

# 福島事故のあとさき

(平成23年11月18日京大電気電子工学科での特別講義  
『原子力発電と福島第一事故のもたらした動向』から)

---

吉川 榮和

京大名誉教授

# 目次

---

1. 従来のエネルギー政策の基本的考え方  
21世紀の日本は『原子力立国』だ！
2. 原子炉安全の枠組み
3. 福島第一事故のさまざまな影響
4. まとめ

# 1. 従来のエネルギー政策の基本的考え方 21世紀の日本は『原子力立国』だ！

---

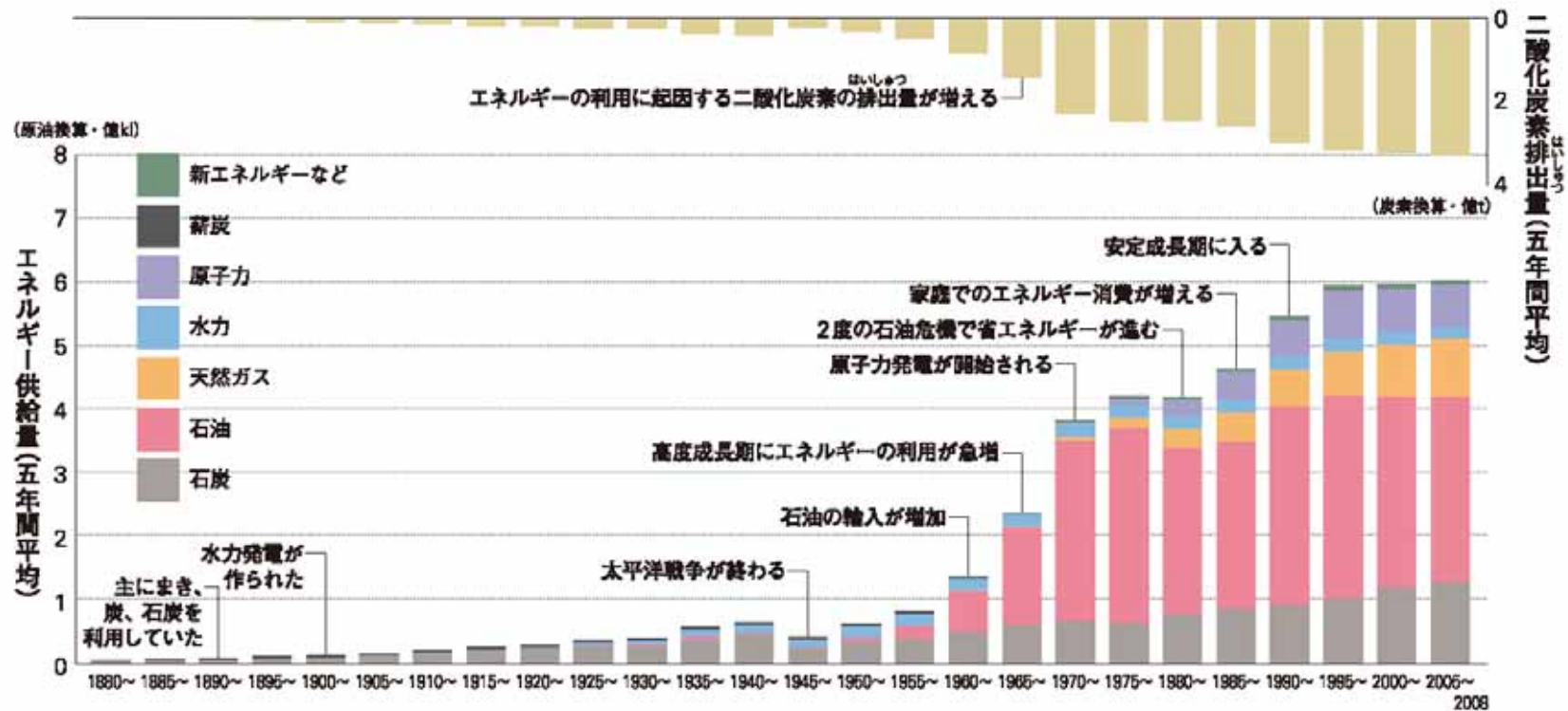
- 電気エネルギー利用の増大と原子力発電
- 核燃料サイクルと放射性廃棄物処理処分の確立を目指す原子力政策
- 世界的な地球温暖化防止の高まりと原子力発電への一層の傾斜

# 電気エネルギー利用の増大と 原子力発電

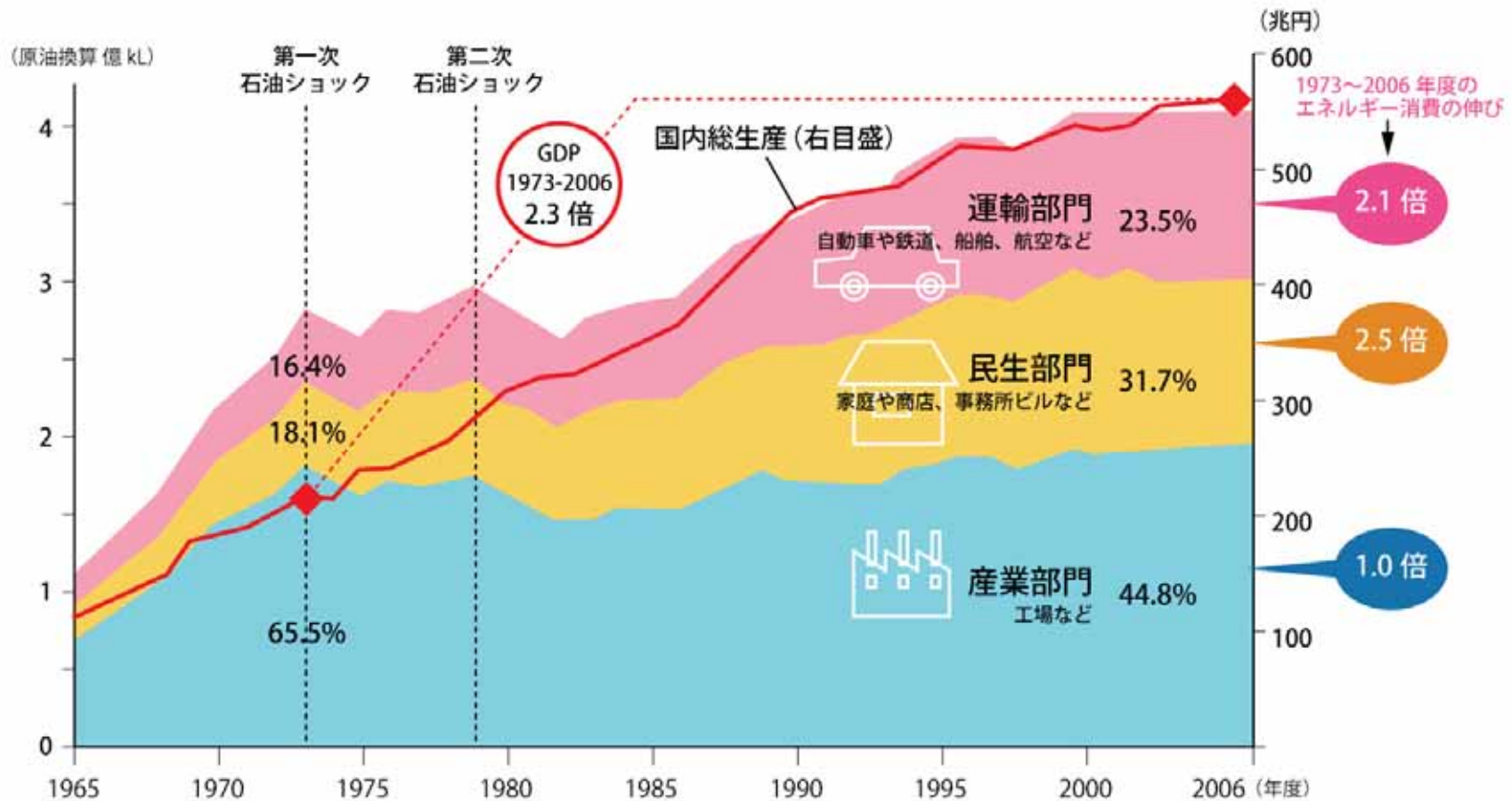
---

- 日本の一次エネルギー供給の移り変わり
- 日本の最終エネルギー消費とGDPの移り変わり
- 一世帯当たりの電気使用量
- 発電量とその内訳
- 電源のベストミックス
- 日本の原子力発電所

# 《 日本の一次エネルギー供給の移り変わり 》



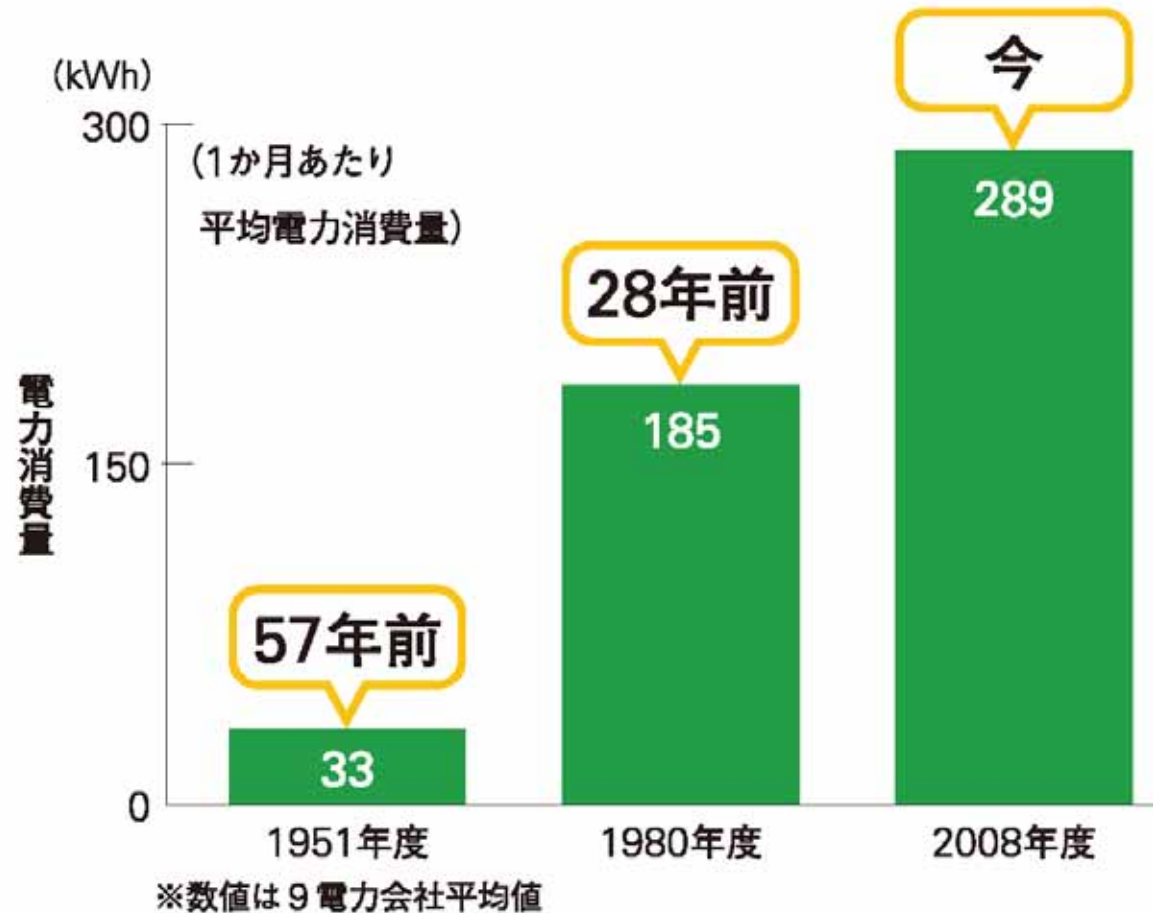
# 《 日本の最終エネルギー消費とGDPの推移 》



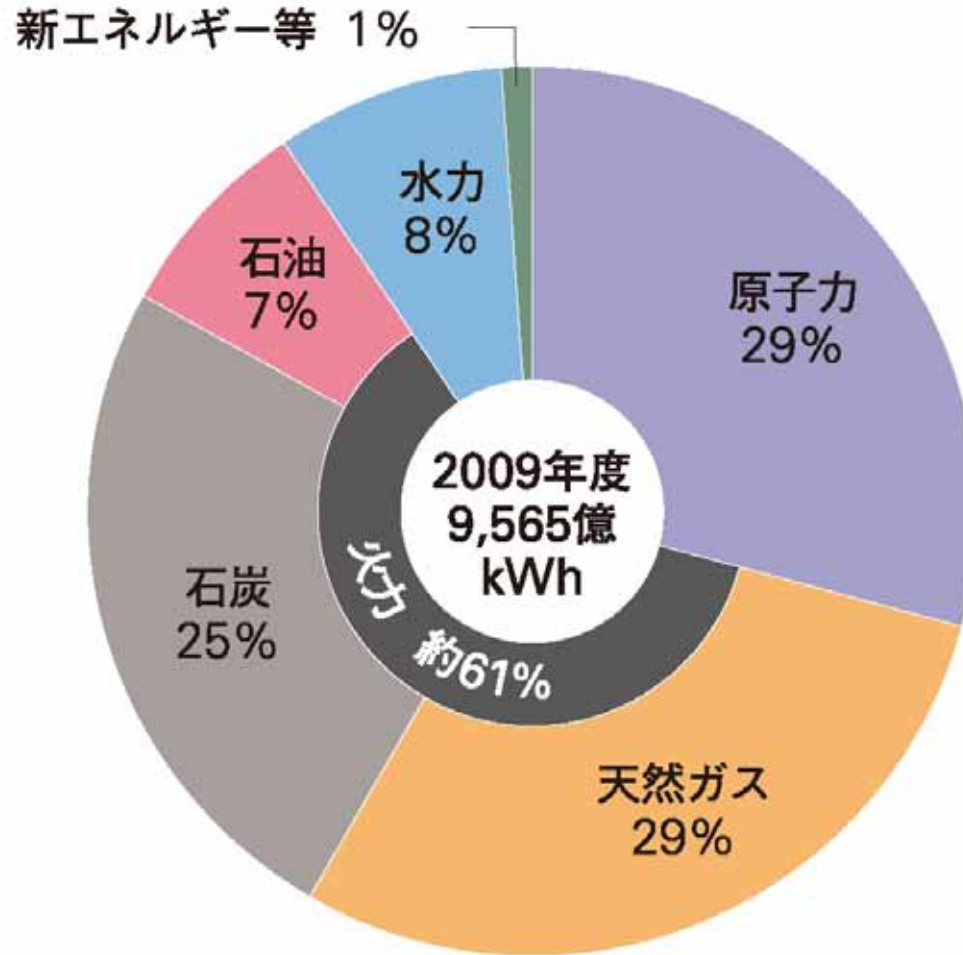
(注1) GDPは1980年度まではISNA1990年基準、1980～1993年度までは新SNA1995年基準、1994年度以降は連鎖方式SNA。  
 (注2) 原油換算とは、石炭や天然ガスなどの異なるエネルギー源を原油の量に置き換えた場合の量。

出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算年報」、  
 (財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」  
 出所：資源エネルギー庁「日本のエネルギー 2009」より作成

