早稲田大学レジリエンス研究所（WRRI）
第8回原子力政策・福島復興シンポジウム
東日本大震災と福島原発事故から8年
～未来世代から原子力バックエンド問題と福島復興の今後のあり方を考える～

基調報告

どのように未来世代へ『フクシマの教訓』を伝えるのか：1Fを保存し、原子力・エネルギー利用の「学びの場」へ

松岡　俊二
早稲田大学レジリエンス研究所（WRRI）所長
早稲田大学ふくしま広野未来創造リサーチセンター長
早稲田大学国際学術院・大学院アジア太平洋研究科教授
smatsu@waseda.jp

2019年3月7日

1. 我々は何処から来たのか、我々は何者か、我々は何処へ行くのか

2011年3月11日、3月12日
私はスリランカに滞在し、BBC国際放送TVで東日本大震災と福島原発事故を見ていた。

「フクシマの教訓」と世界
フランスの公立中学校
2年生の社会科・教科書
Preventing the industry and technology risks
グループで福島原発事故で起きたことを調査し、レポート作成。

20世紀：EXPO’70（大阪万博）と21世紀：VUCAな時代

20世紀：人類の進歩と調和
「私のように20世紀の真ん中に生まれた人間には、科学技術に対する信奉がありました。1970年の大阪万博のように、新しい技術の発展や、ひたすら明るい未来にあこがれていたんですね。もともと私は文学少女というより理系なんです。中でも原子力は、原爆の恐ろしさはあっても、平和利用という条件付きで『希望の火』でした。」（作家・高村薫、1953年生まれ、『朝日新聞』2018年12月5日付）

21世紀：VUCA（Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity）な時代
予測不能な時代
→ Wicked Problems（悪意のない意地悪な難問）
Singularity（技術的特異点）：2040年問題
ビッグデータと人工知能（AI）
← 部分的予測性と全体的予測不能性
社会的課題の解決（社会的合意）の難しさ
→ 議会制民主主義 vs 参加型民主主義、熟議民主主義

2. 21世紀・VUCAな時代と社会的合意の難しさ：高レベル放射性廃棄物（HLW）・現在世代と未来世代の権利

我々はなぜ合意できないのか（受け入れられないのか）？
社会的受容性の醸成というアプローチにおける現在世代と未来世代

社会的受容性論の研究史

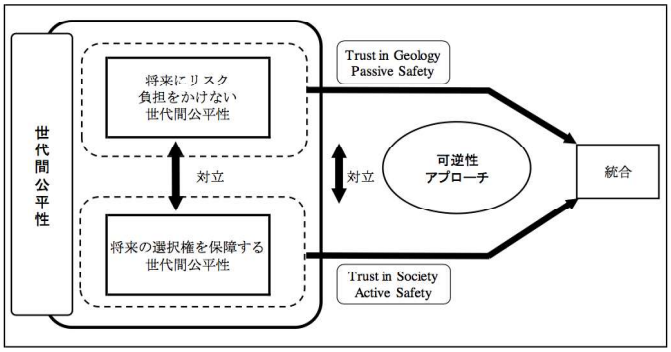
1980年代の原子力発電所をどのようにすれば地域に受け入れてもらえるのかといった受け身（Passive）の社会的受容性論から、2000年代にはWüstenhagen *et al.*（2007）や丸山（2014）による地域のオーナーシップを重視した風力発電所立地という能動的（Active）な社会的受容性論へと展開。

社会的受容性モデル

	全国レベル	地域社会レベル
技術的受容性	技術の安全性、信頼性の確立	地域環境との調和や地域住民からの信頼
制度的受容性	法制度等の手続き的公正、国民からの支持	条例、協定等の手続き的公正、地域住民からの支持
市場的受容性	経済性・分配	地域内の経済性や分配

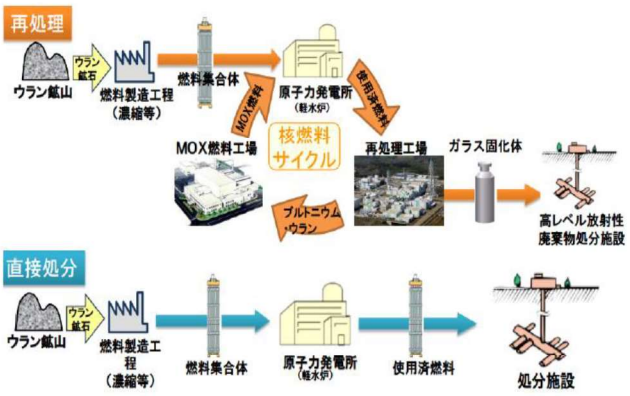
バックエンド問題と世代間公平性：現在世代と未来世代の権利
代議制民主主義と熟議民主主義は協働できるのか？

図1 HLW管理政策における世代間公平性問題解決への可逆性アプローチの可能性



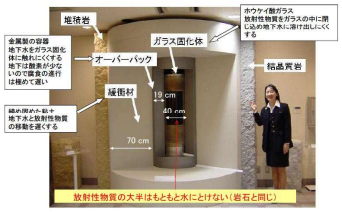
原子力発電所とバックエンド問題

原子力発電から生じる使用済核燃料の処理方法については、様々な方法が考えられるが、主として、再処理と直接処分の2つの方法が考えられる。

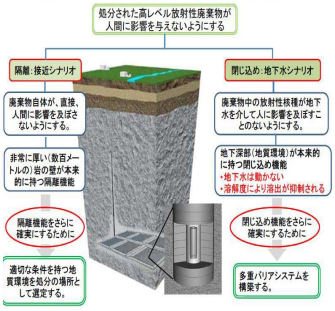


HLW地層処分と時間軸

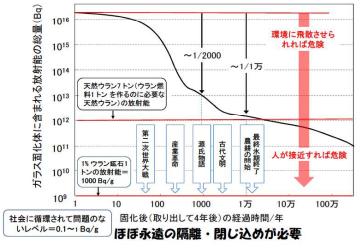
人工バリア：放射性物質の閉じ込めをより確実に



受動的安全機能に期待する地層処分の基本概念



ガラス固化体に含まれる放射能量の時間的変化



Australopithecus 400万年- 300万年前
Homo Neanderthalis 50万年-30万年前
Homo Sapiens 20万年前

日本のバックエンド政策

1998年：原子力委員会・高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書

1999年：核燃サイクル機構・高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性（第2次取りまとめ）

2000年5月：特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法）
HLW最終処分計画はガラス固化体4万本が収容可能な1施設を想定

2000年10月：原子力発電環境整備機構（NUMO、経産大臣認可特別法人）設立

2001年：NUMO「選定手順の考え方」：立地選定の3段階プロセス
①文献調査による概要調査地区の選定（2年程度を想定）
②概要調査地区の中から精密調査地区の選定（3年程度）
③精密調査地区の中から最終処分施設立地の選定（15年程度）

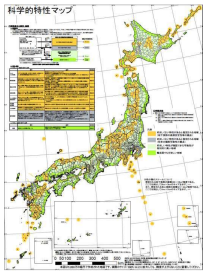
2002年：全国市町村を対象に文献調査の公募開始

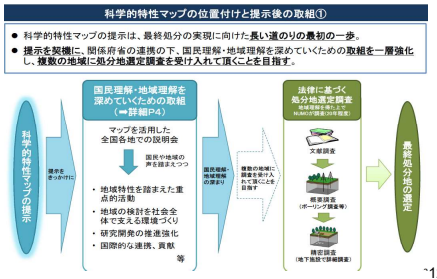
正式応募は2007年1月の高知県東洋町のみ。しかし東洋町では、町民や議会の強い反対により、町長が辞職し、出直し町長選において反対派候補が圧勝し、2007年4月には応募が取下げられた。

日本のバックエンド問題の現状

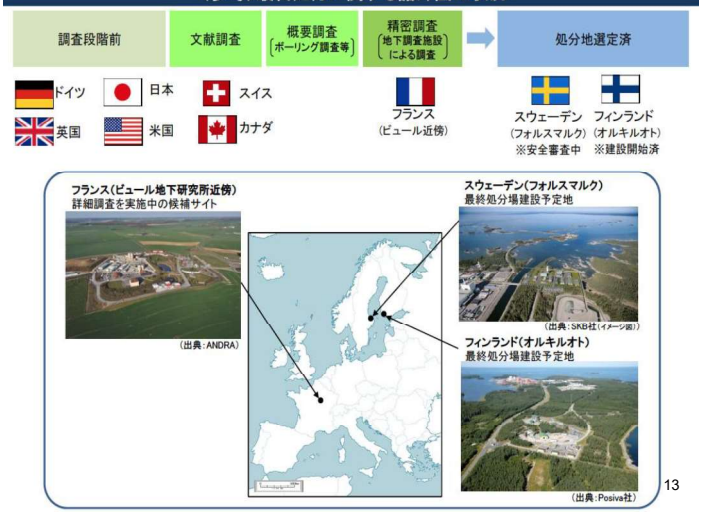
「高レベル放射性廃棄物の最終処分問題は、法制度を2000年に整備して以降、今に至るまで、処分地選定の最初の調査（文献調査）にも着手できていない状況です。これまで立地選定が進んでいない背景には、①地層処分の安全性に対し十分な信頼が得られていない、②応募プロセスが地元の発意が前提であるため、地元の負う説明責任・負担が重いなどの問題がありました」（経済産業省資源エネルギー庁HP）。

2015年5月の閣議決定で、国は従来の公募路線を修正し、国がより前面に立って科学的に見た適地（科学的有望地、科学的特性マップ）を提示し（2017年7月公表）、関係自治体に対して文献調査受入れの申入れを行うこととした。





（参考）最終処分に関する諸外国の状況

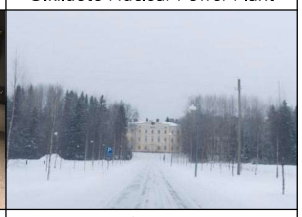


フィンランド調査（2018年2月）

Olkiluoto Visitors Center

Olkiluoto Nuclear Power Plant

Prototype of the spent fuel canister

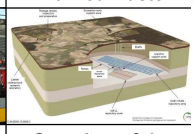

Vuojoki Mansion

フランス調査（2018年2月、2019年2月）

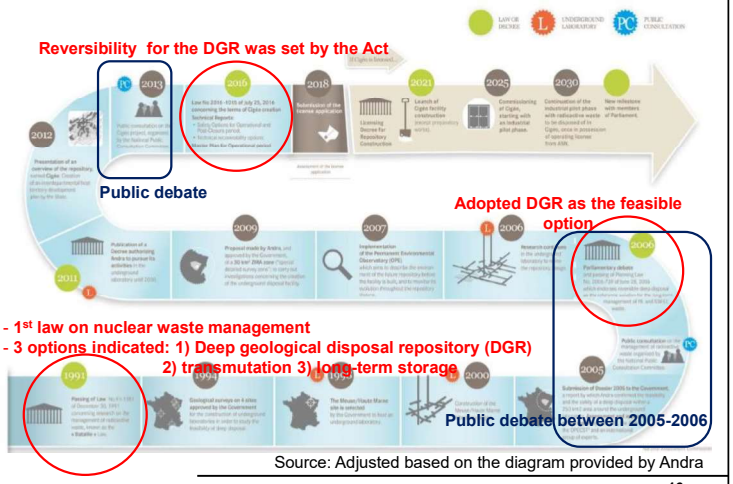
Tunnel of URL

Container for vitrified waste

Operator of the pushing robot


Overview of the Cigeo

FRANCE: DEVELOPMENT OF LEGAL & INSTITUTIONAL FRAMEWORK



Source: Adjusted based on the diagram provided by Andra

フランス：HLW最終処分政策と国民的討論（CNDP）

Bataille法（1991年）：3つのオプション

①核種変換

②可逆性のあるまたは可逆性のない地層処分

③長期地上保管

公開討論国民委員会(CNDP)による国民的討論

第1フェーズ：2005年9月12日―2006年1月24日

高レベル・長寿命放射性廃棄物の管理方法に関する公開討論会

（13会場、合計3,000人が参加、討論時間は延べ60時間）

2006年1月24日：CNDP報告書

2006年6月：放射性廃棄物管理法（可逆性のある段階的な柔軟な地層処分の実施を規定）制定

第2フェーズ：2013年5月23日―2014年2月12日

地層処分場設置に関する公開討論会（CSOの妨害、SNSと市民会議）

2014年2月12日：CNDP報告書

2016年7月：Reversibility法制定（地層処分における可逆性を原則化）

第3フェーズ：2019年6月or7月に開始予定（CPDPは2018年7月18日に発足）

Cigeo計画とは別に、放射性廃棄物管理計画を議論する予定

イギリス調査（2019年2月）

News Story

Committee on Radioactive Waste Management (CoRWM) and Radioactive Waste Management (RWM) Meeting with Waseda University

The Committee on Radioactive Waste Management (CoRWM) and Radioactive Waste Management (RWM) met with officials from Waseda Resilience Research Institute from Waseda University, Tokyo on 12 February 2019.

