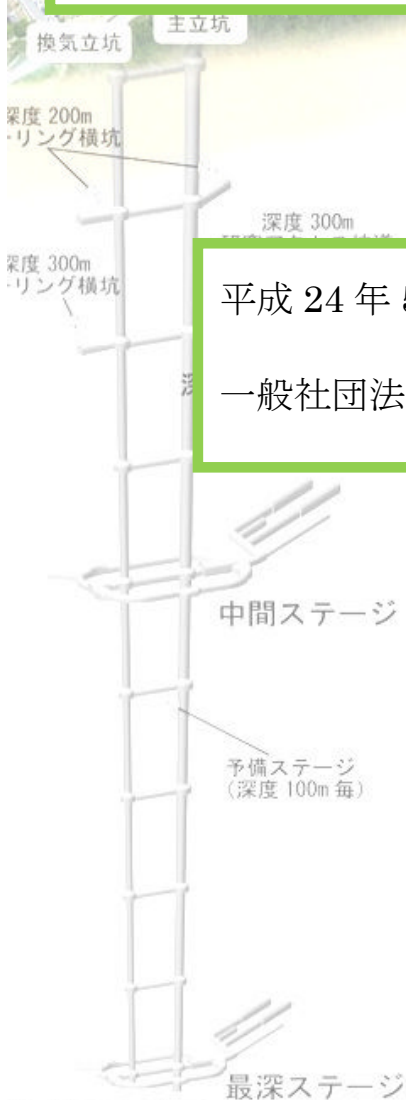


シンポジウム

原子炉粒体化解体を含む

放射性廃棄物の 深層地下圧入

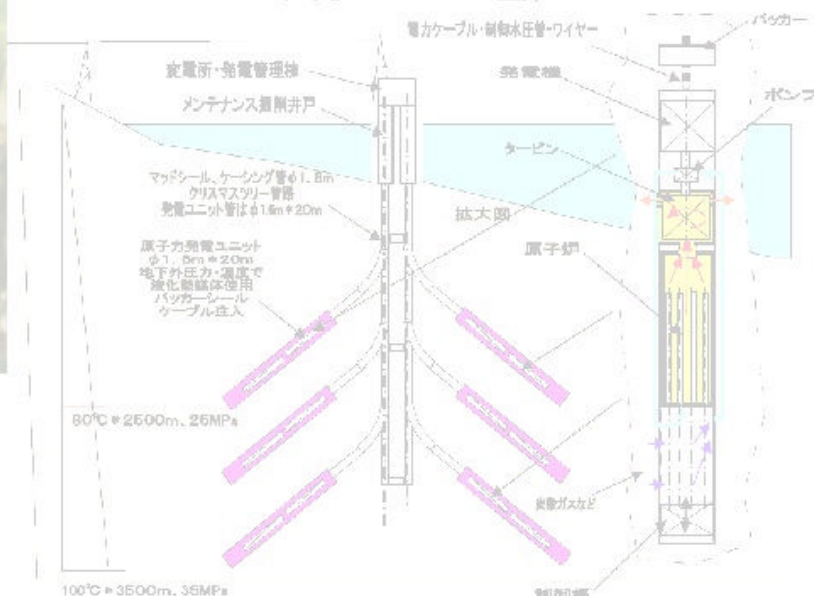


平成 24 年 5 月 25 日

常翔学園・大阪センター

一般社団法人 グローバル経営学会・ビジネスシーズ研究部会

100万kw深層地下発電所の基本構造
(2万kw * 50基)



シンポジウム

原子炉粒体化解体を含む

放射性廃棄物の深層地下圧入

平成 24 年 5 月 25 日 (金) 午後 2 時 - 5 時

会場：常翔学園・大阪センター302 室

大阪市北区梅田 3-4-5 毎日インテシオ 3F (毎日新聞ビル 1F より)

<http://www.josho.ac.jp/facility/osakacenter.html>

主催：一般社団法人 グローバル経営学会・ビジネスシーズ研究部会

参加費：会員・一般共 1,000 円, 終了後の交流会(15名)は 3,000 円

いずれも事前登録不要 問い合わせ：tamuras@nblmt.jp

HP: <http://www.nbl-technovator.jp/SympRadWaste>

新しい大胆な発想からの提案と議論を行うことを目的に企画しました。

高濃度放射性物質の地層処理は、我が国では廃棄物実物を伴わない制約のもとに研究のみが行われています。本シンポジウムではそれらを越えて、燃料を含めた原子炉本体までもプラズマ、高圧水等により粒体化する技術と、粒体流を 2000m - 5000m の深層地下に圧入する技術について公開します。さらには深層地下における小型地下原発の提案なども行います。

しかしながらこの際、技術的、市民感情的、政策的な種々の問題が存在します。本シンポジウムでは、放射線の人体への影響、食品安全の視点からの危惧を含めた社会的環境からの議論も行います。

シンポジスト

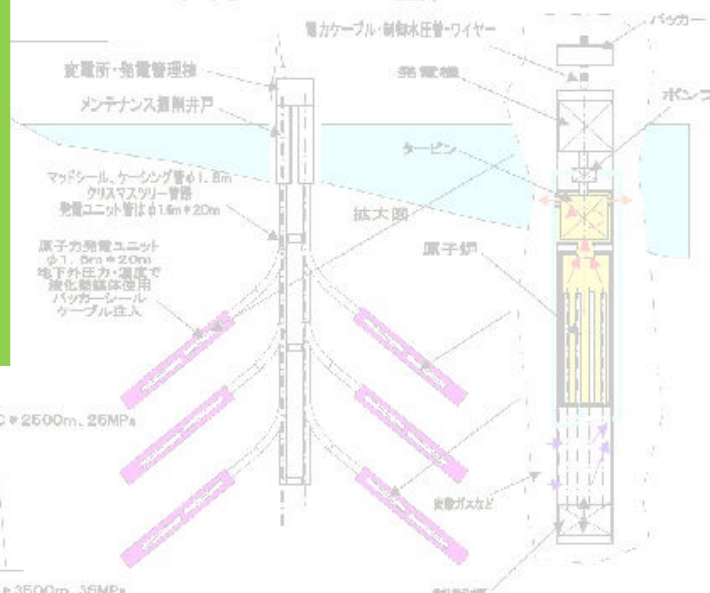
司会 田村進一 大阪大学名誉教授
(株)NBL 研究所所長

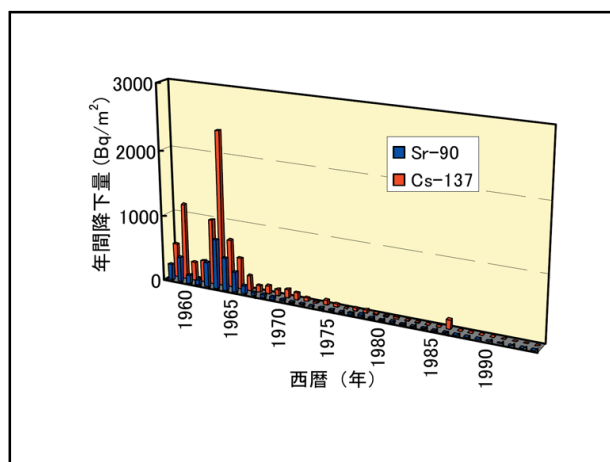
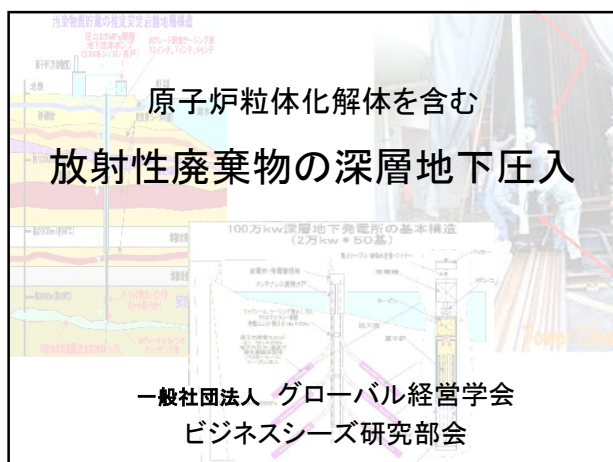
西野義則 (株)NBL 研究所
代表取締役・工博
深層地下地下圧入総論
FRP 高压管技術
原子炉粒体化解体技術
グリーンエネルギーとは、
地下小型原発、
ガラス熔融炉蓄電

米虫節夫 大阪市大客員教授
食品安全ネットワーク会長
食物連鎖、食品放射線量

中村仁信 大阪大学名誉教授
彩都友誼会病院院長
元 ICRP 委員
放射線の人体への影響

100万kw深層地下発電所の基本構造 (2万kw * 50基)





原発事故によって放出された放射性核種

原発および原発事故によって放出された放射性物質の放出量の比較

放射性核種(元素記号)	半減期	主な 崩壊モード	放射性物質の放出量 / [10 ¹⁰ Bq]			
			チェルノブイリ ^[20]	福島第一原発 ^{[20][21][22]}	広島原爆 ^[23]	長崎原爆 ^[24]
ガスの放出						
クリプトン85(⁸⁵ Kr)	10.72年	β	33	-		
キセノン133(¹³³ Xe)	5.25日	β	6500	11000	140	
揮発性元素						
アルル127m(^{127m} Ta)	109.0日	β		1.1		
アルル129m(^{129m} Ta)	33.6日	β	240	3.3		
アルル131m(^{131m} Ta)	30.09時間	β		5		
テルル132(¹³² Te)	3.204日	β	~1150	88		
ヨウ素131(¹³¹ I)	8.04日	β	~1760	160	52	63
ヨウ素132(¹³² I)	2.39時間	β, γ		0.013		
ヨウ素133(¹³³ I)	20.89時間	β, γ	910	42		
ヨウ素135(¹³⁵ I)	6.69時間	β, γ		2.3		
セシウム134(¹³⁴ Cs)	2.06年	β, γ	~47	18	-	
セシウム136(¹³⁶ Cs)	13.1日	β	36	-		
セシウム137(¹³⁷ Cs)	30年	β	~85	15	0.1	0.089
中程度の揮発性元素						
ストロンチウム89(⁸⁹ Sr)	50.5日	β, γ	~115	2.0		11
ストロンチウム90(⁹⁰ Sr)	29.12年	β	~10	0.14	0.085	0.058

ルテニウム106(¹⁰⁶ Ru)	368日	β	>73	0.0000021		1.1
アンチモン127(¹²⁷ Sb)	3.9日	β		6.4		
アンチモン129(¹²⁹ Sb)	4.38時間	β		0.14		
バリウム140(¹⁴⁰ Ba)	12.7日	β	240	3.2		71
軽揮発性元素						
イットリウム91(⁹¹ Y)	58.5日	β, γ		0.0034		11
ジルコニウム95(⁹⁵ Zr)	64日	β	84	0.017		14
モリブデン99(⁹⁹ Mo)	2.75日	β	>72	0.0000067		
セリウム141(¹⁴¹ Ce)	32.5日	β	84	0.018		25
セリウム144(¹⁴⁴ Ce)	284日	β	~50	0.011		2.9
プラセオジウム143(¹⁴³ Pr)	13.6日	β		0.0041		
ネオジム147(¹⁴⁷ Nd)	11.0日	β		0.0016		
ネプツウム239(²³⁹ Np)	2.35日	β	400	0.076		
プルトニウム238(²³⁸ Pu)	87.74年	α	0.015	0.000019		
プルトニウム239(²³⁹ Pu)	24065年	α	0.013	0.0000032		
プルトニウム240(²⁴⁰ Pu)	6537年	α	0.018	0.0000032		
プルトニウム241(²⁴¹ Pu)	14.4年	β	~2.6	0.0012		
プルトニウム242(²⁴² Pu)	378000年	α	~0.00004	-		
キュリウム242(²⁴² Cm)	162.8日	α	~0.4	0.0001		
合計			11904	11212	192	222

