

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11762

研究課題名（和文）福島第一原発事故後の新安全目標-過去・現在の分析と将来の望ましい目標-

研究課題名（英文）New Safety Goals after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident - Past and Present Analysis and Desired Future Goals -

研究代表者

勝田 忠広 (Katsuta, Tadahiro)

明治大学・法学部・専任教授

研究者番号：80552463

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：日本の原子力安全規制で使用する安全目標について、透明性のある系統的な意思決定プロセスによる新しい方法を検討した。  
この方法では、3つのプロセスで利害関係者の価値観を重視し、安全目標を設定する：1. 原子力規制機関による厳格な予防原則の適用、2. 費用便益分析による統計的生命価値の導出、3. 熟議型討論による市民参加と政策決定。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果の学術的意義と社会的意義は、具体的な数値目標の提示に至るまでの透明性のある系統的な意思決定プロセスを設定していることにある。そこでは以下に示す個々の3つのプロセスで利害関係者の価値観の確認を重視し、最終的に安全目標が設定される：1. 原子力規制機関による厳格な予防原則の適用、2. 費用便益分析による統計的生命価値の提示、3. 熟議型討論による市民参加と政策決定。さらに本研究ではこれら3つの利点だけでなく各々の欠点を補うために統合した一つの意思決定システムとして検討している点、また具体的に日本の原子力政策に適用している点に大きな特徴がある。

研究成果の概要（英文）：A new method with a transparent and systematic decision-making process for safety goals to be used in Japanese nuclear safety regulation is discussed.

The method involves three processes for setting safety goals that emphasize the values of stakeholders: 1. application of the strict precautionary principle by nuclear regulatory agencies, 2. derivation of statistical life values through cost-benefit analysis, and 3. public participation and policy making through deliberative debate.

研究分野：原子力政策

キーワード：原子力政策 福島第一原発事故 原子力安全規制 安全目標 統計的生命価値 費用便益分析 予防原則 熟議型討論

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

2011年に東京電力の福島第一原子力発電所で事故が発生し、日本の原子力行政は社会的に大きな変革を求められた。翌年には原子力基本法が改正され「国民の生命の保護」という文言が入り、また新しく原子力規制委員会が発足し、既存の原子力発電所に対して重大事故対策が義務付けられた。

しかしながらリスク抑制の基準とされる安全目標は、諸外国や福島第一原発事故以前とは違い明確なものではないなど課題を残している。

例えば米国原子力規制委員会(NRC)では、1986年には既に安全目標について定性的な二つの目標と定量的な二つの目標を提示している。定性的目標では社会的リスクは小さくすべきこと、定量的目標では、事故時の発電所近傍の個人の急性死亡リスクは他の事故との合計の0.1%を超えないこと、が示されている。なお日本でも2003年、旧原子力安全委員会による案として、施設付近の公衆の平均急性死亡リスクは年当たり100万分の1程度を超えないことが目標になると準備されていた。

現在の原子力規制委員会が定める安全目標は放出量について示されており、米国における施設に対する性能目標に相当するものといえる。つまり事業者に向けた目標であり一般公衆の視点は考慮されていない。また事故以前の旧原子力安全委員会では、安全目標について国民との対話があったものの、今回はそのような手続きは行われてはいない。もし一般公衆にとって重要な視点である死亡リスクを意図的にはずしたのであれば、福島事故以前にみられた、原発のリスクを隠して安全面のみ強調していた推進側の取り組みと変わらない重要な問題だと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、海外諸国の知見に基づくだけでなく、国内の福島第一原発事故の教訓に基づいた政府や事業者及び原子力推進の立場から独立した、新たな安全目標のあり方を検討することを目的とする。

## 3. 研究の方法

諸外国では経済や環境問題の分野において定量的な評価手法の費用便益分析が適用されている。また米国では原子力安全規制で現実に使用されている。これら諸外国の先例を参考にしつつ、本研究ではこれまで安全規制の問題では議論されてこなかった新たな視点(環境問題や政策的視点)、さらには福島第一原発事故を経験した日本の社会的特徴も配慮する。