Waseda Resilience Research Institute has conducted research on the social acceptance of High-Level Waste (HLW) treatment and disposal activities since 2015. The purpose of the meeting with CoRWM and RWM was to discuss previous experience in the UK in engaging with the public and communities on these subjects and understand the emerging approach for future engagement and consensus building through communications and citizen participation in the site selection of a geological disposal facility in the UK.

RWM presented the history of higher activity waste management and siting process for a Geological Disposal Facility (GDF) including outreach events and outputs from the National Geological Screening exercise. The group discussed the importance of communication and challenges associated with public awareness and engagement around the GDF project.

セラフィールドのあるカンブリア州の風景

イギリス：1997年 → 2013年 → 2016年 → 2035年？ CoRWMの変容と新たなアプローチの模索

英国のHLW地層処分事業のこれまでの経緯（概略）

−1997

Nirexが候補地をスクリーニンし，セラフィールドを有望オプションとして選定。岩盤特性研究所のみを先行する計画を発表。

- カンブリア州議会が反対し，環境大臣が計画を棄却。

2001−2007

政府は新たに「放射性廃棄物の長期管理」作成し公衆協議を実施。政府によって設置された第3者組織である放射性廃棄物管理委員会(CoRWM)において，高レベル放射性廃棄物の管理方針などが検討。

- 安全性と公衆/環境の点で地層処分が最も良いオプション。
- 安全で信頼性の高い中間貯蔵が必要。
- 回収可能性については，後日，規制機関と「地元の地域社会との協議で決定することもできる。
- 自発的/パートナーシップ。

2008−2013

- 政府は白書(放射性廃棄物の安全な管理ー地層処分の実施に向けた枠組み)を公表。政府主導の処分地選定プロセス(関心がある自治体の募集)を開始。
- カンブリア州，アラデール市，コーブランド市が処分地選定プロセスへの参加の関心を表明。
- カンブリア州，アラデール市，コーブランド市で組織されたパートナーシップにおいて様々なことが議論されたが，議会投票により撤退を決定。

- 西カンブリア放射性廃棄物安全管理パートナーシップを設置し，PSEを実施。
- アラデール市とコーブランド市議会では賛成数が多かったものの，カンブリア州議会で反対数が多かったため，サイト選定プロセスから撤退。

2014−

政府は，新たなサイト選定プロセスを含む白書（地層処分ー高レベル放射性廃棄物等の長期管理に向けた枠組み）を提示。

- 政府は，これまでの取組についての関係者から意見，CoRWMの政府改善案に対する勧告に基づき，新たなサイト選定プロセスを提案。
  - ✓ 約2年間：政府及び実施主体の初期活動。
  - ✓ 15～20年間：関心を表明した地域と実施主体の正式な協議。

2014 − 2016

政府及びNDAとその子会社であるRWMによる初期活動

- 英国全土*を対象とした地質学的スクリーニング（技術イベントなどを実施し，ガイダンスを公表）。
- 自治体と協働プロセスの策定（政府が協議文書「地層処分と地域との協働に関する公衆との対話」）を公表。

2016 −（15−25年間）

関心を表明した自治体と実施主体との正式な協議

＊地層処分政策を取っていないスコットランドは地質学的スクリーニングから除かれている。

13

19

フィンランド、フランス、イギリスの教訓：社会的受容性の醸成への努力と社会的合意の難しさ

フィンランド（Swedenも）

20世紀的な古典的な社会的信頼感と代議制民主主義で最終処分施設の建設決定

フランス

多様な価値観が存在する中で、国民的討論（CNDP）で多様な代替案（可逆性が基本）を提示し、多様な価値共有型社会的信頼を形成しようとした。

代議制民主主義（国民議会）と熟議民主主義（国民的討論） との対立

→ 新たな挑戦：2019年6月頃に第3フェーズを開始予定

イギリス：

熟議民主主義（2001年−2013年）からの後退

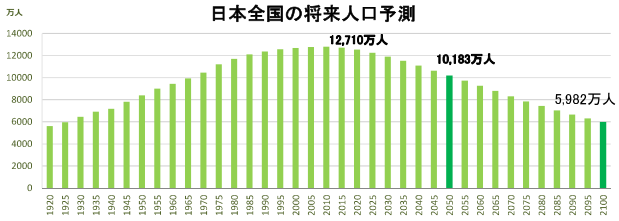
→ CoRWMの変容と地方自治体の承認要件の変更

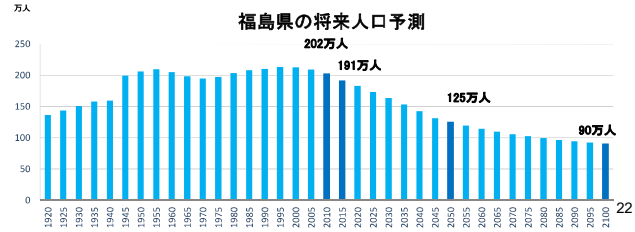
20

3. ふくしま浜通り社会イノベーション・イニシアティブ（SI構想）：「フクシマの教訓」・現在世代と未来世代の責任

21

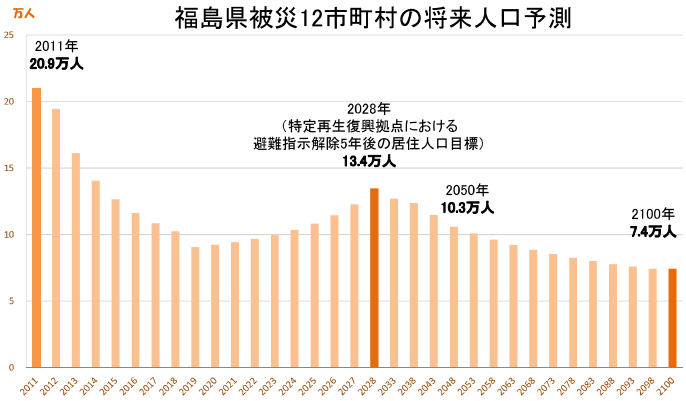
2050年・2100年の福島県浜通り地域の予測
ー現状の傾向が続いた場合（BAUシナリオ）ー





22

2050年・2100年の福島県浜通り地域の予測
ー現状の傾向が続いた場合（BAUシナリオ）ー



23

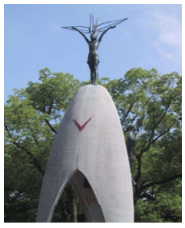
廣島・広島・ひろしま
ヒロシマ・HIROSHIMA

広島平和記念式典
2016年8月6日

私は広島市に20年間暮らし、2007年に東京に移り、30年ぶりに早稲田大学の留学生20数名と8.6平和記念式典に出席した。

24

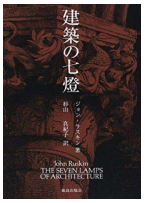
1Fを事故遺産・産業遺産として、未来世代にできるだけ「リアルな形」で保存することの重要性・必要性



広島の原爆ドームは、被爆者などの取り壊すべきとの意見などの中で紆余曲折の末に、急性白血病で16歳で亡くなった女子高生の日記などを契機とした市民の保存運動の盛り上がりにより、1966年、広島市議会の永久保存決議によって保全が最終的に決まり、1996年には世界遺産（文化遺産）へ登録された。また、1949年の広島平和記念都市建設法に基づき、1955年には丹下健三設計による原爆ドームを北の起点とした平和記念公園、平和記念資料館の3点セットが一体となった平和記念公園が完成した。

50年後、100年後の福島、日本、世界の人々は、1Fが何も残されず、高レベル放射性廃棄物の保管施設しかない状況に対してどう思うのか、ばらばらなアーカイブ拠点施設や復興祈念公園を見て回って何を感じるのか。

私には、「2011年世代の人たちは原発事故をおこし、事故の証拠を勝手に処分し、あとに高レベルの放射性廃棄物を置いていっただけではないか」という未来世代の声が聞こえるような気がする。



「人間は建築がなくても、生活したり、礼拝することはできた。
しかし建築なしに過去の記憶を蘇らせることはできない。」

John Ruskin（1849）,
The Seven Lamps of Architecture,
Chap. 6, The Lamp of Memory,
杉山真紀子（訳）（1997）『建築の七燈』鹿島出版会,
第6章 記憶の燈, p.254

「浦上天主堂の遺構、被曝の証人としての壁は、永遠にこの地上から消し去られた。長崎は、絶対に忘れてはならない歴史の記憶の拠り所である遺構を永遠に失ってしまったのだ。その喪失感が、本書を書いてなお、時間とともに深くなる。長崎は完全に間違った選択をしたのだと。」

高瀬 毅（2013）『ナガサキ 消えた原爆ドーム』文春文庫, p.311

2050年の福島県浜通り地域

ーふくしま浜通りイノベーション・イニシアティブ（SI構想）ー

社会イノベーション・イニシアティブ（SI構想）は2050年に、常磐炭鉱（いわき）、広野火力（広野）、2F（楢葉・富岡）、1F（大熊・双葉）、アーカイブ拠点施設（双葉）、復興祈念公園（双葉・浪江）、原町火力（南相馬）と南から北へ続く「エネルギー産業遺産・原発事故遺産・震災復興施設のネットワーク」を作り、1Fやエネルギー遺産群を核とした「ふくしま浜通り芸術祭」、復興まちづくり体験・エネルギー体験・農業体験・林業体験・漁業体験に農家民泊などを組み合わせた「広域DMO」の創造。

①1F保存を前提とした「エネルギー産業遺産・原発事故遺産・震災復興施設のネットワーク」
②1Fやエネルギー遺産群を核とした「ふくしま浜通り芸術祭」
③復興まちづくり体験・エネルギー体験・農業体験・林業体験・漁業体験に農家民泊などを組み合わせた「広域DMO」