ウラン235半減期7億年

ウラン235 半減期 7億年

放射能汚染は、怖いですね(・_・)

今、騒がれている放射能汚染の影響で言われている値は…

「年間100ミリシーベルトの被曝で発ガン率が約0.5%アップ」

この年間100mSvという数字は、毎時11μSvを24時間365日浴び続けると達成？出来る数字です
※1mSv=1000μSv

これだけ浴び続けて、発ガン率が浴び続けていない人と比べて0.5%アップすると言うことです

それと比べると煙草の発ガン率はどう…

肺がん 非喫煙者の1.5～2.0倍の発ガンリスク
喉頭癌 同じく 4～5倍
子宮癌 同じく 1.5～2倍
膀胱癌 同じく 2～4倍
(国際癌研究機関発表)

肺がんになる確率は、非喫煙者と比べると1500%UPすると言われてます

2011年5月8日 10:25 東北川

酒やタバコは放射線より怖い

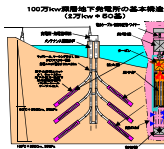
原発が恐れられるのは、凶悪な「放射線」で人を殺すと思われるからだだろうが、放射線は特別な物質ではない。それは何十年も後に癌の発症率を数%増やすだけだ——と私がツイッターで書いたら怒る人がいるが、それは発癌物質としても特別に有害ではない(放射線についての常識をもっている人は読む必要はない)。

受動喫煙の女性	1.02～1.03倍	国立がん研究センターによれば、いろいろな生活習慣と発癌性(通常に比べたリスクの大きさ)の関係は左の表のようなものだ。このサンプルは原爆による被爆者だが、原発の作業員の被曝限度である100～200mSvの放射線を浴びた人は、普通の人の1.1倍に比べて8%くらい癌になりやすい。
野菜不足	1.06倍	
放射線100～200mSv	1.06倍	
塩分の取りすぎ	1.11～1.15倍	
放射線200～500mSv	1.16倍	
運動不足	1.15～1.19倍	
肥満	1.22倍	
放射線1Sv	1.4倍	
毎日2合以上の飲酒	1.4倍	
放射線2Sv	1.6倍	
喫煙	1.6倍	
毎日3合以上の飲酒	1.6倍	

このデータをもとにして「野菜不足は何十年も後に癌の発症率を増やすだけだ」と書いても怒る人はいないだろうが、「放射線は何十年も後に癌の

概要

- 原発事故により, 安全神話崩れる
- 原発に対する姿勢
- 果たして何が正しいのか
- 技術的立場 大胆な発想の提案
原発設置から廃炉まで,
すべて深層地下で



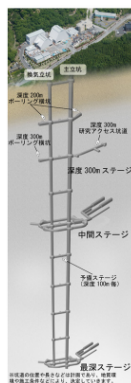
- 一般市民の立場 食品安全大事
- 技術は信用できない
- 放射線は怖い 子供への影響大



- 放射線医学の立場
- 低量放射線は怖くない
- 低線量放射線は寿命伸びる
- IVR カテーテル治療は
深層地下と通ず 技術の流れ



瑞浪超深地層研究所



立坑内径 : 主立坑6.5m, 換気立坑4.5m
坑道設置間隔 : 40m
坑道本数 : 2本(主立坑, 換気立坑)
立坑形状 : 円形
中間ステージ : 深さ 500m
予備ステージ : 深さ 100mごと
最深ステージ : 深さ1000m

Sweden Oskarshamn



まとめ

- 海に漏らす位なら, 深地層へ
- 地上原発は止めて, 深層地下原発へ
- 非常時に備えた深層地下圧入施設

問題点

- 一般市民の理解をどこまで得られるか
- 放射線見える化 VR(仮想化眼鏡)

放射性廃棄物(劇物・毒物)の深層地下封入提案

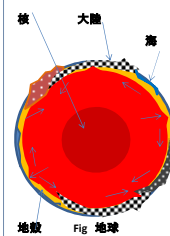
グローバル経営学会5. 25研究会

座長: 田村進一

講演者: 西野義則

1. 深層地下への封入が最適

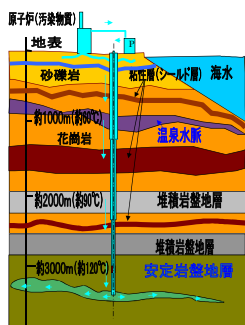
石油・ガスの地下資源の存在(地下封入資源は自然に地表に出ない)と、1万メートル以下の深層では石油・ガスの存在はない(地殻の対流で地下封入物は同じ状態では地表に戻らない)



論拠: 1 (安定深層地下封入は最も安全)

深層地下1000~5000mの岩石中に含有する資源は、地球の地殻変動で海底の有機物が地底に埋没して、億年単位の長期間にバクテリアにより分解、炭化水素体(石油・ガス)となり地表に露出することなく、地殻岩盤に封入されているのが地球の構造。さらに、地殻は超長期間を掛けて地底沈み溶解され、地球中心部が高密度で核反応など生じ高温となり、地殻変動は月など周期的な引力と定常な地球自転の遠心力で地殻変動(対流)が生じて、地中物質が地表にそのままの状態では、再出現しない循環対流構造。

2. 深層地下への廃棄物高压注入



論拠2: 深層地下の探掘技術で廃棄物の注入は可能

水道水の井戸は50~1000m、温泉は1000から1500m、油田・ガス田は2000~3000mが標準である。中国の四川省ガス田、ウラムチなど内陸部の油井は約5000mの例もある。油井の掘削は地層を構成する岩石によるが、標準的には2000~3000m/月で、日本の地層硬質の花崗岩であるため500~1000m、掘削本数は短長合わせて年間約1000本。

実用的な最大掘削深さは、約7000mであり800kwの掘削駆動モーターによって掘削される。一方、垂直掘削以外に、斜坑掘削やタコ足のように深層地下で掘削掘削シールドガス田や海洋石油で普及している。そして深層地下での直掘掘削には、ケーシング管に必要箇所を空けて高圧水を注ぎ岩盤に亀裂を作り資源採取。これらの主要な技術は高圧水を注水するパッカーと呼ばれるケーシング管とチュービング管の高圧シール機能である。岩盤に亀裂を作ったり、岩盤に高圧水を注入したり、岩盤に注入する油・ガスなどの取り出しを可能にする。

最近では耐久性が問題であった金属材料に代わる強化プラスチック材の開発で、半永久使用可能な製品が作られるに至りインド、中東、中国などで実用化するに至っている。なお、世界中で深層地下利用の年間管の増加率は、約100万kmと急速に普及している。

3. 核物質の地下処理の歴史

論拠 3: 核実験禁止条約に至る地下核実験の経過から、地下での放射能は地上にほとんど影響しない。(過去の実事)

- 広島・長崎の被ばく経験から、爆心地は大きな被害があったことは事実であるが、60年後の今は自然に除染され、放射線問題がなくなっている。
- ネバダ砂漠の核実験場の地上には、放射能汚染で生物が生態条件の成立が困難(不存または奇形動物植物化)など言われたが、実際は動植物の個体数が増加、変化がない。
- ロシアのチェルノブイリ事故も同様で、マクロ的には動植物の個体数の減少はない。子供の癌患者など増加が認められるが、線量の多くないところでの影響は限定的である。

人間は、自然界からの放射能を浴びているため、許容量までは問題なく、また必要な存在条件でもあるが、膨大な放射線は即、死につながる。すなわち、希釈して地下に返して、地上には影響しない自然処理が可能。

4. 必要技術: 高圧40MPaパッカーの基本構造

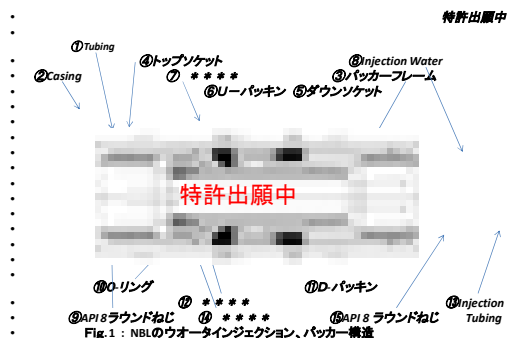
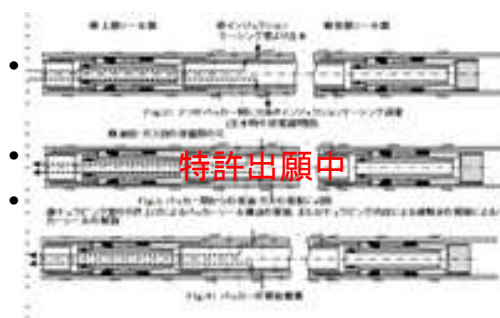


Fig. 1: NBLのウォーターインジェクション、パッカー構造

4. パッカーを用いた汚染物を深層岩盤へ高圧注水



5. 必要技術：深層地下ケーシング管穴開け装置



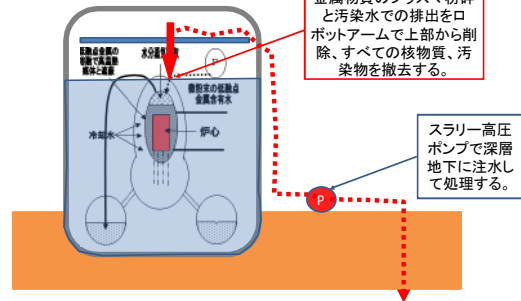
深層地下に廃棄物の貯蔵空間を作るには、貯蔵する岩盤に高圧注水が必要。
高圧注水するための、ケーシング管に***可能となれば、自由に必要な岩盤に貯蔵層を作れる。

提案実施と成果

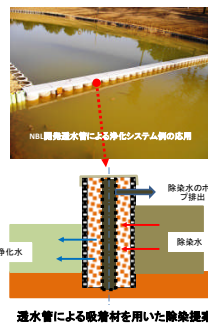
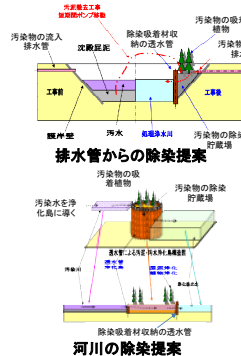
石油・ガスの掘削技術(高圧注水法)を用いれば、深層地下に、1本の井戸から数千トン/日の廃棄物が注入できる。さらに、注入後はセメント封入で地盤に廃棄物処理ができる。



6. 必要技術：原子炉の粉碎解体と汚染物の地下注入



7. 必要技術：除染水・汚染水の抽出



提案のまとめ

- 客観議論と論理思考が最も必要。
- 提案技術など有効である機能性ある組織(専門家)で議論して、コンセンサスを得る努力必要。
- 提案実施は可能であり日本にすべて存在する技術である。
- 提案実施費用は、マスコミが提供する巨額処理費は不必要で処理可能。
- 原発再稼働の“第2の運転条件に廃棄井戸の設置を義務化”する。

