返し、完成してない。(読売新聞朝刊2023年4月29日)
- 2023年時点で、高レベル放射性廃棄物の最終処分施設は、建設立地も決まっていない。(読売2023/12/29)
- 2019年時点で、日本にある使用済み核燃料は18000トンで、国内の貯蔵容量24000トンの約75%を占めている。もし再処理施設が完成して、フル稼働すれば、800トン/年が処理できる見通しがある。(資源エネルギー庁, 2019年1月22日)

### 論点4

原子力エネルギーの科学技術の発展を、どこまで信じ続けるか？

- 科学技術が進歩続けて、現在がある。論点1～3の哲学対話の中で、この論点も探る。

#### (3) 哲学対話のリフレクション—個人の倫理的評価

論点1では、地震が多発する日本列島での原発事故の可能性、論点2では、被曝線量限度の規制がある原発労働の、被曝リスク、就労と収入の不安定さ、論点3では、日本の原発が見切り発車で進められていること、使用済み核燃料の保管を子々孫々に委ねる現代の責任などについて、科学技術への期待を天秤にかけながら、学習者は自らの意見を表明すると考えられる。

#### 5-4 リスク評価B：多基準意思決定の探究

今、原子力エネルギーをどう受容するか？

—原子力エネルギーと火力エネルギー・再生可能エネルギーの比較衡量から

「近未来の日本の民主的なエネルギー社会」についての合意形成を最終目標に掲げ、リスク



評価Bでは、AHPによる多基準意思決定で、原子力エネルギー、火力エネルギー、再生可能エネルギーの総合優先度を算定し、原子力エネルギーをどう受容するかを導き出す。

### (1) 基準の設定

基準は、日本の2021年「第6次エネルギー基本計画」(資源エネルギー庁, p.18)が示す「安全性+安定供給・経済効率性・環境適合性 (S+3E)」, ドイツの2013年『ドイツ脱原発委員会報告書』(pp.35-37)が示す「長期利用可能性・経済性・環境適合性, 安全性」に基づき, 両者に共通する「安定供給・環境適合・経済」を設定した。他に「安全性」があるが, 日本はこれを別格に位置づけ, ドイツは放射線リスクを倫理的に評価していることから, リスク評価Aの倫理的探究で検討する基準であると捉え, 除外した。

本来, 授業では, 学習者自らが文献リサーチをして重要な基準を議論し設定するのが望ましい

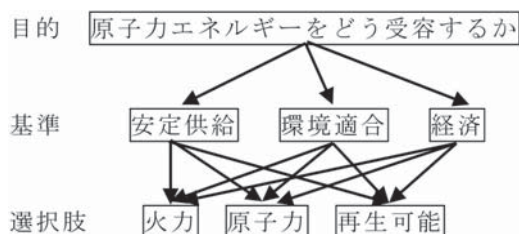


図1 AHPの階層構造

いが, 設定する複数の基準が「完全網羅性・相互排他性」の条件を満たすかを判断するには高い専門性が求められるため, 指導者の支援は必須である。指導者も, 特に網羅性の条件は専門分野を網羅しなければならず徹底したりリサーチが必要になる。図1に, 目的・基準・選択肢の階層構造を示す。

### (2) 決定マトリクス

基準ごとに三つの選択肢に関するデータを収集し, 「決定マトリクス」として表2に整理した。紙幅の許す限り「データを解釈するための関連情報」と「情報源」を補足した。(次ページ参照)

実践では, ジグソー法を導入し, ホーム・グループにて各基準の担当者を決め, 再編された各基準のエキスパート・グループで, それぞれの基準に関連するデータをリサーチし, 下位基準を設定させたい。このとき, データが掲載されていたのは公的な団体が制作したホームページか, 専門家の文献であるか, 情報源の信頼性を評価させたい。さらに, データは算出方法によって数値が変わってくる。例えば, 「経済>発電コスト」は, 算出者が前提とする事柄によって変化するため, 前提内容の評価が必要になる。授業の流れが滞ったとしても, データの質が意思決定の結果に影響することを理解させるために, データをクリティカルに評価する学びは不可欠である。