以上の3点を社会イノベーションとして創造すれば、2050年に観光入込客（県外・外国・宿泊）が100万人を超える浜通り地域となる。

＊*「1F＋アーカイブ拠点施設＋復興祈念公園」*の3点セット化も重要

2050年の福島県浜通り地域

ーふくしま浜通り社会イノベーション・イニシアティブ（SI構想）ー

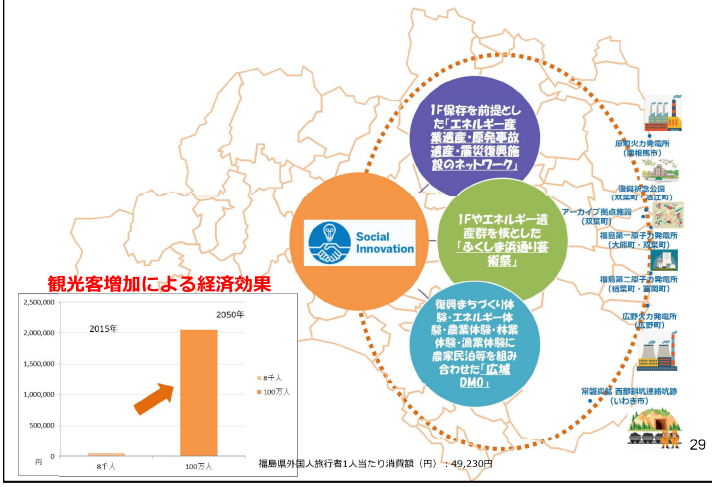
観光庁（2016）全国観光入込客統計2015年

当道府県	A	B	C	D	当道府県	A	B	C	D
01 北海道	3,592	78,424	1,776	150,780	24 三重県	4,191	24,209	132	30,948
02 青森県	1,275	30,719	51	35,923	25 滋賀県	2,080	21,144	211	52,291
03 岩手県	1,578	31,077	58	43,250	26 京都府	6,281	32,441	1,830	28,826
04 宮城県	2,507	26,251	57	42,052	28 兵庫県	4,703	42,116	450	20,067
05 秋田県	1,099	41,112	27	43,455	29 奈良県	1,351	28,887	193	13,973
06 山形県	1,857	28,632	35	48,572	30 和歌山	2,789	17,175	252	34,600
07 福島県	3,007	29,347	24	42,113	31 鳥取県	1,390	22,278	47	47,797
08 茨城県	1,322	20,459	36	94,185	32 島根県	1,196	25,952	31	42,237
09 栃木県	5,942	24,632	84	41,311	33 岡山県	1,376	21,491	51	42,859
10 群馬県	4,858	21,941	111	103,567	34 広島県	1,940	21,879	191	57,249
11 埼玉県	846	14,396	26	99,590	35 山口県	1,181	26,245	36	45,378
12 千葉県	10,644	35,837	1,406	29,442	36 徳島県	1,048	27,791	22	41,754
13 東京都	8,776	34,044	3,940	100,476	37 香川県	1,468	27,338	113	42,518
14 神奈川県	6,914	19,759	1,719	72,009	38 愛媛県	1,409	25,054	42	32,782
15 新潟県	3,708	20,055	81	26,820	39 高知県	1,068	30,033	27	42,578
16 富山県	1,270	24,447	61	14,843	40 福岡県	2,001	43,282	344	48,536
19 山梨県	4,719	26,663	1,054	10,573	41 佐賀県	1,195	24,462	217	42,523
20 長野県	8,880	30,137	510	26,524	43 熊本県	2,477	36,432	454	10,228
21 岐阜県	2,495	32,486	561	19,306	44 大分県	2,709	26,169	509	12,748
22 静岡県	10,661	21,585	933	15,548	45 宮崎県	869	24,266	90	52,191
23 愛知県	2,641	25,317	658	35,250	46 鹿児島	2,267	46,852	215	103,939

A：観光入込客数（千人回）（日本人・観光目的；県外宿泊）
B：観光消費額単価（円/人回）（日本人・観光目的；県外宿泊）
C：観光入込客数（千人回）（訪日外国人；宿泊）
D：観光消費額単価（円/人回）（訪日外国人；宿泊）

2050年の福島県浜通り地域

ーふくしま浜通り社会イノベーション・イニシアティブ（SI構想）ー



観光客増加による経済効果

福島県外国人旅行者1人当たり消費額（円）：49,230円

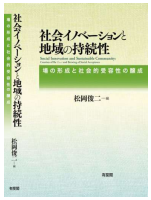
どのようにすれば社会イノベーションが創造できるのか？

ー場の形成と社会的受容性の醸成ー

社会イノベーション:「地域の持続性課題の解決のために新たな社会的制度や組織を創出し、新たな社会的価値をもたらす革新」（松岡（編）（2018）『地域の持続性と社会イノベーション』有斐閣）

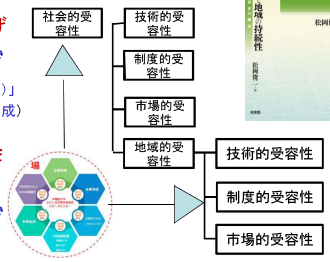
- 新たなアイデアの創造 → 知識創造プロセス → 場の形成
- 新たな制度・組織創造 → 資源動員プロセス → 社会的受容性の醸成

「私たちは言葉にできるより多くのことを知ることができる」
We can know more than we can tell.（Michael Polanyi）



（1）1F保存専門家会議の立上げ
準備会を4月に開始
（福島での「1F保存を考える市民会議（仮称）」の形成）

（2）ふくしま浜通り芸術祭検討会の立上げ
準備会を5月に開始



平成31年3月7日
第8回原子力政策・福島復興シンポジウム

ImPACTプログラム「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」—新しい選択肢の提案—

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）
プログラム・マネージャー
藤田　玲子

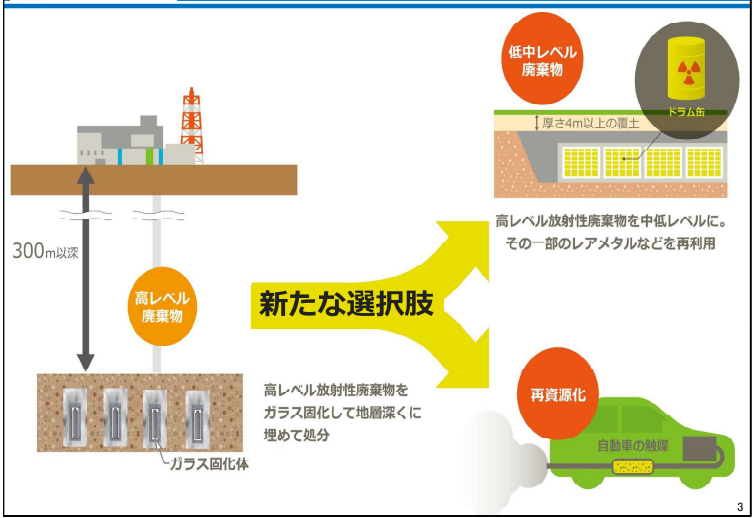
本研究は総合科学技術・イノベーション会議が主催する革新的研究推進プログラム（ImPACT）の一環で実施したものである

ImPACT（Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program）
www8.cao.go.jp/cstp/sentan/about-kakushin.html

何故、高レベル放射性廃棄物なのか？

- 東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の後、原子力界への厳しい目：
  ⇒反原子力派の論点は高レベル放射性廃棄物の処分
- エネルギー基本計画でも核燃料サイクルについての明確な方針示されず
- 再稼働しても使用済み燃料は貯まる一方
- 現在の原子力の技術は30年以前に開発されたもの
  ⇒技術革新はないのか？
- 原子力ムラの限界：多様性の世の中に逆行
  ⇒他の分野からの研究参入と原子力ムラからの脱却を目指す

高レベル放射性廃棄物をめぐる課題



半減期の長い核種とは？

高レベル放射性廃棄物に含まれる主要な長寿命核種
（50年冷却後。半減期30年程度以上）

	核種	半減期	含有量（1トンあたり）	放射能Bq（1トンあたり）
★	Se-79	29万5千年	9g	5E+9
	Sr-90	28.8年	0.4kg	2E+15
★	Zr-93	153万年	2kg	2E+11
	Tc-99	21万1千年	2kg	1E+12
★	Pd-107	650万年	0.5kg	1E+10
	Sn-126	10万年	20g	2E+10
	I-129*	1,570万年	0.5kg	3E+9
	Cs-135	230万年	1kg	4E+10
★	Cs-137	30.1年	1kg	3E+15

*ヨウ素129は実際はガラス固化体に含まれない。相当量を示す。

★　本発明の対象核種
今回説明する対象核種
ImPACTプログラムで資源化・短寿命化
次世代原子力システムで短寿命化
長期保管（300年程度）により減衰

全ての長寿命核種を安定核種もしくは短寿命核種にする

LLFP（Long Lived Fission Products）
＝高レベル放射性廃棄物に含まれる
"長寿命核分裂生成物"

LLFPは基本的に**奇数**核種が多い

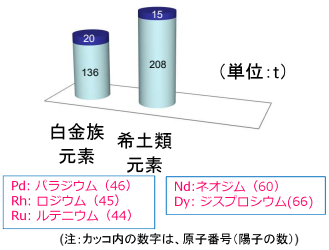
偶数核種と奇数核種を分離する
"偶奇分離法"の開発

例）使用済燃料中のパラジウムの同位体組成

存在比（%）	16	28	27	16	11	0	3
中性子数	58	59	60	61	62	63	64
	104	105	106	107	108		110
	安定	安定	安定	半減期650万年	安定	半減期13時間	安定

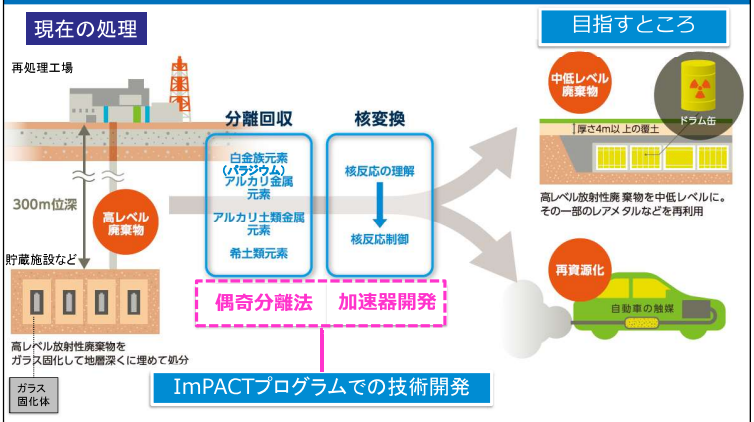
高レベル放射性廃棄物の資源化

- 高レベル放射性廃棄物に含まれるLLFPには**レアメタルなど有用元素の素（Pd,Rh,RuやNd,Dy）**が多く含まれる
- 有用元素の分離回収を目指したが、**放射性同位元素（RI）が含まれる**ため再利用が困難
- 原子炉による核変換については１９８０年代に研究を開始したが、加速器については技術検討に足る**データを取得する手段がなく**、進展しなかった