原発事故の安全な処理法と地下原子力発電に対する提案

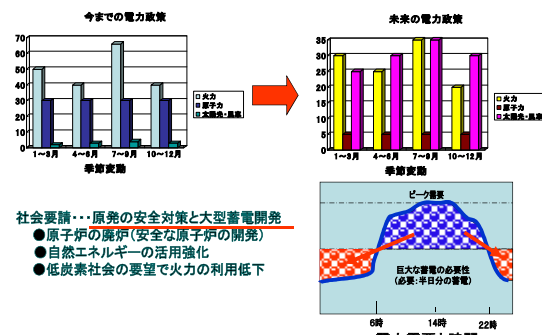
(既存の原発事故処理法と未来の深層地下原発、地下高温蓄熱法による超大型蓄電法)

(株)NBL研究所
○西野善則、田村進一、岩谷俊治

注：本資料記載の図表内容は、特許出願中であり、著作権は(株)NBL研究所にある。許可なくして複製、一歩を転送禁止する。

写真：福島原発

社会要請：電力の需要と供給



従来の原子炉(沸騰水型)構造

水素還元によって吹っ飛んだ上部構造体。燃料交換等に利用する作業場。

メインとなる第三の格納容器。健全性は確保されている。

3重の圧力容器で守られているが、冷却が絶対条件。機能保証は多量。しかし、全電源停止の保持機能なし。

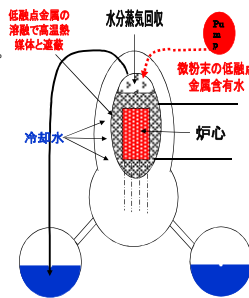
沸騰水型原子炉 (BWR) 透視図

既存の原発事故処理法(安全な廃炉処理)

- ・ 再生を考えず、安全優先で停止させる。
- ・ まず、放射線の封じ込め策を実施。
- ・ 事故遭遇で緊急停止で制御棒を挿入する。
- ・ 遮蔽材料を必要ならば溶解させて、沸騰水型から安定金属溶融炉にする。
- ・ 近くに深井戸を掘る。2000～3000m。冷却水など汚染物質を地下に注入処理。

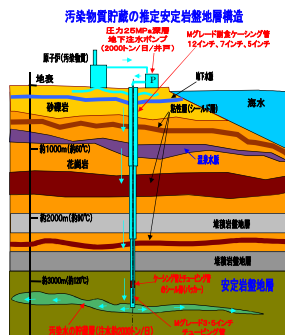
基本は、まず遮蔽を注入して、作業環境を維持する。
その後、除染した廃棄物を処理する。

電源・冷却トラブルを防止できる。



汚染廃棄物の処理は地下注入以外に無し

- ・ 各原発に廃棄物井戸を設ける。
- ・ 緊急時または廃炉時には、汚染水などを深さ2,000m以下で、居住環境と隔離できる深層に注入する。
- ・ 廃棄汚染物(冷却水・除染水など)は廃棄物井戸に高圧注入する。
- ・ 汚染物・水などは風車などで高圧注入する。
- ・ 人間環境汚染を100%防止する。

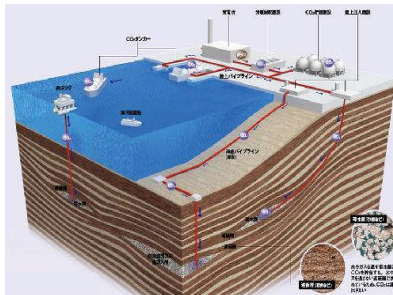


従来の炭酸ガス廃棄地下層の利用など

既存の計画中の炭酸ガス破行き地下層に、放射線汚染物の廃棄が可能である。

各原発には、廃炉時の備えに廃棄物地下貯蔵を必ず設ける。

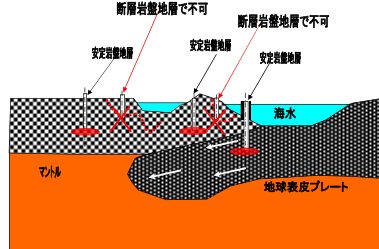
廃棄物埋設井戸は、長年利用可能なため、化学薬品、危険物などの公共廃棄物施設として、運用する。



深層地下への廃棄物処理は、原子力平和利用には絶対条件。

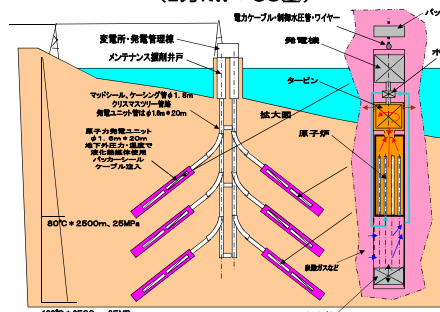
未来原子力発電所の適正立地条件は1箇所

- 地底マグマに自然返却となる場所
- プレートの潜り込み地点近郊が最適
- 日本では、太平洋沿岸地帯
- 必要深さは、海上の適正地で数千メートル以上の海底の地層
- 発電所は無人で、廃棄も放置処理
- 大陸の安定岩盤

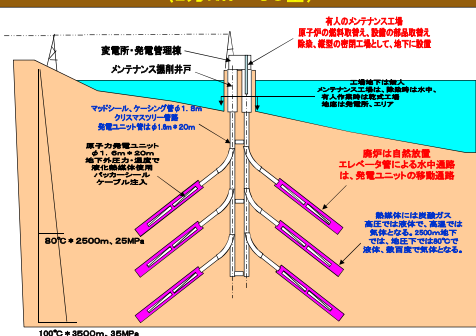


提案する新原子炉の構造、発電所の概要

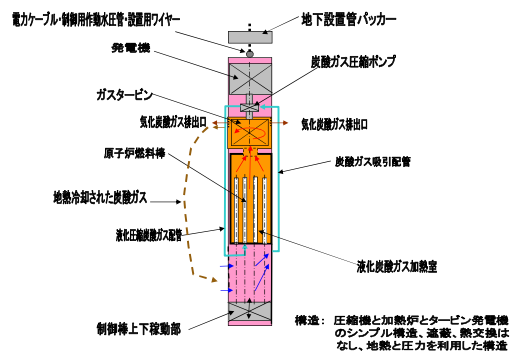
100万kw深層地下発電所の基本構造 (2万kw * 50基)



100万kw深層地下発電所の基本構造 (2万kw * 50基)



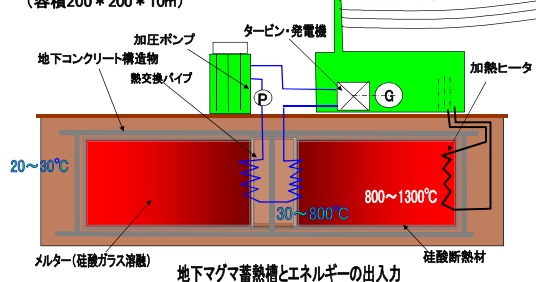
2万kw深層地下発電設備の基本構造



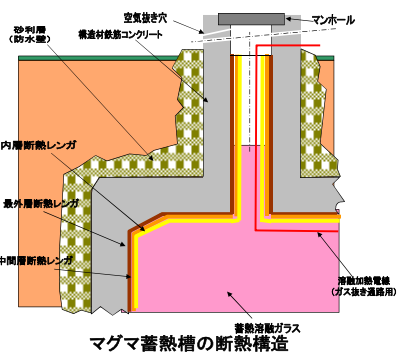
マグマ蓄熱法による超大型蓄電池の構造

2000万kwマグマ蓄熱電池
(容積200 * 200 * 10m)

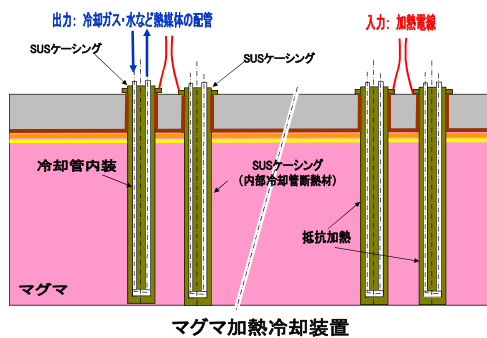
特徴: 安全(地下人エマグマ)・小型(高温蓄熱)
効率(断熱性、温度差)・低コスト(安定地下)



マグマ蓄熱槽の断熱構造



マグマ蓄熱からの加熱冷却法(出入力)



未来のために4つの提言

- 現状の原子力設備の廃炉対策(緊急対策)には、遮蔽材料混合水を注入して、水が除去されると遮蔽効果で安全確保設備追加。
- 汚染物は安定深層地下に注入、原発には深層地下廃棄井戸を必ず設ける。
- 未来の原発は、安定深層地下で無人操業、廃炉も放置処理で生活領域から完全分離。
- ピーク電力対策に電気を大量に蓄電するマグマ蓄熱法による高温地下蓄熱を実施、発電の効率化と自然エネルギー利用を高める。

コメント

食品安全リスクと放射性物質

米虫節夫

大阪市立大学工学部 客員教授

2012.05.25(金)

ISO規格によるリスクの定義

- 安全性, safety
 - 受容できないリスクがないこと
 - Freedom from unacceptable risk
- リスク, risk
 - 危害の発生確率及び危害の程度の組合せ
 - Combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm
- ISO/IEC Guide 51 (JIS Z 8051) 3.1 & 3.2

2012.05.25

米虫節夫

2

ISO31000 リスクマネジメント

- Hazard 危険源(危害)
 - 危害の潜在的根源
 - 危害性を持っていること, または, 危害の状態
- Risk 危険
 - 危害の発生確率及び危害の程度の組合せ
 - ISO31000では, 「目的に対する不確かさの影響」と定義
- Risk treatment 危害(リスク)対応
 - リスクを修正するプロセス
 - リスクを発生させる活動の回避や, 発生源の除去, 発生残りやすさを小さくし, 発生結果を変えるなどの活動を行う

2012.05.25

米虫節夫

3

生産者の増加する苦悩



「ゼロリスク」を求める消費者
・マスコミのミスリードな報道が、消費者に過度な不安を与え、ゼロリスク希求へ走らせている

2012.05.25

米虫節夫

4

ゼロリスクを求める消費者行動

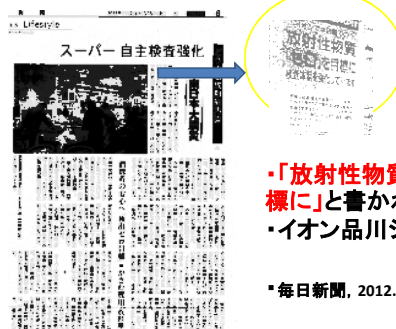
- ある食肉加工業者で仕入れた牛肉からセシウムが検出され、やむなくハンバーグにして販売した。
- 放射能は1キロあたり6ベクレルと微量であり、もちろん基準以下だが、正直に6ベクレルの値を商品ラベルに表示した。
- だが、消費者の反応は冷やかで、ハンバーグは4割が売れ残った。
- NHK「クローズアップ現代」2012年4月6日放映

2012.05.25

米虫節夫

5

『検出ゼロ目標』をかけるスーパー



・「放射性物質『ゼロ』を目標に」と書かれた張り紙。
・イオン品川シーサイド店

・毎日新聞, 2012.03.05, くらしナビ

2012.05.25

米虫節夫

6

食品安全基本法の考え方

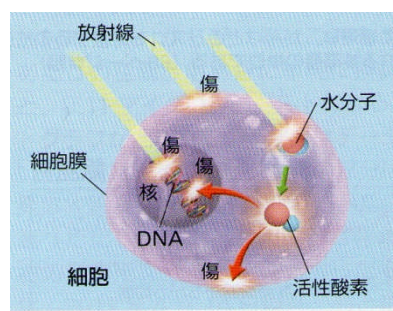
- 1. フードチェーン全体における安全性の確保
 - From Farm To Table
 - 製造・加工工程だけではなく、第一次生産から流通も含む安全性確保
 - 2. 食品の安全には、「絶対」はなく、リスクの存在を前提としつつ科学的知見に基づいてこれを制御する
 - リスク分析による科学的評価
 - ゼロリスクを求めない
- 平成15年5月23日制定、法律第48号
 食品安全法令研究会編集「概説 食品安全基本法」、p2, ぎょうせい, H16.01

2012.05.25

米虫節夫

7

細胞の被爆



- 1) DNAの直接損傷
★各種の修復機構有り
- 2) 水分子の励起でできる活性酸素による損傷
★各種の活性酸素処理機構有り

2012.05.25

米虫節夫

8

被爆からガン発症まで



低線量被曝の場合は、修復酵素が働きほとんど修復される。修復酵素は、数種類ある。暗修復、明修復...