## 《 1世帯あたりの電気の使用量 》



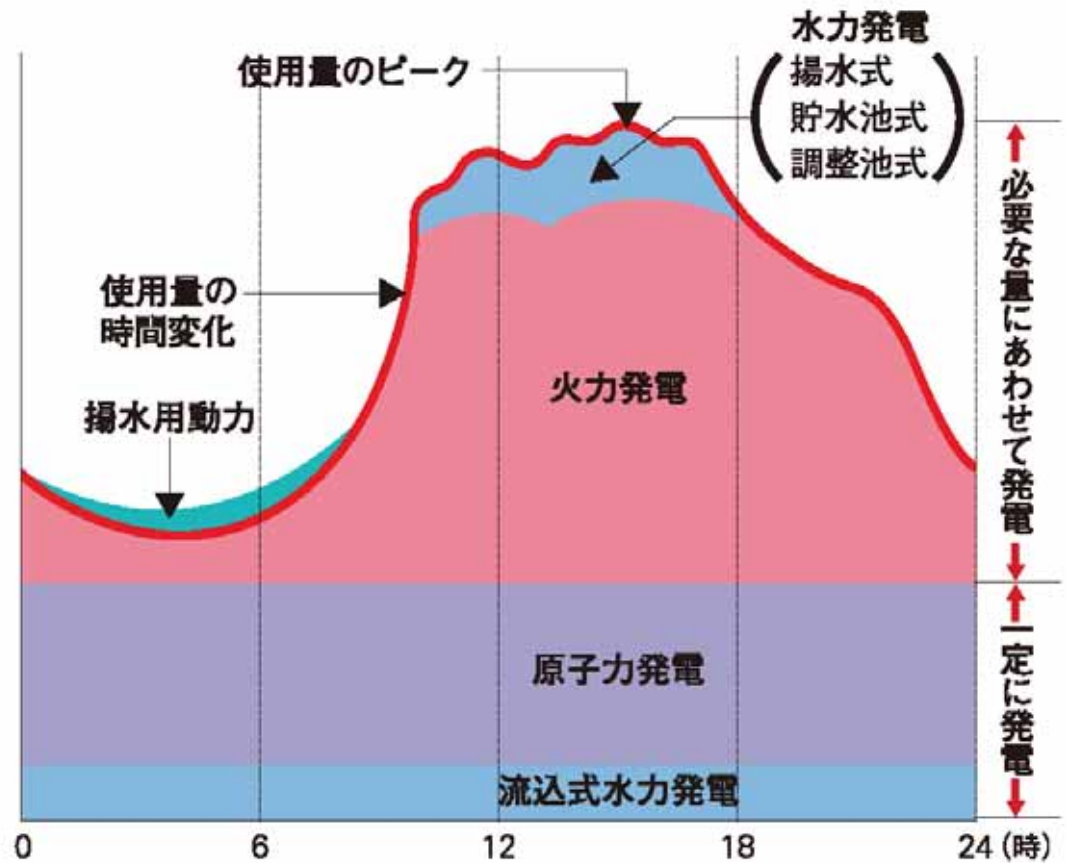
# 《 発電量とその内訳 》



出所：資源エネルギー庁「電源開発の概要」



# 《 電源のベストミックス 》



揚水用動力とは、ようすい揚水式水力発電所で夜の間に水をくみ上げるために使われる電気のことです。

出所：電気事業連合会

# 《 日本の原子力発電所 》

日本の原子力発電所(2010年3月末現在)

	基数	合計出力(万kW)
運転中	54基	4,884.7万kW
建設中	2基	275.6万kW
着工準備中	12基	1,655.2万kW
合計	68基	6,815.5万kW



# 核燃料サイクルと放射性廃棄物処理処分の確立を目指す原子力政策

---

- 核燃料サイクル
- 放射性廃棄物
- 低レベル放射性廃棄物
- 高レベル放射性廃棄物
- 高レベル放射性廃棄物の処分の方法

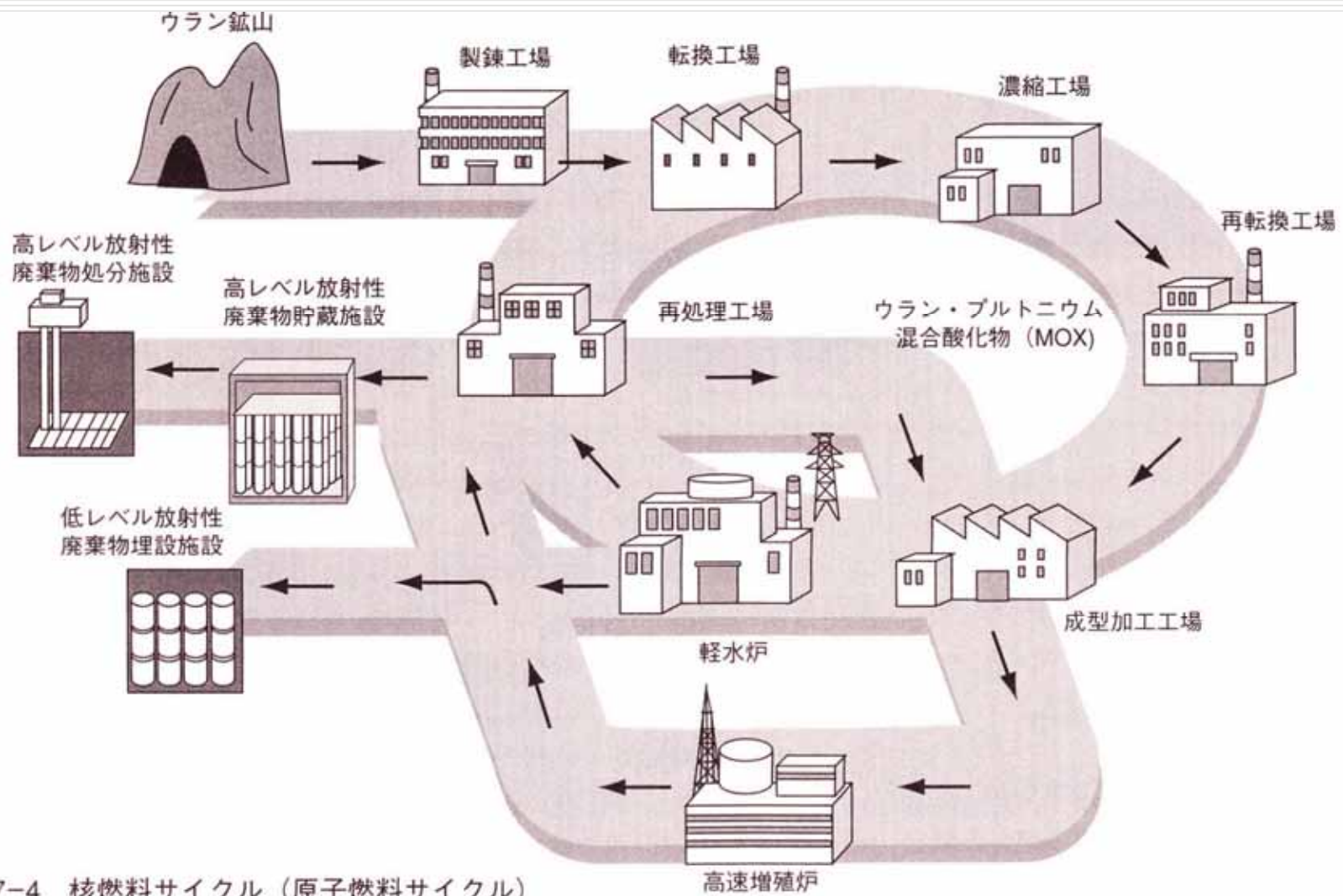
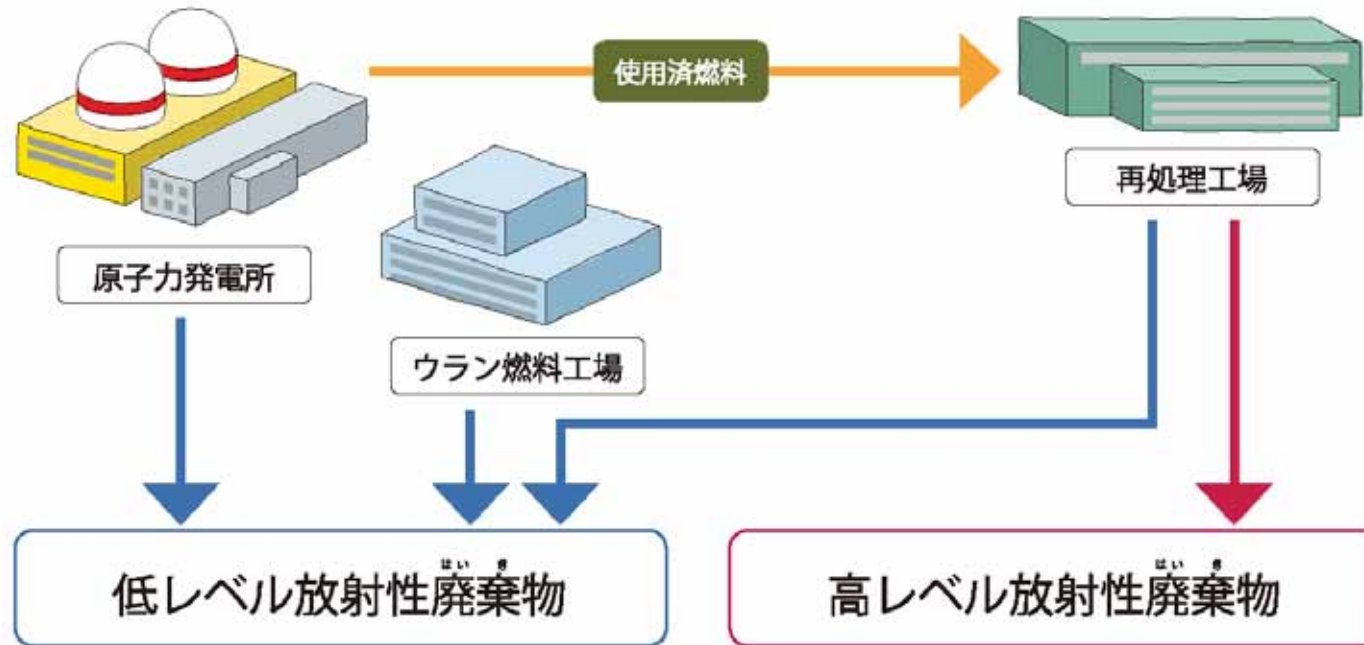


図7-4 核燃料サイクル (原子燃料サイクル)

# 《 放射性<sup>はいき</sup>廃棄物 》



出所：チャレンジ！原子力ワールド



## 《 低レベル放射性<sup>はいき</sup>廃棄物 》

低レベル放射性<sup>はいき</sup>廃棄物は、原子力<sup>しきつ</sup>施設の運転、点検、解体などともなうて発生するものです。コンクリート、金属、使用済みの消耗品<sup>しょうひん</sup>（ペーパータオル、作業用手袋、作業服）などです。これらは放射能レベルに応じて適切に処分されます。



出所：チャレンジ！原子カワールド

## 《 高レベル放射性<sup>はいき</sup>廃棄物 》

高レベル放射性<sup>はいき</sup>廃棄物は、再処理工場で使用済燃料からまだ使えるウランやプルトニウムを回収した後に残る、放射能レベルの高い<sup>はいき</sup>廃液のことです。これをガラスと<sup>と</sup>溶かし合わせて固化したものを「ガラス固化体」といい、30～50年間、地上で<sup>ひやま</sup>冷却した後、処分します。



### ガラス固化体

高レベル放射性廃液をガラス原料とともに溶かし合わせて、ステンレス容器に入れて固めたもの。

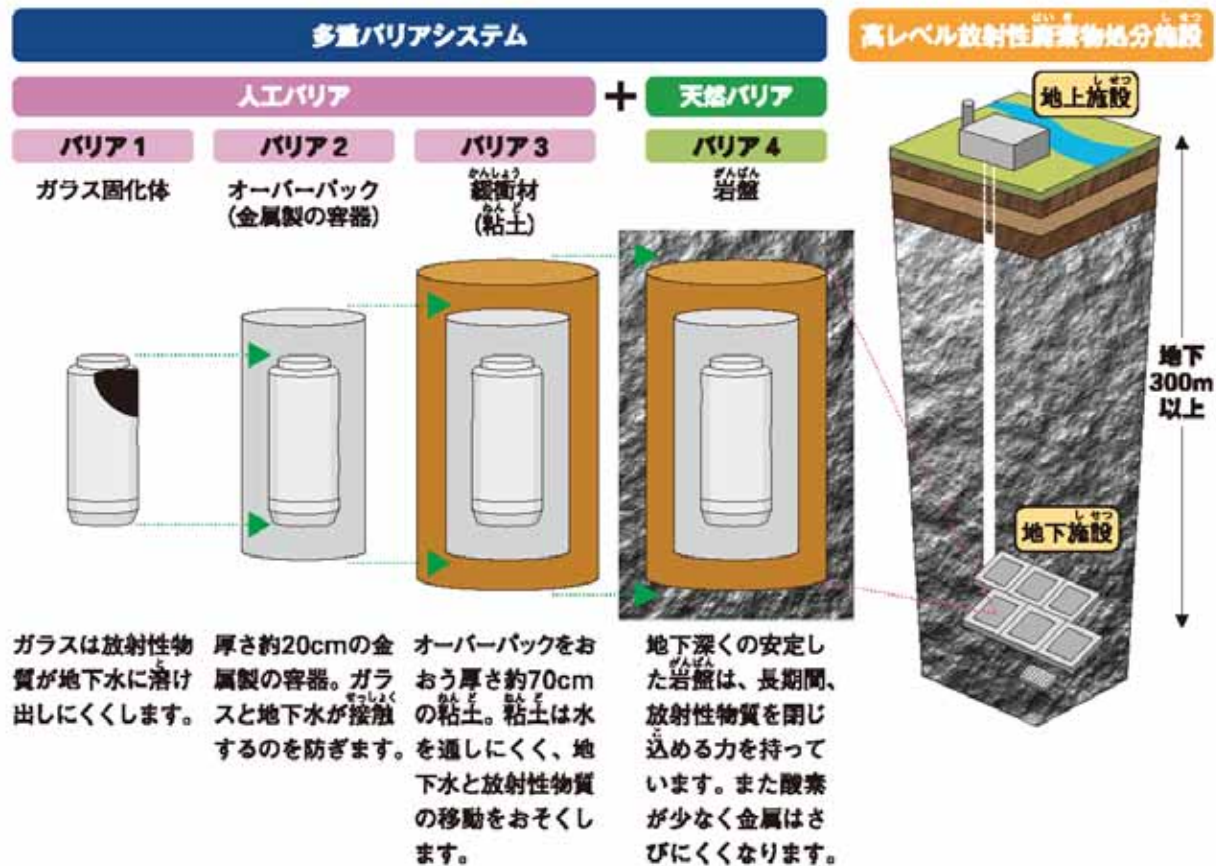
直径:約40cm

高さ:約130cm

総重量:約500kg

出所:チャレンジ!原子カワールド

# 《 高レベル放射性廃棄物の処分の方法 》



出所：チャレンジ！原子カワールド

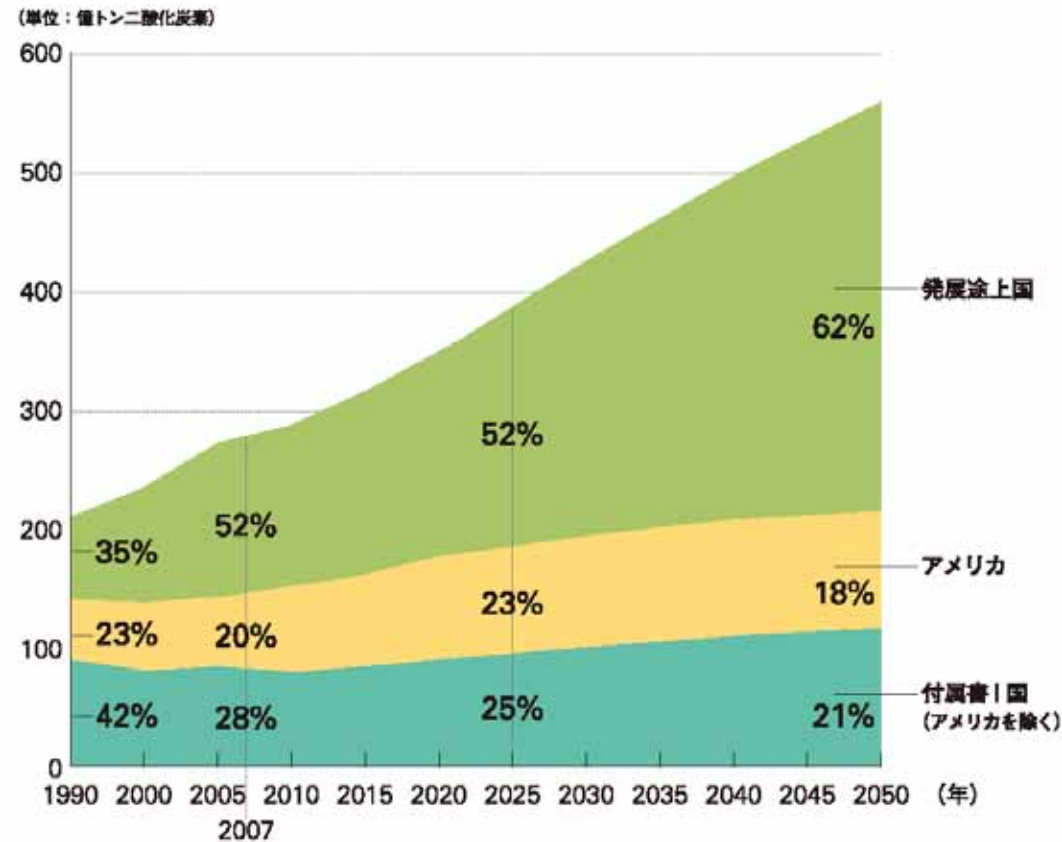


# 世界的な地球温暖化防止の高まりと原子力発電への一層の傾斜

---

- 世界の二酸化炭素排出量の見通し
- 電源別二酸化炭素排出量
- 一次エネルギー供給の推移と見通し
- 発電電力量の移り変わり
- 主要国の原子力発電設備
- 原子力発電所の世界的広がり