資源化（再利用）には分離回収と核変換の両方の技術が不可欠。

本プログラムの構想は？



資源化（再利用）と**低減化**（中低レベル化）には
分離回収と**核変換**の両方の技術が不可欠

例：Pd-107の分離核変換プロセス

高レベル廃棄物

分離回収

パラジウムの化学分離

化学分離技術開発

偶奇分離

分離されたパラジウムから Pd-107（中性子数 61）（半減期 650万年）を抜きだす

存在比（%） 16 28 27 16 11 0 3

中性子数 58 59 60 61 62 63 64

104 安定 / 105 安定 / 106 安定 / 107 半減期 650万年 / 108 安定 / 110 安定

レーザー偶奇分離装置開発（理研）

偶 104 106 108 110

奇 105 107

Pdインゴット

再利用プロセス概念

インゴット化

クリアランスレベル検討

核変換

反応データ取得（理研）
実証試験着手（理研）
加速器開発（理研）

ビーム照射によってPd-107を安定核種や短寿命核種に変換（陽子数、中性子数を反応で変える）

中性子を1個放出させると安定核種

(n,2n)反応

（中性子ノックアウト反応）

核変換で異なる安定元素、短寿命核種に変換

中低レベル廃棄物

中性子を1個吸収させると安定核種

プログラム構成

再処理プロセスの改良・高度化WG
✓企業等4機関が参画

自動車用触媒 / 磁石材料等 / 核医療 / 安全な廃棄物

パラジウム ネオジウム ジスプロシウム キセノン イットリウム モリブデン ロジウム シルコニウム

バリウム セシウム ストロンチウム セレン

核変換プラント社会実装　2040～

パイロットプラントを使った実証　～2035

Project 1 分離回収
- LLFP分離回収技術の開発
- レーザーによる偶奇分離法の開発

Project 2 核反応データ取得
- 新しい核反応データの取得
- 核変換実証実験の実施

Project 3 シミュレーション
- 核反応標準モデルの整備
- 巨視的な核反応シミュレーションの構築
- 核反応データベースの構築

Project 4 核変換システムと要素技術開発
- 加速器要素技術の開発
- 核変換誘発粒子発生のための加速器システム評価

Project 5 プロセス概念検討（提示）
- 高レベル放射性廃棄物の処分負担低減
- クリアランスレベルの検討
- 全体システム概念の構築

処分検討WG
✓企業等4機関が参画

加速器検討WG
✓企業等5機関が参画

創出を目指すインパクトと出口目標

創出を目指すインパクト：
高レベル放射性廃棄物の処理・処分の後世代への負担を低減すると共に、回収したLLFP*を白金族やレアメタル等に資源利用できる同位体分離なしの核反応の経路（パス）により海外市場に左右されない供給源を確保する。

*LLFP:長寿命核分裂生成物

スケジュール：赤字部変更（提案）

中間評価

資源化シナリオの確定

H26 H27 H28 H29 H30

プロジェクト1 分離回収プロセス(公募方式) 実用プロセス開発

プロジェクト2 核反応データ取得 新核反応制御（公募方式） 核変換実証試験

アウトプット：社会実装可能なプロセス概念の提示

プロジェクト4 核変換システム、加速器要素技術開発 新核反応制御

プロジェクト5 プロセス概念検討 成果とりまとめ

核変換の実証試験の実施

革新型加速器：概念決定

高レベル放射性廃棄物 / 再処理工場 / 貯蔵施設等 / ガラス固化体 / 白金族元素 アルカリ金属元素 アルカリ土類金属元素 希土類元素 / 核反応の理解 / 分離、核変換 核反応制御 / 資源化 / 自動車用 触媒等 / 安全な廃棄物にして処分 / 処分

【達成目標】 回収率：90%以上* 核変換率：10%以上**

*：一般産業の精製技術を利用　**：軽水炉のウラン燃料の変換率：平均5%

半減期の長い核種はどうやって取り出すの？

高レベル放射性廃棄物の一例（パラジウム）

Pd 107 Pd 107 Pd 105

レーザー

Pd 107 Pd 107 Pd 105 Pd106 Pd106 Pd106

奇数核種 偶数核種

レーザーによる偶奇分離のイメージ

励起・イオン化用レーザー

励起用レーザー

陽電極 陰電極

反射ミラー

電子銃で Pdなどの金属を気化

偏光レーザーを用い、パラジウム107やジルコニウム93などの質量数が奇数の核種が光を吸収する性質を利用して、奇数核種をイオン化して取り出し、回収する。

イオン化された奇数核種
電子
奇数核種
偶数核種

Pdの偶奇分離法

従来法 円偏光 / 新法1 円偏光 新法2 直線偏光 / 新法3 / 新法4

Pd II $4d^9$ ($^2D_{5/2}$) 67241.3

Pd II $4d^9$ ($^2D_{3/2}$) 70779.8

55373.2 36180.7 0 cm^{-1}

イオン化限界1 イオン化限界2 自動イオン化準位

イオン化ステップ

偶奇分離ステップ

準位エネルギー

Pd I $4d^{10}$ $^1S_0$

従来（旧動燃）の偶奇分離スキーム

新規偶奇分離励起スキーム

- 共鳴イオン化（新法1・2・3）
  連続イオン化状態への遷移に比べて遷移強度の大きな自動イオン化状態への共鳴遷移を利用
- 直線偏光（新法2・3）
  実験上、生成・維持の容易な直線偏光で偶奇分離を実現
- レーザー（新法3）
  励起効率向上のために、イオンコア電子配置の共通な励起状態を経由してイオン化
- 2レーザー方式（新法4）
  偶奇分離2段目とイオン化ステップを共通化

2017年1月10日プレスリリース実施

直線偏光で偶奇分離可能

資源化達成

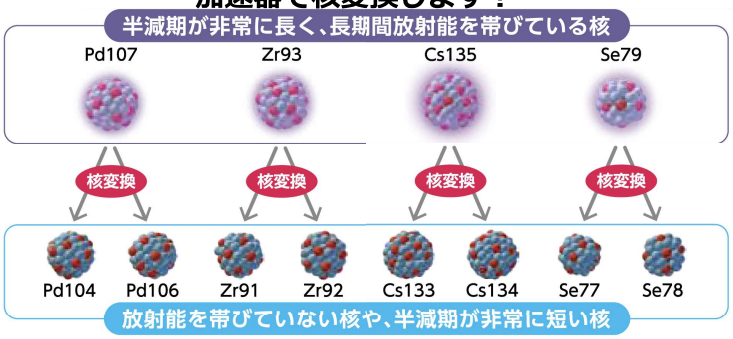
半減期はどうやって短くするの？

半減期が非常に長く、長期間放射能を帯びている核

Pd107 Zr93 Cs135 Se79

半減期はどうやって短くするの？

加速器で核変換します！

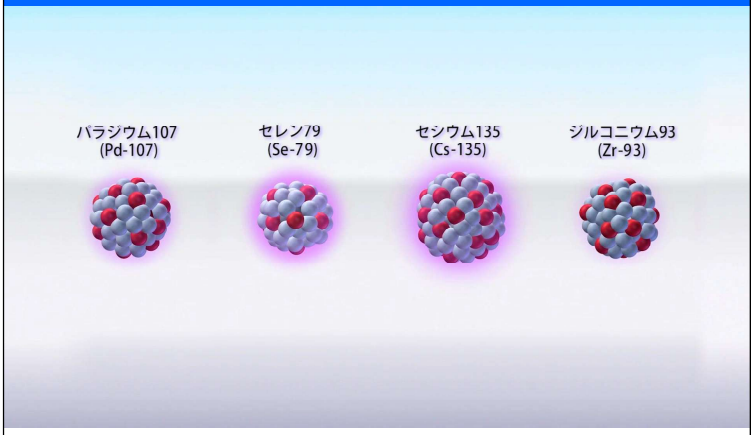


核変換：高レベル放射性廃棄物中の長寿命核種を安定核種もしくは短寿命核種に変換すること、およびそのための技術

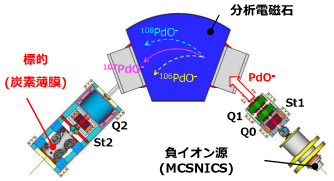
資源化・再利用

○：中性子
●：陽子

パラジウムの核変換イメージ



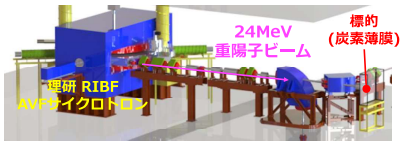
Pd-107核変換実証試験



インプラント装置によるターゲット（標的）作製

- ^{107}Pd を含んだサンプルを用いた電磁気分離による^{107}Pd純度100%のターゲット（標的）の作製

世界初の^{107}Pd実証試験

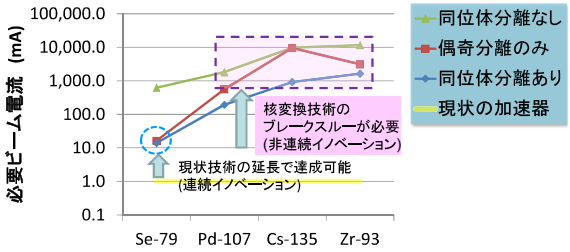


^{107}Pdターゲット（標的）への重陽子の照射試験

- ^{107}Pd をインプラントしたターゲット（標的）への理研RIBFのAVFリングサイクロトロンから生成した12MeV/u重陽子ビーム照射による核変換実証試験

加速器開発目標

- LLFPを実用的な時間注）で核変換するために必要ビーム電流は、同位体分離、偶奇分離、同位体分離なしのいずれでも、現状の加速器性能（1mA)を大幅に上回ることが判明。



年間発生量(kg/y)	5	250	417	767

六ヶ所村再処理工場で処理される使用済み燃料800トン/年から発生するLLFPを再処理の処理速度と同じ処理速度で処理すると仮定すると上記の量を処理する加速器が必要

LLFP核変換用加速器概念案 (WG成果；Confidential)

革新型加速器仕様決定

E_d (MeV/u)	目標電流 I_b(A)	低βセクション #	中βセクション #	高βセクション#	主要空洞部分長さ合計（見積もり）	Target概念（案）	加速器部分とtarget部分の区切り窓（案）
40	>2.5	10MV ~20m	70MV ~27m	-----	~47m	Liq. Li (N. S.)	P. C.*
100	>1	10MV ~20m	30MV ~15m	160MV ~60m	~95m	LLFP (Direct)	P. C. *
200	>0.5	10MV ~20m	30MV ~15m	360MV ~130m	~165m	LLFP (Direct)	P. C.*

粒子 ：重陽子
エネルギー ：100 MeV/u
電流値 ：1A
ビームパワー ：80MW-200MW x 2

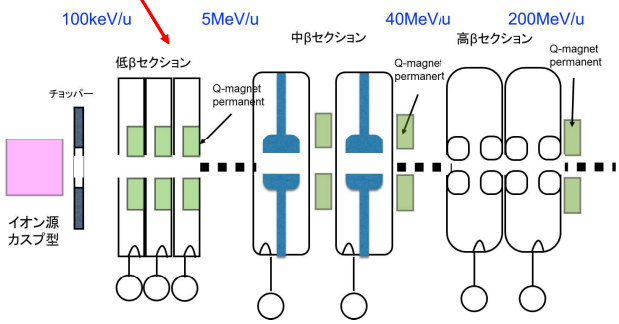
Beam Power = Constant > 200 MW

4 couplers (1.6 MW/cavity)を想定
- Plasma Curtain (差圧は作らず、ターゲット領域からの飛沫等を除去)
- cf. IFMIF : Id =0.25 A@ E/A=20 MeV/u, P=10 MW