細胞ががん化されても、免疫系により、取り除かれることが多い

AERA, 2011.06.13号, p.12

2012.05.25

米虫節夫

9

放射性カリウムによる体内被曝

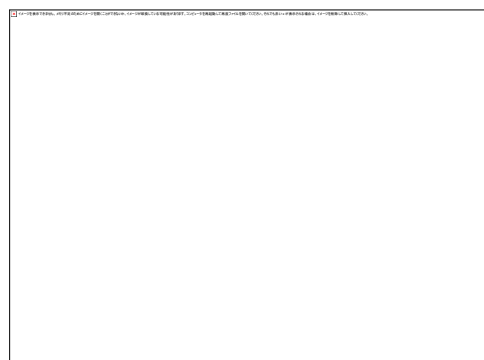
- 生物に必須のカリウムは、体重50kgの人で、約100g存在し、その内の約0.01%が ^{40}K (半減期12.8億年)で、約11.7mg(約3000Bq)がすべての細胞に含まれている。
- 1個の ^{40}K の崩壊で約250個の細胞を貫通するので、毎秒75万個の細胞が被曝している(年間約0.24mSv)。
- それでも、人は生きている！！
- 内海博司, ACADEMIA, No.132, p.7, 2012.02

2012.05.25

米虫節夫

10

毎日新聞社社員の食事調査



毎日新聞, 2011.12.29日号, くらしばい 調査は11.13~15に実施

2012.05.25

11

国際原子放射線影響科学委員長 2012年1月発表

- 委員長発表: 「福島において、現在も今後も、健康被害が出るとは考えがたい」。
- チェルノブイリの甲状腺ガンについては、政府の警告がなかったせいで母親たちが大量の放射性ヨウ素が含まれたミルクを子どもに飲ませてしまったことによるという。
- 西部邁(にしべ すすむ), 1939生, 元 東大教授, 評論家, 2012.05.23, 毎日新聞, 朝刊, 寄稿から

2012.05.25

米虫節夫

12

科学的な不確実性

- 科学者の間で複数の説が存在し、科学的見解が収束しない場合
- 結論を導き出すのに必要な知見が得られない場合
- 実験空間と現実空間の乖離が大きく、その差を解消できない場合
- 畠中信敏監修: 予防と未然防止, 日本規格協会, 2012

2012.05.25

米虫節夫

13

トランス・サイエンス

- 科学に問うことができるが、科学が答えることができない問題
- Alvin M. weinberg: Science and Trans-Science (Masters of Modern Physics), Amer. Instt. Of Physics, 1993
- 畠中信敏監修: 予防と未然防止, 日本規格協会, 2012
- -----

2012.05.25

米虫節夫

14

判断

- 今回の東京電力福島原子力発電所由来の、食品の放射性物質による汚染については、特に問題にする必要のないレベルと考える。

2012.05.25

米虫節夫

15

生れ故郷へ

- 137億年前のビッグバンにより宇宙が生まれた
 - 宇宙誕生後数分で原子核ができ、その後1億年かけて、各種の元素が出来た
 - 80~90億年後、太陽系ができた
- 49億年前に地球が生まれた
 - その時期に存在した ^{238}U (半減期:約45億年)や ^{40}K (半減期:約12.5億年)の多くが、現在の地球に残っている
 - 宇宙誕生期にできた放射性物質や地球誕生期に含まれた放射性物質からの放射線を我々は不断に受けている
- 放射性廃棄物の地下埋入は、それらの生れ故郷に里帰りさせることだ！

2012.05.25

米虫節夫

16

2012年5月25日

シンポジウム 放射性廃棄物の深層地下圧入

放射線の人体への影響

国際放射線防護委員会(ICRP)委員 1997~2001年
日本医学放射線学会理事 放射線防護委員長
医療放射線防護連絡協議会理事

彩都友誼会病院院長／大阪大学名誉教授 中村仁信

放射線の主たる作用は活性酸素の発生によるDNA損傷

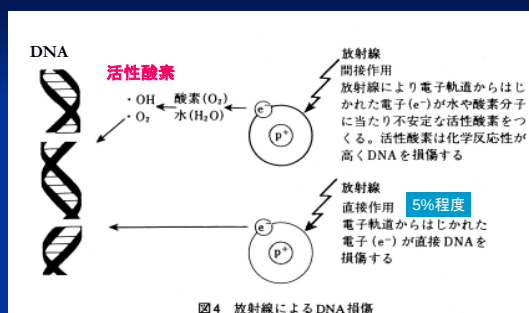
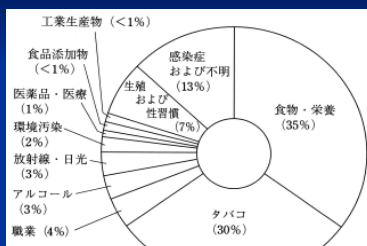


図4 放射線によるDNA損傷

活性酸素を過剰に発生する因子

- 運動、食品(特に過酸化脂質)、アルコール、高温
- 放射線、紫外線
- ストレス、炎症
- タバコ、アスベスト
- 医薬品、ホルモン
- 環境汚染物質
- 食品添加物
- 発がん物質



これらの因子が重複すると複合的影響により相加的に発がんリスクが高まる

高線量と低線量

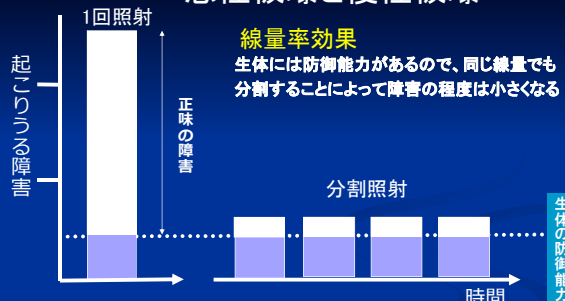
低線量境界

組織吸収線量 200mGy
(UNSCEAR)

実効線量 100mSv

低線量被曝であれば、ほとんどの影響(DNA損傷)は2日で修復される。

急性被曝と慢性被曝



線量・線量率効果係数 (DDREF: Dose and Dose Rate Effectiveness Factor)

ICRPは安全側にたって DDREF=2 としている

動物実験では1/2から1/10。慢性被曝の期間とDDREFの関係は不明。

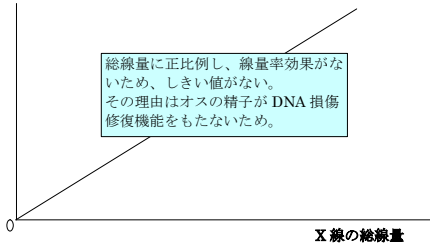
放射線はわずかでも危険か



ICRP(国際放射線防護委員会)は
1958年以来、長年に亘って
「放射線はどんなに微量でも有害」
と言い続けていた。

WL Russell(米国)のメガマウス・プロジェクト(数百万匹のマウス);
精原細胞の照射実験で線量率を下げると突然変異率も下がる
(1958-1982)。

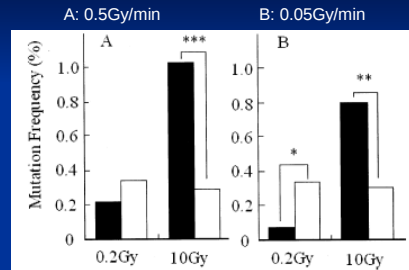
突然変異の発生率



マラー博士によるショウジョウバエ(オス)の精子へのX線照射実験 (1927年)

ショウジョウバエの精母細胞におけるX線照射と突然変異誘発率

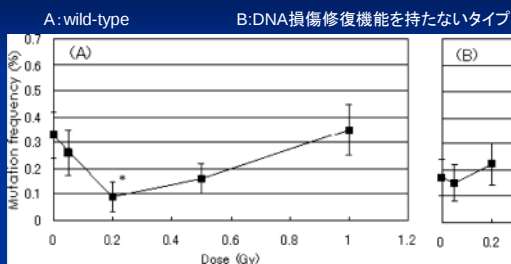
Koana T. Radiat Res 167,217-221, 2007



0.2Gyでは突然変異誘発は増えない。
低線量率ではコントロールより有意に少ない。

ショウジョウバエの精母細胞における低線量率(0.05Gy/分)X線照射と突然変異誘発率

Koana T. Radiat Res 174,46-51, 2010



A: 突然変異誘発率は0.2Gyでコントロールより有意に低下した。
B: 0.2Gyでもわずかに上昇した。

直線しきい値なし仮説の論拠

- 放射線被ばくによって、DNA損傷が生じる
- DNA損傷によって、突然変異が生じる。
- 突然変異が一つでもあれば、がんが発生する可能性がある。

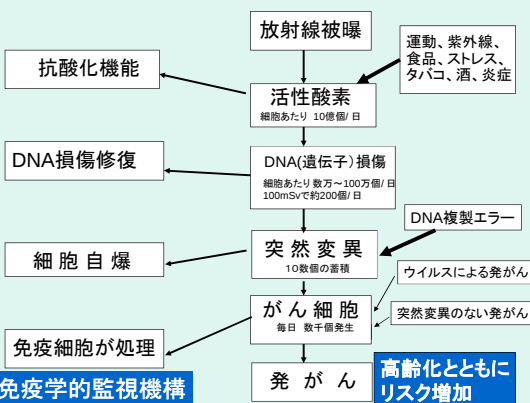
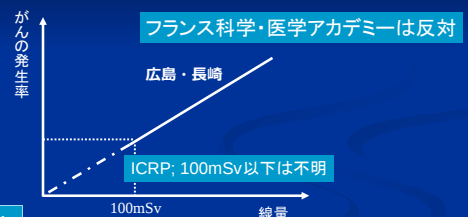
放射線によるDNA損傷