# 《 世界の二酸化炭素排出量の見通し 》

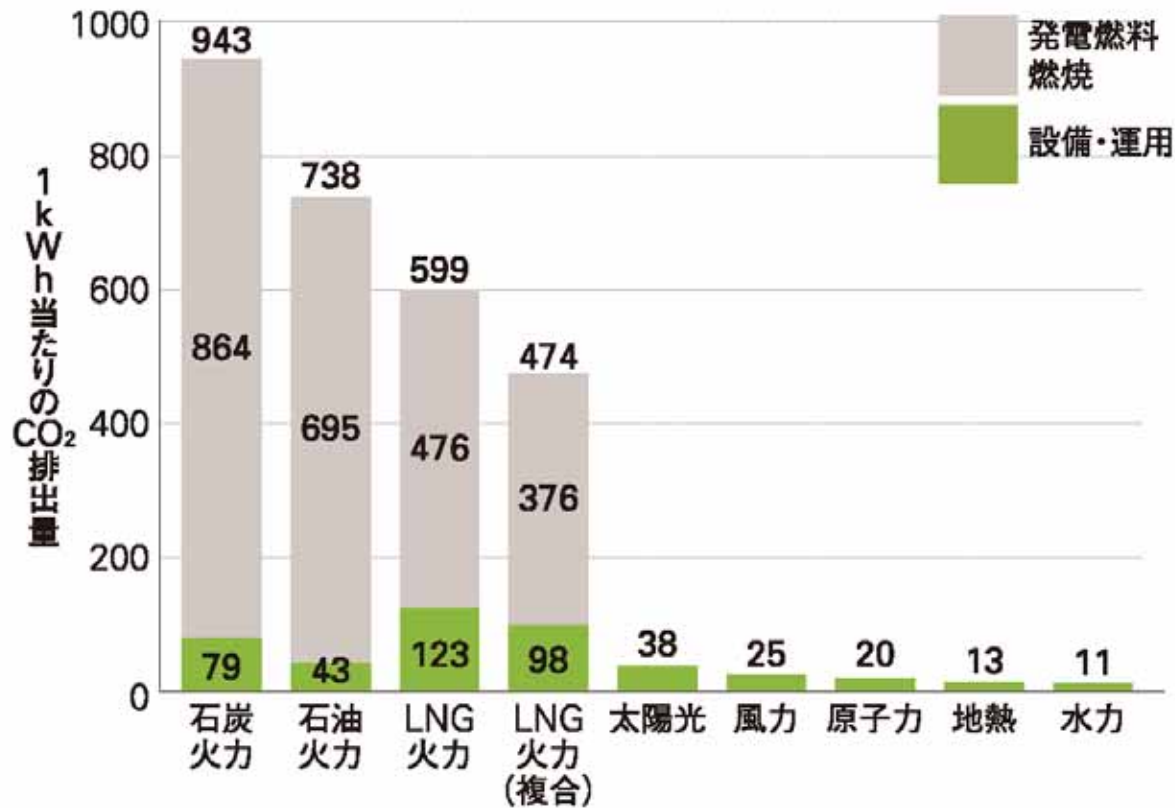


※付属書I国：気候変動枠組条約で規定される付属書II締約国(OECD) + 移行期経済国(旧ソ連、東欧諸国)のことで、温室効果ガスの削減やさまざまな報告の義務を負っている国

出所：地球環境産業技術研究機構 (RITE)

# 《 電源別の二酸化炭素排出量 <sup>はいしゅつ</sup> 》

(単位：g-CO<sub>2</sub>/kWh)



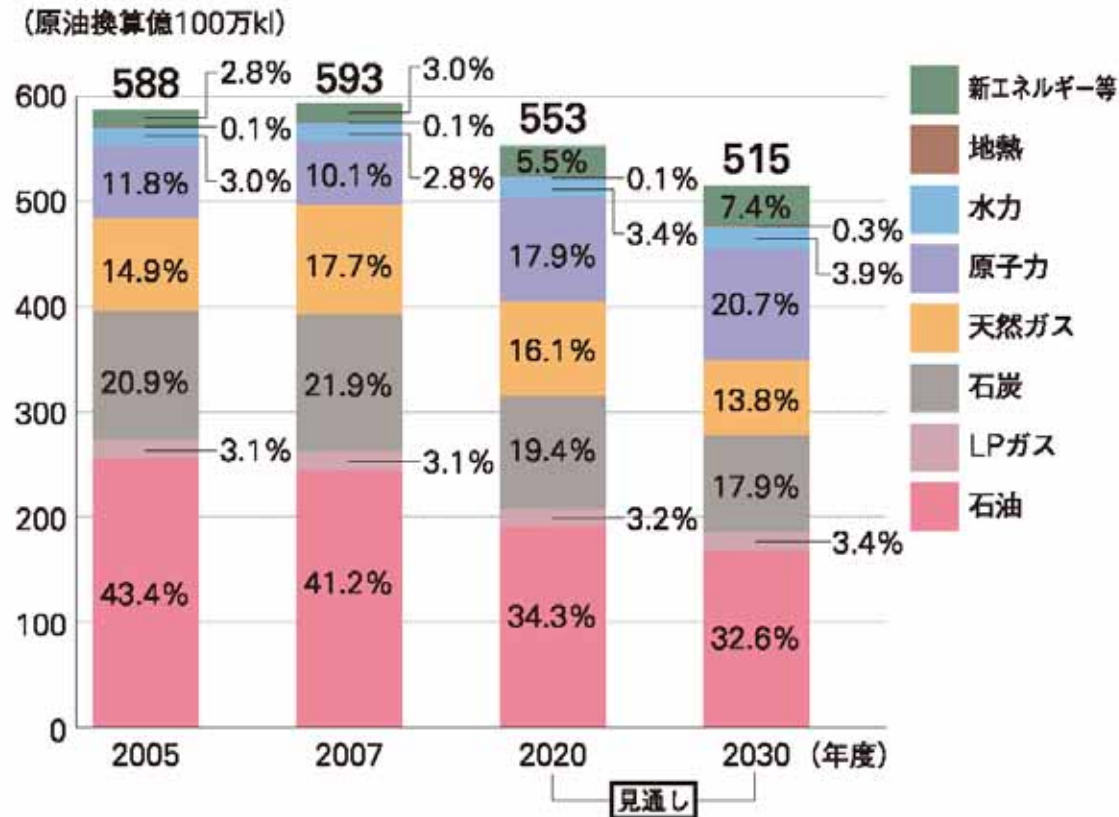
※発電燃料の燃焼に加え、原料の採掘から発電設備等の建設・燃料輸送などに消費される全てのエネルギーを対象としてCO<sub>2</sub>排出量を算出。

※原子力については、1回だけのリサイクルを前提として、高レベル放射性廃棄物処分・発電所設備廃棄・廃炉などをふくめて算出。

※LNG：液化天然ガス(天然ガスを冷却して液体にしたもの)

出所：電力中央研究所「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による原子力発電技術の評価(平成22年7月)」  
「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による発電技術の評価(平成12年3月)」

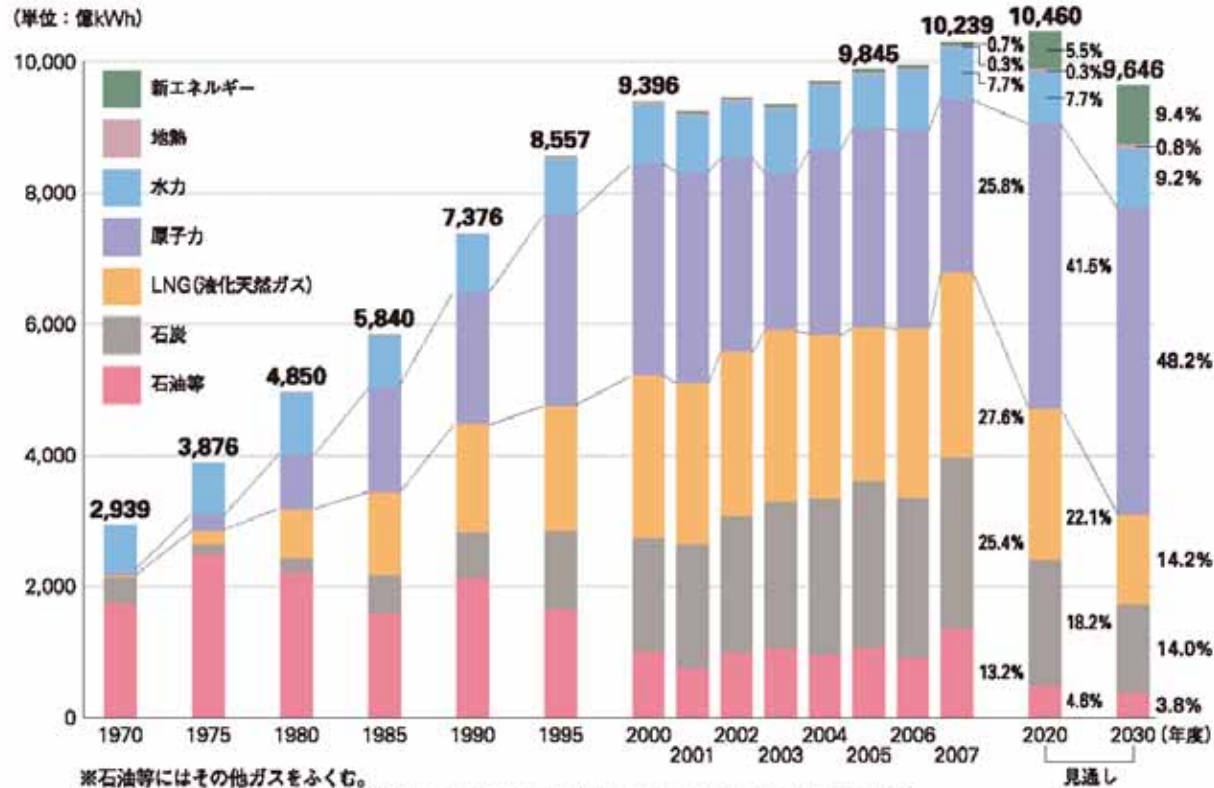
# 《 一次エネルギー供給の推移と見通し 》



※見通しについては今後修正される場合がある。

※2020、2030年度の数値は、本格普及が想定される最先端技術を最大限に導入した場合の予測値

# 《 発電電力量の移り変わり 》

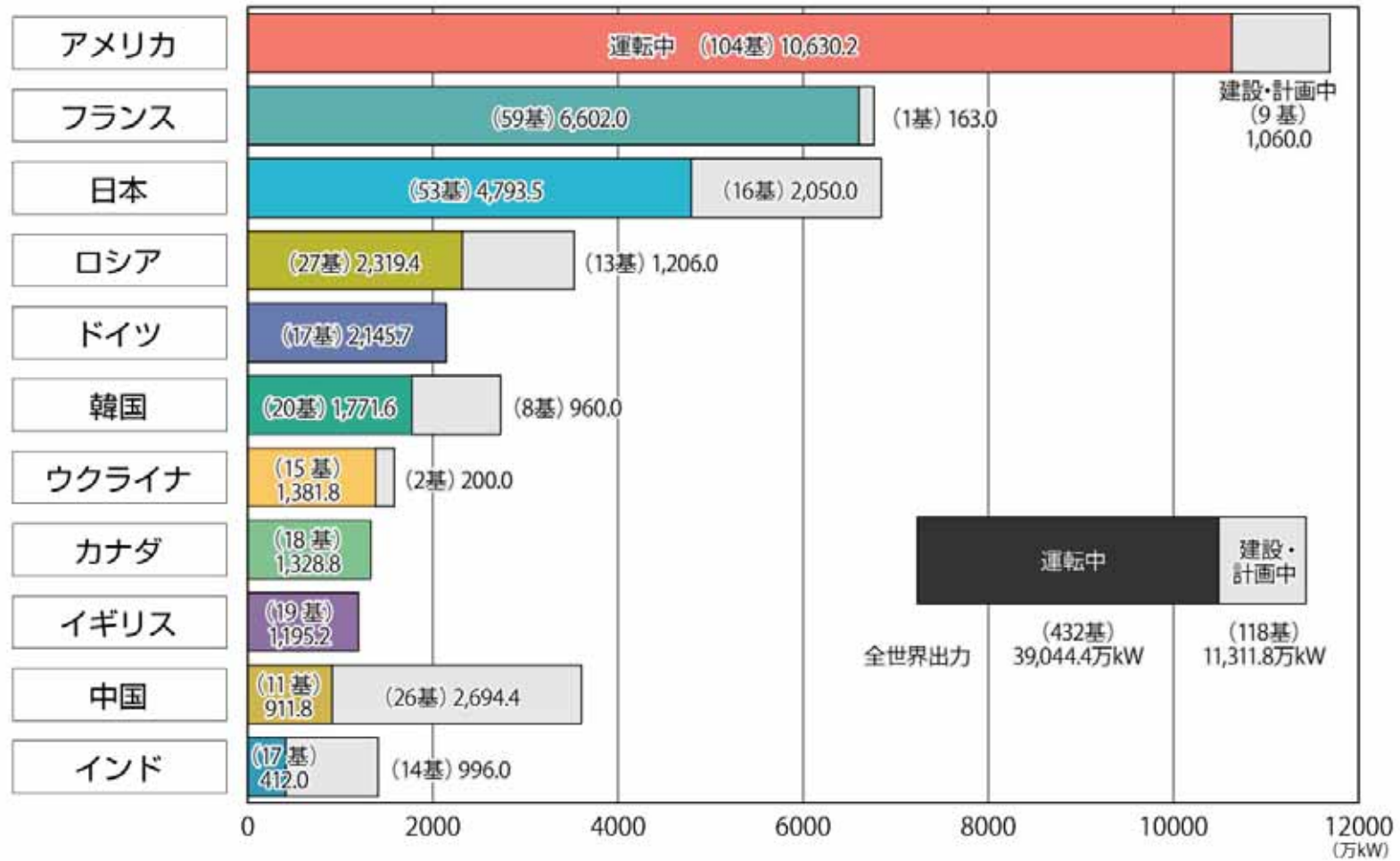


※石油等にはその他ガスをふくむ。  
 ※2020、2030年度の数値は、本格普及が想定される最先端技術を最大限に導入した場合の予測値。  
 ※パーセントの合計は四捨五入の関係で100にならない場合がある。  
 ○見通しについては今後修正される場合があります。