ImPACT2017モデル

RFQqの代わりに、シングルギャップキャビティ＋Q磁石を置き、大面積のビームを受けることができる

全てシングルセルキャビティにより構成
- 1台あたりのRfカプラーの数を減らす
- 大強度ビームに対してrfパワー入れやすくする
- rfも位相を自由に選べる

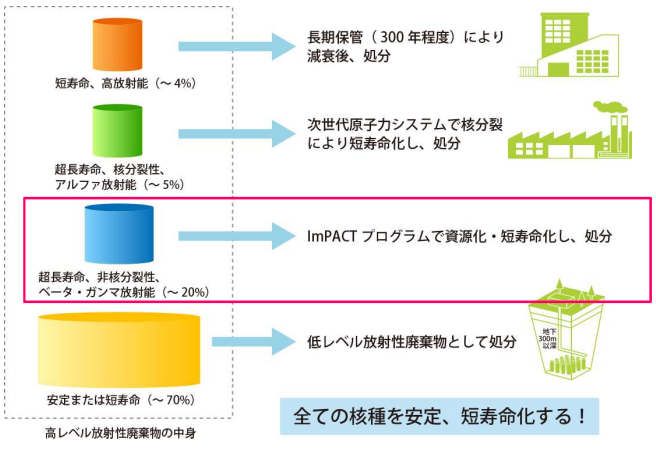


加速器WG

革新型加速器イメージ

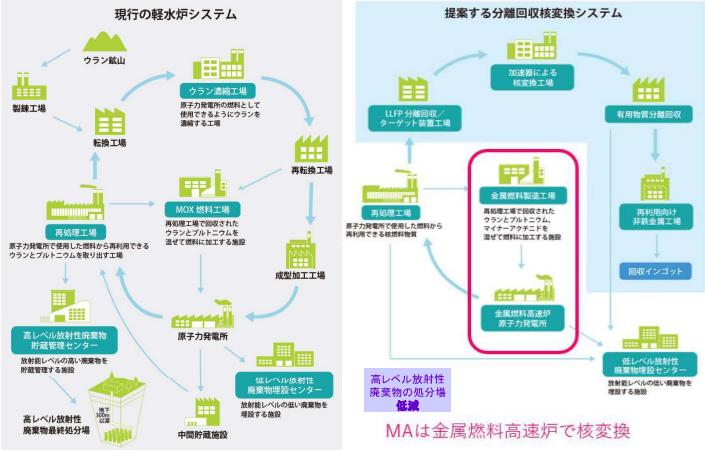
国内特許出願(2018/1/22)

処分はどうするの？



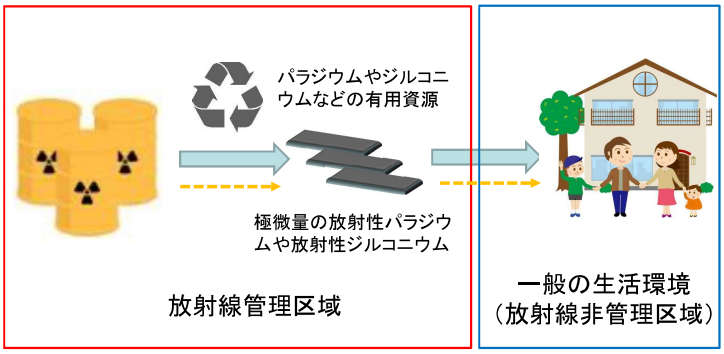
全ての核種を安定、短寿命化する！

日本の原子力システムの将来



再利用しても安全なの？

高レベル廃棄物から有用資源を取り出し再利用する際の放射線管理

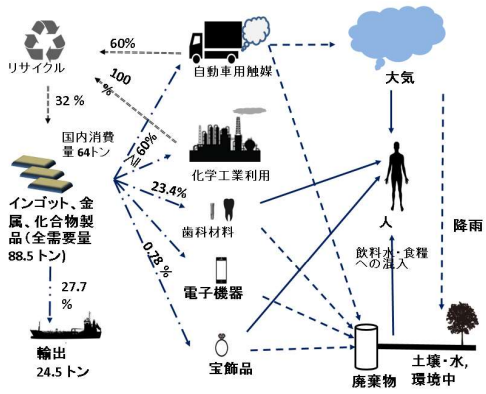


クリアランスレベル（どんな使い方をしても問題ないレベル）を設定し、それ以下であれば、放射線管理区域から一般生活環境へ持出しは可能とする

クリアランスレベルの提案

LLFPの再利用に伴う放射線被ばく線量の評価とクリアランスレベルの検討

国内におけるパラジウムの産業利用と人が放射線被ばくをする可能性のある経路



再使用しても安全なレベル：クリアランスレベル

表　^{107}Pdが1Bq/g含まれていた場合の4評価経路における年間の最大放射線被ばく実効線量

評価経路	最大線量	10μSv/y相当濃度	備考
自動車排ガス触媒微粒子の吸入			公衆、Class S*
食品・飲料			
歯科補綴材			成人、公衆
パラジウムの加工時の吸入		5.5×10^{3}	成人、公衆、Class S

パラジウムのクリアランスレベル：3000Bq/g
セシウムのクリアランスレベル：0.1Bq/g

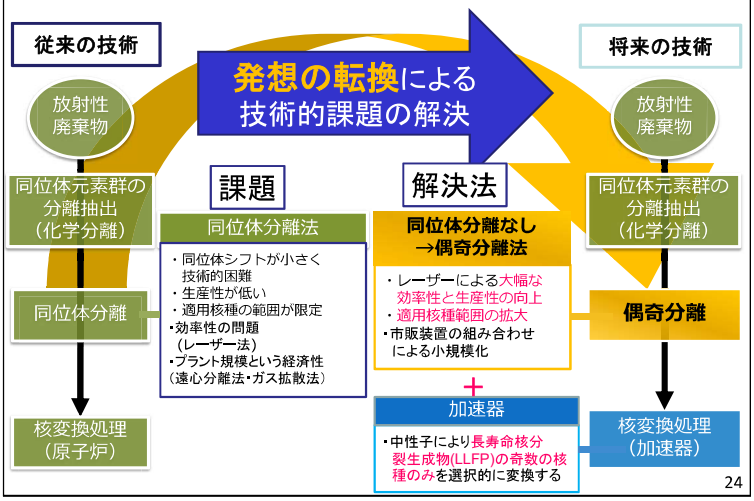
Class S*：不溶性で ゆっくり吸収されるもの

他のシナリオに関する線量目安値（10μSv/年）相当核種濃度の評価

↓

クリアランスレベルの制定

従来の技術と本研究の将来の技術



21世紀発明賞　受賞

PCT/JP2016/58949

- プログラム概念の特許
- **H30年度21世紀発明賞受賞**
- **6月12日　ホテルオークラで受賞式**

平成３０年度全国発明表彰 次第

公益社団法人発明協会　総裁　常陸宮殿下　　御臨場
常陸宮妃殿下

国歌奏楽

表彰式次第
開式
式辞　公益社団法人発明協会会長 野間口　有
選考経過報告　選考委員会委員長　末松　安晴 殿

表彰
恩賜発明賞・発明実施功績賞
２１世紀発明賞・２１世紀発明貢献賞

特別賞

内閣総理大臣賞	発明実施功績賞
文部科学大臣賞	発明実施功績賞
経済産業大臣賞	発明実施功績賞
特許庁長官賞	発明実施功績賞
発明協会会長賞	発明実施功績賞
日本経済団体連合会会長賞	発明実施功績賞
日本商工会議所会頭賞	発明実施功績賞
日本弁理士会会長賞	発明実施功績賞
朝日新聞社賞	発明実施功績賞
21世紀発明奨励賞	21世紀発明貢献賞

畠山一清賞・発明奨励金贈呈
発明賞
発明奨励功労賞

来賓祝辞
内閣総理大臣　安倍晋三 殿
文部科学大臣　林　芳正 殿
経済産業大臣　世耕弘成 殿

閉式

公益社団法人発明協会主催
平成 30 年度全国発明表彰
21世紀発明賞

放射性廃棄物の処理方法の発明
(特許第 6106892 号)

大津 秀暁	国立研究開発法人理化学研究所　仁科加速器科学研究センター　核変換データ研究開発室　高速 RI データチーム　チームリーダー
藤田 玲子	国立研究開発法人科学技術振興機構　ImPACT プログラム・マネージャー
松崎 禎市郎	国立研究開発法人理化学研究所　仁科加速器科学研究センター　核変換データ研究開発室　ミューオンデータチーム　協力研究員
櫻井 博儀	国立研究開発法人理化学研究所　仁科加速器科学研究センター　副センター長
下浦 享	国立大学法人東京大学　大学院理学系研究科　教授
水口 浩司	株式会社東芝　研究開発センター　トランスデューサ技術ラボラトリー　室長
大井川 宏之	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　事業計画統括部長
小澤 正基	国立研究開発法人科学技術振興機構　ImPACT プログラム・マネージャー補佐
仁井田 浩二	一般財団法人高度情報科学技術研究機構　コード開発部　非常勤嘱託

21 世紀発明貢献賞

松本 紘	国立研究開発法人理化学研究所　理事長
畠澤 守	東芝エネルギーシステムズ株式会社　代表取締役社長
児玉 敏雄	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　理事長
濵口 道成	国立研究開発法人科学技術振興機構　理事長

本発明は、高レベル放射性廃棄物に含まれる半減期の長い核分裂生成物（LLFP：Long-lived Fission Products）の資源化と低減化の実現を目指し、LLFPを取り出して短半減期核種または安定核種に変換するために、偶奇分離法と加速器による核変換法を組み合わせた方法を提案したものである。

半減期の長い奇数核種のみを取り出す方法として、奇数核種が核スピンをもつことを利用した偏光レーザーによる偶奇分離法を採用した。核変換では奇数核種を選択的に変換するために、加速器で生成したエネルギーのそろった2次中性子を利用する。パラジウム（Pd）を例にとると、半減期650万年のPd-107を、偶奇分離法によりPd-105と共に取り出し、エネルギーが7-9.5MeVの中性子を照射して、安定なPd-106とPd-104に変換する。核変換されたPdは自動車用触媒などに再利用される。本発明により、地層処分場の容量の低減、処理用の大容量加速器とレアメタルのリサイクルの分野の発展が期待される。本発明はImPACTのプログラムの一環である。

図1　本発明の目的と特長　　図2　従来の技術課題と本発明の技術

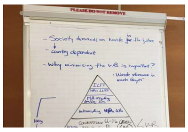
21世紀発明賞　表彰

目標達成のための戦略と今後

◆ **海外戦略**

世界初である本プログラムのコンセプトを世界に先駆け具現化するために**IAEAを巻き込み、先導的立場**を掴む：**TECDOCレポートとして来年初刊行予定**

Tentative title of the publication:
"Waste Burden Minimisation Strategies for Existing and Innovative Nuclear Fuel Cycles"



Technical Meeting and Consultancy Meeting on Advanced Fuel Cycle for Waste Burden Minimization in IAEA Headquarters Vienna, Austria on 21-24 June 2016,18-21 April 2017 and 17-19 Oct. 2017

IAEAおよび米、仏、ロ、インド、韓国、日本などのトップ研究者が参加し、ドラフト作成。

OECD/NEA-P&T： 放射性廃棄物のリサイクルの委員会発足/15IEMPT シリーズ発表

◆ **知財戦略**

PCT出願の指定国移行により、世界でイニシアチブを取るための海外戦略として知財戦略を活用

◆ **理学と工学の融合**

基礎研究成果を輸入することから脱却し、学理に根差した **日本発の目的基礎研究開発を基盤**とする

◆ **国プロの意義＆人材育成戦略**

現在の様々な分野、研究機関が参画する**オールジャパン体制**を維持発展させ、挑戦的な研究開発課題により**若手を引き込み**、社会実装に向けた研究開発を継続させる

OECD/NEA 会議

15th International Exchanging Meeting on Actinides and Fission Products Partitioning and Transmutation, 30 September – 3 October 2018, Manchester, UK