突然変異

発がん

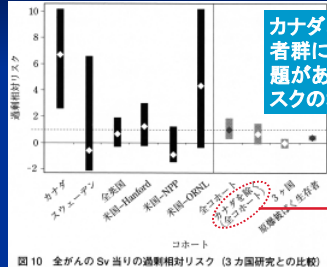
直線しきい値なし(LNT)仮説

放射線による発がんにはしきい値がない



原子力産業従事者40万人以上の調査15カ国で低線量でも有意のリスクありと報告された

(BMJ 2005;331:77)



カナダとオークリッジの戦時中の作業
者群に限られており、線量測定に問
題があった。戦後のカナダは発がんリ
スクの増加なし。

カナダを除くと有意なリスクはなくなる

本邦18万人の調査では有意な発がんリスクは認められない

英国における放射線作業員の死亡率調査

Muirhead CR, et al. BJC (2009)100:206-212

対 象 174541人

平均累積線量 24.9mSv (100mSv以上が10504人)

全原因死亡	SMR	社会調整後
26731 (予測 33014)	81%	84%
がん死亡		
8107 (予測 9666)	84%	82%

低線量でのがん死亡リスクなし。むしろ、がん死亡率は低下している。

原爆被ばく生存者研究 低線量における推定相対リスク

ICRP Publ. 99 (邦訳版 23頁) から引用

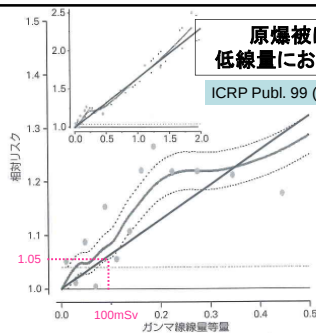
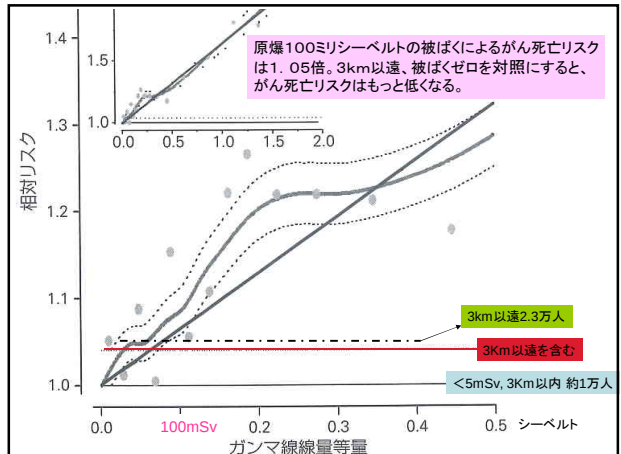


図 2.3 低線量における推定相対リスク

追跡期間は1958～1994年で、線量以外は同様の被ばく者と比べた場合の追跡期間平均線量別
がん発生率。被ばく年齢は30歳の場合で、性は平均化してある。2本の点線は滑らかな曲線の
1倍標準誤差境界を示す。直線は0～2Gyに対する推定線形線量反応関係である(挿入図参照)。
Y軸の1のベースラインは爆心地から3,000m以内で被ばくした、線量0の生存者の場合。水
平の点線は、爆心地から3,000m以上で被ばくした生存者を含めた場合のベースラインを示す。
(出典: Pierce, D.A., Preston, D.L., 2000, Radiat. Res. 154, 178-186)



ICRP勧告に見る線量限度

	従 事 者	公 衆
1977年	50 ミリシーベルト/年	5 ミリシーベルト/年*
1990年	100 ミリシーベルト/5年	1 ミリシーベルト/年

*1985年パリ会議声明から1ミリシーベルト/年

放射線防護量

- 年1ミリシーベルトという公衆被ばくの限度は、超えると影響が出る線量(影響量)ではなく、各種の規制や施策を実行するために用いられる線量(防護量)である。
- 年1ミリシーベルトはとても少ない線量であるが意味のない被ばくは避けようという観点から決められている。

ひらたく言えば、クルマの制限時速みたいなもの

公衆被ばく(2007年)

緊急時 20～100ミリシーベルト/年、緊急事故後の復旧時 1～20ミリシーベルト/年

原爆被爆時の年齢とがん死亡の相対リスク

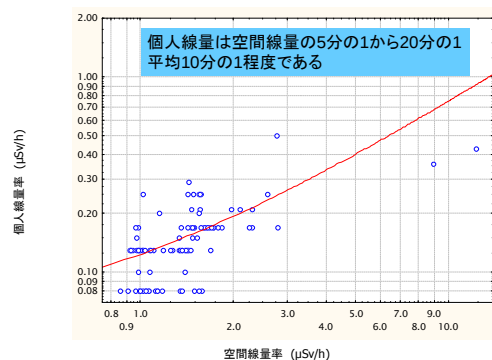
被爆時	男 性			女 性		
	5-500mSv	0.5-1 Sv	1-4 Sv	5-500mSv	0.5-1 Sv	1-4 Sv
0～9歳	0.96	1.10	3.80	1.12	2.87	4.46
10～19歳	1.14	1.48	2.07	1.01	1.61	2.91
20～29歳	0.91	1.57	1.37	1.15	1.32	2.30
30～39歳	1.00	1.14	1.31	1.14	1.21	1.84
40～49歳	0.99	1.21	1.20	1.05	1.35	1.56
50歳以上	1.08	1.17	1.33	1.18	1.68	2.03

Preston et al., Radiat. Res 168: 1-64, 2007

500mSv以下では、人数が少なく有意ではないが、大人も子供も明らかな差がない。

福島市における空間線量率と個人線量率の相関

長崎大学医歯薬学総合研究科 高村昇教授のデータから



摂取放射エネルギー(Bq:ベクレル)と実効線量(mSv:ミリシーベルト)

ヨウ素131

成人 1,000ベクレル → 0.022 ミリシーベルト

乳児 1,000ベクレル → 0.14ミリシーベルト

核医学的診断: ヨウ素131を2.2MBq使うと20mSv
核医学的治療: ~370MBq (~8Sv)

発がんの増加は認められていない

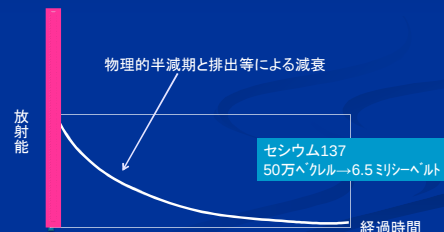
セシウム137

成人 1,000ベクレル → 0.013 ミリシーベルト

乳児 1,000ベクレル → 0.021 ミリシーベルト

◆内部被ばくの線量の見積もり方

- 体内に放射性物質を摂取した後の、半減期、体内分布を考慮したうえでの線量率の時間積分値(一般では50年間、乳幼児は70歳になるまで)→預託線量
- 積分値に相当する線量を摂取の時点で被ばくしたものとする。



急性の外部被ばくに比べると、同じmSvであれば、内部被ばくの方が影響が小さい

チェルノブイリの小児甲状腺がん

18歳未満6845人に発病、15人が死亡。
成人増加なし。

- 放射性ヨウ素の放出量は福島の10倍以上。
- 爆発の公表は1週間後。流通制限、摂取制限行われず、放射性ヨウ素入り牛乳が出回った。
- 内陸部のため慢性のヨウ素不足。

福島では小児甲状腺がんは増えない！

チェルノブイリ事故後、小児甲状腺がんが増えた(成人は増えない)理由

1. 小児(特に0～5歳)において、ヨウ素131の甲状腺への取り込みが多い。
乳児期は40%と激増、6,7歳で成人レベルになる。
0歳児では成人の約20倍、1歳児で15倍の被ばく。
2. 高線量において、小児の発がんリスクが高い。
原爆後1Sv以上で発がん死は著明に増加。
3. 慢性局所被ばくによる発がんはしきい値が高い。
慢性被ばくも局所被ばくもしきい値が高い

成人の甲状腺被ばく線量はしきい値以下だった

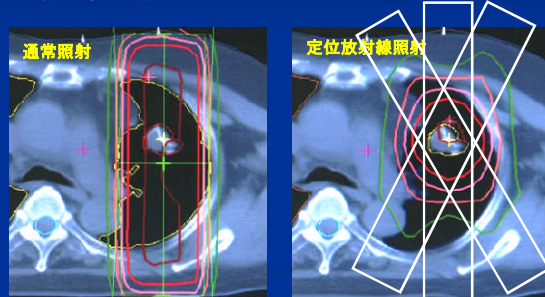
毒物、発がん物質など多くのものにはしきい値がある。
放射線ではなぜしきい値が不明なのか。



明らかにしきい値がある
放射線発がん
がある。

定位放射線照射

- 病巣に対し多方向から放射線を集中させ、正常組織の線量を極力減少させる方法



放射線治療後の二次発癌

Arai らの報告—子宮頸癌11855例の検討

- ・ 照射野内(50Gy以上照射された臓器)で、直腸癌、膀胱癌、子宮癌、白血病が誘発。10年以降で、**頻度は1%以下**。
- ・ 照射野外(数Gy被曝した臓器)では、有意の発生はみられない。

Cancer 67:398-405, 1991

放射線(全身の被ばく)による発がん

白血病

1900年代前半、米国放射線科医の白血病死亡率は他科の約10倍。英国放射線科医の被ばく約1000mSv/年。原爆後5年で急増。200mSv以下では有意の増加なし。

原爆被ばく線量と白血病死亡率リスクの関係

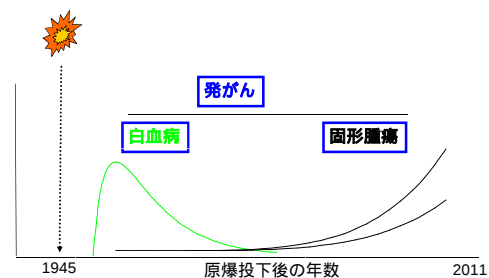
被ばく線量	ミシーヘルト					
10-50	60-90	100-190	200-490	500-990	1000-1900	2000-
白血病死亡率リスク(非被ばく群に対する相対リスク)						
0.99	0.61	1.08	1.79	4.15	8.01	18.57

Shimizu, Kato and Schull, Radiat. Res. 121,120,1990

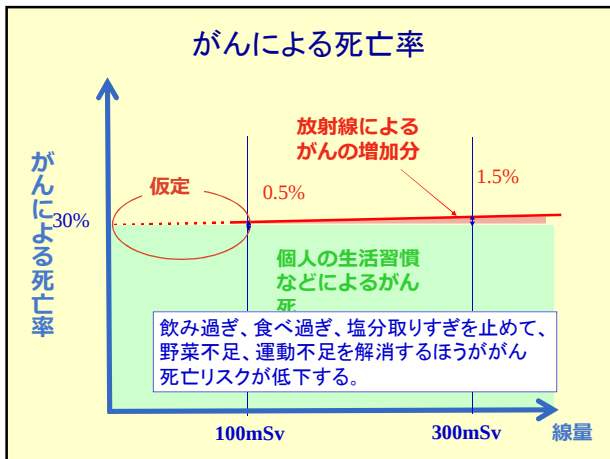
放射線だけによる発がんにはしきい値がある

- 放射線皮膚炎からの皮膚がん、ダイヤルペインターの骨肉腫、トロトラスト肝がん、放射線治療後の二次発がん、原爆後の白血病などは放射線だけが原因と考えられる。
これらの場合は、発がんにしきい値(局所1Gy以上、全身200mSv)がある。