出所：総合資源エネルギー調査会供給部「長期エネルギー需給見通し（再計算、平成21年8月）」

# 《 主要国の原子力発電設備 》

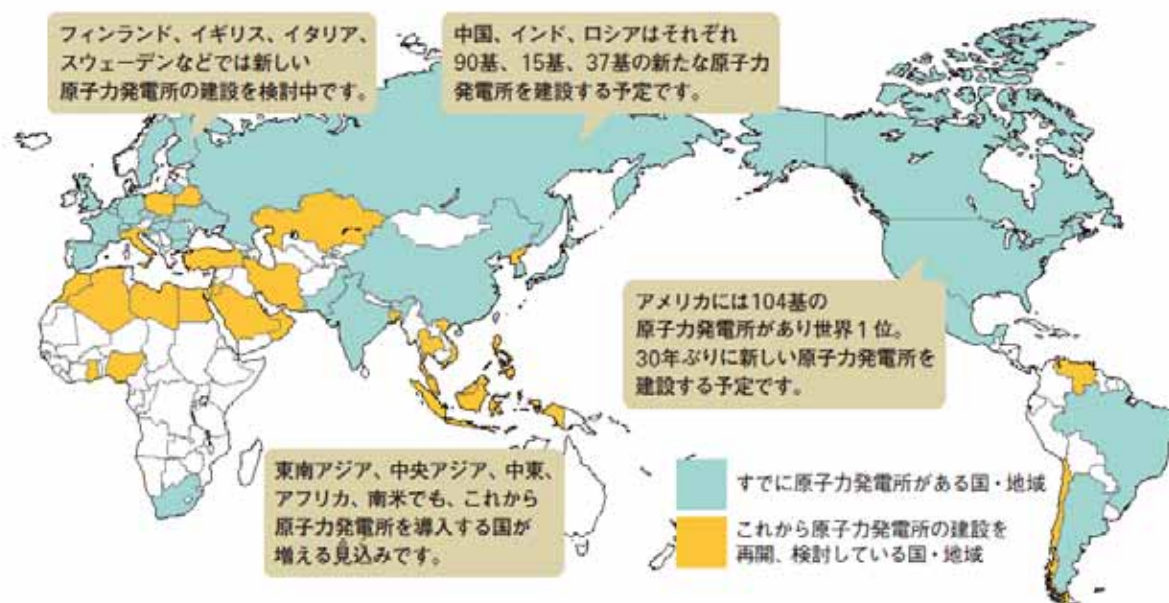
(2009年1月1日現在)



出典：(社)日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の現状」



# 《 原子力発電所の世界的広がり 》



アメリカ合衆国	1970年代以降、新規原子力発電所建設なし	▶	30年ぶりに新規原子力発電所建設へ
イギリス、イタリア、スウェーデン	スリーマイルアイランド事故、チェルノブイリ事故以降、原子力に否定的	▶	原子炉新規建設へ方向転換
中国、インド、ロシア	原子力はさくわずか、ロシアは約20年間新規建設ほとんどなし	▶	各国とも20基以上の新設計画
スイス	チェルノブイリ事故後、脱原子力の国民投票	▶	国民投票で脱原子力を否決、新規建設の必要性を認めている
国際エネルギー機関 (IEA)	これまで原子力をタブー視	▶	2006年末、初めて原子力の役割を積極的に評価

上図出所：「平成21年版原子力白書」  
下図出所：「平成20年版原子力白書」

## 2. 原子炉安全の枠組み

---

- 原子炉の安全確保の3つのアクション
- 炉心損傷に至る主要な事故現象
- 安全設計と安全解析
- 設計基準を超える事故への対策



# 原子炉の安全確保の3つのアクション

---

- 止める (STOP): 原子炉暴走を止める
- 冷やす (COOL): 原子炉溶融を防ぐために原子炉炉心を冷やす
- 閉じ込める (CONTAIN): 外部環境への放射性物質の放出を防ぐ

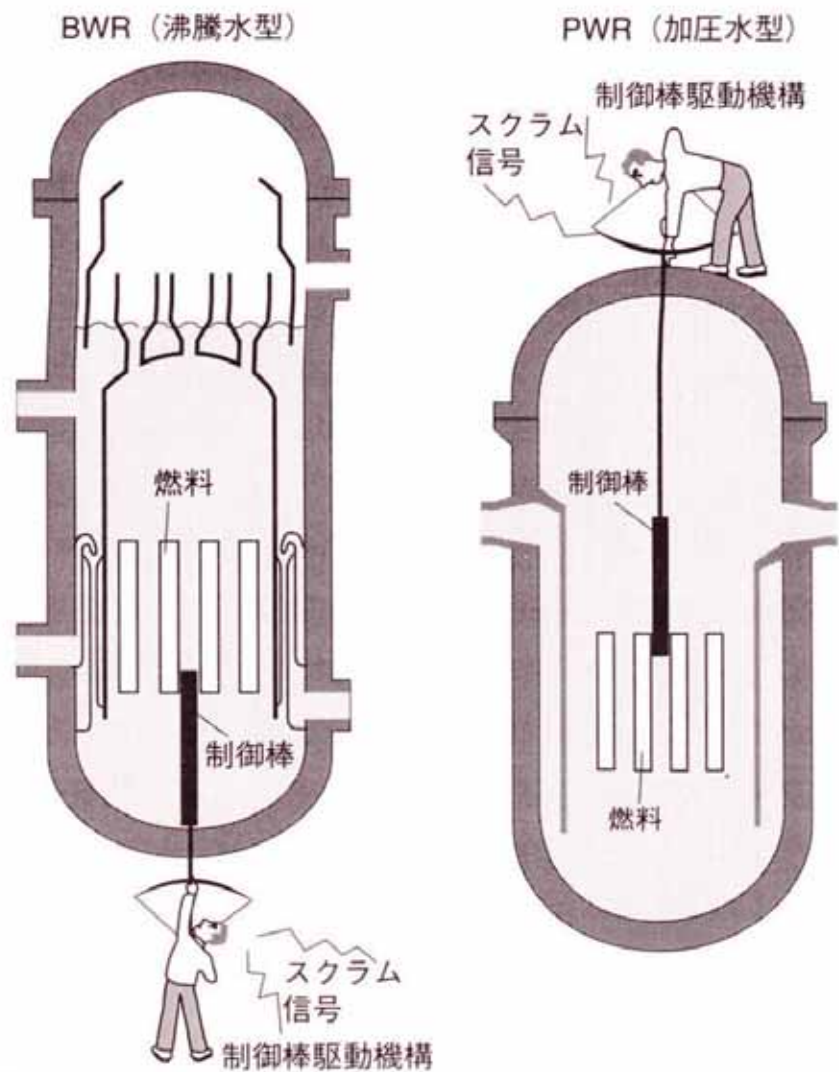


図6-12 スクラム動作

制御棒は原子炉の異常を知らせる信号で瞬時に挿入されるよう待機状態にある

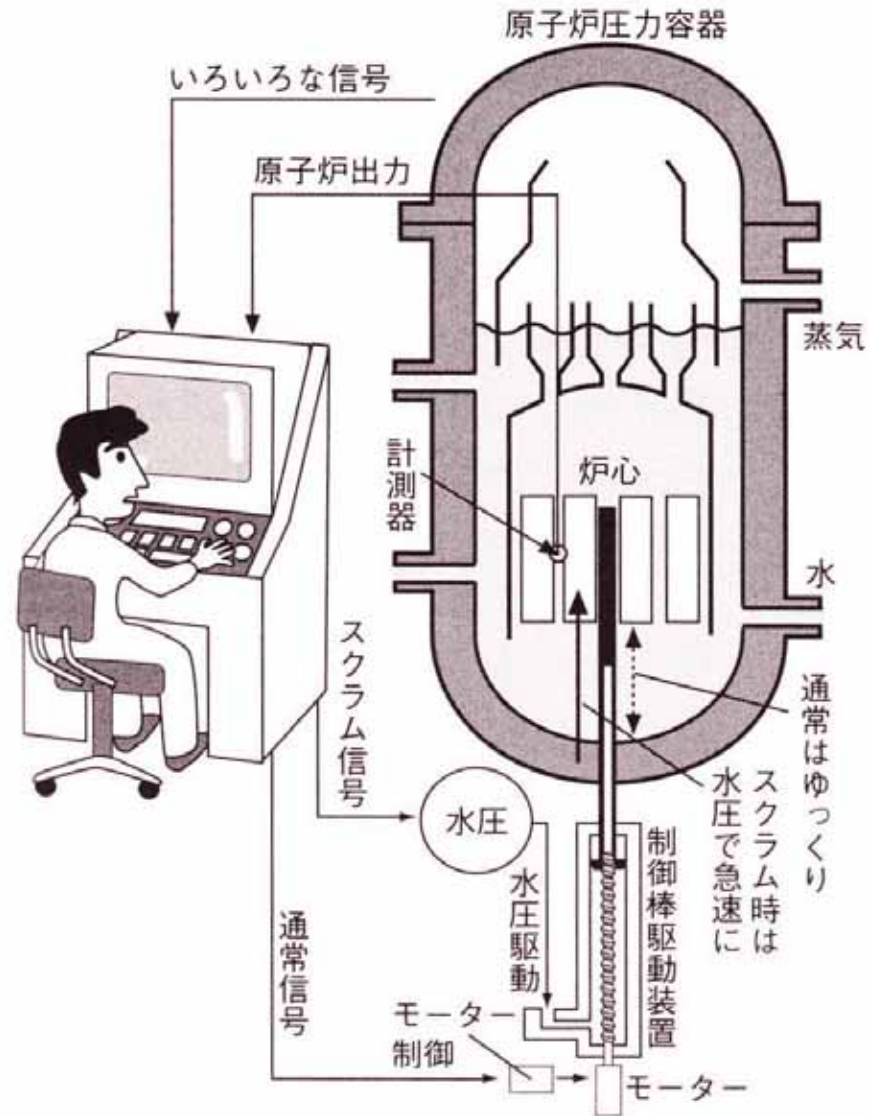


図6-14 制御棒のスクラム動作（BWRの例）

# 崩壞熱曲線

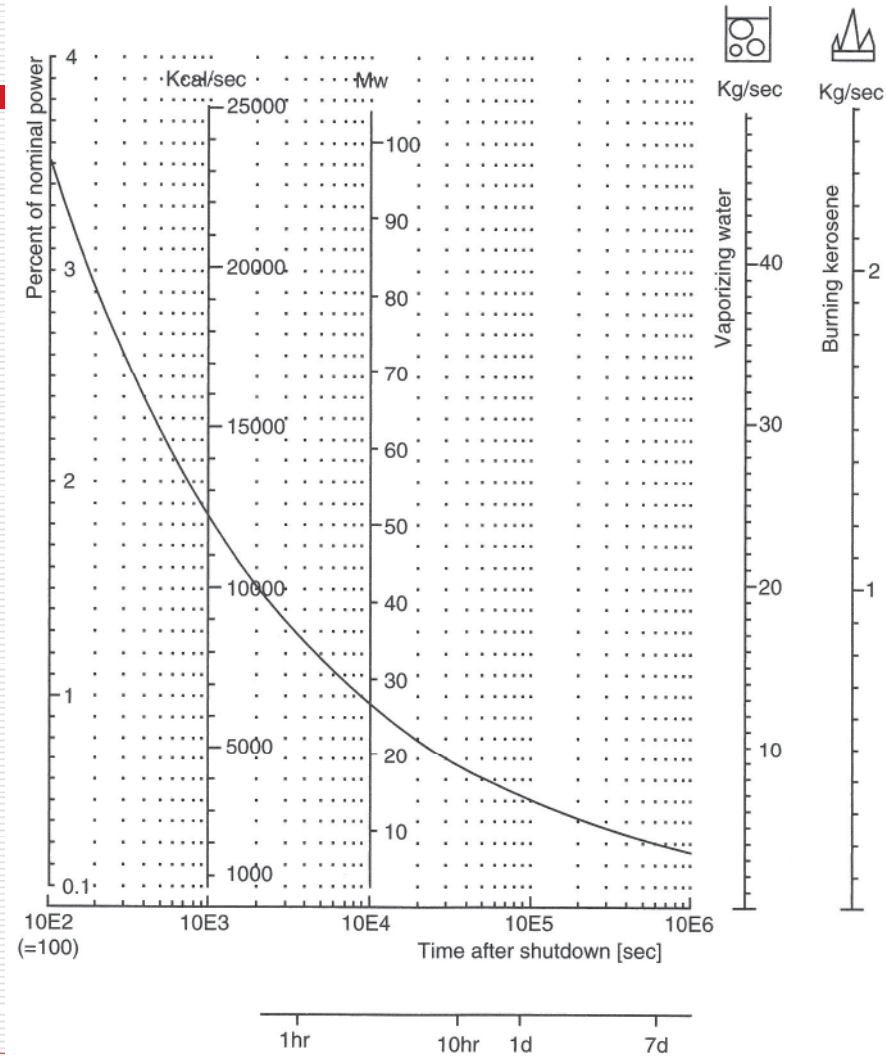


Figure 3-2. Decay power for a 2775 MWt reactor ( $\pm 10\%$  over best estimate).

# 100万KWの原発運転に伴い 生成される核種と放射能

Table 2-1. Nuclides, half-life and radioactivity for a 1000 MWe PWR

	Nuclide	Half-life (days)	Radioactivity			
			(Bq × 10 <sup>18</sup> )	(MCI)		
Noble Gases	Krypton	<sup>85</sup> Kr	3950	2.072	56	
		<sup>85m</sup> Kr	0.183	0.888	24	
		<sup>87</sup> Kr	0.0528	1.739	47	
	Xenon	<sup>88</sup> Kr	0.117	2.516	68	
		<sup>133</sup> Xe	5.28	6.290	170	
		<sup>135</sup> Xe	0.384	1.258	34	
Iodine	Iodine	<sup>131</sup> I	8.05	3.145	85	
		<sup>132</sup> I	0.0958	4.440	120	
		<sup>133</sup> I	0.875	6.290	170	
		<sup>134</sup> I	0.0366	7.030	190	
		<sup>135</sup> I	0.28	5.550	150	
		<sup>134</sup> Cs	750	0.2775	7.5	
Caesium & Rubidium	Caesium	<sup>136</sup> Cs	13	0.111	3	
		<sup>137</sup> Cs	11 000	0.1739	4.7	
		<sup>86</sup> Rb	18.7	0.00096	0.026	
	Tellurium & Antimony	Tellurium	<sup>127</sup> Te	0.391	0.2183	5.9
			<sup>127m</sup> Te	109	0.0407	1.1
			<sup>129</sup> Te	0.048	1.147	31
Alkaline Earths	Strontium	<sup>129m</sup> Te	0.34	0.1961	5.3	
		<sup>131m</sup> Te	1.25	0.481	13	
		<sup>132</sup> Te	3.25	4.44	120	
	Antimony	<sup>127</sup> Sb	3.88	0.2257	6.1	
		<sup>126</sup> Sb	0.179	1.221	33	
		<sup>89</sup> Sr	52.1	3.478	94	
Volatile Oxides	Barium	<sup>90</sup> Sr	11 030	0.1369	3.7	
		<sup>91</sup> Sr	0.403	4.07	110	
		<sup>140</sup> Ba	12.8	5.92	160	
Non-volatile Oxides	Cobalt	<sup>58</sup> Co	71	0.02886	0.78	
		<sup>60</sup> Co	1920	0.01073	0.29	
	Molybdenum	<sup>99</sup> Mo	2.8	5.92	160	
		<sup>99m</sup> Tc	0.25	5.18	140	
	Technetium	<sup>103</sup> Ru	39.5	4.07	110	
		<sup>105</sup> Ru	0.185	2.664	72	
	Non-volatile Oxides	Ruthenium	<sup>106</sup> Ru	366	0.925	25
			<sup>105</sup> Ru	1.5	1.813	49
		Yttrium	<sup>90</sup> Y	2.67	0.1443	3.9
			<sup>91</sup> Y	59	4.44	120
Zirconium		<sup>95</sup> Zr	65.2	5.55	150	
		<sup>97</sup> Zr	0.71	5.55	150	
Niobium		<sup>93</sup> Nb	35	5.55	150	
		<sup>140</sup> La	1.67	5.92	160	
Lanthanum		<sup>141</sup> Ce	32.3	5.55	150	
		<sup>143</sup> Ce	1.38	4.81	130	
Cerium		<sup>144</sup> Ce	284	3.145	85	
		<sup>143</sup> Pr	13.7	4.81	130	
Praseodymium		<sup>147</sup> Nd	11.1	2.22	60	
		<sup>238</sup> Np	2.35	60.68	1640	
Neodymium		<sup>238</sup> Pu	32 500	0.002109	0.057	
		<sup>239</sup> Pu	8.9 × 10 <sup>6</sup>	0.000777	0.021	
Neptunium	<sup>240</sup> Pu	2.4 × 10 <sup>6</sup>	0.000777	0.021		
	<sup>241</sup> Pu	5350	0.1258	3.4		
Plutonium	<sup>241</sup> Pu	5350	0.1258	3.4		
	<sup>241</sup> Am	1.5 × 10 <sup>5</sup>	0.0000629	0.0017		
			Total activity (EBq)	Total activity (MCI)		
			193	5202		