### (3) 各基準における選択肢の優先度

エキスパート・グループには, 担当する基準の, 選択肢の優先度まで算定させたい。選択肢を一对比較して, 比較尺度で採点し, 幾何平均を算出して優先度を算定する。

このとき, 一つの下位基準のデータの数値の高低だけで採点しないよう配慮させたい。例え

表2 決定マトリクス、および、データの関連情報・情報源

基準	下位基準	単位	火力			原子力	再生可能等				関連情報	情報源 (出典)		
			石油	石炭	天然ガス		ウラン	水力	太陽光	風力			地熱	バイオマス等
安定供給	自給率*	%	0	0	2	0	準国産**	国産	10.0	3.6	無限	無限	*石油・石炭・天然ガスは2020年データ **ウランを投入すれば長期生産可能。再利用可能だが「核燃料サイクル」は未完成。	エ白'23 エネ百科
	エネギー供給量割合*	%	36.0	25.8	21.4	3.2	3.2	10.0	3.6	3.6	無限	無限	*確認埋蔵量÷年産出量 2020年データ **既知資源量÷年需要量 2019年データ	エ白'23
環境適合	可採年数	年	53.5*	139*	48.8*	136.3**	136.3**	無限	無限	無限	無限	無限	*一般に発電所の電気は備蓄できないため、停電防止に、常時必要量を発電している。 **水量、昼夜・季節・天候の影響を受ける。	エ白'23 エネ百科
	発電維持*	—	安定 発電調整可	安定 発電調整可	安定	安定 一定発電	不安定**	不安定**	不安定**	不安定**	不安定**	不安定**	*発電燃料燃焼と、設備・運用の合計値。 ( )は発電燃料燃焼のみの値。	原子力 白'16
経済	CO <sub>2</sub> 排出量*	g-CO <sub>2</sub> /kwh	738 (695)	943 (864)	599 (476)	20 (0)	20 (0)	38 (0)	11 (0)	25 (0)	13 (0)	—	*平時における顕著な問題点 **平時の放射線管理。但し事故発生確率は0に近く、被害程度は無限大に近い。	原子力 白'16
	その他*	—	—	—	—	放射線**	放射線**	パネル 有毒性	—	振動音	—	—	*2020年試算 **使用済み核燃料の再処理など核燃料サイクル費を含む。 ～は、事故リスク対応費のうち損害費に上限がないことを示す。	原子力 白'16
経済	発電コスト	円/kwh	26.7	12.5	10.7	11.5～**	11.5～**	12.9 事業用 17.7 住宅	25.3 小水力 10.9 中水力	19.8 陸上 30.0 洋上	16.7 16.7	16.7 混焼 29.8 専焼	*2020年試算 **使用済み核燃料の再処理など核燃料サイクル費を含む。 ～は、事故リスク対応費のうち損害費に上限がないことを示す。	発電コスト 発 ト 検 証 報 告 2021

出典正式名称 エ白'23→「エネルギー白書2023」。エネ百科→「エネ百科→「エネ百科」」。エネ百科→「エネ百科」。

エ白'16→「原子力白書平成28年版」。

原子力白書平成28年版。フクシマ→「フクシマから学ぶ原発・放射能」。ESTO→An ESTO Project Report。発電コスト検証報告2021→「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告2021」。

ば、「安定供給」において、「安定供給>自給率」では、石油・石炭・天然ガス・ウランが自給率0%で、輸入国との間で紛争が起きれば、日本の安定供給の評価は低くなる。併せて「安定供給>エネルギー供給量の割合」では、火力エネルギーが日本のエネルギーの83.2%を占めていることに気付けば、安定供給は危ぶまれ、さらに評価は低くなる。原子力エネルギーに特化してみていくと、ウランの自給率は0%であるため評価は低くなるが、他方、「準国産エネルギー」とされているように、原子力発電にウランを投入すれば長期間利用でき、排出された使用済み核燃料や余剰プルトニウムは再処理すれば再利用でき莫大なエネルギーを産出できるため、この点を重くみれば、評価は高くなる。ところが、再処理施設は未だに竣工されず、「核燃料サイクル」が可能な夢のエネルギーではない状況にあるため、未来の科学技術等の進展に期待をかけない限り、転じて、評価は低くなる。このように、数値データの背景まで熟慮すれば学習者がどの点に重きを置くかで解釈の違いが生まれ、採点の数値も変わってくる。この対話的交流が「リスク評価」の学習の中核となるだろう。表中の「関連情報」では足りず、新たに情報をリサーチが必要になることも予想される。

