

福島原発事故後の原子力政策の課題と展望

－ 核燃料サイクル政策からみるバックエンド問題 －

明治大学法学部

勝田忠広

はじめに

- **なぜ、日本の原子力・核燃料サイクル政策において、高レベル廃棄物問題が生じるのか？**
 - A. なぜ、この廃棄物が発生してしまうのか？
 - B. どのようにして、この廃棄物の発生を受け入れるべきなのか？

• 内容

1. シナリオ
 - 試算：何が将来に起こるのか？
2. 政策的課題
 - プルトニウム問題：なぜ問題なのか？
 - 使用済み核燃料管理問題：サイト内乾式貯蔵
 - 廃棄物問題：炉内廃棄物処分
3. おわりに
 - 福島事故の反省は生かされているのか？
 - これからは何が必要なのか？

2

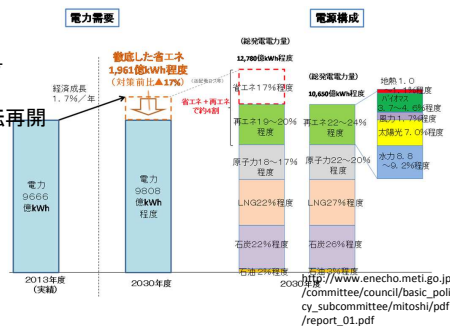
1. シナリオ(1/8)：試算条件

• 目的

- 福島事故後の、原子力発電の再稼働および再処理に伴う課題を定量的に評価。
 - 政府の現状の想定(経済産業省「長期エネルギー需給見通し」2015年7月)では、2030年度までに20～22%をまかなうことになっている(発電電力量2,343億kWhに相当)。

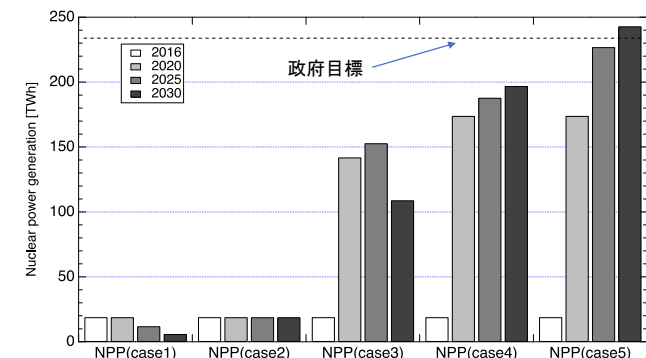
• 想定

- 2016年：実績(2017年から想定)
 - 運転中の原発：川内1号と2号、及び伊方3号
 - 高浜1-4号は全て2020年運転開始とした。
- 2020年：再稼働申請中の発電所は全て運転再開
 - 延期を公表した大間は2025年に運転再開
- 政府の想定に合わせるために
 - 2025年：追加の原子力発電所6基の導入
 - 各電力会社から任意に選択
 - 2030年：追加の原子力発電所2基の導入
 - 東京電力、関西電力から任意に選択



- 六ヶ所再処理工場：2018年から運転開始、1%がプルトニウム分離量(8トン/年)
- 分離プルトニウム量：10,835kg(国内)、20,696kg(英国)、16,278kg(仏国)：計47トン 2014年末
- MOX利用：プルサーマル計画に基づく。最小値は、福島事故前に運転実績があるか、立地自治体が了解している場合
- 使用済み燃料：2015年時点で燃料貯蔵プールに計14,730トン、六ヶ所プールに計3,000トン。³