合計 5202 MCI

## 事故時に環境に放出される放射性物質の比率 (1992年以降米国で用いられているソースターム)

	ギャップ放出	炉容器への即発放出	炉容器外への放出	炉容器への遅発放出
Duration (hours)	0.5	1.3	2	10
Noble gases	0.05	0.95	0	0
Iodines	0.05	0.35	0.29	0.07
Caesium	0.05	0.25	0.39	0.06
Tellurium	0	0.15	0.29	0.025
Strontium	0	0.03	0.12	0
Barium	0	0.04	0.10	0
Ruthenium	0	0.008	0.004	0
Cerium	0	0.01	0.02	0
Lanthanum	0	0.002	0.015	0

# 炉心損傷に至る主要な事故現象

---

- 燃料の溶融
- 内圧による燃料被覆の破損
- DNBによる燃料被覆の破損
- 冷却材への核分裂生成ガスの放出
- 冷却材チャンネルの閉塞
- Zr-水蒸気反応
- 燃料ペレットの崩落

# 内圧による燃料被覆の破損

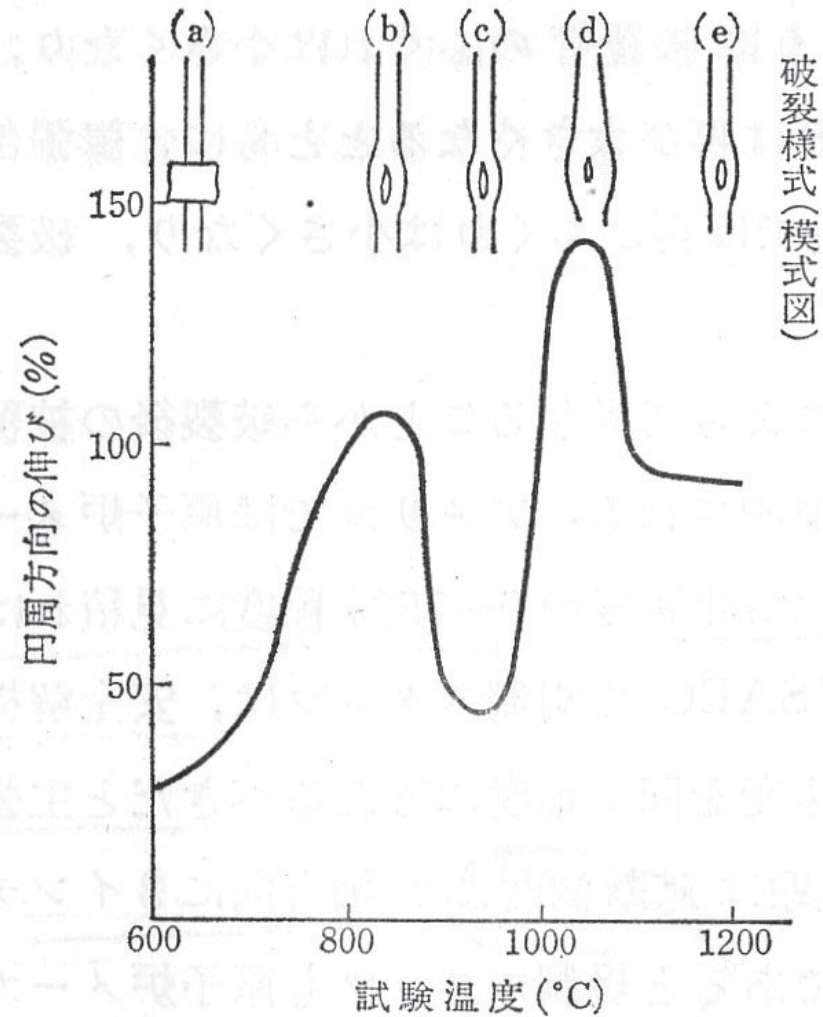
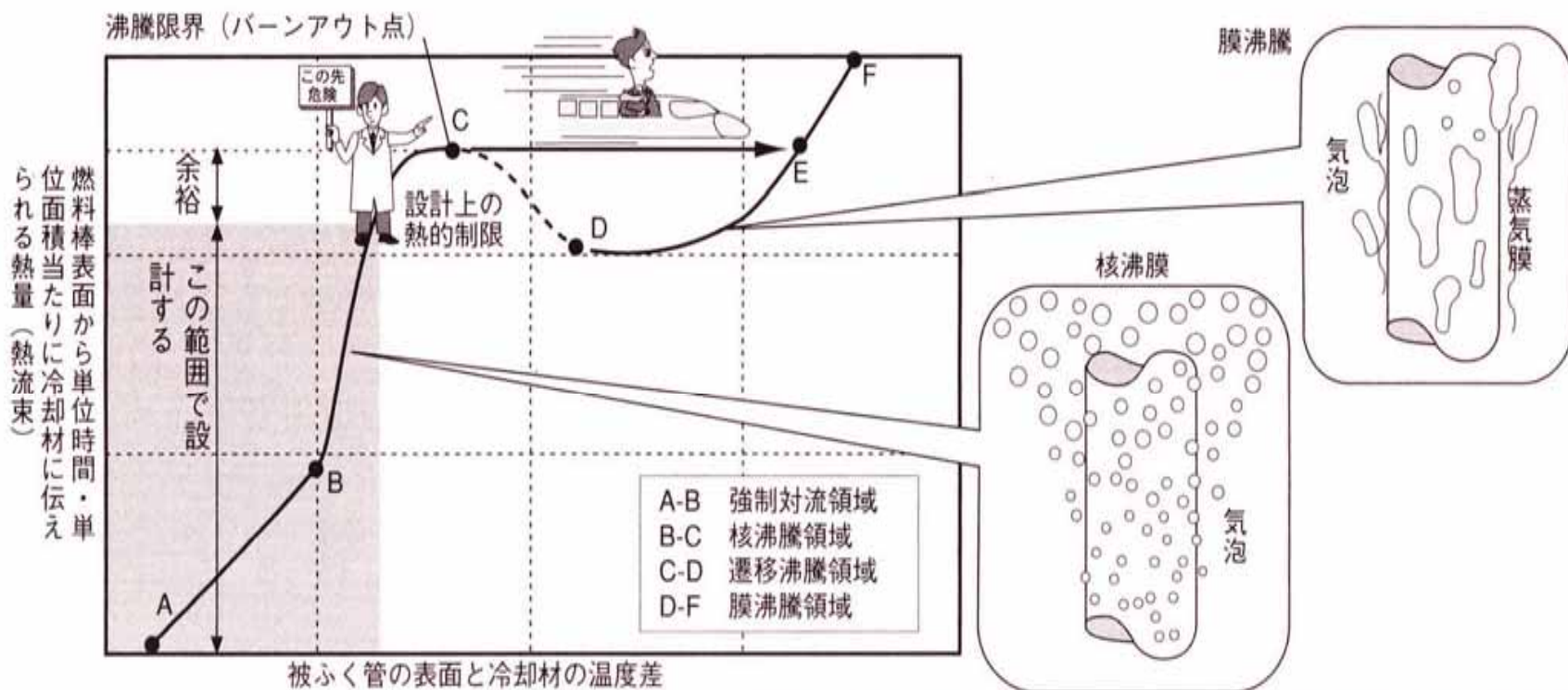


図 10・1 バースト伸びおよび破断挙動と試験温度との関係 (CONF-730304 より)



# DNBによる燃料被覆の破損 水の沸騰曲線



点Cで熱流束が限界に達し、それ以上に被ふく管表面温度が上昇すると、現象がD部を通過せずに直ちに点Eに移る。

図6-15 被ふく管の制限温度

# Zr-水蒸気反応

---



- 酸素吸収によるジルカロイ被覆の脆化
- 水素生成は水素爆発につながる

## 原発事故でもたらされる最も危険な状況

---

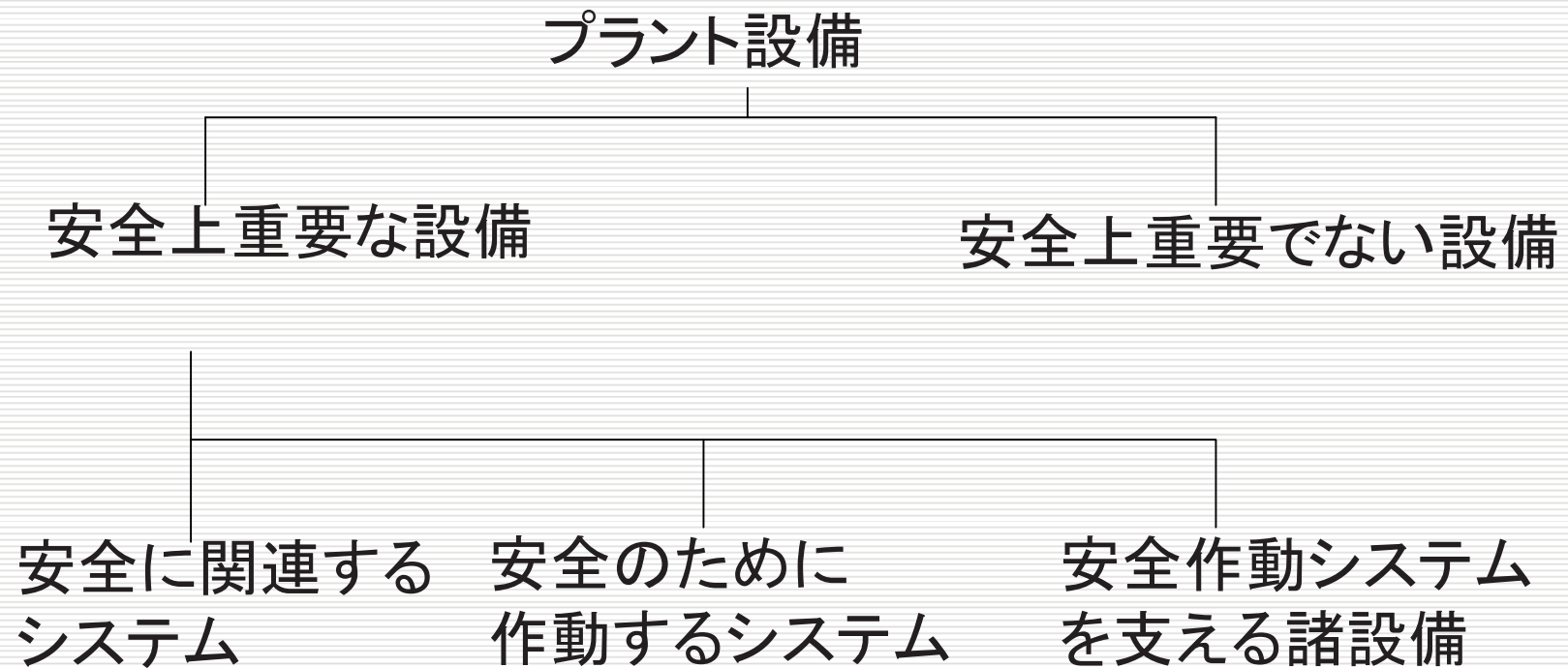
- 事故進展の炉心損傷事態への発展を食い止めないと、原子炉容器底部が溶融貫通し、溶融炉心物質とコンクリートとの相互作用、蒸気爆発、格納容器の破損に至ると、膨大な核分裂生成物ガスの環境放出に至ってしまう(シビアアクシデント)
- このような事態になれば原発周辺の住民は、危険な放射性物質で被爆しないように即刻非難しなければならない。

# 安全設計と安全解析

---

- プラント設備の分類
- 原発の安全システム
- プラント状態の分類の仕方
- 各種の事故の分類
- 安全解析

# プラント設備の分類

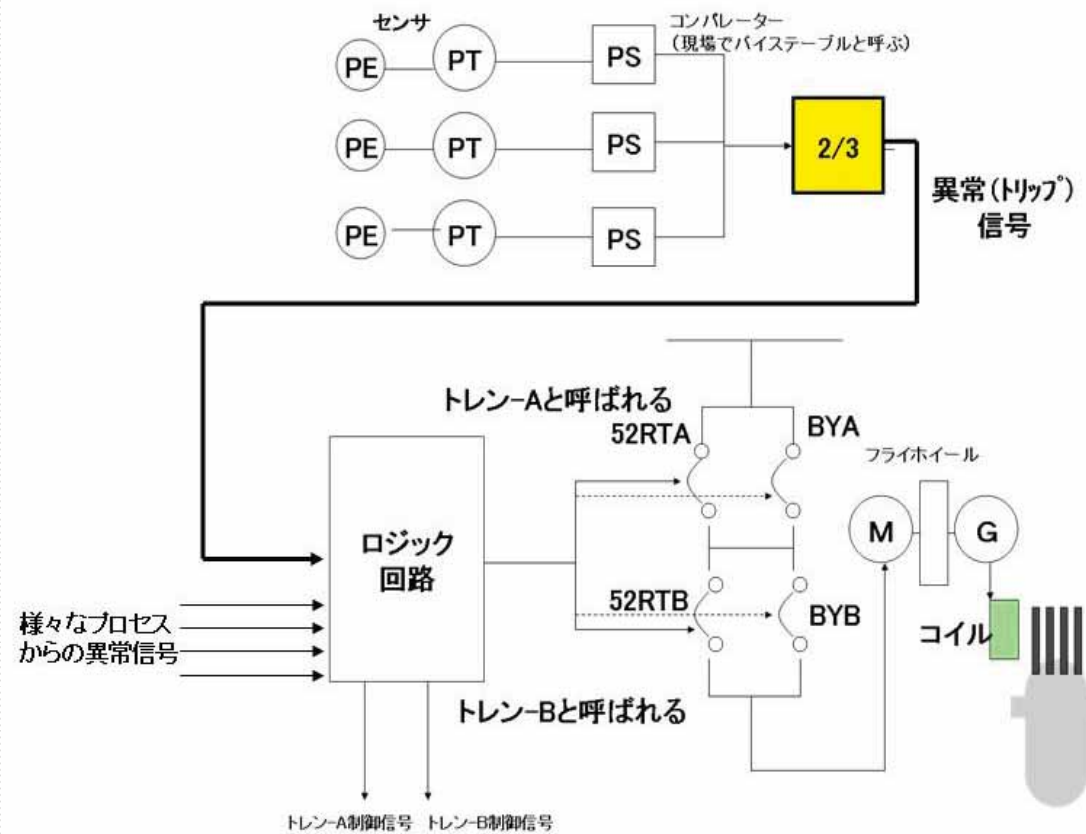


# 原発の安全システム

---

- 原子炉保護システム (RPS)
- 緊急炉心冷却システム (ECCS)
- 原子炉格納施設 (格納容器, フィルター, 貫通部, 弁, スプレイ, 等)