#### (4) 各基準の重み

エキスパート・グループのメンバーは、ホーム・グループに戻って、各基準の選択肢（火力エネルギー・原子力エネルギー・再生可能エネルギー）の優先度とそれを算定するまでの議論を報告する。各ホーム・グループは、それを踏まえて、基準「安定供給・環境適合・経済」の優先順位を議論し、各基準を一对比較して、重みを算定する。そして、クラス全体で、各ホーム・グループの基準の優先順位、順位を決めた理由、重みを共有し、討論によって、クラスの各基準の重みを算定する。

#### (5) 全基準における各選択肢の総合優先度

この段階で、各エキスパート・グループが算定した各基準の「選択肢の優先度」とクラスが算定した「基準の重み」から、クラスの各選択肢の総合優先度が算定できる。

次に、これらの数値を参考にして、学習者一人ひとりに、総合優先度を算定させたい。なぜならば、クラスで算定した数値が、対話的交流における学習者の判断をすべて反映しているとは限らず、選挙の投票結果のように「各市民の民意」の完全な総意ではないからである。最終的には、学習者達の総合優先度の平均をクラスの総合優先度と位置づける。参考までに、筆者が採点したATPの数値を表3～7に示す。Excelの表計算を使って算定した。

原子力エネルギーを「リスク評価」する授業デザイン

表3 基準「安定供給」におけるエネルギーの優先度（例）

	火力	原子力	再生可能	幾何平均	優先度
火力	1	1/3	1/7	0.36	<b>0.07</b>
原子力	3	1	1/9	0.69	<b>0.14</b>
再生可能	7	9	1	3.98	<b>0.79</b>
			計	5.03	1

表4 基準「環境適合」におけるエネルギーの優先度（例）

	火力	原子力	再生可能	幾何平均	優先度
火力	1	3	1/9	0.69	<b>0.15</b>
原子力	1/3	1	1/5	0.41	<b>0.09</b>
再生可能	9	5	1	3.56	<b>0.76</b>
			計	4.66	1

表5 基準「経済」におけるエネルギーの優先度（例）

	火力	原子力	再生可能	幾何平均	優先度
火力	1	5	3	2.47	<b>0.63</b>
原子力	1/5	1	1/4	0.37	<b>0.09</b>
再生可能	1/3	4	1	1.10	<b>0.28</b>
			計	3.94	1

表6 基準の重み（例）

	安定供給	環境適合	経済	幾何平均	重み
安定供給	1	5	3	2.47	<b>0.65</b>
環境適合	1/5	1	1/2	0.46	<b>0.12</b>
経済	1/3	2	1	0.87	<b>0.23</b>
			計	3.80	1

表7 各エネルギーの総合優先度（例）

	重みづけした優先度			総合優先度
	安定供給	環境適合	経済	
火力	0.05	0.02	0.14	<b>0.21</b>
原子力	0.09	0.01	0.02	<b>0.12</b>
再生可能	0.51	0.09	0.06	<b>0.67</b>
計	0.65	0.12	0.23*	1

\*が実際の合計値。小数点第3位を四捨五入した見かけの値の合計とずれがある。

## (6) 今、原子力エネルギーをどう受容するか

以上、別格の基準「安全」を除外して、現時点の各データを基に、各エネルギーを多基準で比較衡量すると、全エネルギーの中で原子力エネルギーをどう受容するかがみえてくる。

筆者の場合、表7が示すように、再生可能エネルギーを最優先し（総合優先度0.67）、原子力エネルギーは最も優先しない結果（同0.12）となった。原子力エネルギーに関していえば、「安定供給」の準国産を鵜呑みにせず、「環境適合」の放射線と「経済」の発電コスト11.5の～を重くみて採点した結果である。

個人の総合優先度において、各基準における選択肢の優先度や基準の重みを評価するとき、主張（価値観）が入るが、むしろそれが多基準意思決定の民主的な特徴であるといえる。そして、この個々人の総合優先度を合わせた集団の総合優先度は、集団の意思決定の結果を数値で明快に示したものであり、かつ、客観性に接近した合意形成の一指標になると考えられる。