広島・長崎の原爆被爆者の発がん



甲状腺がんは10年ぐらい、乳がん、肺がんは15年ぐらい、胃がん、大腸がんは20年ぐらいしてから、被爆していない人たちに比べて増えてきた。



発がんリスクの比較

要因	対象	比較対象(コントロール)	相対リスク
原爆による放射線被ばく	1000mSv	0-5 mSv	1.5
喫煙(男性)	現在の喫煙者	非喫煙者	1.6
大量飲酒(男性)	ビール大瓶13~20本/週 ^{a)}	ときどき飲む	1.4
原爆による放射線被ばく	100 mSv	0-5 mSv	1.05
野菜不足	摂取量110g	摂取量420g	1.06
非喫煙女性の受動喫煙	夫が喫煙者	夫が非喫煙者	1.02~1.03

^{a)}エタノール換算で300~449g/週 (2011年6月19日朝日新聞グループより一部改変)



チェルノブイリ25年 被曝の森はいま

被ばくしたネズミでは、放射線で生じる活性酸素が効率よく消されていきました。そのスピードは、活性酸素にDNAを壊すすきを与えないほどです。

ブレンダ・ロジャーズ
テキサス工科大学 遺伝学者

10.4 × 24 × 45 = 11232

米国原子力船修理造船工の死亡率

原子力船作業員27872人(平均線量7.6mSv/年、中央値2.8mSv/年)の**がん死亡率**は対照造船工32510人より15%低く、全原因死亡率は24%低い(有意差あり)。

1957年～1981年の調査(G. Matanoski 教授1991年報告)

Figure 14. Standardized mortality ratios (SMRs) for selected causes of death among shipyard workers in the United States. (Adapted with permission from (73).)

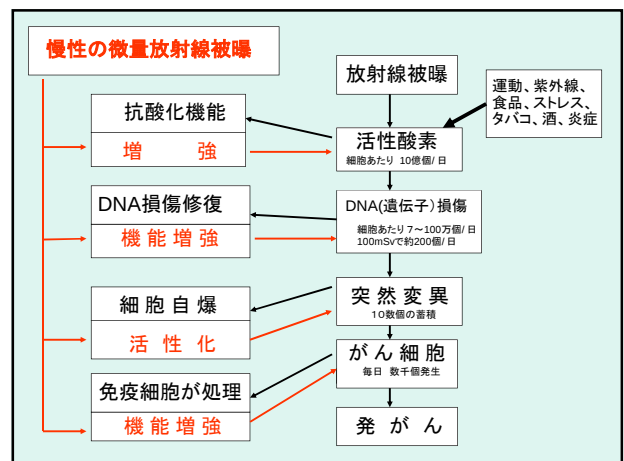
英国における放射線作業員の死亡率調査

Muirhead CR, et al. BJC (2009)100:206-212

対象 174541人
平均累積線量 24.9mSv (100mSv以上が10504人)

全原因死亡	SMR	社会調整後
26731 (予測 33014)	81%	84%
がん死亡		
8107 (予測 9666)	84%	82%

低線量でのがん死亡リスクなし。むしろ、がん死亡率は低下している。その理由は、放射線作業員は健康状態が平均以上であるため？



防御能力の範囲内の低線量であれば障害は残らない

心臓カテーテル治療医10人の血中H₂O₂濃度が3倍上昇、一方、グルタチオンが2倍上昇、リンパ球のカシパーゼ-3(アポトーシスの誘導)の発現亢進が認められた。継続的な被ばくにより放射線に拮抗する変化が細胞内で起きた。

Russo GL, et al: Eur Heart J (2012) 33:408-414

防御能力

低線量率長期照射

時間

発がんリスクとホルミシスの関係

がんの発生率

がんの増加

原爆被ばく線量と白血病死亡リスクの関係

被ばく線量	ミシーベルト	白血病死亡リスク(非被ばく群に対する相対リスク)
10-50	100-190	0.99
60-90	200-490	0.61
100-190	500-990	1.08
200-490	1000-1900	1.79
500-990	2000-	4.15
1000-1900		8.01
2000-		18.57

がんの減少

がん以外の死亡も減少

しきい値(線量率で異なる)

被ばく線量

低量放射線は怖くない

中村仁信

被ばくは私の仕事です

シーベルト？ベクレル？
いったい何が正しいのか？
どこまでが安全なのか？
少しの放射線は体によい？
普段から放射線を浴びている？
あなたの疑問に答えます

遊タイム出版 (06-6782-7700) 1288円+消費税 1000円

超・放射線論

DVD 超・原発論 5040円

収録内容の一部

・そこまで言わせて委員会「放射線は体にいい！」中村仁信

DVD特別企画
超放射線論(中村仁信vs武田邦彦 / 司会・宮崎哲弥)

ベルゴニー・トリボンドーの法則

- フランスの医師・生物学者、ジャン・ベルゴニーとルイ・トリボンドーが1906年に発見。
- 雄のラットの生殖細胞にラジウム由来のガンマ線を照射、精原細胞→精母細胞→精細胞→精子の順に障害が軽減することを示した。
- 細胞の放射線感受性は、分裂の頻度が高いほど高く、分化度が低いほど高い。
- 「だから子供はがんになりやすい」とは言えない。子供のほうがDNA損傷修復能力が高く、アポトーシス、免疫系などの防御機構が健全である。

K-40とCs-137の比較		
性状	K-40	Cs-137
化学的性状	アルカリ金属	アルカリ金属
主要なβ線のエネルギー	1.311 MeV	0.514 MeV
γ線エネルギー	1.461 MeV	0.662 MeV
物理的半減期	13億年	30年
生物学的半減期	30日	100日
体内分布	脂肪組織を除く全身 特に筋肉	脂肪組織を除く全身 特に筋肉
体内存在量	4000 Bq	0 Bq

チェルノブイリ周辺のセシウム汚染地域における膀胱癌*			
膀胱尿中のセシウム濃度が6Bq/Lの場合、年間2.5μGyと極めて微量。カリウム-40による被ばく約50μGy/年間のほうがずっと多い。			
土壌Cs-137(Ci/km ²)	5-30	0.5-5	0
尿中Cs-137(Bq/L)	6.4	1.2	0.29
膀胱上皮内癌+			
膀胱上皮癌(%)	53/73(73%)	37/58(64%)	0/33(0%)
膀胱癌総数/患者数(%)	90/164(55%)		

(丹羽太貴, Isotope News, 691, 30-34, 2011より)

(*Romanenko, A. et al., Carcinogenesis, 30, 1821, 2009; Table 1&II をNiwaが改変したもの)

チェルノブイリの教訓

ロシア政府報告書2011から

- 過剰な強制避難(年間5mSv以上)が社会的、経済的、精神的影響を大きくした。
- 精神的ストレス、慣れた生活様式の破壊、経済活動の制限が被ばくよりはるかに大きな損害をもたらした。
- ロシア、ウクライナ、ベラルーシで平均寿命が低下した。特に高齢男性の死亡率上昇。
- 社会的、精神的要因の重要性を十分評価すべきであった。

中川恵一「放射線科医が語る被ばくとがんの真実」ベスト新書より抜粋

IAEAの2006年度報告書から

■ 精神衛生の重要性

突然の住居移転や社会的接触の途絶や健康影響への恐怖と不安から多くの人が精神的痛手を被った。研究報告によれば被ばく者の不安レベルは対照群の2倍。原因不明の症状や健康不安の訴えは対照群の3~4倍。

- ベラルーシの汚染地域、非汚染地域の両方で、1986年以降、先天性奇形のわずかだが確実な増加が報告されてきたが、記録体制が充実した結果であろう。

スウェーデン放射線防護局の反省(2002年)

- 防護局幹部たちはチェルノブイリ事故後の安全基準(年1mSv以下)が厳しすぎたことを認めた。
- 多くの人が恐怖を覚え、良質なトナカイ肉78%が廃棄されて畜産農家が大きな犠牲を払った。
- 「厳格な放射線防護の立場からは、少量の放射線は体に害がない、ということはなかなか言い出せなかった」
- しきい値なし説へのこだわりとリーダーシップの欠如により、過剰防衛の決断を下し、その決断を後悔した。



(株)NBL 研究所

<http://nbl-technovator.jp>

本社(日本)

〒554-0022 大阪市此花区春日出中 2-3-25,
TEL: +81-6-6466-6841
FAX: +81-6-6466-6842
support@nblmt.jp, support@nbltechnovator.jp

泉南実験場(日本)

〒590-0523, okanaka, shinndachi, sennannn Osaka, Japan
TEL: +81-501-440-8067
FAX: +81-503-495-6245
support@nblmt.jp, support@nbltechnovator.jp

研究所(日本)

〒590-0522 大阪府泉南市信達牧野 631,
TEL: +81-724-93-3091
FAX: +81-503-495-6245
support@nblmt.jp, support@nbltechnovator.jp

東京国際事務所(日本)

〒3-27-H6-1, nakadai, itabashi-ku, Tokyo, Japan
TEL: +81-3-3559-8082
FAX: +81-3-3559-8082
amano@nblmt.jp, support@nbltechnovator.jp

Zhuhai office(China)

27-306, Haiwan Huayuan, Shihua East RD, Jida, S.E.Z
TEL: +86-756-323-2400, 2855
FAX: +86-756-336-3675
zhnbl@pub.zhuhai.gd.cn, support@nbltechnovator.jp

Shanghai office(China)

410, Navyug, Ind. 38nong 1hao 5E Dapulu Luwanqu Shanghai
TEL: +86-21-5465-7797
FAX: +86-21-5468-0770
shanghai@nblmt.jp, support@nbltechnovator.jp

報道資料

2012. 5. 25

原発関連の最近の報道リストと概要

研究会員から送付 編集: 西野

● 「プルトニウムは埋設」主張 (海外ハイテクフラッシュ)

2012/05/21 日経産業新聞 11 ページ 357 文字

原発の使用済み燃料に含まれるプルトニウムを燃料に再利用するのはコストがかかり過ぎ、地下に埋設処分すべきだとの意見記事を、米プリンストン大学などの4人の専門家が英科学誌ネイチャーに発表した。

使用済み燃料からプルトニウムを取り出してウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)燃料として再利用しているフランスで、電力業界からコストを理由に反対の動きも出ていると紹介。2000年の試算では、再利用の方が年間7億5千万ドル(約600億円)割高になるという。

米国では、核兵器用のプルトニウムを処分するため、MOX燃料に加工して原発で燃やしている。記事によると、米予算案では34トンのプルトニウムを処分するのに130億ドル以上かかる一方、燃料としての価値は10億~20億ドルにしかないの見込んでいる。(ワシントン=共同)

● 「プルトニウム再処理は危険で高コスト」: 『Nature』誌掲載世界のプルトニ

ウム保有量は膨大で、毎年増加している。高コストで危険なプルトニウムの再利用をやめ、埋設処分すべきだというコメンタリー論文が『Nature』誌に掲載された。



コロラド州ロッキーフラッツにある米エネルギー省のプルトニウム保管庫（1988 年撮影）。
なお、ロッキーフラッツでは 1969 年に、プルトニウムが主な発火源になった火災があった。

Image:DOE Office of Legacy Management

プルトニウムの再利用は高コストで危険であるため、埋設して処分すべきだというコメンタリーが、5 月 10 日付けで『Nature』誌に掲載された。[筆者はプリンストン大学のフランク・フォン・ヒッペルら]