# 原子炉保護システム (RPS)



# 緊急炉心冷却システム (ECCS)

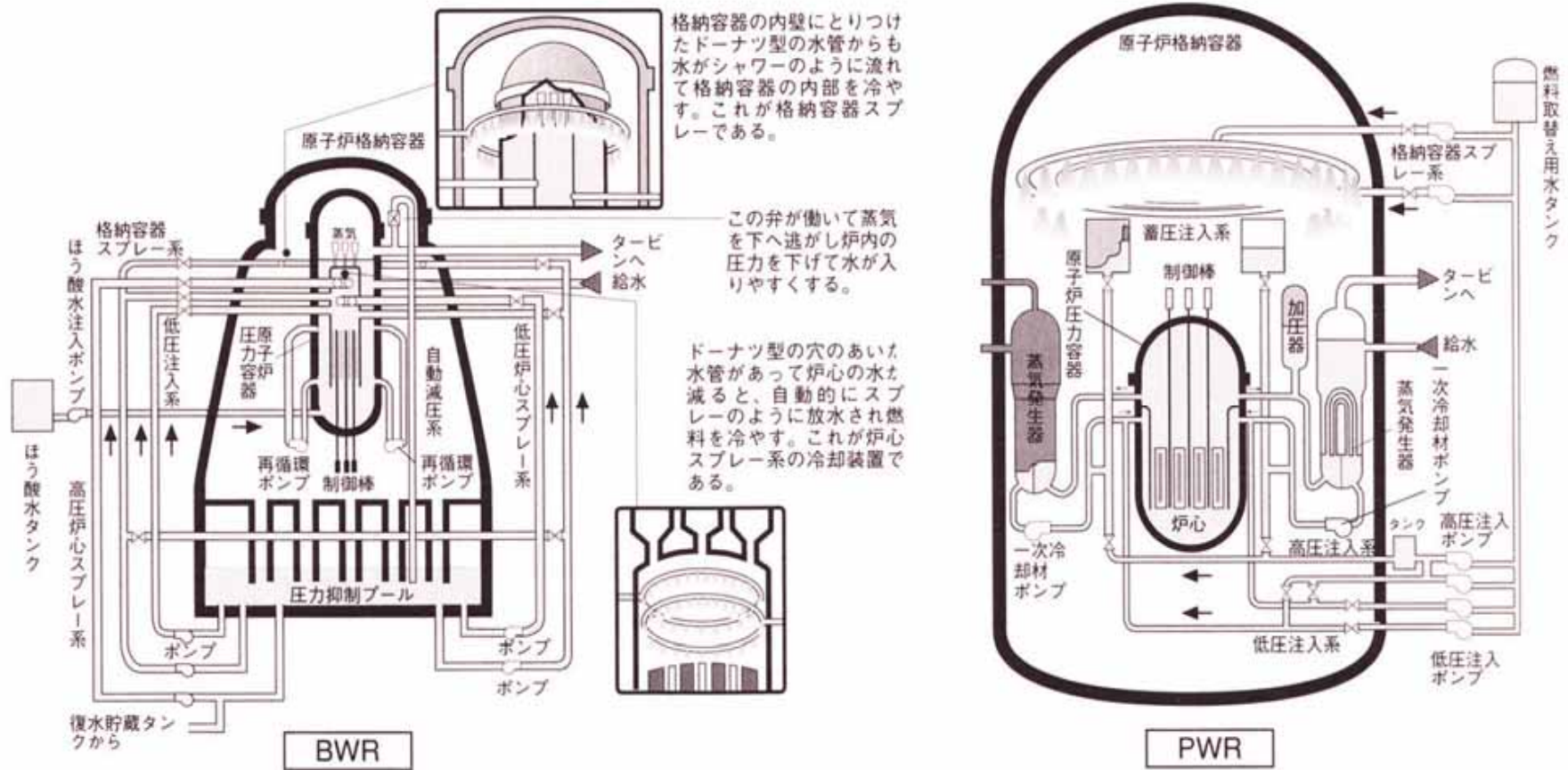
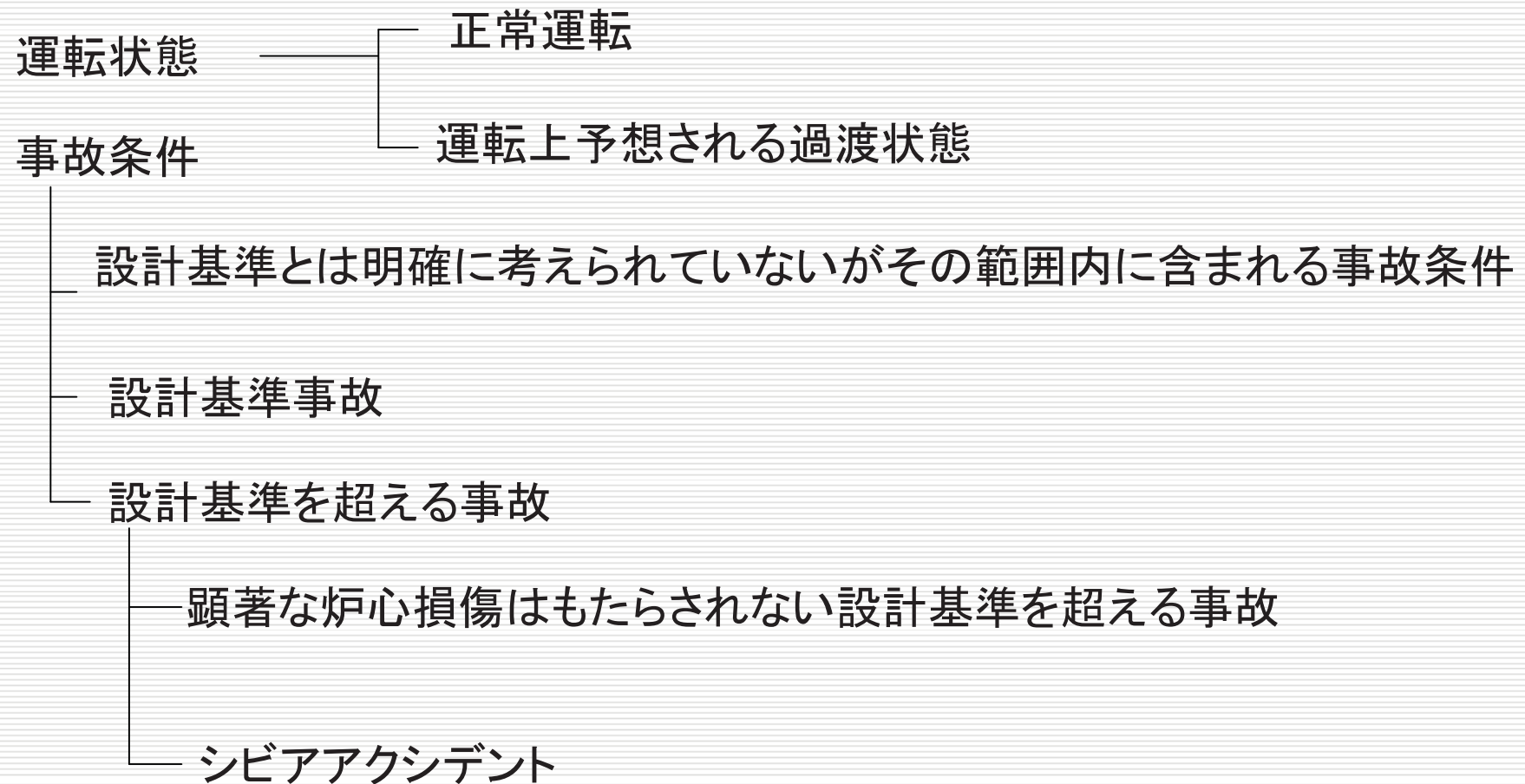


図6-23 軽水炉における非常用炉心冷却装置 (ECCS)



# プラント状態の分類の仕方



# 各種の事故の分類

---

- 内的な起源および外的な起源の事故
- 空間的な拡がりのある事故（火災、内部溢水）
- 自然起源の事故（地震、竜巻、津波、火山）
- 人間起源の事故（たとえばプラント近くでの爆発、航空機衝突）

# 各種の事故の分類

---

- 意図的な事故(サボタージュなど)
- 設計基準事故
- 設計基準を超える事故(ATWS, 停電)
- シビアアクシデント

# 設計基準事故の4つの分類

---

- カテゴリ1: 定常運転、起動・停止、運転上の予想される過渡事象
- カテゴリ 2: 比較的発生しやすい異常 (例: 加圧器安全弁の誤開)
- カテゴリ3: 稀に発生する異常 (例: すべての一系ポンプの瞬時的電源喪失)
- カテゴリ 4: 極限的な事故 (例: 主蒸気配管破断、原子炉からの制御棒の突発的な飛び出し、大破断LOCA, 燃料取り扱い事故)

# 安全解析

---

- 特定の原発の安全余裕を確認するために実施
- 設計基準事故として種々の事故状況を仮定する(例、TOP,LOCA)
- 検証済みの安全解析コードを用いて**広範に**安全解析を実施
- 国の安全規制当局によって設定された安全上許容される限界を超えないことを確認する

# 設計基準を超える事故への対策

---

- 原子力の国際事故尺度 (INES)
- 多重防護の概念
- 緊急時対応支援センター
- オフサイトセンター

表6-4 原子力事象の国際的評価尺度 (INES)

	レベル	基準		
		基準1：所外への影響	基準2：所内への影響	基準3：深層防護の劣化
事故	7 深刻な事故	●放射性物質の重大な外部放出 (数万 TBq 相当以上の外部放出) <small>旧ソ連 チェルノブイリ発電所事故 (1986年)</small>		
	6 大事故	●放射性物質のかなりの外部放出 (数千 TBq 相当以上の外部放出)		
	5 所外へのリスクを伴う事故	●放射性物質の限定的な外部放出 (数百 TBq 相当以上の外部放出) <small>イギリス ウィンズケール 原子炉事故 (1957年)</small>	●原子炉の炉心の重大な損傷 <small>アメリカ スリーマイルアイランド 発電所事故 (1979年)</small>	
	4 所外への大きなリスクを伴わない事故	●放射性物質の少量の外部放出 (1mSv 以上の公衆の被ばく)	●原子炉の炉心のかなりの損傷 ●従業員の致死量被ばく (約 5Gy) <small>フランス サンローラン 発電所事故 (1980年)</small>	
異常な事象	3 重大な異常事象	●放射性物質の極めて少量の外部放出 (0.1mSv 以上公衆の被ばく)	●放射性物質による所内の重大な汚染 ●急性放射線障害を生じる従業員の被ばく (約 1Gy)	●深層防護の喪失 <small>スペイン バンデロス 発電所火災事象 (1989年) 動燃 東海再処理工場 揮発事象 (1997年)</small>
	2 異常事象		●放射性物質による所内のかなりの汚染 ●従業員の法定の年間線量当量限度を超える被ばく (50mSv)	●深層防護のかなりの劣化 <small>美浜発電所 2号機 蒸気発生器伝熱管 損傷事象 (1991年)</small>
	1 逸脱			●運転制限範囲からの逸脱 <small>高遠増殖炉「もんじゅ」ナトリウム 漏洩事象 (1995年)</small>
尺度以下	0 尺度以下	安全上重要ではない事象		0+ 安全上重要でないが、安全に影響を与え得る事象 0- 安全上重要でなく、安全に影響を与えない事象
	評価対象外	安全に関係しない事象		

注) 上記の例として挙げた各トラブルは、INES が正式に運用される以前に発生したもので、公式に評価されたものではない。INES の基準で評価すればこのようになるだろうと推定されているものである。