## 5-5 リスク評価A・Bの統合

### 近未来に向けた、民主的なエネルギー社会を論じる

#### ——原子力発電をどう受容していくか（共存vs決別の方向性を軸にして）

### (1) 近未来のエネルギー事情を予測する

日本のエネルギー事情の推移を示すデータ、リスク評価Bの結果から、近未来のエネルギー事情を予測する。

#### 【根拠データ】

- 日本の一次エネルギー供給量とエネルギー自給率の推移（表8）
- 日本の原子力発電設備利用率の推移（図2）
- リスク評価Bの決定マトリクス（表2）

#### 【予測される近未来の日本のエネルギー事情】

日本のエネルギー自給率は現在13.3%で低い（表8）。自給しているエネルギーには、国産とされる再生可能エネルギーと準国産とされる原子力エネルギーがある。それらを除いた火力エネルギーは、原料の石油（原油）・石炭・天然ガスそれぞれの自給率はほぼ0%であり（表2）、火力エネルギーは全エネルギー供給量の83.2%を占めていることから（表2）、日本のエネルギーは、8割余を外国に依存していることが分かる。これによって、もし日本と輸入相手国との間で紛争が起きれば、原料の輸入が滞りエネルギー供給が安定しない可能性が出てくる。

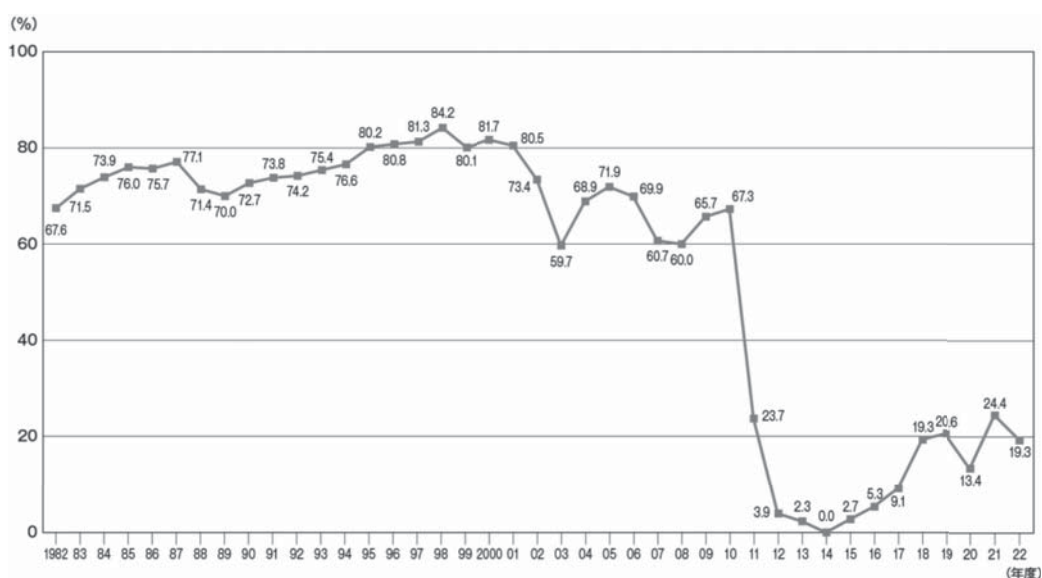
可採年数（地球の確認埋蔵量÷年産出量）でみていくと、2020年時点で、石油（原油）が53.5年、天然ガスが48.8年、石炭が139年であり（表2）、近未来の年産出量が同程度であるならば、およそ50年後、地球の石油（原油）と天然ガスが枯渇し、およそ140年後は火力エネルギーの全原料が枯渇することになる。そうすると、日本のエネルギー供給は、50年後あたりから、外国に依存している火力エネルギーが大幅に減少していき、危機的状況の深刻さが増していく



表8 日本の一次エネルギー供給量および自給率の推移

	エネルギー別供給量の割合 (%)						エネルギー量 (10 <sup>18</sup> J)	自給率 (%)
	火力			原子力	再生可能			
	石油	石炭	天然ガス		水力	水力以外		
原発導入期 1970年	69.9	21.3	1.3	0.4	6.0	1.1	12.42	15.3
原発事故前 2000年	49.2	18.5	13.5	12.6	3.3	3.0	22.71	20.3
原発事故後 2014年	41.2	25.2	24.5	0.0	3.5	5.7	20.26	6.3
現在 2021年	36.0	25.8	21.4	3.2	3.6	10.0	18.67	13.3

(出典 資源エネルギー庁「エネルギー白書2023」)



注：2020年の一時的低下は、定期点検が長引いたため。(エネルギー白書2023)

(出典 日本原子力文化財団「エネ百科：きみと、未来と。」)

図2 日本の原子力発電設備利用率の推移

と予測される。

再生可能エネルギー（水力以外）は、供給量割合の推移をみていくと、1970年はわずか1.1%であったが年々増加傾向にあり、2014年と2021年とでは2倍近く増加した（表8）。今後も増加が予想される。