## 4. 研究成果

### (1) はじめに

本研究成果の新規性は、具体的な数値目標の提示に至るまでの透明性のある系統的な意思決定プロセスを設定していることにある。そこでは以下に示す個々の3つのプロセスで利害関係者の価値観の確認を重視し、最終的に安全目標が設定される：1. 原子力規制機関による厳格な予防原則の適用、2. 費用便益分析による統計的生命価値の提示、3. 熟議型討論による市民参加と政策決定。

なおキャス・サンスティーン(米国ハーバード大学ロースクール教授)も一般的な政策的議論として、この3つについて重要性を取り上げてはいる(例えばキャス・サンスティーン『恐怖の法則』勁草書房(2015))。しかし本研究ではこれら3つの利点だけではなく各々の欠点を補うために統合した一つの意味決定システムとして検討している点、また具体的に日本の原子力政策に適用している点に大きな特徴がある。

### (2) 安全目標設定のための3つのプロセス

具体的なプロセスの内容を示す。各々について中心となる手法(予防原則、費用便益分析、熟議型討論)は課題も存在し、その適用に過度の期待を寄せることは危険ではある。しかし3つを互いに保管し合うことにより、着実に冷静で正確な議論が可能となると考えられる。

#### i) 原子力規制機関による厳格な予防原則の適用

予防原則とは、人間活動が及ぼすある行為が健康や環境に影響を与える恐れがあり、場合によってはその影響が重大かつ不可逆的な場合、その原因と結果の因果関係が科学的に立証されていなくても予防的措置をとるべき、という原則である。例えば1992年の「環境と開発に関する国際連合会議」のリオデジャネイロ宣言が有名である。現在、主として環境問題や食品問題の規制分野において世界各国で予防原則が前提となった制度が作られている。

直接的に原子力政策を対象とした制度は世界的にはまだ存在していない。しかし日本の規制機関つまり原子力規制委員会が主体となり、この予防原則を守ることを前提とし、規制の原則とすることに意味がある。これは米国の安全目標の定性的目標に近いものと言える。

日本は深刻な原子力災害を引き起こす経験をし、しかも事故から10年以上経過してもその廃炉作業は遅れ、地域は崩壊し復興は滞っている状況である。つまり原発事故は不可逆的な影響を及ぼすもので、それを二度と繰り返してはいけないという点において、この予防原則を重視する妥当性がある。また現在、経済的な発展を担う経済産業省を中心とした日本のエネルギー基本計画において積極的な原子力推進策が求められているが、その新設・増設計画は進まないなど、性急な計画には課題も多い。

さらに司法において、例えば欧州では動物飼料の抗生物質利用について予防原則を適用している一方、国内では再稼働差し止めなどの住民訴訟において楽観的な政府追随の判決が行われている。このような現状から、推進機関からの圧力を加えられている規制機関にとって世界的な制度的・倫理的・理論的根拠が必要と思われる。原子力規制委員会は現在、あくまでも科学的根拠に基づいて規制措置を判断してはいるが、例えば政府により政治的に決定され福島第一原発事故後に決められた運転期間延長の議論など、現実にはそれだけで判断しきれない状況も多く存在している。

具体的には、予防原則に基づく日本の原子力安全規制は被ばくについて可能な限り最小であることを求めることになる。核燃料サイクルについては、それは使用済燃料の各施設から青森県六ヶ所村再処理施設までの移動リスク、分離プルトニウムの核拡散リスク、また MOX 燃料の輸送に伴うセキュリティ上のリスクが検討される。

#### ii) 費用便益分析による統計的生命価値の提示

安全目標の定量的数値目標については、費用便益分析を中心とした客観的な現状分析を中心に作成される。責任主体は幾つかが考えられ規制機関に限定する必要はない。費用便益分析の欠点として、その分析者の立場による視点で分析対象が偏ることがあるが、それを解決するためにも課題から独立した客観的な立場が重要と思われる。

以下、日本の核燃料サイクル政策を対象としたリスクについて簡単に試算した結果を示す。まず事故が起こった場合の影響について六ヶ所再処理工場の燃料プール事故のリスクを求めた。想定条件としては正確に得られた値である使用済燃料のインベントリ、再処理工場近辺での風速以外は、一般的な値を使用した。またここでは、潜在的なリスクを評価するためセシウム放出量を 100%とした。