# 多重防護の概念 — 多層の障壁 —

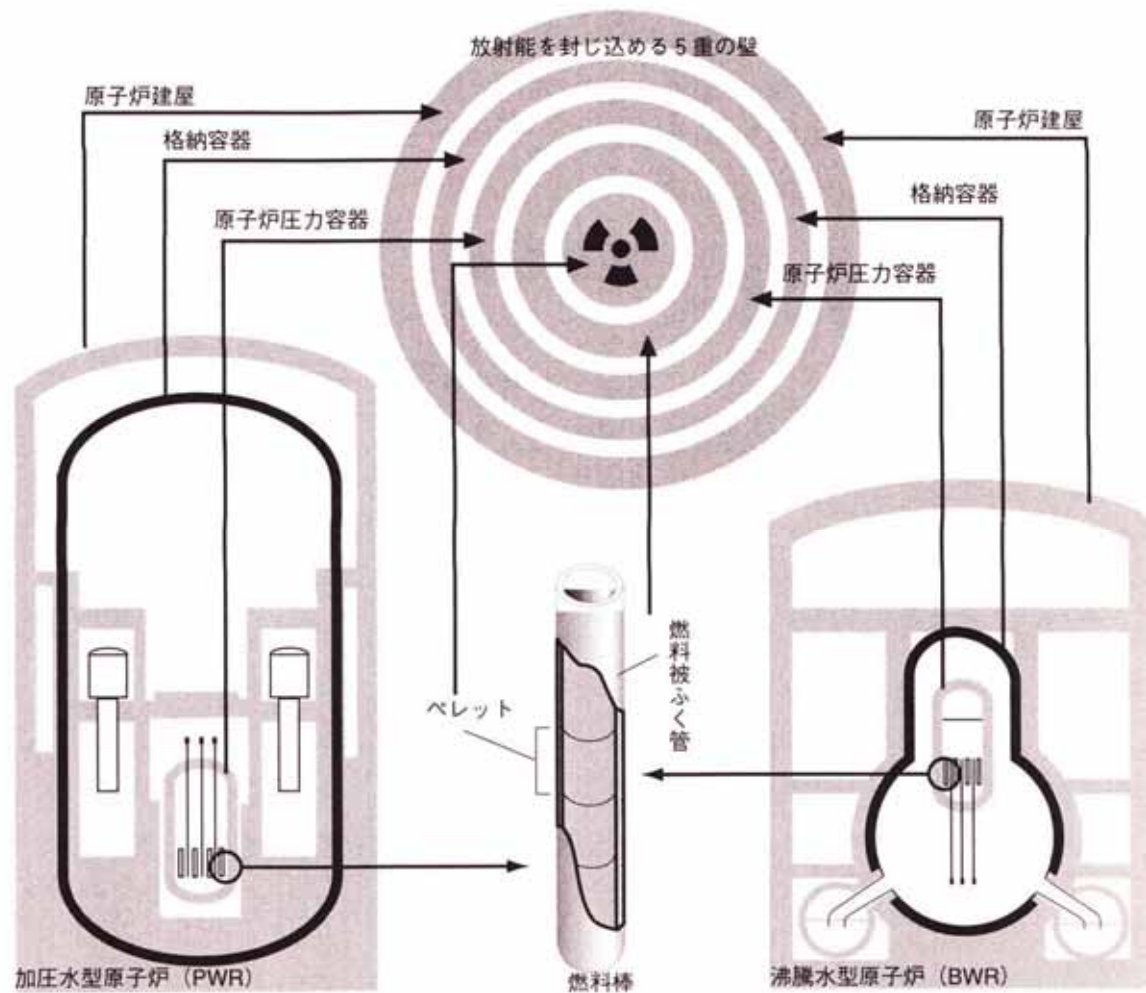


図6-22 軽水炉の多重障壁の概念

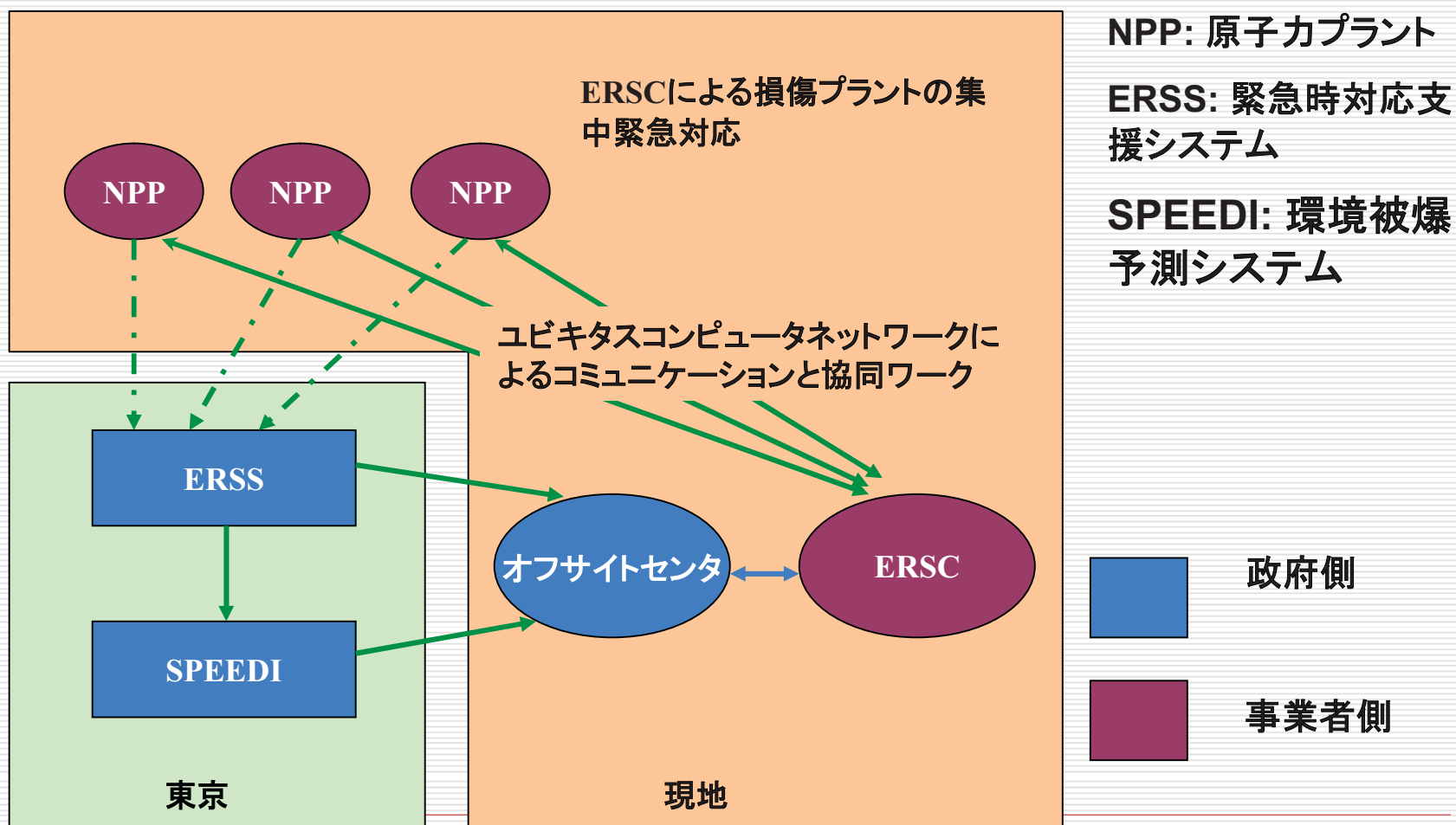
# 多重防護の概念-最近の5層の防護レベル-

防護レベル	目標	基本的手段
レベル1	誤操作、誤動作の防止	保守的設計、高品質の製造と運転
レベル2	誤操作の抑制と誤動作の検知	制御、制約、保護システムおよびその他の監視手段
レベル3	設計基準内の事故の抑制	工学的安全システムと事故時操作手順
レベル4	プラントのシビアアクシデントの抑制、事故進展の防止と軽減	追加的な対策と緊急時対応
レベル5	環境への放射性物質の顕著な放出影響の軽減	広範な立地地域の緊急時対応計画

# 緊急時対応支援センター (ERSC)

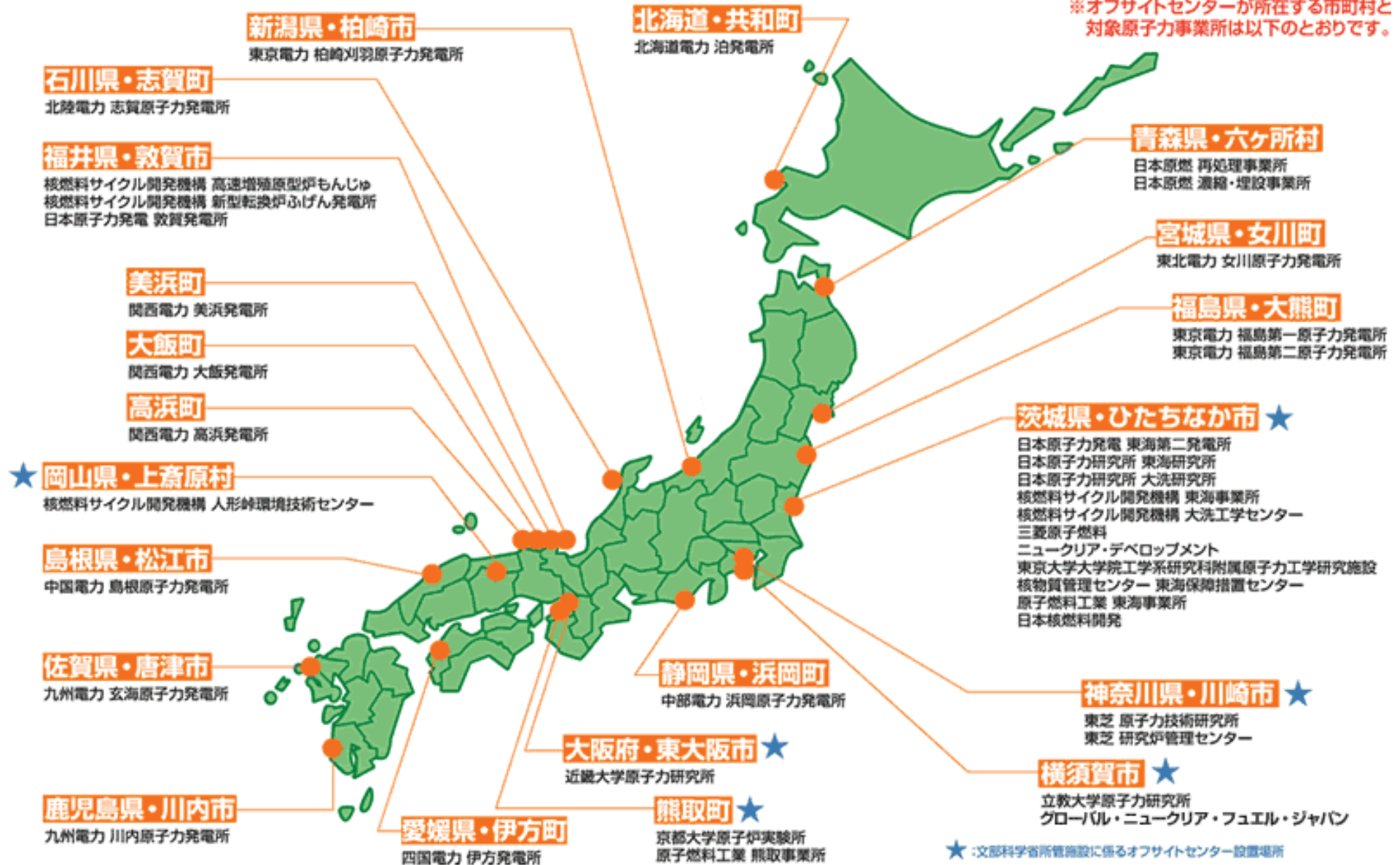
オフサイトセンターとERSCのネットワークによる緊急時対応

(シビアアクシデント時だけでなく大地震時にも活用される)



# 日本中のオフサイトセンターの配置図

※オフサイトセンターが所在する市町村と対象原子力事業所は以下のとおりです。





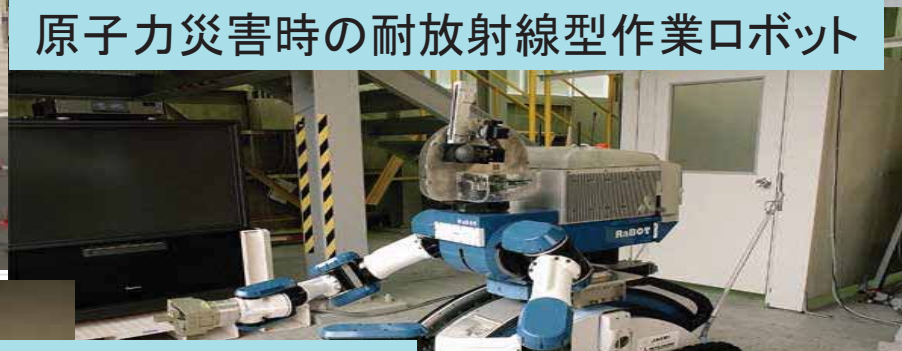
大飯町のオフサイトセンター



空中放射線モニタのためのヘリコプター



原子力災害時の耐放射線型作業ロボット



原子力災害模擬公衆訓練風景



### 3. 福島第一事故のさまざまな影響

---

- 福島第一事故をもたらしたもの
- にわかに高まる放射線と被ばくへの関心とその知識普及への要請
- 原子力との共生がもたらしたもの  
— 被災地域の原発被害の現実
- 続々と運転停止する原発の再稼動問題
- 破綻した安全神話
- エネルギー基本計画の再編

# 福島第一事故をもたらしたものの一要するに

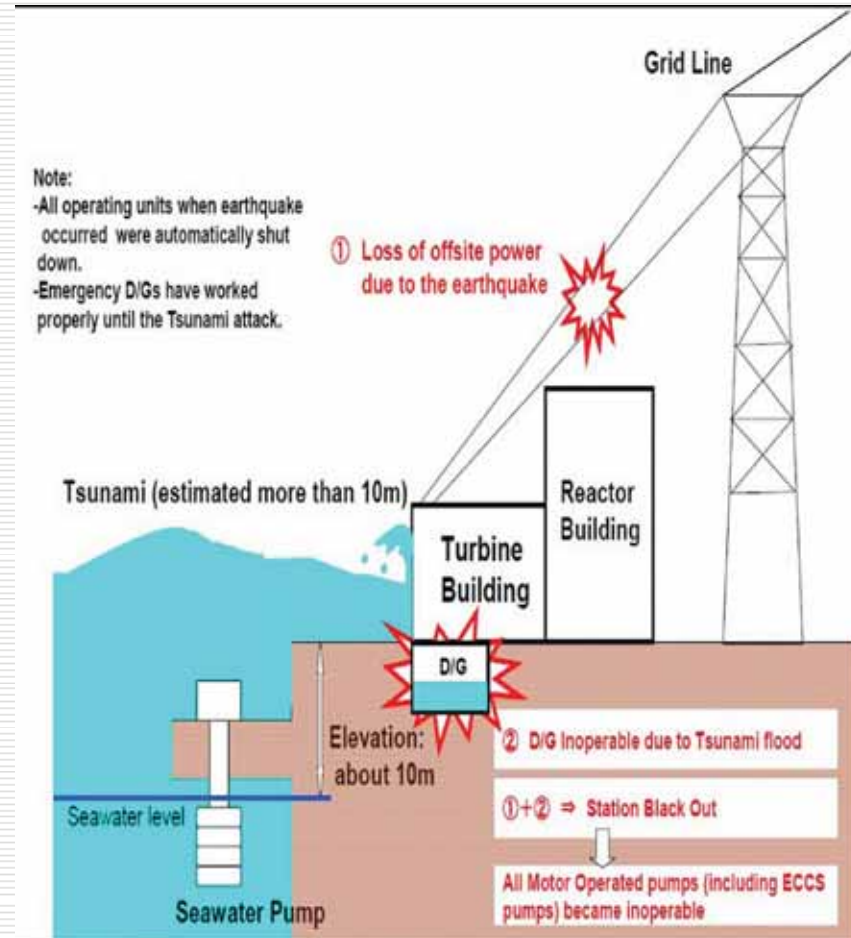
---

- 未曾有の巨大地震(マグニチュード9)とその後の想定を超える津波
- 全電源喪失と全ヒートシンク喪失による炉心溶融事故と水素爆発による環境への放射能放出
- 国の原子炉安全規制ではこういう原子炉事故が現実には起こりうるとは想定していなかった(東京電力に国の規制違反があったわけではない)
- JCO事故後に整備された原子力防災体制もさまざまな点で有効に働かなかった



# 福島第一事故をもたらした要因—破局的炉心溶融事故の推定シナリオ

- ❑ 大地震発生・原子炉自動停止
- ❑ 外部送電線倒壊・非常用ディーゼル発電機(D/G)起動
- ❑ 津波浸水によりD/G、海水ポンプ、バッテリーが故障停止(全電源喪失)
- ❑ 原子炉崩壊熱除去機能喪失→燃料温度上昇、冷却水蒸発、燃料過熱溶融・FPガス放出
- ❑ 過熱被覆材と水蒸気との反応(Zr-水蒸気反応)
- ❑ 原子炉建屋に水素が溜まり爆発して天井が吹っ飛ぶ
- ❑ 爆発とともにFPガス(Xe, CsIなど)がプラント外へ大量放出
- ❑ 炉心溶融物(デブリ)は原子炉容器底部を貫通し、格納容器の底に落下



# にわかに高まる放射線と被ばくへの関 心とその知識普及への要請

---

- 放射線・放射能を表わす単位
- 放射線の種類と特徴
- 放射能の減り方
- 元素の周期表
- 放射線量と健康被害の関係

# 《 放射線・放射能を表す単位 》

放射線や放射能の強さや量を表すには「ベクレル」「グレイ」「シーベルト」という単位が使われます。

## ベクレル (Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位  
1ベクレル=1秒間に1つの原子核が嬗変することを表します。たとえば370ベクレルの放射性カリウムは、毎秒370個の原子核が嬗変して放射線を出してカルシウムに変わります。

※ 嬗変とは原子核が放射線を出して状態を変化させる現象のことです。



放射性物質

放射線



## グレイ (Gy)

放射線のエネルギーが物質(人体)に吸収された量を表す単位  
放射線が物質(人体)に当たると、持っているエネルギーを物質に与えます。1グレイ=1kgの物質が放射線により1ジュールのエネルギーを受けることを表します。

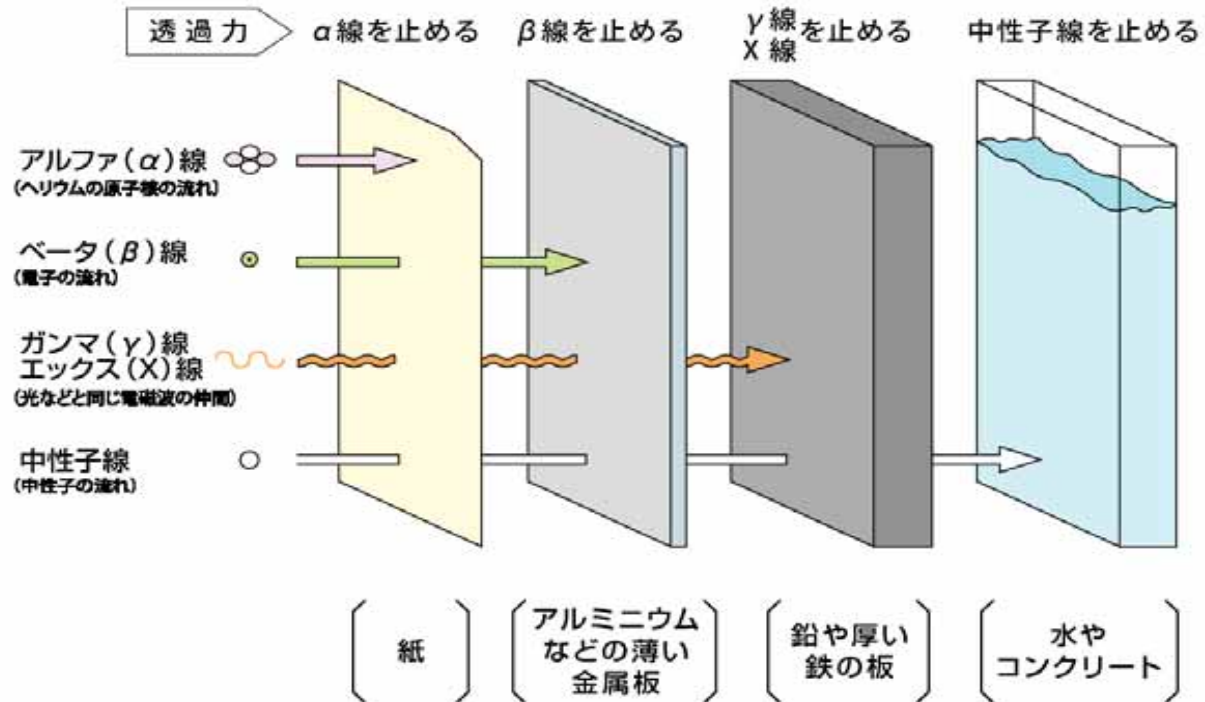


## シーベルト (Sv)

受けた放射線による影響の度合いを表す単位  
放射線の人体への照射による将来の影響を表します。放射線を安全に管理するための指標として用いられ、通常の原子力施設や環境の放射線のレベルで使用することができます。

