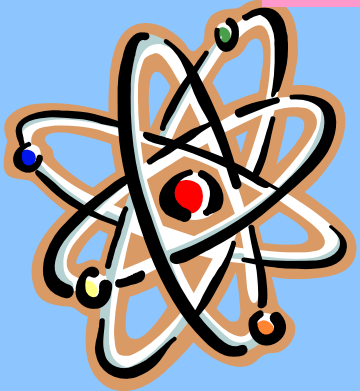


# 原子力発電の基礎講座

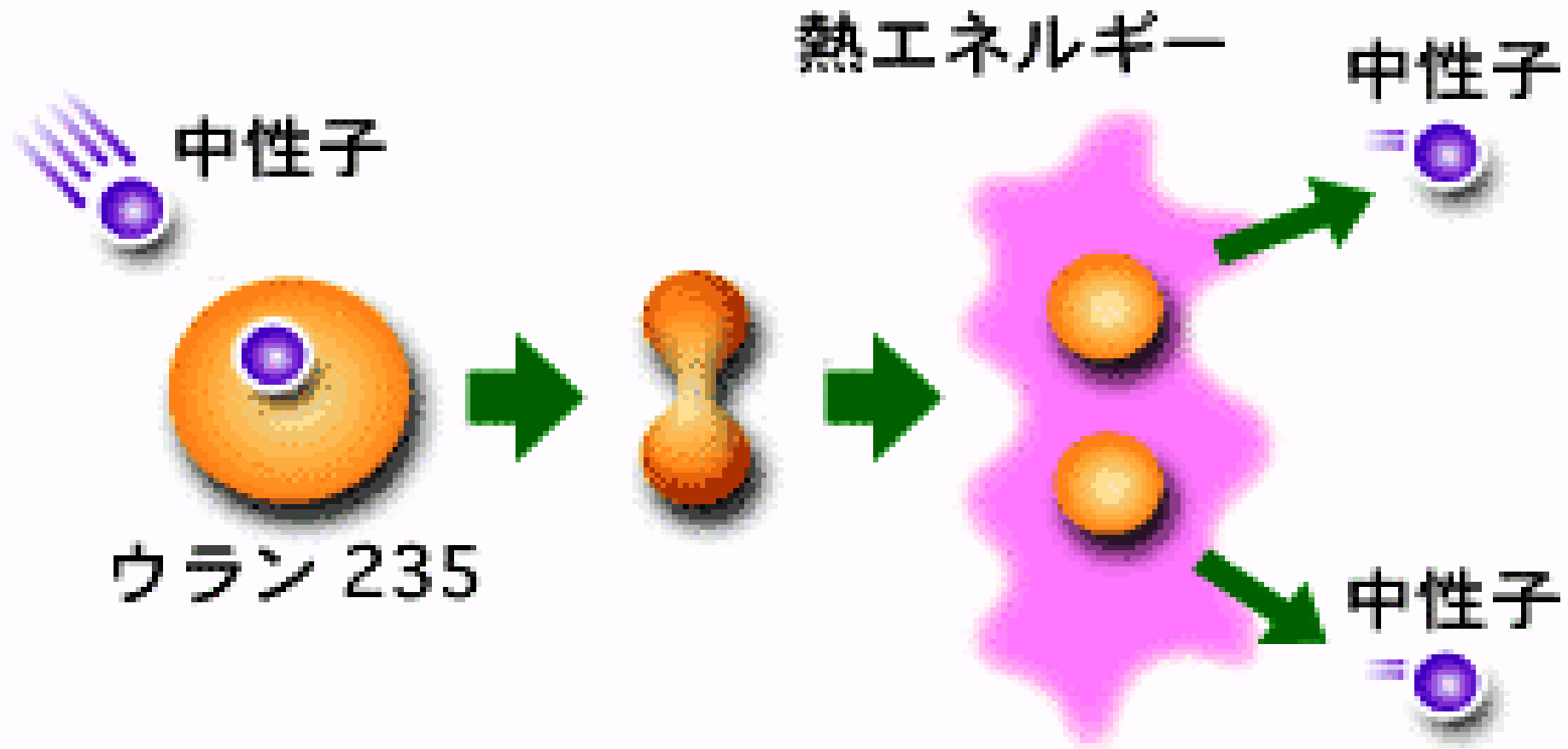


## ～内 容～

1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)