表 1(a)に、使用済燃料の内包するセシウム 137 と放出量を示す(100%放出なので同じ値である)。この値は福島第一原発事故時の放出放射能 10PBq(セシウム 137 換算)の約 1,000 倍である。単純な比較は出来ないが、福島第一原発事故では、放出した Cs-137 は 1~3 号の各々で約 6%未満と推定されている。比較として、表 1(b)に原子力規制委員会による、福島第一原発事故の 1/100 の放出量を目安に定義した安全目標を示す。もう一つの例として、福島事故後に始めて再稼働認可を受けた九州電力川内原発 1,2 号の想定する重大事故時の放出量の値を示す(但しプール事故ではなく炉心損傷事故)。

もし六ヶ所再処理工場の重大事故時の放出量を、川内原発レベルまで下げることがを要求するならば、放射能放出量は約 160 万分の 1 にまでしないといけない(9,130PBq/5.6TBq=約 160 万)。これは、技術的にも制度的にも非常に挑戦的なことであり、実現可能性の検証が必要である。

表 1 セシウム 137 の放出放射能  
(a) Rokkasho and Fukushima accident [PBq]

Total inventory of Cs-137	The atmospheric release of Cs-137	Fukushima accident (Cs-137equivalent)
9,130	9,130	10

(b) Safety Goal and Sendai accident assumption (Cs-137equivalent) [TBq]

Safety Goal	Assumed Sendai Nuclear power plant accident
"It must be well below 100TBq in case of a severe accident"	5.6

図 1 に Wedge モデルの試算結果を示す。今回の試算条件では東京都でさえ放射線量は約 100mSv/年となった。これは平常時 1mSv/年の 100 倍かつ IAEA による避難の目安 20mSv/年の 5 倍である。福島県ではさらに状況は悪く、現状の福島第一事故復興作業にも大きな影響を与えることになる。黒太線(右軸)は土壤汚染の結果を示すが、東京は約 3 万 kBq/m<sup>2</sup>となり福島第一原発事故時における 250km 圏内の汚染状況に相当する。

なお福島第一原発事故で発生した汚染土壌のうち 8,000Bq/kg 以上は「指定廃棄物」として事故後 30 年間程度は管理しないとイケない。この指定廃棄物を 8x10<sup>5</sup>Bq/m<sup>2</sup>と換算すると福島県手前の 350km 程度までが「指定廃棄物」としてどこかで管理すべき土壌となる。つまり福島第一原発事故時よりも大量の廃棄物を発生が予想される。

図 2(a)に人体の被曝リスクを示す。六ヶ所村が一番高いが、福島県と東京都でも 1%前後の非常に高い値となった。また人数に換算した結果も図 1(b)に示す。人口密度の大きさから、六ヶ所村よりも離れた福島県と東京都のほうが Excess death が大きくなる。参考までに、日本のガン死亡者は 2015 年で 37 万人である。日本の人口は 1 億 3 千万人で、そのうち東京都は約 1/10 の 1300 万人である。この比率を用いれば、3.7 万人がガン死亡者となる(37 万/10=3.7 万)。よって事故リスクのガン死亡者は、それよりも約 250 倍も大きい値になる。