1. シナリオ(2/8)：将来の原子力発電の発電電力量



Case 1: 2016年時点で再稼働した原発のみ

Case 2: 2016年時点で再稼働した原発のみ、寿命延長60年にした場合

Case 3: 2016年時点で申請中の原発が全て稼働した場合

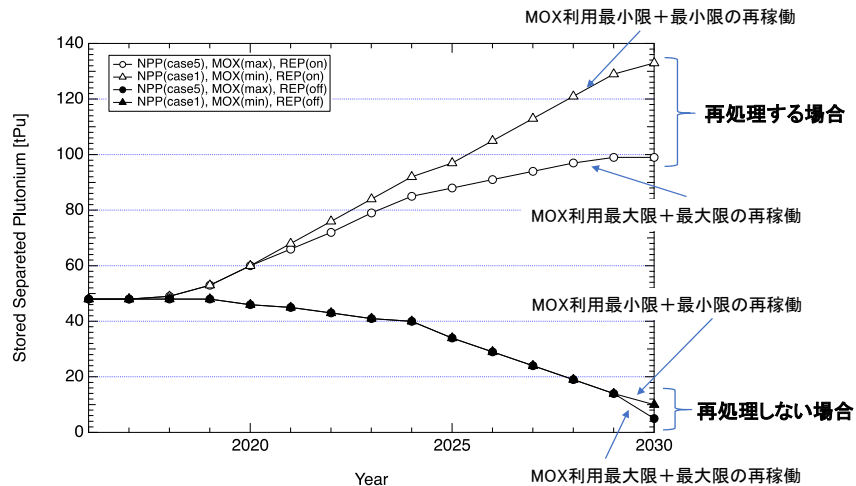
Case 4: 2016年時点で申請中の原発が全て稼働し、かつ寿命延長60年になった場合

Case 5: Case4の条件に、さらに申請していない原発を任意に8基再稼働した場合

- 現状のままでは政府目標の約1/50程度。
- 目標達成には、申請中の原発に加え8基程度の稼働が必要(しかも全て寿命延長)

4

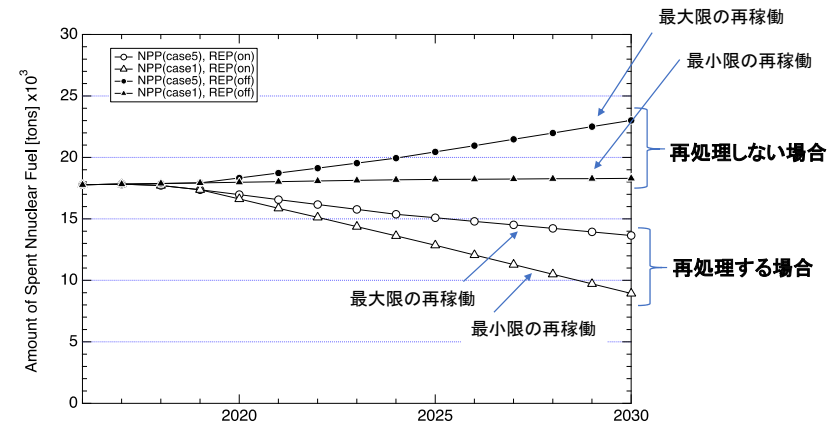
1.シナリオ(3/8) 試算結果 :分離プルトニウム累積量



- 政府目標(プルサーマル利用18基導入)を達成しても現状の約2倍(約100トン)に増加

5

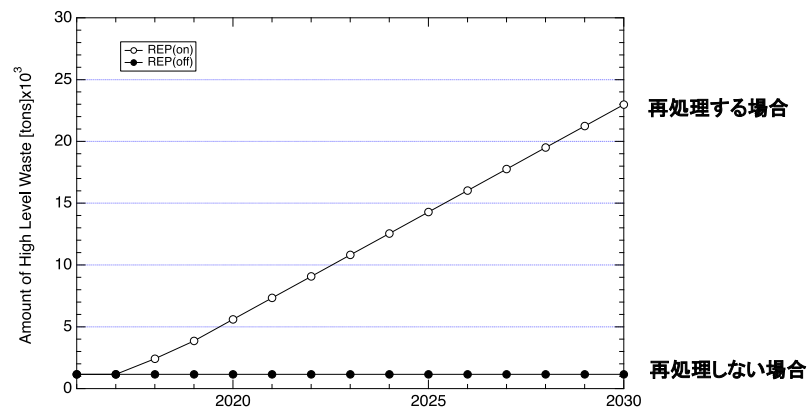
1. シナリオ(4/8) 試算結果 :使用済核燃料発生量



- 再処理によって使用済核燃料は減少 (特に再稼働がなければ効果大)

6

1. シナリオ (5/8) 試算結果 :高レベル廃棄物発生量



- 再処理により高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)は増加

7

1. シナリオ(6/8) :放射性物質

通常の運転時

		希ガス	¹³¹ I	トリチウム	¹³⁷ Cs	合計
原子力発電所	[/年]	1.5x10 ¹⁵	8.0x10 ¹⁰	3.7x10 ¹²	-	1.5x10 ¹⁵
六ヶ所再処理工場	[/日]	9.0x10 ¹⁴	4.6x10 ⁹	4.9x10 ¹³	-	9.5x10 ¹⁴
	[/年]	3.3x10 ¹⁷	1.7x10 ¹²	1.8x10 ¹⁶	-	3.5x10 ¹⁷
福島第一原発事故(委員会)	[/回]	?	1.5x10 ¹⁷	?	1.2x10 ¹⁶	1.6x10 ¹⁷
福島第一原発事故(保安院)	[/回]	?	1.3x10 ¹⁷	?	6.1x10 ¹⁵	1.3x10 ¹⁷