イギリスでは、民生用プルトニウムの保有量が世界最大の約 90 トンにのぼっている。世界全体のプルトニウム保管量は約 500 トンにのぼるが、これは核兵器を 10 万発作るのに十分な量だ。核廃棄物中に含まれる分も入れるとこの量は大幅に増え、米国だけで約 620 トンになる。そしてこの数字は、毎年 23 トンずつ増え続けている。

プルトニウムは高速増殖炉に用いると効率的とされるが、高速増殖炉は 1950 年代から開発が続けられているにもかかわらず、いまだ商業的には成功していない。

軽水炉で MOX 燃料を利用することをプルサーマル利用という。日本では複数の原発でプルサーマル利用が行われており、福島第一原子力発電所 3 号機もプルサーマルだったが、爆発事故により廃炉が決定した。

プルトニウムと劣化ウランから作られる燃料は、混合酸化物（MOX）燃料と呼ばれる。

フランスでは、プルトニウムを分離・再利用した MOX 燃料を 20 年近く利用している（このプログラムは最初核兵器用に始められた）。しかし、再処理には非常にコストがかかるため、プルトニウムを再利用すると、プルトニウムを埋設してウランのみを燃料とする場合に比べて、発電コストが年間 7 億 5,000 万ドル近く増えることになる。

イギリスは、2001 年に MOX 燃料製造工場を建設し、稼働率 1%で稼働していたが、2011 年にこれを閉鎖している。この「実験」には 23 億ドルがかかった。2010 年の本格稼働をめざし、2006 年に「アクティブ試験」を開始したがトラブルが続き、これまでに 18 回完成が延期されている。その結果、建設費用も当初発表の 7,600 億円から、2011 年 2 月現在で 2 兆 1,930 億円と、2.8 倍以上に膨らんでいる。2006 年 4 月～2009 年 3 月に再処理された使用済み核燃料、および放出された放射性物質の量はこちら日本のプルトニウム再処理工場は、稼働わずか 2 年、たった 4 トンを分離しただけで、トラブルにより 2008 年に運転を停止した。2012 年 1 月に運転再開が計画されていたが、トラブルで再び中止されている。マンハッタン計画で原爆を開発した、ワシントン州にあるハンフォード・サイト。画像は、5 基あったプルトニウム分離施設のひとつで、巨大な形状から「キャニオン」と呼ばれた。画像は Wikimedia Commons。なお、ハンフォード核廃棄物貯蔵所では 2000 年に火災が起こり、高レベルの放射性廃棄物の入った地下タンク 177 基が炎上する危険性があった（日本語版記事）

さらには、2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故によって、実質的には日本の原子力計画そのものが宙に浮いた状態だ。5 月 5 日以降、日本の原発は 1 基も稼働していない。



プルトニウムの再処理と MOX 燃料の製造はなぜそれほど高価なのだろうか。

第一に、プルトニウムを放射性廃棄物から分離しなければならない。その手法のほとんどは、[原爆を開発した]マンハッタン計画のもとで開発されたピューレックス（PUREX：

Plutonium-URanium Extraction）法をベースにしている。ピューレックス法は、使用済み燃料をまず硝酸に溶かし、そこから有機溶媒を利用してプルトニウムとウランを抽出するというものだ。簡単に聞こえるが、扱うのが高放射性使用済み核燃料のため、大変なコストがかかる。

一方、MOX 燃料のペレット製造では、長いジルコニウムの被覆管に収まるように、燃料ペレットを精密に加工する技術が求められる。再処理段階ですでにかさんでいる費用にこのコストが加わると、プルトニウムから燃料を作るための費用は、新たなウラン燃料を製造する場合の約 5 倍に膨らむことになる。Nature 誌にコメントリーを書いた研究者たちによれば、最も安全でコストのかからない方法は、再処理をやめ、保有しているプルトニウムを埋設してしまうことだという。内閣府原子力委員会の小委員会が 2012 年 4 月に公表した、使用済み核燃料の処理方法別のコスト試算によると、全量直接処分（埋設）が最も安い。ただし、最終処分場を受け入れる自治体を探すのが困難とされているまずは、プルトニウムをセラミックで固めて「固定化」する。次に、この固定化したプルトニウムを、使用済み放射性燃料や核廃棄物とともに、地下 500m の貯蔵庫に埋設する。テロリストによって盗み出されたり、核兵器の製造に利用されたりするのを防ぐためだ。

もうひとつの方法は、ボーリングで掘った地下 5,000m の穴にこれらを廃棄することだ。この深さなら絶対に取り出すことはできない。ただしそうすると今度は「地底人」が登場する物語が始まりそうだ。



[六ヶ所再処理工場の全景。画像は [Wikimedia Commons](#)。日本原燃が 4 月 27 日、原子力安全・保安院に提出した六ヶ所再処理工場の安全評価（ストレステスト）によると、設備が耐えられなくなる地震の揺れの大きさは 666 ガルで、675 ガルになると過熱による水素爆発の可能



性があるとされている。2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震により外部電源を喪失、非常用ディーゼル発電機 2 機で冷却水循環ポンプ等に給電。使用済み核燃料の貯蔵プールの水約 600 リットルが溢れていたことも報じられた。]

TEXT BY KYLE NIEMEYER

TRANSLATION BY ガリレオ -高橋朋子

● 『核燃料リサイクルを再考する』

記事： 「日経サイエンス」08 年 10 月号 F.N. フォン・ヒッペル

最近米国を中心に原子力先進国で「原子カルネッサンス」が到来している、といわれる。意味合いはさまざまだ。これまで停滞気味だった原子力発電所の新設がこれから盛んに行われる時代になる、というのはおおかたの理解である。それに加えて、再処理とプルトニウム・リサイクル、さらには新型炉による長寿命放射性物質（超ウラン元素、TRU）を始末してしまおうという計画までを含めて、原子力新時代という向きもある。「日経サイエンス」08 年 10 月号に、F.N. フォン・ヒッペルが、上記のタイトルで書いている論文（[ここ](#)）をもとに、この問題を考えてみよう。

著者の主張は、まとめていえば、原子力による発電は、米国でも、世界中でも増やしていかなざるをえないが、再処理—核燃料リサイクルまで踏み込むことには賛成できない。その理由は、莫大な費用がかかり経済性が成り立たないこと、プルトニウムの拡散に歯止めがかからないことである。当面の処置としては、使用済み燃料の乾式貯蔵を推奨している。

著者の Frank von Hippel（プリンストン大学教授）は、もともと理論物理学者だったが、原子力政策の専門家に転じ、米国政府の政策立案にも関与し、また核不拡散論者の立場から、しばしば警鐘を鳴らしていることで知られる。反原発論者ではなく、原子力を、技術論と社会経済的観点から、現実的に進めるべきという主張をしている。

その人が、最近の原子カルネッサンスの潮流の中で、米国でも民間再処理を再開するとか、プルトニウム利用を進めるとか、さらには TRU を含む再処理回収燃料を高速炉で燃焼させるとか、そういう政策に疑問を投げかけているのがこの論文である。

著者はアメリカの原子力について具体的なコストをあげて書いている。それを以下ではそのまま紹介する。日本と比較する際には、日本の原子力発電の規模はほぼアメリカの半分であるとして、総額などは日本の場合には半分、と考えていい。どうせ概算値だから、おおま



かに 1 ドル 100 円で換算していいだろう。ただし、コストは、経験的には、日本で同じものを製造するには、同額か場合によってはかなり割高になると考えたほうがいい。

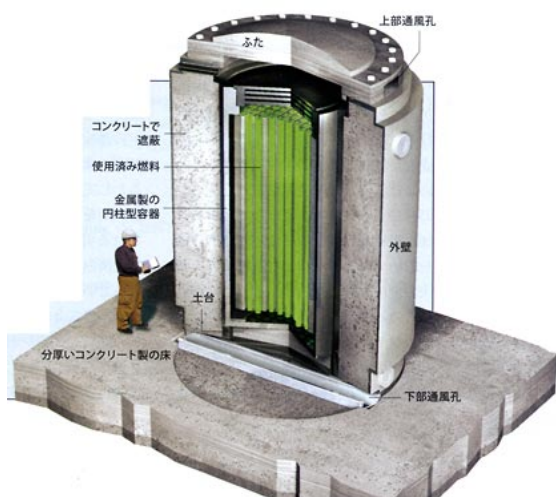
これまでアメリカ政府は、原発の使用済み燃料を再処理することなく、水プールで冷却した後、地下深く埋設処分するという方針でやってきた（これをワンスルー方式という。リサイクルせずに核燃料は原子炉で一回使うだけという意味である）。07 年で、使用済み燃料は 6 万 2 千トンに達し、各地にある発電所の使用済み燃料貯蔵プールは、満杯に近い。ネヴァダ州ユッカマウンテン（Yucca Mountain）に処分場が予定されているが、地元の反対などあって長い間凍結されていた。最近、米政府エネルギー省が、ようやく規制当局（NRC）に申請書を提出、建設に向けて動き出した。とはいっても、審査に 3 年程度かかり、その後の建設が順調にいても供用開始は最短で 2020 年になるらしい。建設費は 500 億ドル（5 兆円）といわれる。今後ずっとこのやり方で行くとすれば、さらに次の処分場が必要となる。当初の予定では処分場への使用済み燃料引き取り開始を 1998 年としていたので、米政府は電力会社へ毎年 3 億ドル（300 億円）程度の補償金を支払うことになるだろうという。

ブッシュ政権は、最近原子力政策を改め、ワンスルーを替えて、核燃料リサイクル路線に戻ろうとしている。ただし、プルトニウム利用よりも、再処理により地下埋設処分する高レベル廃棄物を減らそうという方針だ。しかも高レベル廃棄物に含まれる長寿命放射性元素（そのほとんどは TRU）を新型炉で燃やして短寿命にして処分するという方法を採用しようとしている。これは日本でも研究開発が行われている方式である。問題点は、まだ夢物語みたいなもので、時間もかかるし、莫大な予算を必要とすることだ。

フォン・ヒッペルの試算によると、この方式を採用して使用済み燃料を処理するのに、100 万キロワットのナトリウム冷却方式の新型炉を、アメリカの場合、40 から 75 基、設置する必要がある。おなじ 100 万キロワットの軽水炉に比べ、一基あたりの建設費は 10 億—20 億ドル（1000 億—2000 億円）余分にかかる。それは政府が補償しなければならないだろう。400 億—1500 億ドル（4 兆—15 兆円）を要する。ほかに再処理施設の建設と運転に 1000 億—2000 億ドル（10 兆—20 兆円）かかり、この方式を採用するのに伴う費用は 1400 億—3500 億ドル（14 兆—35 兆円）となる。米政府として、財政赤字の折から、とうてい負担できない額だ。

フォン・ヒッペルは、乾式キャスク（容器）に、当面使用済み燃料を貯蔵することにしたかどうかと提案している。使用済み燃料は、20 年ほど水プールに貯蔵しておくと、放射能レベルは下がり、空気の自然循環だけで冷却できる程度になる。ひとつのキャスクに 10 トンかそれ以上の使用済み燃料を収納できる。100 万キロワットの原発の使用済み燃料を格納するのに年間 2 基で十分だ。当面原発敷地内に貯蔵可能である。周辺住民に対してリスクはないし、テロリストの攻撃にも十分耐える。