前述の安全目標について、死亡リスクを勘案した明確な値を早急に定め、原子力政策が突きつける

人間社会への影響を明示化し、その是非をより具体的に議論し合う必要がある。

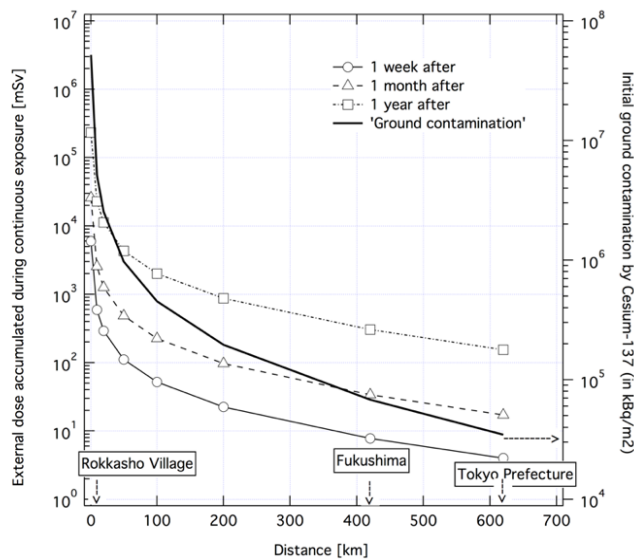


図1 Wedge モデルの試算結果

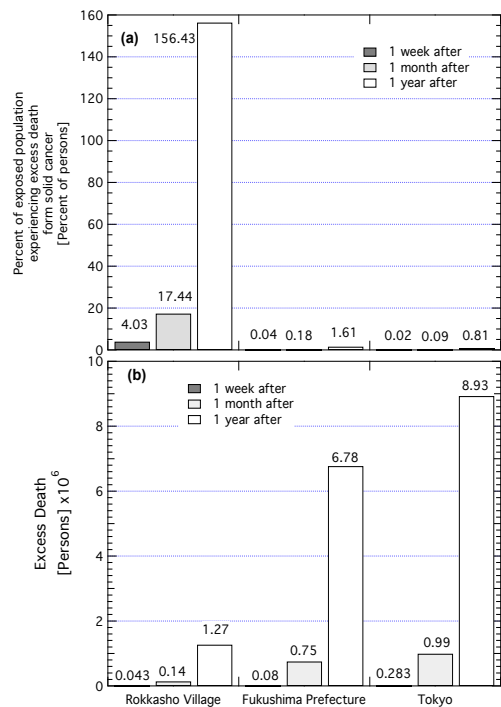


図2 人体の被曝リスク (a) および人数換算 (b)

なお米国では、フィルター付きベント導入、燃料貯蔵プールの乾式貯蔵への移行等について分析を行い、その結果の是非はともかく、政策実行に伴う公衆への影響について、コストや死亡リスクといった具体的な値を提示しており、議論を活性化させている。

ここで統計的生命価値 (Value of Statistical Life, VSL) の適用を考える。これは政策の可否等を判断する費用便益分析の一つで、死亡リスクを事前に軽減するために用いられる支払意思額を考える手法である。WTP( $\Delta$ Risk)をリスクの減少量に対する支払い意思額、 $\Delta$ Riskをリスクの減少額とすると、 $VSL = WTP(\Delta Risk) / \Delta Risk$ と定義される。事故から1年後の東京都の場合(死亡リスクは0.81)を考える。福島事故時の東京の人々の移住や食料購入、被爆対策の状況を参考にして、一人当たりの支払い意思額を仮に10万円(US\$1,000)とする。この場合、VSLは約12万円(US\$1,200)となる(US\$1,000x0.81=US\$1,200)。さらに900万人の場合では合計約1兆円(US\$1,200x9million=US\$10 billion)となる。この値は、日本の近年の年間国家予算約100兆円の1/100である。このVSLについての考察が今後は必要である。払うべきなのかどうか、または誰が払うのか。それとも、再処理工場のさらなる安全対策費として日本原燃と事業者が払うという可能性もある。

一方、事故以外の通常の運転時のリスクを下げるためには稼働率を下げるのが考えられるが、この場合はコストが課題となる。表2は、六ヶ所再処理操業が変動する時の処理単価への影響について、再処理工場の操業が予定通り進行しなかった場合に処理単価がどの程度変動するのかを、仮想的な条件のもとで求めた結果である。これによれば、稼働率を50%になれば、その処理単価は約2倍に増加してしまう。

表2 再処理操業コストの稼働率依存性

処理量 [%]	処理量 [t]	固定費 [百億円]	変動費 [百億円]	処理単価 [万円/t]	比率
100	32,000	679.0	92.3	24,103.3	1.00
80	25,600	679.0	73.9	29,407.8	1.22
50	16,000	679.0	46.2	45,321.3	1.88
20	6,400	679.0	18.5	108,975.4	4.52
10	3,200	679.0	9.2	215,065.6	8.92

一方、再処理の対案として乾式貯蔵を導入した場合を検討する。現在準備中の青森県むつ市のむつ中間貯蔵施設(3,000トン)を参考にすれば、国内の各発電所プールの全ての使用済核燃料(14,200トン)を乾式貯蔵にする場合、むつ貯蔵施設5基分になる。また運転操業前ではあるが既に貯