- 原発1年分が再処理1年分に相当
- 再処理1年分が福島事故数回分に相当

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	24,100	1.00
80	25,600	679.0	73.9	29,410	1.22
50	16,000	679.0	46.2	45,320	1.88
20	6,400	679.0	18.5	108,980	4.52
10	3,200	679.0	9.2	215,070	8.92

- 稼働率が20%になれば処理単価は4倍以上に

8

1. シナリオ(7/8) : 累積被曝線量と 土壌汚染

Wedgeモデルの試算結果

(a) Rokkasho and Fukushima accident [PBq]			(b) Safety goal and Sendai accident assumption (Cs-137 equivalent) [TBq]	
Total inventory of Cs-137	The atmospheric release of Cs-137	Fukushima accident (Cs-137 equivalent)	Safety Goal	Assumed Sendai nuclear power plant accident
9,130	9,130	10	"It must be well below 100TBq in case of a severe accident"	5.6

事故時

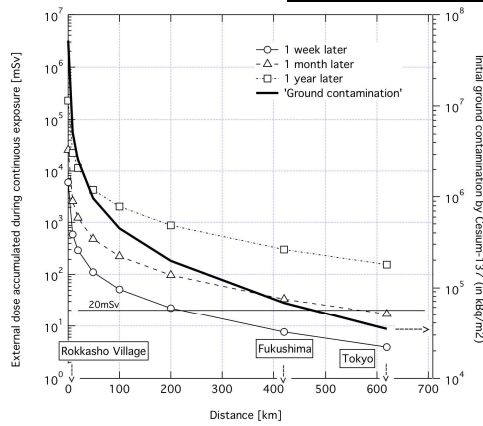


Figure 3.1 External dose accumulated during continuous exposure & Initial ground contamination

- 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を要求する場合、放射能放出量は約160万分の1にまで下げないといけない。
(9,130PBq/5.6TBq=約160万)

- 東京都の放射線量は約100mSv/年
(IAEAの避難の目安20mSv/年の5倍)
- 東京は約3万kBq/m²
(福島事故時の250km圏内の汚染状況に相当)

Estimate of the behavior of the radioactive plume	Cs-137 fraction	1 (=100% emission)
	Exposure time to external gamma radiation	1 week, 1 month, and 1 year
	Average wind velocity	7 m/s
	Aerosol deposition velocity	0.01 m/sec
	Height of the mixing layer	1 km
	Angular width of the wedge	0.25 radians
	Average shielding factor for external gamma radiation	0.33

1. シナリオ (8/8) :ガン死亡リスク

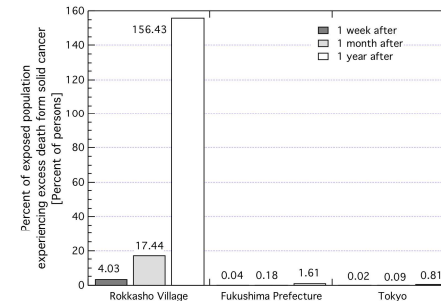


Figure 3.3 Percent of exposed population experiencing excess death

ガン死亡リスク

- 六ヶ所村が一番高いが、福島県と東京都でも1%

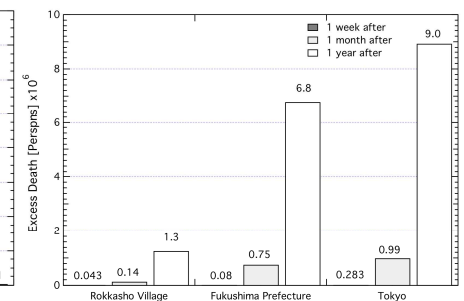


Figure 3.4 Excess deaths in downwind area

ガン死亡リスク(人数に換算)

- 人口密度の大きから六ヶ所村よりも福島県と東京都が大きい

Assumed downwind area conditions

Location	Distance from the Rokkasho reprocessing plant [km]	Population [Persons]
Rokkasho Village in Aomori Prefecture	1-10	About 10,000
Fukushima Prefecture	400-420	About 1,924,000
Tokyo Prefecture	600-620	About 13,500,000

2. 政策的課題 (1/6): プルトニウム問題 (1)