社会科学的観点を入れた公開シンポジウム

（2018年3月17日於JST）

基調講演
「科学技術を使いこなすために
ー科学知と生活知のギャップを
考えるー」
佐倉　統 （東京大学教授）

パネル討論
「高レベル放射性廃棄物の資源化」
ファッシリテータ：岸田一隆（青山学院大学教授）

研究成果の公開シンポジウム（2019年3月9日）

ImPACT藤田プログラム 公開成果報告会

核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化
ー新たな選択肢の提案、未来に向けてー

2019年3月9日（土）11:00～17:40 品川インターシティホール

プログラム　※講演者、題目、時間は変更となる可能性があります。ご了承ください。

11:00-11:10	**開会挨拶**　藤田 玲子 プログラム・マネージャー (JST)
11:10-12:10	**特別講演：放射性廃棄物の資源化の課題とその方策** 岡部 徹 教授 (東京大学)
第一部：ImPACT藤田プログラム 成果報告	
12:10-12:40	**全体概要："核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化" プロジェクトの概要と成果** 藤田 玲子 (JST)
12:40-13:45	昼休憩、ポスター発表準備
13:45-14:15	**分離技術：放射性廃棄物から資源を効率的に分別する** 金子 昌章 (NFD)
14:15-14:45	**核変換：新たな核変換の方法を探る** 下浦 享 (東京大学)
14:45-15:15	**理論とシミュレーション：重陽子の核反応データベースとシミュレーション** 仁井田 浩二 (RIST)
15:15-15:30	休憩
15:30-16:00	**加速器：核変換を実用化する革新的加速器** 櫻井 博儀 (理研)
16:00-16:30	**処分と資源化：より安全な処分と安心できるリサイクル** 西原 健司 (JAEA)
第二部：ポスターセッション	
16:30-17:30	**ポスターセッション・意見交換**　主要研究者
17:30-17:40	**閉会挨拶**　藤田 玲子 (JST)
17:50-19:50	**懇親会** (会費制)

お問合わせ・お申し込み

国立研究開発法人科学技術振興機構　革新的研究開発推進室　藤田PM担当
TEL：03-6380-8195　E-mail：impact-fjt@jst.go.jp
お申し込みはWEBサイトのみとなります。
https://www.jst.go.jp/impact/sympo/fjt2019/ にてお申し込みください。

まとめ

- 高レベル放射性廃棄物（HLW)をめぐる課題に関し、偶奇分離法と入射エネルギーを制御した加速器による核変換法を用いる方法を提示することにより、新しい選択肢を示すことができた
- 分離回収されたPdの奇数核種（Pd-105とPd-107)はレーザー偶奇分離法により原理的に実規模の約350分の１の装置により分離できる可能性を示した。
- 偶奇分離された奇数核種（例えば、Pd-105とPd-107）は入射エネルギー100MeV/u、入射ビーム電流1A、入射ビーム径10cm以上の重陽子ビームを用いる加速器により核変換できる可能性を示した。
- Pd-107およびZr-93を資源化するためのクリアランスレベル*についても各々3300Bq/gおよび90Bq/gと試算し、論文がアクセプトされた。

* どんな使い方をしても問題のないレベル

ご清聴ありがとうございました

第8回原子力政策・福島復興シンポジウム
東日本大震災と福島原発事故から8年
～未来世代から原子力バックエンド問題と福島復興を考える～

未来世代からみた 地層処分の社会的受容性

2019年3月7日（木）

松本礼史（日本大学生物資源科学部）
竹内真司（日本大学文理学部）

於：早稲田大学西早稲田キャンパス19号館710教室

報告の概要

- 社会的受容性分析フレームを用いて、未来世代からみた地層処分を考える
- 前半（松本担当）では、制度的受容性の側面から、後半（竹内担当）では、技術的受容性の側面から報告する
- 現代世代と未来世代にまたがる世代間の公平が課題

社会的受容性分析フレーム

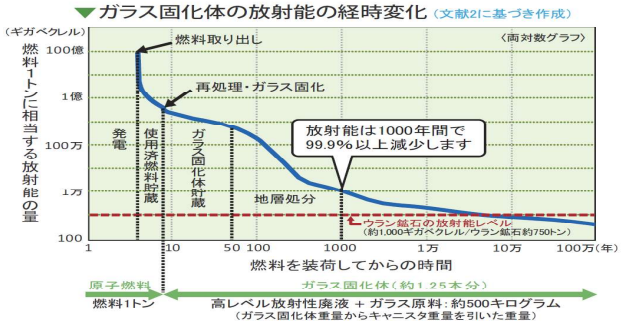
- 社会的受容性とは、元々は「社会が受け入れる」という受け身の議論。近年は「**社会が意志決定する**」ような能動的な議論に発展。

	全国レベル	地域社会レベル
技術的受容性	技術の安全性、信頼性の確立	地域環境との調和や地域住民からの信頼
制度的受容性	法制度等の手続き的公正、国民からの支持	条例、協定等の手続き的公正、地域住民からの支持
市場的受容性	経済性・分配	地域内の経済性や分配

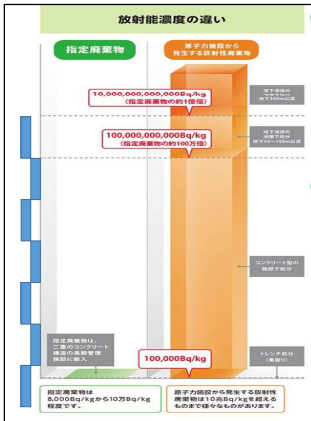
未来世代と世代間の公平

- 持続可能な開発とは、「将来の世代が自らの欲求を充足する能力を損なうことなく、今日の世代の欲求を満たす開発」
  国連・環境と開発に関する世界委員会［ブルントラント委員会］の定義（1987年）
- 背景には、資源の枯渇、地球規模の環境問題（森林破壊・砂漠化、気候変動、生物多様性）の進展

地層処分の時間フレーム



（出所）原子力発電環境整備機構（NUMO）（2018）地層処分・安全確保の考え方，
https://www.numo.or.jp/kagakutekitokusei_map/



● 8000Bq/kgとは？
廃棄物処理の過程で、放射線の影響を最も受けるのは、埋立処分を行う作業者とされています。この埋立作業者の年間での被ばく線量※1をシミュレーションした結果、通常の処理方法でも原子力安全委員会（現：原子力規制委員会）が示した「年間で1mSv（ミリシーベルト）」を下回り、安全に処理できると確認されている基準が「8,000Bq/kg」です※2

※1：作業者は、1日8時間、年間250日の労働時間のうちの50%（合計1000時間/年）の時間を焼却灰のそばで作業すると仮定

※2：指定基準を8,000Bq/kgとすることについては、環境大臣から放射線審議会にも諮問を行い、「妥当である」旨の答申を得ています。

● 処理する指定廃棄物のレベルは？
原子力施設で発生する廃棄物は、10兆Bq/kg超えるものなど様々なものがあります。
一方、指定廃棄物のほとんどのものは10万Bq/kg以下であり、比較すると約1億分の1とはるかに小さいものになります。

単位の換算
10兆Bq/kg＝1000万GBq/t
10万Bq/kg＝0.1GBq/t

（出所）環境省・放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト
http://shiteihaiki.env.go.jp/

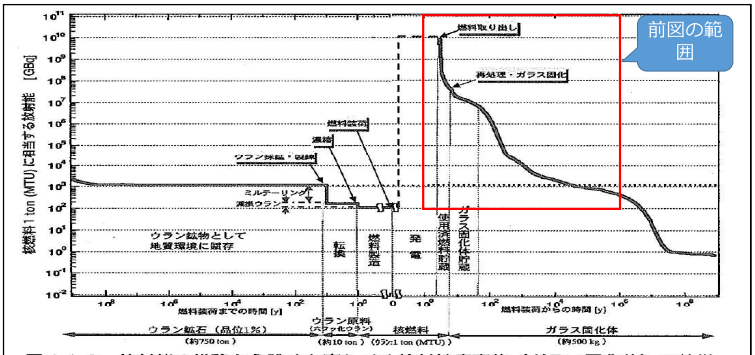
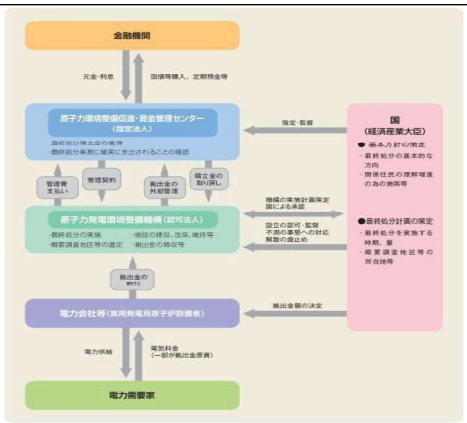


図 1.1-2　放射能の推移から眺めた高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の特徴
（濃縮度 4.5％の核燃料 1 MTU 相当）
（出所）核燃料サイクル開発機構（1999）わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性：地層処分研究開発第2次とりまとめ・総論レポート，JNC TN1400 99-020

世代間公平の考え方①

- 未来世代に費用負担やリスク負担をかけない
  - ➢未来世代が必要とする費用の確保
    - ➢最終処分積立金の制度
  - ➢未来世代が負うリスクの回避
    - ➢現在の世代内で、安全な処分を完了させたり、無害化することは不可能

地層処分の費用負担の仕組み



（出所）公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
https://www.rwmc.or.jp/financing/final/financing1.html

世代間公平の考え方②

- 未来世代の選択権を保障する
  - ➢未来世代が、現在の世代と異なった選択を行うことができることを保障する（制度的側面）

未来世代の選択権を保障するために①

- 意思決定の可逆性と廃棄物の回収可能性
- 意思決定の可逆性とは
  - ➢現在の世代の選択を、未来世代が元に戻す
  - ➢現在の世代の選択とは異なった選択を、未来世代が行う
  - ➢可逆性とは、地層処分政策や事業計画の一連の段階やある段階を元の段階へ戻す可能性と定義（OECD/NEA 2012）

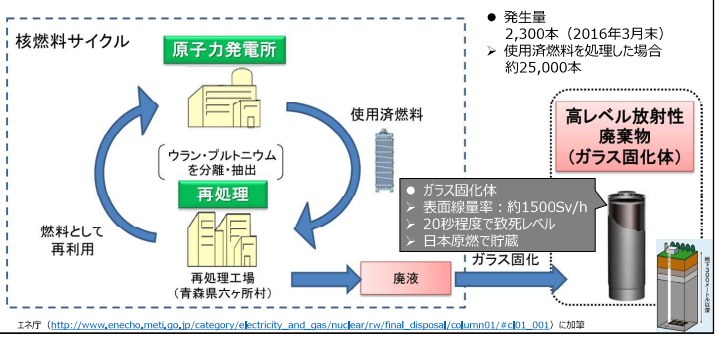
未来世代の選択権を保障するために②

- 廃棄物の回収可能性とは
  - ➢地層処分した廃棄物を地表に回収する技術的可能性
- 現在世代がHLWを地下深くに地層処分することは将来世代の選択権を奪う

後半の内容

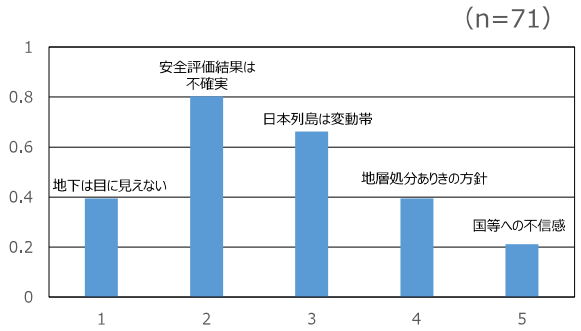
- ●高レベル放射性廃棄物（HLW）とは
- ●地層処分が受容されない理由
- ●回収可能性について
- ●未来世代からみたHLW処分のあり方