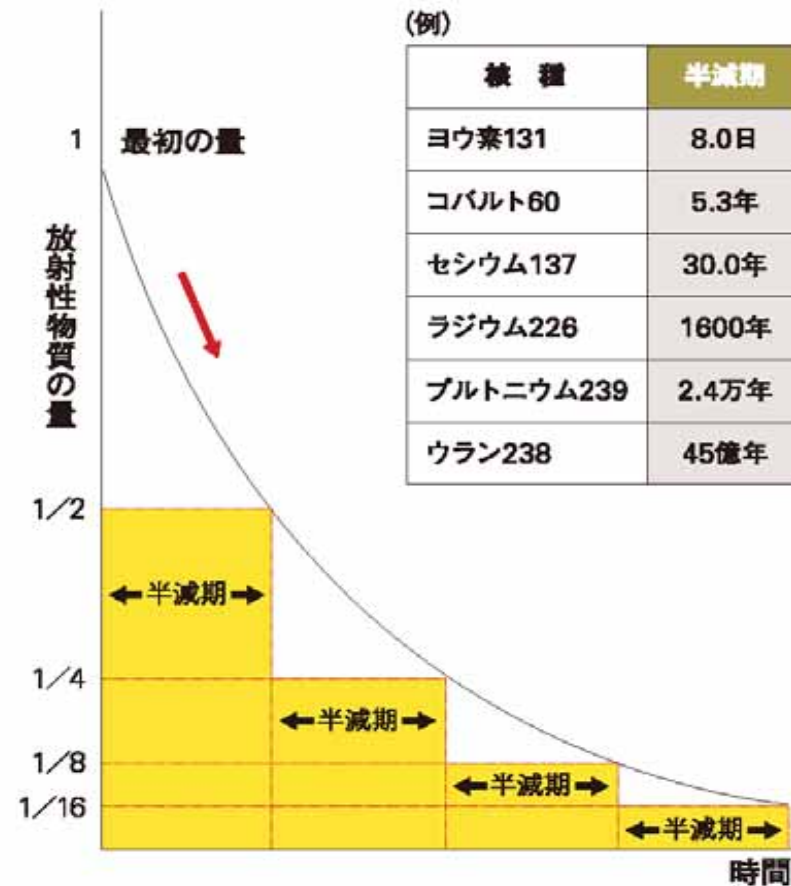
出所：チャレンジ1原子カワールド

# 《 放射線の種類と特徴 》



出典：資源エネルギー庁「原子力2008」  
出所：(財)日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー」図面集2009より作成

# 《 放射能の減り方(放射性物質の半減期) 》



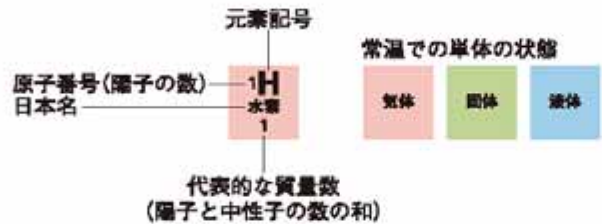
出所：チャレンジ!原子カワールド



# 《 元素の周期表 》

原子には多くの種類があります。元素の周期表は、原子の特性のちがいを規則的にならべたものです。

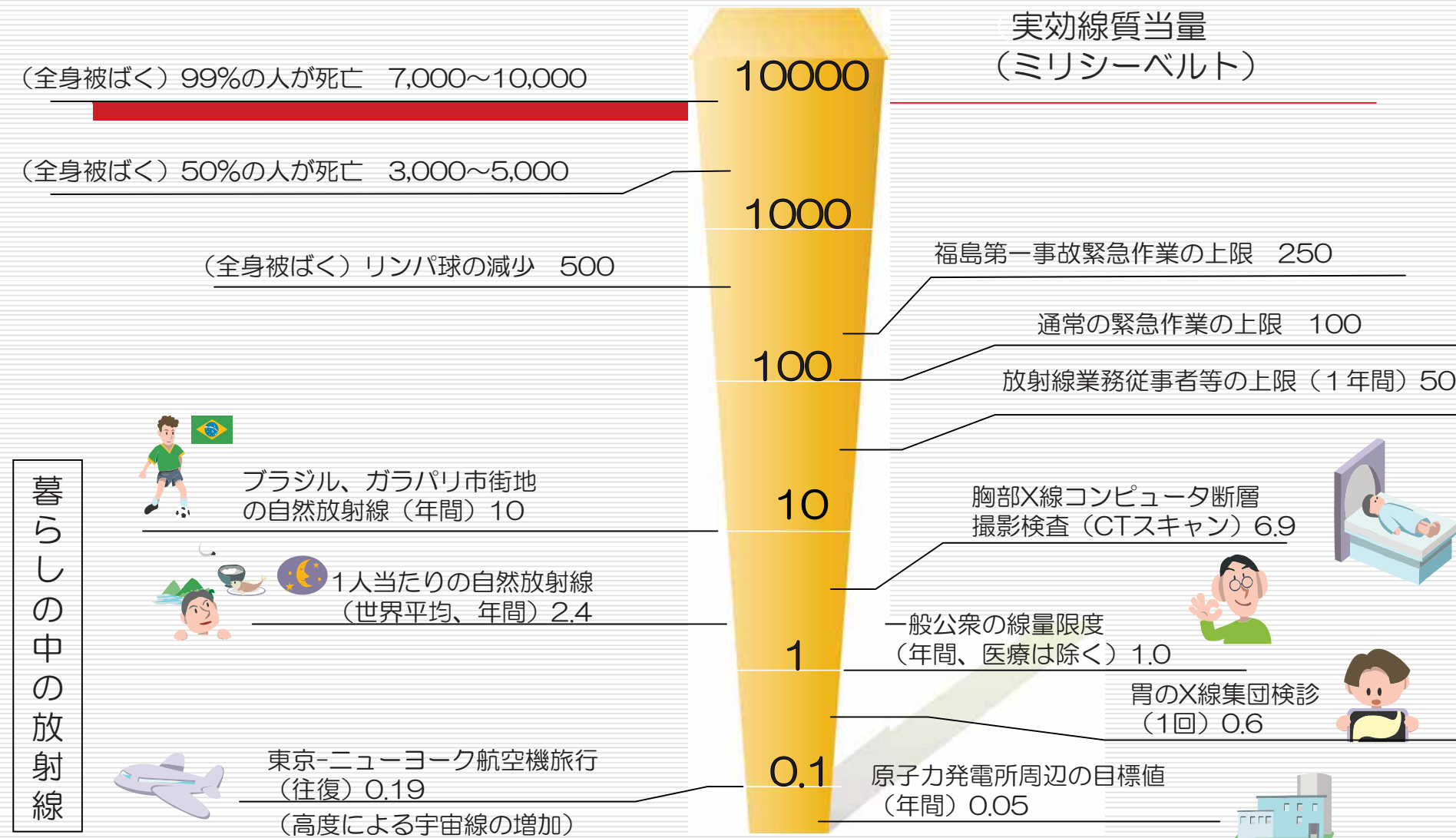
周期	元素記号																							
↓	1	2																13	14	15	16	17	18	
1	1H 水素 1																	5B ホウ素 11	6C 炭素 12	7N 窒素 14	8O 酸素 16	9F フッ素 19	10Ne ネオン 20	
2	3Li リチウム 7	4Be ベリリウム 9																	13Al アルミニウム 27	14Si ケイ素 28	15P リン 31	16S 硫黄 32	17Cl 塩素 35	18Ar アルゴン 40
3	11Na ナトリウム 23	12Mg マグネシウム 24																	13Al アルミニウム 27	14Si ケイ素 28	15P リン 31	16S 硫黄 32	17Cl 塩素 35	18Ar アルゴン 40
4	19K カリウム 39	20Ca カルシウム 40	21Sc スカンジウム 45	22Ti チタン 48	23V バナジウム 51	24Cr クロム 52	25Mn マンガン 55	26Fe 鉄 56	27Co コバルト 59	28Ni ニッケル 59	29Cu 銅 64	30Zn 亜鉛 65	31Ga ガリウム 70	32Ge ゲルマニウム 73	33As ヒ素 75	34Se セレン 79	35Br 臭素 80	36Kr クリプトン 84						
5	37Rb ルビジウム 86	38Sr ストロンチウム 88	39Y イットリウム 89	40Zr ジルコニウム 91	41Nb ニオブ 93	42Mo モリブデン 96	43Tc テクネチウム 99	44Ru ルテチウム 101	45Rh ロジウム 103	46Pd パラジウム 106	47Ag 銀 108	48Cd カドミウム 112	49In インジウム 115	50Sn スズ 118	51Sb アンチモン 122	52Te テルル 128	53I ヨウ素 127	54Xe キセノン 131						
6	55Cs セシウム 133	56Ba バリウム 137	57~71 ランタノイド	72Hf ハフニウム 179	73Ta タンタル 181	74W タングステン 184	75Re レニウム 188	76Os オスマチウム 190	77Ir イリジウム 192	78Pt 白金 195	79Au 金 197	80Hg 水銀 201	81Tl タリウム 204	82Pb 鉛 207	83Bi ビスマス 209	84Po ポロニウム 210	85At アスタチン 210	86Rn ラドン 222						
7	87Fr フランシウム 223	88Ra ラジウム 226	89~103 アクチノイド	104Rf ラファエリウム 261	105Db ドブニウム 262	106Sg シーボーギウム 263	107Bh ボーリウム 267	108Hs ハッシュウム 273	109Mt マイトリウム 268	110Ds ダースビウム 269	111Rg レントゲニウム 272	112Cn コペルニウム 277	113Nh ニホニウム 278	114Fl フルロビウム 289	115Mc メンケヴィウム 288	116Lv リバモヴィウム 292	117Ts テネシウム 310	118Og オガネソン 293						
				57La ランタン 139	58Ce セリウム 140	59Pr プラセオジム 141	60Nd ネオジム 144	61Pm プロメチウム 146	62Sm サマリウム 150	63Eu ユウロピウム 152	64Gd ガドリウム 157	65Tb テルビウム 159	66Dy ジスプロシウム 163	67Ho ホウメチウム 165	68Er エルビウム 167	69Tm ツリウム 169	70Yb イットリウム 173	71Lu ルテチウム 175						
				89Ac アクチニウム 227	90Th トリウム 232	91Pa パラドキシム 231	92U ウラン 238	93Np ネプチウム 237	94Pu プルトニウム 239	95Am アメリシウム 243	96Cm キュリウム 247	97Bk バークリウム 247	98Cf カリフォルニウム 252	99Es エールビウム 252	100Fm フェルミウム 257	101Md メンデルビウム 258	102No ノーベリウム 259	103Lr ローレンシウム 262						



出所：チャレンジ！原子力ワールド

# 放射線量と健康被害の関係

【出典】UNSCEAR 2000 Report, "Sources and Effects of Ionizing Radiation"ほか



暮らしの中の放射線



ブラジル、ガラパリ市街地の自然放射線 (年間) 10



1人当たりの自然放射線 (世界平均、年間) 2.4



東京-ニューヨーク航空機旅行 (往復) 0.19  
(高度による宇宙線の増加)

胸部X線コンピュータ断層撮影検査 (CTスキャン) 6.9



一般公衆の線量限度 (年間、医療は除く) 1.0



胃のX線集団検診 (1回) 0.6



原子力発電所周辺の目標値 (年間) 0.05





# 原子力との共生がもたらしたものの 一被災地域の原発被害の現実

---

- 放射能汚染 風評被害 健康影響
- 長引く住民退避と生活基盤の喪失
- 汚染土壌の除染 退避住民の帰参と生活・地域再建
- 膨大な原子力損害賠償
- 福島被爆者手帳 子供を含めた住民、作業者の被爆影響調査
- 延々と続く事故原発の閉じ込め・後処理・解体処分

## 続々と運転停止する原発の再稼働問題

---

- 菅前首相決断の余波 浜岡原発停止要請 ストレステストの提案
- 地震後どんどん原発が停止 現在稼働中原発電数は韓国、中国以下
- 原発停止がもたらす目下の問題 電気供給不足 電気代値上げ 企業の日本脱出
- 原発再稼働を求める経済界と再開に慎重な立地自治体？

# 破綻した安全神話

- 原子力規制の改編 経産省から環境省へ
- 法改正を含めた規制体制の改変 事件のたびに結局は（行政改革に逆行する）規制組織の焼け太り→益々規制対応にがんじがらめの原発事業者→デスクワークだけで現場の創意工夫の気もちと時間を無くす・技術力低下→トラブル発生への負の連鎖
- 原子力防災の見直し EPZの拡大 全国の放射線モニタ配備増強 放射線教育の強化
- 電力会社と原子力安全協定を求める自治体の拡大
- 活発化する脱原発市民運動と原発訴訟
- 原子力事業には社会的に一層厳しい経営環境

# エネルギー基本計画の再編

---

- 廃炉が増えて新設や運転継続延長が困難になった原発→原発脱落でにわかに3分の1の電源不足の危機出来
- では、原発代替電源の確保はどうする？→省エネ＋節エネ＋再生可能エネルギーでは直ぐには代替が難しい→化石燃料の増加→資源確保難、コストアップ、地球温暖化防止困難

## エネルギー基本計画の再編

---

- 俄かに膨らむ原子力予算 その実態は元来無かった損害賠償＋復旧費引き当てのためで、本来の研究開発費は圧縮せざるを得ない
- 原子力政策の見直し→その焦点は実現性の低そうな高速炉・核燃料サイクル・核融合の廃止？東電破産救済？電力・原子力事業制度の変革？

## 4. まとめ

---

- 福島第一事故は、INES 7の原子力災害を世界中にまざまざと示すものであった。
- 1986年INES 7のチェルノビル事故を受けて90年代以降欧米ではシビアアクシデント対策が進み、一方で運転効率の改善向上が図られた。その間日本の原子力界ではガラパゴス化が進行した。
- IAEAは、今回の事故前から、日本原発の運転成績が他国に比し著しく低いことを指摘し、日本の原子力規制当局に国際動向に注意し、改善を図るように勧告。

## まとめー続き

---

- **原子力立国の虚構**: 自然災害が多く、地殻変動帯にある**人口密集国の日本**には、事故影響が大きく、さらに極めて長期にわたる**放射性廃棄物処理処分**という特異な環境問題を抱える原子力に将来を託するのは賢明な選択だろうか
- **未来へのシナリオ**: 短期的には原発運転を許容するもできるだけ早く**減・脱・卒原発への道を拓くエネルギーシナリオ**の提起・実現が望まれる
- **誰しもが賛同する原子力の復活には**: **ここ10数年中に、原理上INES 7の大事故発生がない+高レベル放射性廃棄物処理・処分の環境問題を解決するノーベル賞級の発明・発見・実用化検証が期待される。**