・ プルトニウムとは

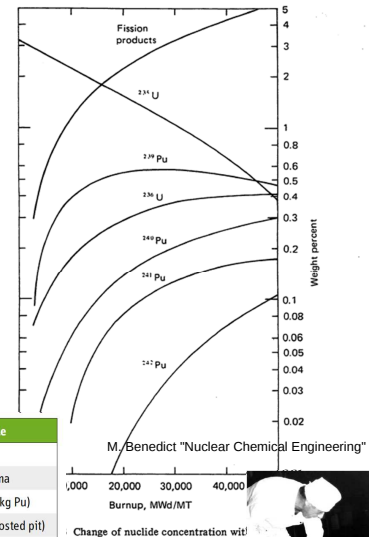
- 核分裂性 Pu239, Pu241 ...
- 非核分裂性 Pu240, Pu242 ...
- 核兵器級 全プルトニウムのうち、核分裂性が約90%以上
- 原子炉級 全プルトニウムのうち、核分裂性が約70%程度



<http://iz.about.com/d/chemistry/1/0/1/R/plutonium.jpg>

・ 有意量: Significant Quantity, SQ

- 1個の核爆発装置の製造の可能性を排除し得ない核物質質量
 - プルトニウム : 8kg
 - 高濃縮ウラン(濃縮度20%以上) : ウラン235: 25kg
 - 低濃縮ウラン(濃縮度20%未満) : ウラン235: 75kg



ロシアの再処理工場での作業風景(1994年)

<https://www.armscontrol.org/system/files/Proposals%20to%20strengthen%20PT.pdf>

	Plutonium	HEU	Yield	Example
IAEA Significant Quantity (SQ)	8 kg	25 kg*		
1 st -generation gun-type weapon	n/a	50-60 kg	20 kt	Hiroshima
1 st -generation implosion-type weapon	5-6 kg	15-18 kg	20 kt	Nagasaki (6 kg Pu)
2 nd -generation single-stage weapon	4-5 kg	12 kg	40-80 kt	(levitated or boosted pit)
Two-stage low-yield weapon	3-4 kg Pu and 4-7 kg HEU	100-160 kt	W76	
Two-stage medium-yield weapon	3-4 kg Pu and 15-25 kg HEU	300-500 kt	W87/W88	
Two-stage high-yield weapon	3-4 kg Pu and 50+ kg HEU	1-10 MT	B83	

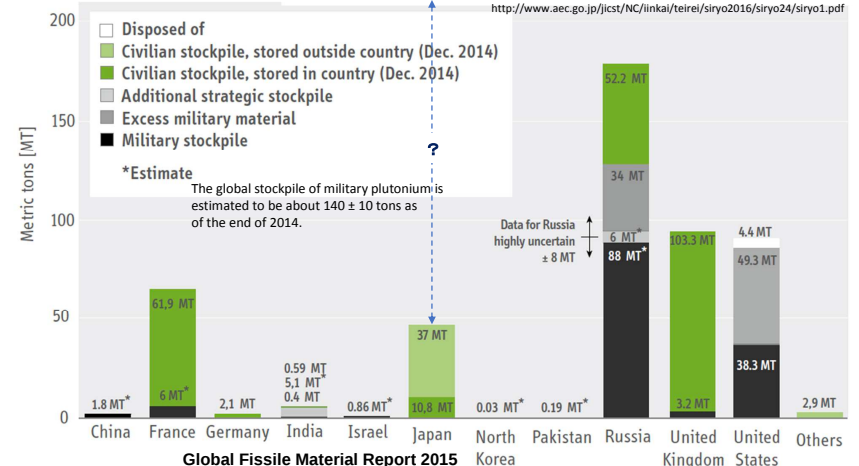
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/linkai/teirei/siryoy24/siryoy1.pdf>

2. 政策的課題 (2/6): プルトニウム問題 (2)

分離プルトニウムの管理状況

			平成26年末時点	平成27年末時点
内訳	国内	総量 (国内+海外)	約47.8トン	約47.9トン
		国内	約10.8トン	約10.8トン
	海外	(総量)	約37.0トン	約37.1トン
		英国	約20.7トン	約20.9トン
	仏国	約16.3トン	約16.2トン	

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/linkai/teirei/siryoy24/siryoy1.pdf>



Global Fissile Material Report 2015
<http://fissilematerials.org/library/gfmr15.pdf>

2. 政策的課題 (3/6): プルトニウム問題 (3)