原子力エネルギーは、供給量割合の推移をみていくと、1970年の導入期は0.4%、2000年の事故前は12.6%で全エネルギーの自給率が20.3%であったが、2014年の事故後は0%で自給率も6.3%に低下した。現在は供給量割合が0%から3.2%まで持ち直している（表8）。原子力発電設備利用率の推移をみていくと、2014年を境に増加傾向にあるとも読みとれ（図2）、政府は、今後も徐々に増加させていくとも予測される。

全エネルギー供給量は、2000・2014・2021年で減少傾向にあることから（表8）、今後も節

電などが進めば減少が見込まれる可能性がある。

## (2) 近未来に向けた民主的なエネルギー社会を論じる

上記のエネルギー事情の予測，リスク評価Aを踏まえ，近未来に向けたエネルギー社会について，原発をどう受容していくかを軸に，意見文を書く。そして，クラス集団で共有する。

### 【意見文の書き方】

- 近未来を，石油（原油）・天然ガスが枯渇して日本のエネルギー危機が予想される50年後の2070年に見定める。
- リスク評価A:倫理的探究の考察も踏まえ，これから，日本は，原発をどう受容していくか，共存の方向性か，決別への方向性か，立場を明らかにして論じる。
- 他人事の夢物語を創作するのではなく，未来に責任を負う当事者として他者が納得するような意思表示をする。

### 【想定される意見文の展開】

#### ○共存の方向性の立場

火力エネルギーが枯渇したら，原子力エネルギーで賄う立場である。

ただし，原子力エネルギーを推進して豊かなエネルギー社会を形成するためには，倫理的探究で考察した原子力エネルギーの諸リスクを克服しなければならない。仮に，原発施設の安全を強化して事故が起きないようにすれば，原発労働者の被曝リスクがなくなって常勤の正社員として働ける雇用システムができあがれば，再処理工場が竣工し核燃料サイクルが完成すれば，原発が生み出す核廃棄物が10万年まで安全に保管できる保証があれば，原子力発電と共存する主張は説得力を持つが，今は仮説でしかない。

#### ○決別への方向性の立場

火力エネルギーが枯渇しても，原子力エネルギーに頼らない立場である。

原子力エネルギーの諸リスクは軽減するが，火力エネルギーがなくなったら日本はどうなるのか。再生可能エネルギー，新エネルギーの技術開発の期待，石油・石炭・天然ガスに過剰に頼らない町づくりや生活スタイルの改善などが求められるかもしれない。電気がなかった時代の生活が見直され，豊かさとは何かを問い直し，価値観の変容が求められるかもしれない。実現の確証はなく，未来に向けたエネルギー社会を形成する創造力と覚悟が試される。

### 【意見の共有】

学習者は，リスク評価Aでは原子力エネルギーが倫理上問題があると認識し，リスク評価Bでは安定供給・環境適合・経済の基準で日本の各エネルギーを評価し原子力エネルギーを単独に排除できないことを認識して，統合のリスク評価に臨むことになる。そして，共存の方向性，決別への方向性，どちらの立場に立っても，マイナスの要素があり，どちらの立場がよいか葛藤の中で意見文を書くことになる。筆者の推測が許されるならば，50年後に向けたエネルギー社会は，決別への方向性が公正であると書く学習者が多いと思われる。それは，エネルギーの

危機的状况に対して現実的に着実に取り組んでいくという前提の下である。

このように、「リスク評価」の統合の学びでは、原子力エネルギーをどう受容していくか、熟慮を重ねることができる。そして、未来に向けたエネルギー社会のあり方を当事者として考える入口に立つことができる。ひいては、原子力の論争問題に対して為政者はどう判断するのか関心を持つことになると思われる。