高レベル放射性廃棄物（HLW）とは



エネ庁（http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/final_disposal/column01/#cl01_001）に加筆

地層処分が受容されない理由（アンケート結果）



回収可能性について ～我が国の位置づけ～

●今後の技術その他の変化の可能性に柔軟かつ適切に対応する観点から、基本的に最終処分に関する政策や最終処分事業の可逆性を担保することとし、今後より良い処分方法が実用化された場合等に将来世代が最良の処分方法を選択できるようにする。このため、NUMOは、特定放射性廃棄物が最終処分施設に搬入された後においても、安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性（回収可能性）を確保する。

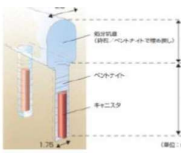
（特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針；2015年5月改定）

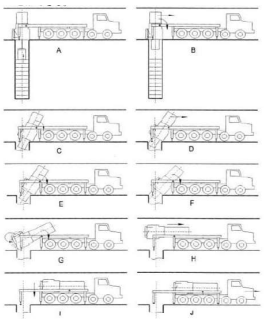
回収可能性に関する各国の状況

フィンランド	安全規制制度では、回収可能性の規定なし。 オルキルオトでは、閉鎖後一定期間の回収可能性に関する要求事項あり。
スウェーデン	安全規制制度では、回収による安全性への影響の報告を義務付け。
フランス	法律で100年以上の可逆性担保を要求。 安全規制制度では、可逆性確保による操業中・閉鎖後の安全性の担保を要求。
アメリカ	法律で操業期間中の回収可能性の維持を義務付け。 安全規制制度では、定置作業開始から50年間の回収可能性維持を要求。

平成２９年度エネ庁（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）報告書

フィンランド

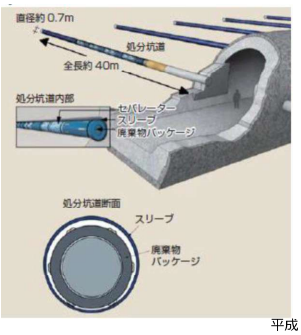




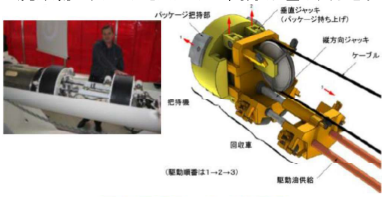
- ●廃棄体定置時の概念としては、回収性は考慮せず
- ●但し、回収は処分場閉鎖後も長期に渡って可能

平成２９年度エネ庁（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）報告書

フランス



- 処分坑道に鋼製スリーブを設置
- 廃棄物パッケージはスリーブ内に定置
- 処分坑道入口はベントナイト／コンクリートプラグ設置
- 廃棄物パッケージとスリーブの間隙は埋め戻しせず

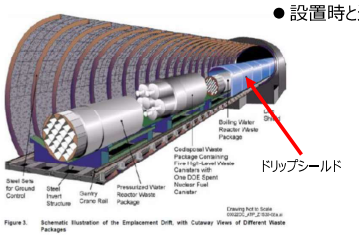


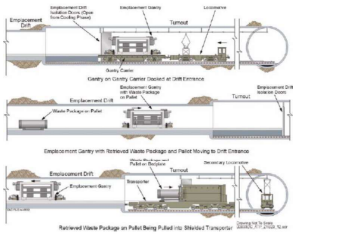
回収用牽引ロボット装置例(Dossier2005)

平成２９年度エネ庁（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）報告書

アメリカ

- 廃棄物パッケージへの水滴接触、坑道内落石による損傷回避を目的に、閉鎖時にドリップシールド設置
- 回収時は、設置時に用いた専用車両や移送装置を使用
- 設置時と逆手順で回収





平成２９年度エネ庁（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）報告書

回収可能性のメリット（意義）と留意点

- ●技術の進展、将来世代に選択の自由度
- ✓長期開放（100年＜）による坑道内敷設物（鋼材、コンクリート材、人工バリア材など）の酸化環境下での化学的変質
- ✓施設の長期に渡る維持管理
- ✓作業員の被爆リスク
- ✓モニタリング項目とその方法
  （ボーリング孔がバイパスになり得る）

未来世代からみたHLW処分のあり方

- ●世代間の公平性の観点
  - ➢地層処分：地層の包蔵性に期待／放射性核種の漏洩のリスク（目に見えない不安）
  - ➢地上管理：不測時の対応／自然災害、テロ、長期管理のリスク
  - ➢回収可能性：将来技術・不測時の対応／長期管理のリスク
  - ➢減容・有害度低減技術：短寿命化／地層処分は必要、技術的なハードル

未来世代からみたHLW処分のあり方

A. 回収は処分場閉鎖前まで

B. 処分場閉鎖後も回収可能性を残す
  ➢モニタリングの継続（何を？　いつまで？　バイパス形成・・）

A or B or ・・？

- ●技術開発の継続
  - ✓地上管理
  - ✓減容・有害度低減技術（＋地層処分）
  - ✓直接処分
  - ✓超深孔処分
- ●技術継承・人材育成

まとめ

- ●回収可能性は、地層処分への受容性、世代間の公平性の観点から有効なオプション
- ●地層処分の受容性への課題
  - ✓地層（地質環境）への理解促進
  - ✓廃棄物処分に関する対話（フラットかつ冷静な）
  - ✓国・実施主体・技術者・研究者の信頼獲得

早稲田大学レジリエンス研究所
第8回原子力安全規制・福島復興シンポジウム
「東日本大震災と福島原発事故から8年
～未来世代から原子力バックエンド問題と福島復興を考える～」
平成31年3月7日(木)　13:00～17:00　　於：早稲田大学19号館710教室

第1部の報告への討論

森口　祐一

東京大学大学院・工学系研究科・都市工学専攻

日本学術振興会学術システム研究センター主任研究員（環境学担当）

福島県環境創造センター研究部環境動態部門・部門長
日本学術会議（第24期）連携会員・総合工学委員会原子力安全に関する分科会委員
原発事故による環境汚染調査に関する検討小委員会委員長
防災学術連携体・監事

6度目のシンポジウム参加：発災3年後から8年後まで

○第3回原子力安全規制・福島復興シンポジウム　東日本大震災・福島原発事故から3年
～原子力安全規制の今後のあり方と福島復興を考える～平成26年3月7日(金)
＜第2部：3年間で変わったもの、変わらないもの。福島からの報告＞
演題：復興への途：避難指示解除に向けた原子力規制委員会検討チームの議論から

○第4回原子力安全規制・福島復興シンポジウム　東日本大震災と福島原発事故から4年
～原子力安全規制の今後のあり方と福島復興を考える～平成27年3月11日(水)
＜第2部：福島復興をめぐって～原子力ガバナンスと市民社会～＞
演題：福島原発事故による放射性物質汚染と環境回復政策のあり方

○第5回原子力安全規制・福島復興シンポジウム　東日本大震災と福島原発事故から5年
～原子力安全規制の今後のあり方と福島復興を考える～平成28年3月7日(月)
＜第2部：東日本大震災・原発事故から5年を経た福島復興の現状と課題
～長期的支援のための制度形成を考える～＞
演題：「際」からみた事故後の環境回復の課題

○第6回原子力安全規制・福島復興シンポジウム　東日本大震災と福島原発事故から6年
～原子力安全規制の今後のあり方と福島復興を考える～平成29年3月7日(火)
＜第2部：福島復興のこれから：福島から日本の地域社会の持続可能な「かたち」を考える＞
演題：福島の放射能汚染（、事故処理）と地域復興

○第7回原子力安全規制・福島復興シンポジウム　東日本大震災と福島原発事故から7年
～原子力バックエンド問題と福島復興の今後のあり方を考える～平成30年3月7日(水)
第1部　「フクシマの教訓」をふまえ、原子力バックエンド問題を考える」　討論者
第2部　「福島復興のこれから：福島から日本の地域社会の持続可能な「かたち」を考える」　討論者

○第8回原子力安全規制・福島復興シンポジウム　東日本大震災と福島原発事故から8年
～未来世代から原子力バックエンド問題と福島復興を考える～平成31年3月7日(木)
第1部　「未来世代から原子力バックエンド問題などの社会的合意形成が困難な課題を考える」討論者

第1部のテーマ：未来世代から原子力バックエンド問題などの社会的合意形成が困難な課題を考える

- 未来世代：何世代先まで考えるのか？

→　西條教授らのフューチャーデザイン：イロコイ族の7世代を参考

- 福島の中間貯蔵、廃炉の時間スケールとして提示されているのは数十年スケール。これに対し、使用済み核燃料等のバックエンド問題の時間スケールはこれよりはるかに長い

→核変換技術は、この時間スケールを短縮しうる技術
（現世代・近未来世代から遠未来世代への先送りを緩和する手段？）

- 核変換技術について：
  - 実使用規模へのスケールアップに要する時間スケールは？
  - 社会的受容性を獲得するために要する時間スケールは？
  - 決定から稼働させるまで、稼働させてから処理を終えるまでに要する時間スケールは？

新技術の社会的受容性

- （理系的な）科学リテラシーへの期待と限界
- （核変換のような新たな選択肢を含む）複数の選択肢の中から、「最適」な案を「社会的合意」によって選ぶという政策決定過程が一般論として日本において実現可能か？
- 困難だとすれば障壁は何か？
- 「総論」として受容可能性が高い選択肢であれば、実際に導入する場合、施設立地の合意は得られやすいか？
  （再生可能エネルギー技術でも立地問題は存在する。）

放射性廃棄物の資源化

- 福島事故由来の除染土壌の再生利用問題の例
- クリアランスレベル（事故前からの「卒業」基準）
  →今回の本題ではないが、1F廃炉（事故処理）に伴うサイト内廃棄物にはどのような基準を適用すべきか？
- 核変換技術について、核燃料サイクルと切り離し、直接最終処分技術における半減期短縮に適用するという選択肢は？

８年目の福島と
３０年後の福島を考える

早稲田大学レジリエンス研究所
第８回原子力政策・福島復興シンポジウム
東日本大震災と福島原発事故から８年
～未来世代から原子力バックエンド問題と福島復興を考える～

テレビユー福島・桶田敦（Atsushi Oketa）

自己紹介

桶田　敦（おけた　あつし）
１９５８年生まれ
信州大学大学院理学研究科地質学専攻
早稲田大学大学院政治学研究科
ジャーナリズムコース後期博士課程

■　現　在
テレビユー福島報道制作局専門局長
前ＴＢＳテレビ情報制作局次長
兼報道局解説専門記者室解説委員（科学，災害担当）
ＮＰＯ法人環境防災総合政策研究機構上席研究員
日本地震学会広報委員
防災士

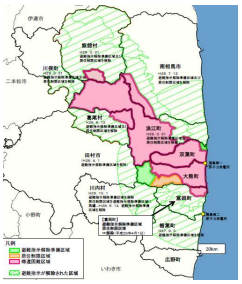
■　核開発や原子力，災害報道に関しての主な職歴
旧ソ連のチェルノブイリ原発事故，セミパラチンスク核実験場，ウラルの核事故現場，
フランスやイギリスの核燃料再処理の取材
旧ソ連の核兵器や原子力潜水艦の取材
三宅島，雲仙普賢岳，北海道有珠山噴火取材などの火山災害の取材
阪神淡路大震災取材
新潟県中越地震，中越沖地震取材
東海JCO事故取材
その他，地震や津波，防災に関する特番を制作