2015年末のデータ

- 原子炉施設等に貯蔵されている使用済燃料等に含まれるプルトニウム
 - 136,176kgPu (136.1 ton)
- 再処理施設に貯蔵されている使用済燃料に含まれるプルトニウム
 - 26,713kgPu (26.7 ton)
- 放射性廃棄物に微量含まれるプルトニウム等、当面回収できないと認められているプルトニウム
 - 148kgPu (0.1 ton)

合計 162.9 ton

我が国のプルトニウム管理状況
平成28年7月27日
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2016/siryo24/siryo1.pdf>

Facility	Type	Operational Status	Safeguards Status	Capacity [tHM/yr]
China				
Jiuquan	Civilian	Operating	(no)	50-100
France				
La Hague, UP2	Civilian	Operating	yes	1000
La Hague, UP3	Civilian	Operating	yes	1000
India				
Trombay	Military	Operating	no	50
Tarapur-I	Dual	Operating	no	100
ADD Tarapur-II	Dual	Operating	no	100
Kalpakkam	Dual	Operating	no	100
Israel				
Dimona	Military	Operating	no	40-100
Japan				
Rokkasho	Civilian	Starting up	yes	800
Tokai	Civilian	To be shutdown	yes	200
North Korea				
Yongbyon	Military	On standby	no	100-150
Pakistan				
Nilore	Military	Operating	no	20-40
Chashma	Military	Starting up	no	50-100
Russia				
RT-1	Dual	Operating	no	200-400
Seversk	Dual	Shutdown	no	6000
Zheleznogorsk	Dual	Shutdown	no	3500
United Kingdom				
B205	Civilian	To be shutdown after cleanup	yes	1500
THORP	Civilian	To be shutdown	yes	1200
United States				
H-canyon, SRP	Converted	Special Operations	no	15

2. 政策的課題 (4/6) : プルトニウム問題 (4)

- 2013年1月、米国のBulletin of the Atomic Scientists誌が米国オバマ大統領に対し、公開書簡の形式で、世界に核分裂性物質が多く存在している問題にふれ、日本の六ヶ所再処理工場の操業を止めるよう説得すべき事を述べる。
 - "An open letter to President Obama: The time on the Doomsday Clock is five minutes to midnight" 14 JANUARY 2013.
- 2015年11月、Pugwash Conference on Science and World Affairs (国際バグウォッシュ会議、ノーベル平和賞受賞団体が、プルトニウム分離のための再処理をやめるべきと要請、および声明を提出。

石破茂 自民党政調会長 (2011年当時)

原発のウェートを減らしていきながら、再生可能エネルギーのウェートを高めていくという方向性に異存はありません。ですけれども、原発をなくすべきということを目標とするやり方には賛成してはおりません。

原子力発電というのがそもそも、原子力潜水艦から始まったものですね。日本以外のすべての国は、原子力政策というのは核政策とセットなわけですね。ですけれども、日本は核を持つべきだとは思っておりません。

しかし同時に、日本は(核を)作ろうと思えばいつでも作れる。1年以内に作れると。それはひとつの抑止力ではあるでしょう。それを本当に放棄していいですかということは、それこそもっと突き詰めた議論が必要だと思われ、私は放棄すべきだとは思わない。なぜならば、日本の周りはロシアであり、中国であり、北朝鮮であり、そしてアメリカ合衆国であり、同盟国であるか否かを捨象して言えば、核保有国が日本の周りを取り囲んでおり、そして弾道ミサイルの技術をもつ国が持っていることは決して忘れるべきではありません。

<http://kakujo.net/npp/ishiba.html>
「報道ステーション」 2011年8月16日

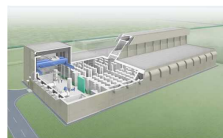
<http://kakujo.net/npp/ishiba.html>



2. 政策的課題 (5/6) : サイト内乾式貯蔵

・再処理の対案として、乾式貯蔵を導入した場合

- むつ中間貯蔵施設で換算すれば、現時点では6~7基で十分
 - 1) 各発電所プールの全ての使用済核燃料(14,200t) : 5基分
 - 2) 六ヶ所村再処理工場内の貯蔵プール(3,000t)内の燃料: 1基分
 - (将来的に30基(全体の約60%)が再稼働する場合 : 1基追加で約4年分)
 - 年間取り替え数1,340tの60%は約800t
 - (乾式キャスク容量を10tとすると年間80本の発生量に相当)



3,000トン規模
7,800m²(130m x 60m)

・規模は?