蔵のみされている六ヶ所村再処理工場内の貯蔵プール(3,000 トン)内にある使用済核燃料を全て乾式貯蔵にする場合、むつ貯蔵施設 1 基分となる。将来的に 30 基(全体の約 60%)が再稼働する場合(年間取り替え数 1,340 トンの 60%とすると約 800 トンが発生する。ここで乾式キャスク容量を 10 トンとすると年間 80 本の発生量に相当)、むつ貯蔵施設を一つ追加すれば満杯まで約 4 年は余裕があることになる。なお規模については、むつ貯蔵施設 7 基を集中的に設置する場合、施設だけの面積は計 54,600m<sup>2</sup>となる。これは東京の都市部の大学キャンパス程度、かつ六ヶ所再処理工場の約 80 分の 1 である。またコストは、むつ乾式貯蔵施設(事業費は乾式キャスク込み、5000t 規模 2,000 億円、計 6,000 億円弱)。そして再処理事業費用 10 兆円(32,000 トン処理の場合)の約 16 分の 1 である。

なお最終処分についての課題は残っていることに注意が必要である。しかしこの場合、地上で長期間保管することで地上での熱量は減衰しており、再処理時の高レベル放射性廃棄物と最終処分時の使用済燃料の熱量は同等となり、地下施設での面積は差が無くなる状況がある。

以上のように、単に政策を比較するだけでなく可能な限り定量的に試算し、さらには統計的生命価値まで検討することで、より具体的な数値目標だけではなく政策オプションも提示できる。

### iii) 熟議型討論による市民参加

熟議型討論とは、熟議民主主義つまり市民参加による議論を通じて制度を設計・修正する民主主義の形態の実践的応用を示す。日本の過去の原子力政策では原子力委員会による円卓会議等があったが、それとは違う形式をしており、福島第一原発事故後、政府主導の本格的な試みが一度だけ開催されている。2011 年 5 月、政府は新成長戦略実現会議において革新的エネルギー・環境戦略を定めることを決定し、7 月に「革新的エネルギー・環境戦略」策定に向けた整理として三つの基本理念-ベストミックス、エネルギーシステム、国民合意-を打ち出し、原発への依存度低減や分散型エネルギーの実現、推進・反対論を越えた国民的議論の必要性を示した。2012 年 3 月には経済産業省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会において 2030 年までの原子力発電の依存度について 0~35%までの 4 案が示され、最終的には 9 月のエネルギー・環境会議の「革新的エネルギー・環境戦略」において、原発に依存しない社会の実現に向けた政策が明らかとなった。一方、核燃料サイクル政策については、福島事故後の民主党政権でも明確な政策の見直しは示されなかったが、前述の「革新的エネルギー・環境戦略」では「再処理事業に取り組みながら、今後、政府として青森県をはじめとする関係自治体や国際社会とコミュニケーションを図りつつ、責任を持って議論する」とし、直接処分の在り方も示すなど再処理に固執する雰囲気は下がっている。しかし 2012 年 12 月の第 46 回衆議院選挙によって再び政権与党となった自民党は、政権公約の中において「原子力に依存しなくても良い経済・社会構造を確立し、原子力の安全性については独立した規制委員会による専門的判断を優先する」というエネルギー戦略を示したものの、2022 年の内閣官房による GX 実行会議において原子力発電を最大限活用するという方針転換を示した。

安全目標の議論において熟議型討論形式を適用する利点は大きい。他方で、市民参加の討論では心理学的な課題である集団極性化(集団になることで意見が極端化する)、利用可能性ヒューズティック(手短な事例で判断してしまう)等の課題があるが、それら課題に対し丁寧に対応する必要がある。

### (iv) 安全目標の設定

以上の 3 つのプロセスを相互補完的に適用することで、安全目標は定性的に、そして定量的に広く議論され、透明性の高い多数の意見を反映した結果として決定される。

### (おわりに)

原子力に関する議論は極端になり推進と反対の二項対立になりがちであるが、本研究はその是非ではなく安全目標を求めることでもあり柔軟な対応が可能である。以上から、福島第一原発事故を経て混乱の収束しない日本にとって、本研究の提示する手法は最も適した手法であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 勝田忠広	4. 巻 88
2. 論文標題 福島第一原発事故後のあるべき安全目標-その課題と新たな目標とは	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 科学	6. 最初と最後の頁 1251-1257
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------