乾式貯蔵にかかる費用を、推算してみる。米国の場合、原発から出てくる使用済み燃料は、年あたり、2500 トン程度だろう。キャスクが年 250 基必要となる。1 基 100 万ドル（1 億円）として、年 2.5 億ドル（250 億円）かかる。多数設置するとなれば、より収容能力のあるものを、もっと安価に作れるだろう。この方式がだんぜん経済性の点で優れている。

たしかに原子力発電は、最終処分まで含めて、完結したシステムになっていない。しかし、この乾式貯蔵方式で、時間が稼げる。処分地の問題も、リサイクル方式をとるかも、そう慌ててばたばた決めなくてもいい。そのうちに技術的、あるいは経済的な状況が劇的に変われば、乾式貯蔵してある使用済み燃料は新たな資源として活用できるかもしれない。

私はこれまで何度か、再処理とプルトニウム・リサイクルは必要ないと主張してきた。高速増殖炉は、コストと安全面から問題があり、実用化しないだろう。プルサーマルは資源利用の点で、わずかに稼げるにとしては、再処理を含めて金がかかりすぎる。ワンスルーで、使用済み燃料を中間貯蔵し、将来の技術発展に待てばいいなど書いてきた（右コラムの「カテゴリー」で、「原子力問題」あるいは「原子力・エネルギー」で見ていただきたい）。ウラン資源の枯渇を心配する向きがあるが、ウラン価格が上昇すれば、海水からウランを採取する技術（技術的にはなかり見通しがついている）が、コスト的に成立するようになるだろう。プルトニウム利用に走ることはないのである。

● ドイツ、核廃棄物処分場周辺で女兒の出生比率が低下

記事：ドイツ・ハノーバー＝田口理穂

北ドイツにある核廃棄物の中間処分場「ゴアレーベン」周辺で女兒の出生率が有意に下がっているとの調査が明らかになった。放射線値は許容範囲内だが、「低線量でも人体に影響があるのではないか」と議論を呼んでいる。インターネット新聞の「ヴェルト・オンライン」など各紙がこのほど報道した。



ドイツの核廃棄物はフランスのラハークで再処理され、専用容器でドイツのゴアレーベン中間貯蔵所に搬入される。中間貯蔵は 1995 年から始まり、420 個分の容量のうちすでに 113 個入っている。

ドイツ環境支援協会 (DUH) がベルリンのチャリテ病院などの協力で行った調査によると、中間貯蔵が始まった 1995 年以来、ゴアレーベンの周囲 40 キロ圏内で明らかに女児の出生比率が低下した。統計的には生まれるべき女児が 1000 人、生まれていないという。

放射能値は低い、同病院の人間遺伝学のカール・スペアリング教授によると「父親の X 遺伝子が傷つけられたため、女児が生まれにくいのだろう」と話し、核廃棄物と女児の出生率について関連づけている。

この「失われた少女たち」の統計について、母親の年齢や子どもの数などデータが不十分だとの声もあがっている。しかし、ニーダーザクセン州厚生省は 2011 年 9 月、中間貯蔵開始以前は女児 100 人に対して男の子が 101 人生まれていたが、以後は女児 100 人に対して男の子が 109 人との調査を発表しており、女児が減っているのは事実だ。

クリストフ・ツィンク医学博士は、放射能の許容値の算出に問題があるとし「胎児は大人より放射能の影響を受けやすい。チェルノブイリ原発事故発生時の医学的な経験が生かせていない」と批判している。

2007 年にドイツ連邦放射線防護庁が発表した調査では、原発の周囲 5 キロ圏内に住む 5 歳未満の子どもはガンや白血病の発生率が通常の倍以上との結果が出ており、子どもに対する放射能の害が危惧されている。

上記のスペアリング教授によるとチェルノブイリからちょうど 9 ヶ月後の 1987 年 1 月、ベルリンでダウン症の子どもが通常の 3 倍以上生まれたという。

● 浜岡原発、使用済み燃料に懸念＝静岡県知事

2012 年 4 月 25 日 20:56 JST

【東京】菅直人前首相の要請によって、中部電力が浜岡原子力発電所の稼働を停止してから 1 年近くたった現在、同原発には依然 9000 本の使用中・使用済み燃料棒が保管されており、地震や津波があれば大規模な原子力事故が発生する可能性がある。川勝平太・静岡県知事がウォール・ストリート・ジャーナル (WSJ) の取材で明かした。

川勝知事は 24 日に行われたインタビューで、中部電力が講じた安全対策は「不十分」だとし、使用済み燃料の処理問題に対する解決策が見つかるまでは運転再開を認めるつもりはないと強調した。

浜岡原発が位置する東京から約 180 キロの太平洋沿岸部は、地震と津波の危険性が高い地域とみられている。さらに周辺地域にはトヨタ自動車本社をはじめ、国内製造企業の拠点が多数点在している。

川勝知事は、「浜岡発電所は危険な存在。廃炉にしても、永久停止にしても、そこに使用済



み核燃料があるかぎり、地震とか津波で冷却機能が失われれば福島のものになりかねない」と述べ、「(使用済み燃料を) 処理しないかぎり安全ではない。他に持って行き場所もない。そこで処理するしかない」とした。

また、東日本大震災のときのようなマグニチュード (M) 9 クラスの地震に見舞われた場合、沸騰水型軽水炉 (BWR) を採用している浜岡原発がそれに耐えられるかどうかは「非常に疑問」だと述べた。

内閣府の検討会は先月、M9 クラスの地震が南海トラフ (東海沖から四国沖の海底に延びる溝状の地形) 沿いで発生した場合、最大 21 メートルの津波が襲来する可能性があるとの予測を明らかにした。

これを受け、中部電力は全冷却能力が失われた場合にメルトダウン (炉心溶融) が始まるまでの期間について、保守作業のために原子炉の運転を停止している場合は 6 日、原子炉が稼働中の場合はわずか 3 日との予測を明らかにした。

菅首相 (当時) は昨年 5 月 6 日、東京近辺で原発事故が発生し日本経済が大惨事に陥ることを警戒し、中部電力に浜岡原発の運転停止を要請した。政府独自の予測によると、今後 30 年以内に浜岡原発周辺地域で M8 クラスの地震が発生する確率は 87% だ。

中部電力は年末までに海岸沿いに長さ 1.6 キロの防波壁を建設するなど、運転再開に向けた努力を続けているが、川勝知事が懸念を表明したことでその道のりは難航する可能性がある。

さらに政府は、今夏電力不足に陥る危険が差し迫るなか、安全性に対する懸念から住民が強く反対しているにもかかわらず、関西電力大飯原発の運転再開に向けた手続きも進めている。

国内第 3 位の電力会社である中部電力は、日本の主要電力会社の中で原発への依存度が最も低く、全発電量に占める原子力発電の割合はわずか 10% 程度。

だが、浜岡原発の運転停止で中部電力の化石燃料費は年間 3000 億円増加し、その影響で 2012 年 3 月期決算は 1000 億円の赤字に陥る見通しだ。

記者: Mitsuru Obe



スーパー・セーフ・スモール・シンプル
超小型炉に4Sと命名

「世界で初めてだ」

米の研究者らが評価

4面からじじいへ

原子力は負荷追従はしない国に行きてナシミナル
いのです。なに？ 今プロジェクトに参加し、

その方が「超」自宅と呼び、「服部君、貴族に類力発電はできないのです。子力発電所を造る」。あそこには尾崎幹綱といった、中部電力も一筆劃いた。出力も停下けしついでにできる高出うまきやつくれないと、すぐ電圧が下がるといふ被さが下がりてしてラックでいろいろ可能性のある地域だとよくいるの原子炉を作る気だ？（高木）です。「バカうつらじやないよ、火力として30万キロワットの一杯た。電圧、周波数が変動しない自然なものでいいものを作らんどうな、頼むぞ」「ところが力炉・核燃料開発事業

何と言った！(急激な出力変更はできないのです)。と言ったら、「あのね、発電機というのは電気負荷の変動に応じて出力を上げ下げする、例えばバス車が近づいてくても気が要るときはブレークパワーを上げて、通り過ぎて電気が必要じゃなくなるからスロットルを下すだけ、それが発電機の重要な機能じゃないか！」いや、燃料破損ですよ。(なにって、そんなものお前らは作る気が、止めてくれ。)とどやされまし

その後私は、勤働、動力必要になり、酸化性燃料では燃料破損が生じてしま

それから若干の中研さんならミアルゴン研究機関で何を聞いてもいいまして、金剛燃料を使用した高速炉の実験炉EBR-IIを30年間運転して、自ら由ん出力を変更も初めて見事なる転化成果を出しているという事実です。金剛燃料の耐久性の問題、これは50年経っても腐食問題はなかったのだといひます。

以前から超小型をいう場合全長原子炉が出来ると言われていたのですが、送配網も厚く単独運転が可能で、出力が増減が容易になる、酸性性燃料

くも。電気出力の増減に「す。あやう
炉心の熱出力が自然に追 ちよっと
従える」といふ夢のような な、話が
話思いつめたのです。 順子力界
しかも燃料がバツまで 燃焼する
と冷却しないというのに、突然
の原と炉を考へるとも 順子炉を
可能なのではなか。そ といふこ

高速増殖炉開発の役割も

富遠運糧の開發は、世界中で待望され、多量の輸入を要求する。そのためにわが国は、すべからざるにわたるルンペン型ペトリウム入りの大きなシナクに、ナトリウム燐素原子如圖像のものをつぶし取めてしまふβルンペン型が、同化型αセプトとγセプトル型であり0.7位の世界最大のものをフランスが製造した。

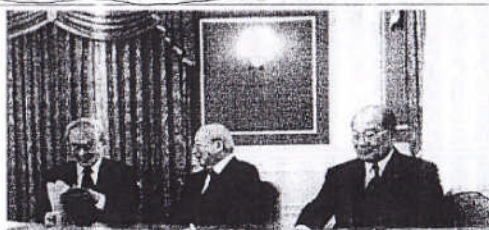
このより0.7位の高速増殖機と世界一の設計といわれてきた、 $\frac{1}{6}$ の設計が、6万5千トンの石油

を設計して、スーパー
ニックスの約10万ポンドで
とトラックあたりの物量運搬
と比較で4戸の方が大きな
値になり、其中に海運費は
与えました。

燃料取扱、扱い設備、制御
設備が無いところが大きい効
果は、今もよく覚えていま
す。今は、新4号コンベヤト
位調整づいていますが、全副
型喪失でも発現して炉が止ま
り出した圧力が上限を超え
しなばないと、ナトリウム
が漏却を遂げますが、高濃
度密着炉の系統技術開発
の役割を果たします。

[illegible]

誤演を前に談笑する(左から)服部、板倉

[illegible]

原発で海水脱塩を

北アフリカが高い関心

警部への 声「イカ シ」は、 「おはれと な」と考 えられ、 その友人 の許討を か「そ 部に基つ してはい に取られ たはな きまし またの た人	1988年、サンラ シンスの学会との起 どが「ア系の人たち くは死んで、また ア系が、とくに北 アフリカ諸国は成水が なく、海水がボツで す。	異分子と「運搬員 を要しない」送電線 が要する」として、 「おはれと」の小型 成水の解析機が されの。その結果 エラセシトは原如 めちです。
---	--	---