## 6 総括と展望

本研究では、シュレーダー＝フレチェットの「リスク評価」を理論的枠組みにして、原子力エネルギーの社会への受容のあり方を評価する学びを開発した。一つは、そもそも原子力エネルギーのリスクを受容できるものか、倫理的に探る学びである。事故リスクを負う原発周辺地域住民、被曝リスクと不安定な雇用システムの下で働く原発労働者、核廃棄物の保管を託された子々孫々に目を向け、それが公正といえるかと問いを發した。この学びは、原子力エネルギーが孕むリスクを倫理的・哲学的に根本から考え、突き進む科学技術開発のブレーキになりうる。二つめは、多基準意思決定の階層分析法を援用して、火力エネルギー・原子力エネルギー・再生可能エネルギーを比較衡量し、今、原子力エネルギーをどう受容するかを探る学びである。エネルギー問題に内在する安定供給・環境適合・経済の基準を探り出し、基準に関連する信頼できるデータを収集し、それを根拠に、自らの価値観を交えて3エネルギーの優先度を数値化した。これによって、単なる原発反対・賛成の論じ合いで終わるのではなく、客観的にエネルギー問題を把握して合意形成を行う市民の育成が期待できる。三つめは、近未来に向けた、民主的なエネルギー社会を探る学びである。日本が、近未来、エネルギーの危機的状况になることを予測し、エネルギー事情の推移を示すデータも重ねて、原子力発電をどう受容していくか、具体的な策を講じる。これにより、現実的な行動へと連関できる。

トランス・サイエンスとされる原子力エネルギーの問題はあまりにも複雑で、社会でどう受容するか判断には、多くのリサーチと熟慮を要する。したがって、この問題に対峙した本研究の授業開発は一つの挑戦に過ぎない。倫理的探究の論点、多基準意思決定の基準、分析階層法以外のメソッドで算定した総合優先度について、検証を重ねる必要がある。日々変化するデータの更新も必要である。また、本研究は実践研究ではない。資料の読解、哲学対話、階層分析法の数的処理など、実践可能レベルの指導法の検討が求められる。

さらに、学校現場の教員は、原子力エネルギーをリスク評価するための内容的知識、方法的知識を習得しなければならず、教員の物心両面の負担が増大する。したがって、市民教育の領域を科目「総合的な学習（探究）の時間」に確立して「授業書」を作成し、それを教育文化として蓄積・発展させていくのが望ましいと思われる。

「よりVUCAな時代」が到来する現代、複雑な問題の教育開発は一層重要性を増す。

引用文献

- 安全なエネルギー供給に関する倫理委員会（2013）「倫理的立場」『ドイツ脱原発倫理委員会報告—社会共同によるエネルギーシフトの道すじ』吉田文和，ミランダ・シュラーズ訳，大月書店，pp.39-53.
- 池田考司（2012）「高校生に原発・エネルギーの対話・表現をする場を！—事故後四ヶ月のディベート授業」『民主主義教育21 3.11福島原発事故以後の授業づくり』vol.6，全国民主主義教育研究会編，同時代社，pp.61-66.
- 市川章人（2012）「福島第一原発事故から学ぶ教育実践の視点」『クレスコ』2012年6月号，pp.18-20.
- 市川章人，小野英喜（著），安斎育郎（監修）（2012）『フクシマから学ぶ原発・放射能—「ふしぎ」を科学しよう』かもがわ出版.
- 一般財団法人国土技術研究センター，「地震の多い国，日本」<https://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary12>，閲覧2024/01/04.
- 一般財団法人日本原子力文化財団，「ウラン資源のリサイクル利用（資源の有効活用）」『エネ百科—きみと，未来と。』<https://www.ene100.jp/zumen/7-1-4>，閲覧2024/01/04.
- 一般財団法人日本原子力文化財団，「線量限度について」『エネ百科—きみと，未来と。』<https://www.ene100.jp/zumen/6-4-4>，閲覧2024/01/04.
- 一般財団法人日本原子力文化財団，「太陽光・風力発電の出力変動」『エネ百科—きみと，未来と。』<https://www.ene100.jp/zumen/3-1-3>，閲覧2024/01/04.
- 一般財団法人日本原子力文化財団，「日本の原子力発電設備利用率の推移」『エネ百科—きみと，未来と。』<https://www.ene100.jp/zumen/5-3-3>，閲覧2024/01/04.
- 大竹美登利（2016）「持続可能なエネルギー源は，必要な電気を『つくれる』か『かなり無理』か」『原発と放射線をとことん考える！ いのちとくらしを守る16の授業レシピ』家庭科放射線授業づくり研究会編，合同出版，pp.49-59.
- 岡田泰孝（2021）『政治的リテラシー育成に関する実践的研究—小学校社会科における内容・方法・評価のあり方』東洋館出版社.
- キニー，R.L.，ライファー，H.（1980）「原子力発電所の設置と認可」『多目標問題解決の理論と実例』高橋康彦，高橋亮一，中野一夫監訳，構造計画研究所，pp.496-502，原著 *Decisions with multiple objectives : preference and value tradeoffs*, Keeney, R.L., Raiffa, H., 1976.
- 公益財団法人ニッポンドットコム，「日本の原子力発電所マップ 2022年版」<https://www.nippon.com/ja/japan-data/h01365/>，閲覧2024/01/04.
- 後藤忍（2013）「研究ノート 原子力に関する副読本の比較～日本とドイツ～」『福島大学地域創造』25-1，pp.65-74.
- 小林正弥（2012）『対話型講義—原発と正義』光文社.
- 酒井雅子（2021）「フクシマの短歌にみる原子力エネルギーのリスク—国語科におけるトランス・サイエンスのリスク・アセスメントのための教材化」『論叢』61，玉川大学文学部，pp.47-77.
- 酒井雅子（2023）「探究を強化するクリティカル・シンキング」『国語科授業で実現する「探究」—深い問い・対話・批判的思考・創造的思考』明治図書出版，pp.20-40.
- 佐々木潤子（2016）「エネルギー問題を考えよう—『ぐるぐるミーティング』と『花はじき』で意思決定」『原発と放射線をとことん考える！ いのちとくらしを守る15の授業レシピ』家庭科放射線授業づくり研究会編，合同出版，pp.36-42.
- 資源エネルギー庁，2015年7月3日放射性廃棄物ワーキンググループ，「高レベル放射性廃棄物の最終処分に向けた新たな取組」[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/genshiryoku/hoshasei\\_haikibutsu/pdf/021\\_s01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/hoshasei_haikibutsu/pdf/021_s01_00.pdf)，閲覧2024/01/04.