- 東京の都市部の大学キャンパス程度で、六ヶ所再処理工場の約80分の1
 - 7基を集中的に設置する場合: 施設のみの面積は54,600m²。
 - これは、例えば、明治大学のキャンパス(1万人規模)の面積は55,000m²
 - 再処理工場は高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターを含めて約380万m² (3,800,000m²)

・コストは?

- 合計約6,000億円程度で、再処理事業費用の約16分の1
 - むつ貯蔵施設の事業費は乾式キャスク込み、5,000t規模で2,000億円
 - 再処理事業費用は約10兆円 (32,000t処理の場合)

- なお福島第一原発の乾式貯蔵施設は津波に耐えたことが明らかになっている

・但し、最終処分ではないことに注意

- しかし急性な再処理の必要性を下げ、政策議論の時間的余裕を与える
- また地元の過度な原発への社会・経済的依存を下げる

15

2. 政策的課題 (6/6) : 炉内廃棄物処分

・国(経産省、NUMO)による最終処分の動き

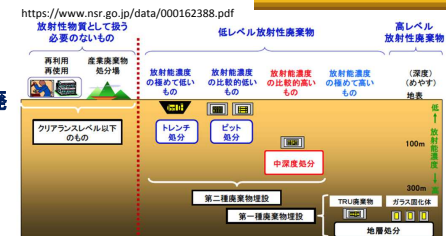
- 高レベル廃棄物処分ありきで議論

<http://www.chisou-sympo.jp/seminar/>



・原子力規制委員会「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」

- 中深度処分の規制の考え方を議論。
- 将来的に、第一種埋設(高レベル廃棄物の地層処分)に拡大でさる規制。



・現在、規制基準等の骨子案を作成中

- 自然事象への対策として、少なくとも10万年間は火山活動及び断層活動、侵食作用が著しい影響を及ぼすおそれのない区域に廃棄物埋設地を設置することを要求。
- 少なくとも10万年間は、侵食作用を考慮しても隔離に必要な深度を確保することを要求。
- 規制終了までの期間: ピット処分の事業を参考に300~400年程度を念頭に置く。
- 規制期間中の安全確保のための設計要求
- 規制期間終了後の自然事象および人為事象に対する防護基準の要求、地下水等モニタリング。
- 審査: 「優れた技術選択を含む設計プロセスの要求」

一方では、かなり厳しい条件が必要な廃棄物について、制度もないままに国民に依頼中
もう一方では、ある程度厳しい条件の廃棄物について厳密な制度を議論中

16

3. おわりに (1/2)

• なぜ、日本の原子力・核燃料サイクル政策において、高レベル廃棄物問題が生じるのか？

• A. なぜ、この廃棄物が発生してしまうのか？

- 再処理を行うから
 - そして、まだほとんど存在していないもの

• なぜ再処理を行うのか？

- 不透明。福島事故後はより不透明
 - ウランは安く、しかも豊富にある
 - 分離プルトニウムもすでにある

• 高レベル廃棄物の発生は「仕方が無い」ことなのか？

- なぜその責任を、「突然」、国民全体(最終的には力の弱い一地域)で担うのか？
- 市民は直感的に不安、不満をもっている。



• 原子力・核燃料サイクル政策は、これまで政策の不備を明らかにせず理想を示す傾向があった。

- 福島事故後も、その傾向に変化はない。
- 過去の動向をみると、拙速な政策は事故の遠因となっている。
 - これからも危険な状況？

• B. どのようにして、この廃棄物の発生を受け入れるべきなのか？

- 少なくとも上記全ての課題は正直に明らかにすべき。
 - 市民は直感的に不安、不満をもっている。

17

3. おわりに (2/2)

• 必要なことは何か

• 1) 安全規制の在り方

- 住民のリスクを大前提とした規制にはなっていない。
- いまだに福島事故後の安全目標は十分に議論されていない。
 - 避難計画の完全性が最初では？ ガンのリスクをなぜ提示しないのか？
 - 規制委員会による高レベル廃棄物の規制が出来るまで待つべきでは？

• 2) 科学的根拠に基づいた政策 (Evidence based policy)

- 必要なのは、HLW処分より先にプルトニウム処分
 - サイト内乾式貯蔵を積極的に導入できないのはなぜなのか？
 - 費用便益分析を用いないのか？統計的生命価値は用いないのか？

• 3) 市民社会に根ざした熟議型討論

- 福島事故後の議論を事例として
 - どうすれば成功するのか？何をもって成功というのか？
 - 市民社会とは？

18