８年目の福島を考える前に・・

８年が経っても・・

- 福島県の被害（県発表：2019年2月現在）
  - 死者　4090人
  - 県内避難者　9323人　　・県外避難者　32768人
- 避難区域が設置（帰還困難・居住制限・避難指示解除準備）
- 緊急事態宣言発令中
- 災害対策本部（県・各市町村とも）設置中
- 警察本部災害警備本部設置中　⇒　現在も行方不明者の捜索
- 第一原発3キロ圏内は、航空機、船舶の立ち入り制限

避難区域の状況



空から見た８年目の福島

地上では・・

福島民報より

一方、除染土の再利用に関して

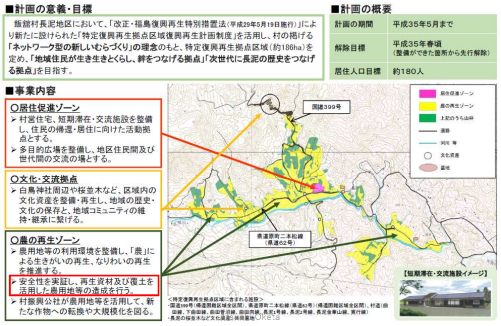
南相馬市小高区の常磐自動車道拡幅工事に、東京電力福島第１原発事故に伴う除染で生じた汚染土を再利用する環境省の実証事業案に反対する市民の会は2月27日、３０５５人分の署名を添えて門馬和夫市長に事業に応じないよう要望

飯舘村長泥地区・特定復興再生拠点

汚染土の農地利用

↓

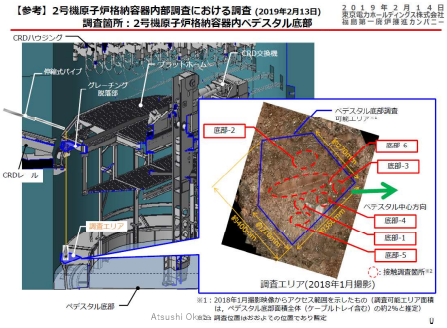
広域除染（環境省）



第一原発では・・・

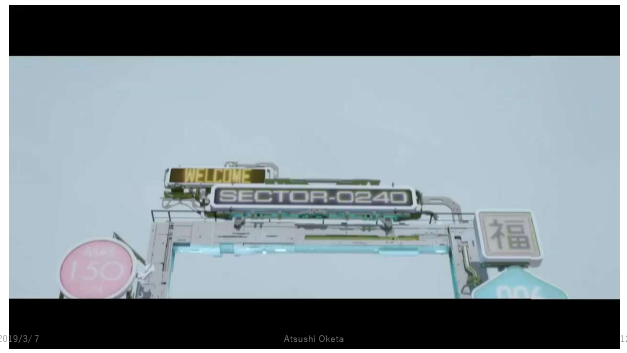
格納容器内部
43μSv/h

堆積物に最も近いところでの放射線量
7.6μSv/h



2号機格納容器内部映像（東電提供）

30年後の福島を考える　MIRAI2061



MIRAI2061で描かれた浜通り

- 第一原発の姿はない

“発電所は眠りについた”

廃炉：どう定義するか？

「非常に厳しい質問だ」としたうえで、普通の原発で行われる廃炉は、原子炉建屋などを解体してさら地にすることになっているものの、福島第一原発は状況が違う」
「福島第一原発の最後の姿は振れ幅が大きすぎて今の段階で思い描くことが非常に難しい」

小野明東電廃炉カンパニー代表（2月28日会見）

ダークツーリズム　悲劇を巡る旅に

- 1966年　1966年にイギリスのマルコム・フォーレー教授、ジョン・レノン教授によって提唱された概念
- 人類が起こした悲劇――戦争、災害、差別、貧困、虐殺、核などが原因になって引き起こされたもの――にまつわる場所に訪れる旅のことを指す
- 例えば、アウシュヴィッツ強制収容所、チェルノブイリ、広島・原爆ドームや沖縄のひめゆりの塔なども、ダークツーリズムのスポット

日本におけるダークツーリズムの概念

- 井出明（観光学者）
  - ダークツーリズムとは、戦争や災害をはじめとする人類の悲しみの記憶を巡る旅である
  - 防災の世界では、しばしば「人は2度死ぬ」というフレーズが語られる肉体的死が1度目の死であるのに対し、その人を知る人がいなくなってしまうことを2度目の死と呼ぶ「2度目の死」は多重的な意味を持つ
  - そうなるとここに住む人々は、**以前よりも災害を恐れなくなってしまうだろうし、何より備えを怠ることになりかねない**

我々日本人は、これまであまりにも地域のダークサイドに対して無関心に生きてきた

日本人的　“残さない過去”

- 例えば、東日本大震災
  - 遺体安置所の映像
  - 津波で犠牲になったご遺体の映像
  - 震災遺構
- では、**福島第一原発は・・・**
  - **福島県民の感情　⇒　廃炉＝跡形も無くきれいに　⇒　公園**

原発事故の教訓は継承されるのか？

「観光地化計画」ではない ダークツーリズム

- **アーカイブスとしての**
  - **第一原発　第二原発**

事故の教訓を語るための“現場”

- **アーカイブ拠点との連携**
  - **県アーカイブ**
  - **市町村アーカイブ**
  - **東電　廃炉資料館**

ご静聴ありがとうございました

お問い合わせは、
桶田敦（Atsushi Oketa）　atsushi.oketa@gmail.com

文化と復興

福島復興シンポジウム@早稲田大学

二度目の喪失、という問題

二度目の喪失

防潮堤の建設による景観の喪失
沿岸部かさ上げにおける里山の解体
地域のなかの寺社仏閣のひどい取り扱い
解体助成金による古い町並みの喪失
復興予算によるハコモノ依存
文化的価値のある場所の宅地化

などなど

これから求められるのは
浜通りにおける
文化のまちづくり

ひとりひとりの喪失と向き合う
震災の「語り直し」にもつながる
何より地域の魅力を膨らませてくれる

ビジョン・理念がない

ビジョンなき地域に
膨大な予算が降りてきてしまい
いたずらに結論を急がされ
地域に負担を残し
文化を奪い
東京の代理店を儲けさせた

→双葉では繰り返さないように・・・

災害時の「二度目の喪失」を防ぐには？

平時の「文化的地域づくり」が必要
（平田オリザ「文化の自己決定能力」）

いわき・双葉・北茨城エリア

エネルギー生産地である（あった）
首都圏から近く、産業遺構も多い
エネルギーを考えることを通じて
多くの人たちに「学び」を与えつつ
食や温泉なども楽しんでもらえる

多くの人たちが観光することで
廃炉作業や情報の透明化が図れ
災害の記憶の継承にもつながる？

福島第一原発周辺一帯を
学びの観光地とすることで

原発事故に関する「遺構」や関連物を保全
復興の現状について広く発信
地域の観光産業にもプラスの効果
世界の人たちが訪れる
線量や廃棄物に関する情報発信の透明化
エネルギー教育、防災教育の場
新しい「浜通り」に

多分何十年とかかる

でも、
議論を始めることはできる
働きかけを始めることはできる

保全のための働きかけ
展示のあり方の模索
建築家や芸術家の受け入れ
ルールづくり
拠点づくり
県美、県博、大学との連携
その取り組み自体をプログラム化

→もはや地域づくり

これから求められるのは
浜通りにおける

文化のまちづくり

ひとりひとりの喪失と向き合う
震災の「語り直し」にもつながる
何より地域の魅力を膨らませてくれる

future meeting

未来会議

対話で育てる未来の種

はまどおり大学

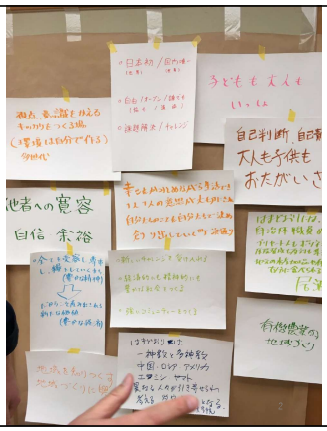
ここから、世界が、ひろがるよ。

月１回の放課後の寄り道、
学びで、もっと人生は面白くなる。
明日の私、変わる。

未来会議事務局長　はまどおり大学代表
いわき法律事務所　弁護士　菅波香織

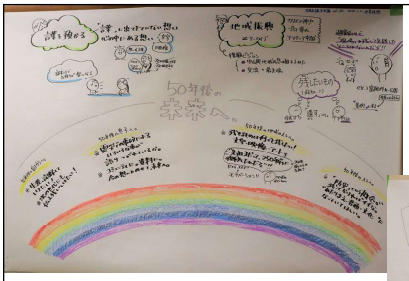
誰がどう決めるのか？

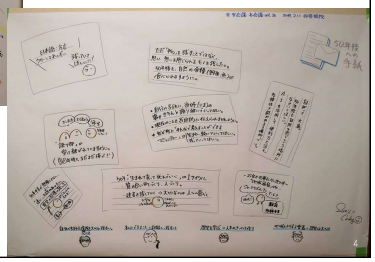
- この地域で暮らす私たちは、この地域をどんな地域にしていきたいのか？の議論ができていないのでは？
- 「はまどおりビジョンを考えてみっぺ！」第１回ワークショップを開催（平成３１年１月１３日、主催：はまどおり大学）



どんな地域でありたいか？何を遺すか？

- 未来会議vol.20「５０年後への手紙」
- 平成３１年２月１１日（月・祝）午後１時から　菩提院にて





原発被災地域の再生経過
小高復興デザインセンターの試み

2019年3月7日＠早稲田大学
東京大学都市工学科・窪田亜矢
地域デザイン研究室・復興デザイン研究体

従来の都市計画的アプローチ ---------- 前提条件

「目標像を構築、設定できる」
「実現したい主体が存在する」
「サイクルは持続する」

目標像の設定
・住民参加
・論拠となるデータ

▼

行政による手段の提供
・土地利用規制
・事業（基盤整備や補助）

▼

多様な主体による実現

▼

目標像の達成

▼

PDCAサイクル

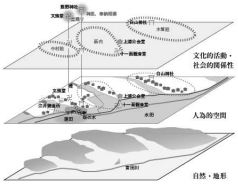
前提条件が成立していない
新しい方法論、考え方が必要

再生の経過をふまえた考察
何かをやりたい主体の存在に依拠
まずは形にする
形にしつつ、調整する
その過程で公共性と関連づける
目標像の方向性が、地域で共有

復興の態度の再構築
問題の解決という結果だけではなく
実践の過程と主体に意義がある

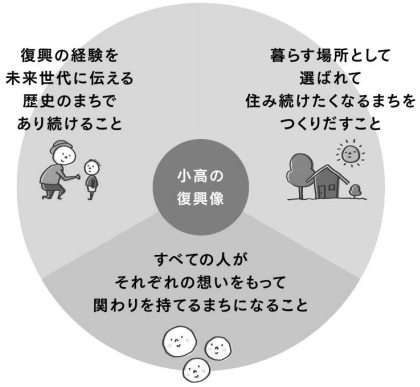
福島県南相馬市小高区 2014 年からの取り組み

1 何をすべきか？話し合う、調査する



2 協働の場をつくる

3 復興像の方向性を共有する



4 実践を望む色んな意思を実現してみる

5 地域特性に合う実践に調整していく

まちなか

集落

ひまわり迷路、公会堂再建
海岸アート、土地管理組織設立

6 原発被災と復興の方向性がみえてくる

解体後の空地活用	集落単位の主体性再構築
↓	↓

7 内容調整した実践を公共事業化する

↓	↓
まちなか菜園事業	行政区盛り上げ支援事業