- 資源エネルギー庁, 2019年1月22日「「使用済燃料」のいま～核燃料サイクルの推進に向けて」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/shiyozuminenryo.html#:~:text=](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/shiyozuminenryo.html#:~:text=,), 閲覧2024/01/05.
- 資源エネルギー庁, 2021年9月, 発電コスト検証ワーキンググループ「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告」[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/cost\\_wg/pdf/cost\\_wg\\_20210908\\_01.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20210908_01.pdf), 閲覧2024/01/04.
- 資源エネルギー庁, 2021年10月「第6次エネルギー基本計画」[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/20211022\\_01.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf), 閲覧2023/12/27.
- 資源エネルギー庁, 2022年10月「原子力発電施設立地地域共生交付金を活用した事業概要の公表について」<https://www.enecho.meti.go.jp/committee/disclosure/kyouseikouhukin/>, 閲覧2024/01/04.
- 資源エネルギー庁, 2023年6月6日「エネルギー白書2023」<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2023/pdf/>, 閲覧2023/12/27.
- 資源エネルギー庁, 2023年7月18日「使用済核燃料を有効活用!『核燃料サイクル』は今どうなっている?」[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/kakucycle\\_2023.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/kakucycle_2023.html), 閲覧2023/12/27.
- 柴谷篤弘 (1973)「IV-9 超科学」『反科学論—ひとつの知識・ひとつの学問をめざして』みすず書房, pp.164-170.
- シュレーダー=フレチェット, K.S. (2007)『環境リスクと合理的意思決定—市民参加の哲学』松田毅監訳, 昭和堂, pp.67-94, 原著 *Risk and rationality : philosophical foundations for populist reforms*, Shrader-Frechette, K.S., 1991.
- 鈴木直 (2013)「原発と福島—福島の中学生は原発をどうとらえたのか」『原発を授業する—リスク社会における教育実践』小安潤・塩崎義明編著, 旬報社, pp.141-163.
- 関根一昭, 澤野重男 (2014)『原爆と原発事故について学ぶ記入式教材集』平和文化.
- 高萩栄一郎, 中島信之 (2005)『Excelで学ぶAHP入門—問題解決のための階層分析法』Ohmsha.
- 千葉保 (2011)「『エネルギー・ショッピング』の授業」『エネルギーと放射線の授業』『現代』の授業を考える会編, 太郎次郎社エディタス, pp.13-36.
- 電気事業連合会, 2014年8月7日「原子力技術・人材の維持について」[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/genshiryoku/pdf/004\\_04\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/004_04_01.pdf), 閲覧2024/01/04.
- 内閣府原子力委員会, 「各種電源別のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量」『原子力白書2016年版』, p.168, <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/hakusho2016/3-1.pdf>, 閲覧2024/01/04.
- 西崎一郎 (2017)「AHP—多基準意思決定手法」『意思決定の数理—最適な案を選択するための理論と手法』森北出版, pp.152-164.
- 日本環境教育学会「原発事故のはなし」授業案作成ワーキング・グループ編, (2014)「海辺村の未来を考えよう」「大学生は『海辺村の未来は?』で何を学んだか」『授業案 原発事故のはなし』, pp.75-89.
- 福島大学放射線副読本研究会, (2012)『放射線と被ばくの問題を考えるための副読本—“減出力”を防ぎ, 判断力・批判力を育むために』.
- 毎日新聞, 2023年4月15日, 東京朝刊, 2面, 「独, 『脱原発』達成へ 残り3基の稼働停止」.
- 文部科学省・資源エネルギー庁, (2010)『中学生のためのエネルギー副読本—チャレンジ! 原子力ワールド』.
- 文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説国語編』[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_002.pdf), 閲覧2023/12/27.
- 吉田俊介, 矢口哲也 (2020)「小公園の地域機能分担における多基準評価と整備の意思決定支援モデルの構築」『日本建築学会計画論文集』85-776, pp.2171-2181.



- 読売新聞, 2023年4月29日, 東京朝刊, 23頁, 「再処理工場に問われる体質 着工30年完成延期26回」.  
読売新聞, 2023年12月29日, 東京朝刊, 27頁, 「核ゴミ文献調査 報告書説明会」.
- Burgess, J., Stirling, A., Clark, J., Davies, G., Eames, M., Staley, K., Williamson, S. (2007) Deliberative Mapping: a novel analytic-deliberative methodology to support contested science-policy decisions, *Public Understanding of Science* 16-3, pp.299-322.
- Dassen, T., Kunseler, E., van Kessenich, L.M. (2013) The Sustainable City: An Analytical-Deliberative Approach to Assess Policy in the Context of Sustainable Urban Development, *Sustainable Development*, 21-3, pp.193-205.
- European Commission Joint Research Center (2001) Risk Evaluation and Risk Management for Institutional and Regulatory Policy, In *On Science and Precaution in the Management of Technological Risk, An ESTO Project Report*, edit. Andrew Stirling, pp.11-35.
- Paul, R.W. (1987) Dialogical Thinking: Critical Thought Essential to the Acquisition of Rational Knowledge and Passions, In J.B. Baron, R. J. Sternberg (eds.) *Teaching Thinking Skill: Theory and Practice*, New York, pp.127-148.
- Stirling, A., Mayer, S. (1999) Rethinking Risk: A Pilot Multi-Criteria Mapping of a Genetically Modified Crop in Agricultural Systems in the UK, A Report by SPRU.
- Yoon, K.P., Hwang, Ch. (1995) *Multiple Attribute Decision Making : An Introduction*, Sage Publications.

(さかい まさこ)

# Developing Lesson for “Risk Assessment” of Nuclear Energy: Integrating Ethical Inquiry and Multi-Criteria Decision-Making to Explore the Energy Society of the Near Future

Masako SAKAI

## Abstract

This study aims to develop the lesson to perform “risk evaluation” of nuclear energy as a citizen by referring to the concept of “risk evaluation” in K.Shrader-Frechette’s risk assessment.

The lesson that I developed consists of:

- A) Learning of Ethical inquiry into “Can we accept the risks of nuclear energy in the first place?”
- B) Learning to explore “How should we accept nuclear energy now?” by using a multi-criteria decision-making approach to compare and weigh thermal energy, renewable energy, and nuclear energy.
- A-B) Learning that integrates the above two types of learning, i.e., learning to explore a democratic energy society based on “how to accept nuclear energy for the near future”, taking into account the prediction of the energy situation in Japan in the near future.

Ethical inquiry acts as a brake on progressing scientific and technological development. Exploring multi-criteria decision-making can be expected to foster citizens who can understand energy issues from multiple perspectives and objectively, quantify the priorities of various energies, and build consensus. And the two learnings of integration can be linked to actual concrete actions to deal with Japan’s energy crisis in the near future.

The issue of nuclear energy, which is considered a trans science, is so complex that it requires considerable research and thought to decide how to accept it in society. Therefore, the development of lesson in this study that confronts this problem is a challenge. Today is said to be a “more VUCA era”, developing lessons on complex problems will become increasingly important.

Keywords: K.Shrader-Frechette, nuclear energy, risk evaluation, ethics, multiple criteria decision making, citizen