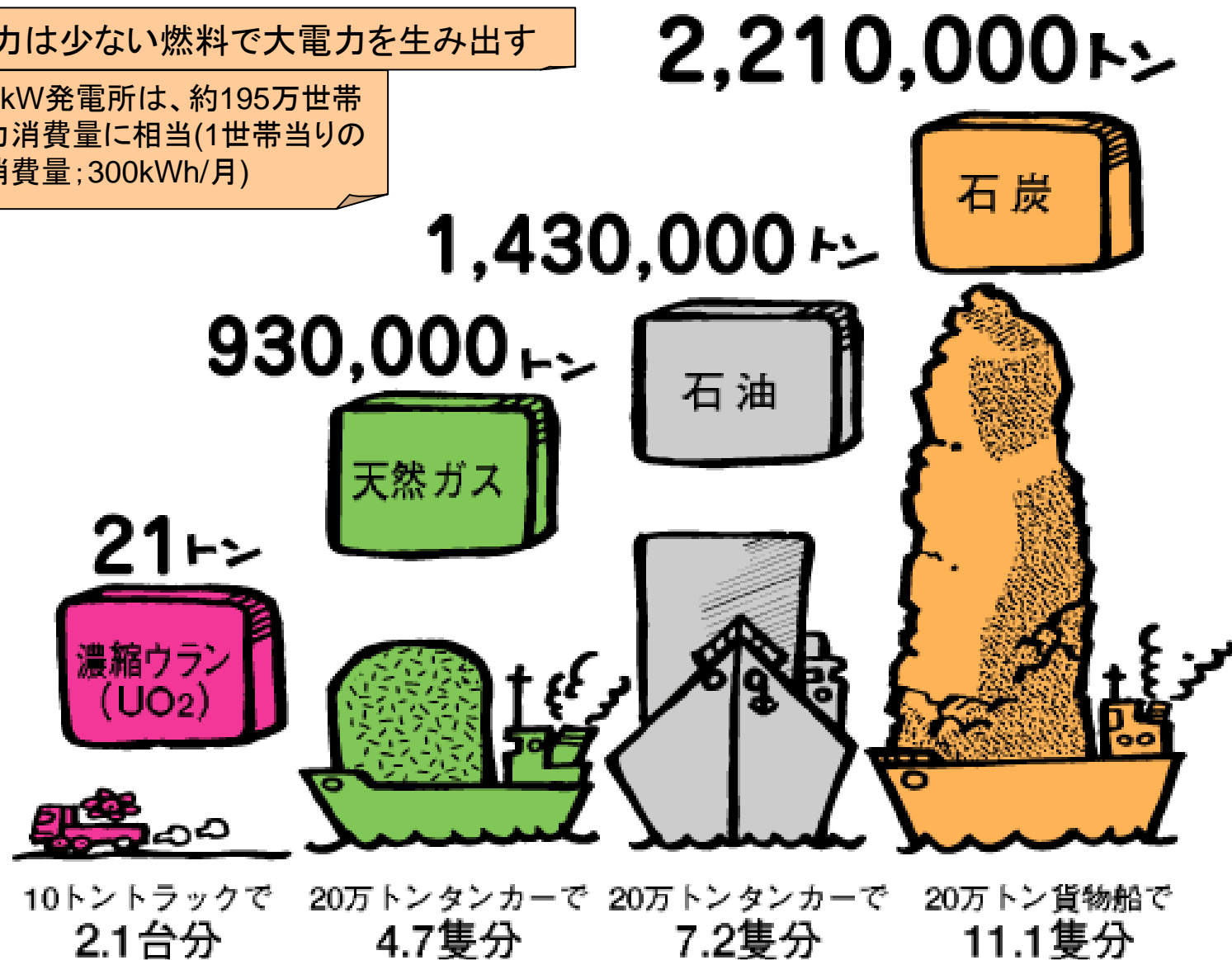
# 核分裂のしくみ



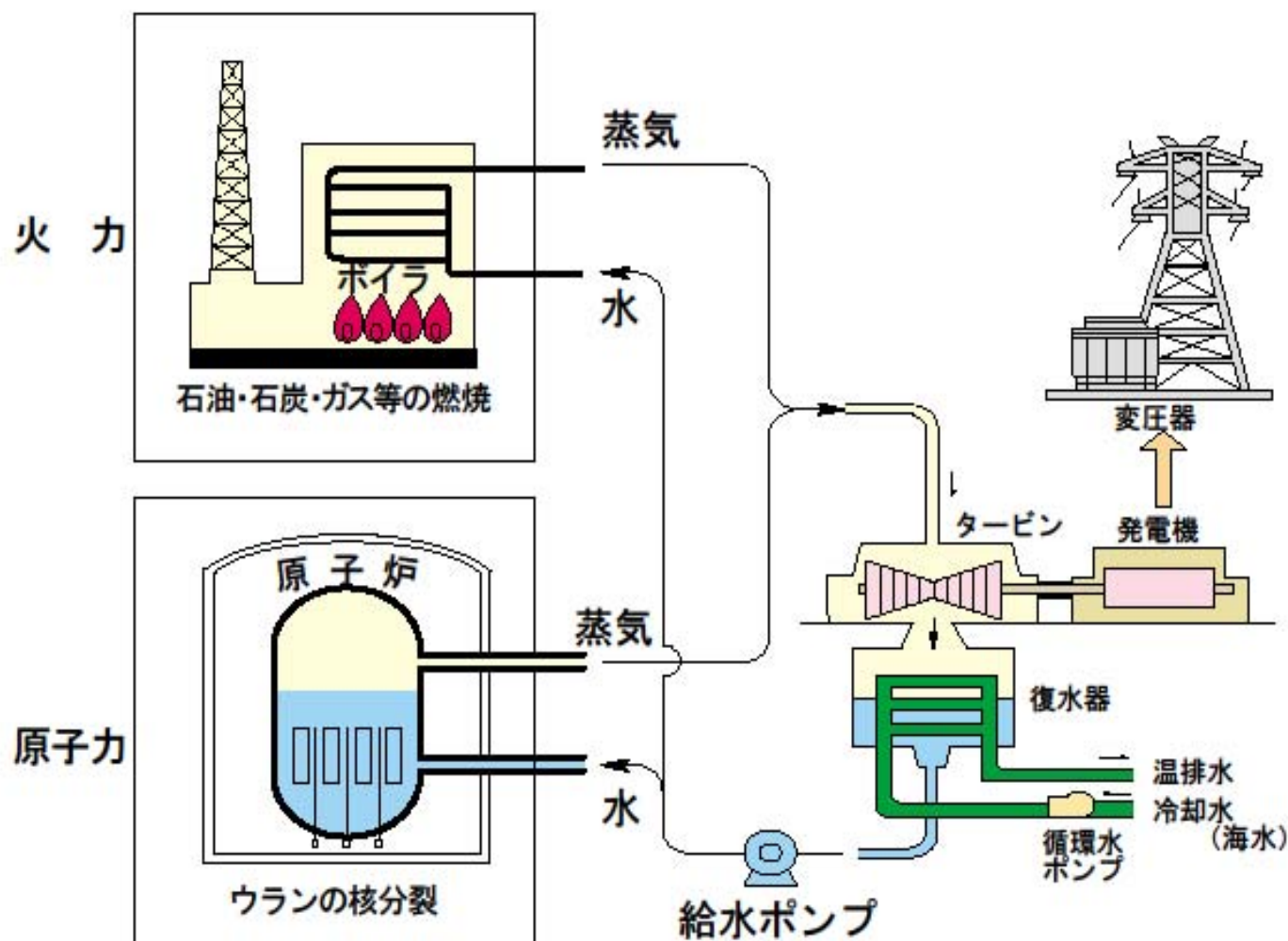
# 100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料

原子力は少ない燃料で大電力を生み出す

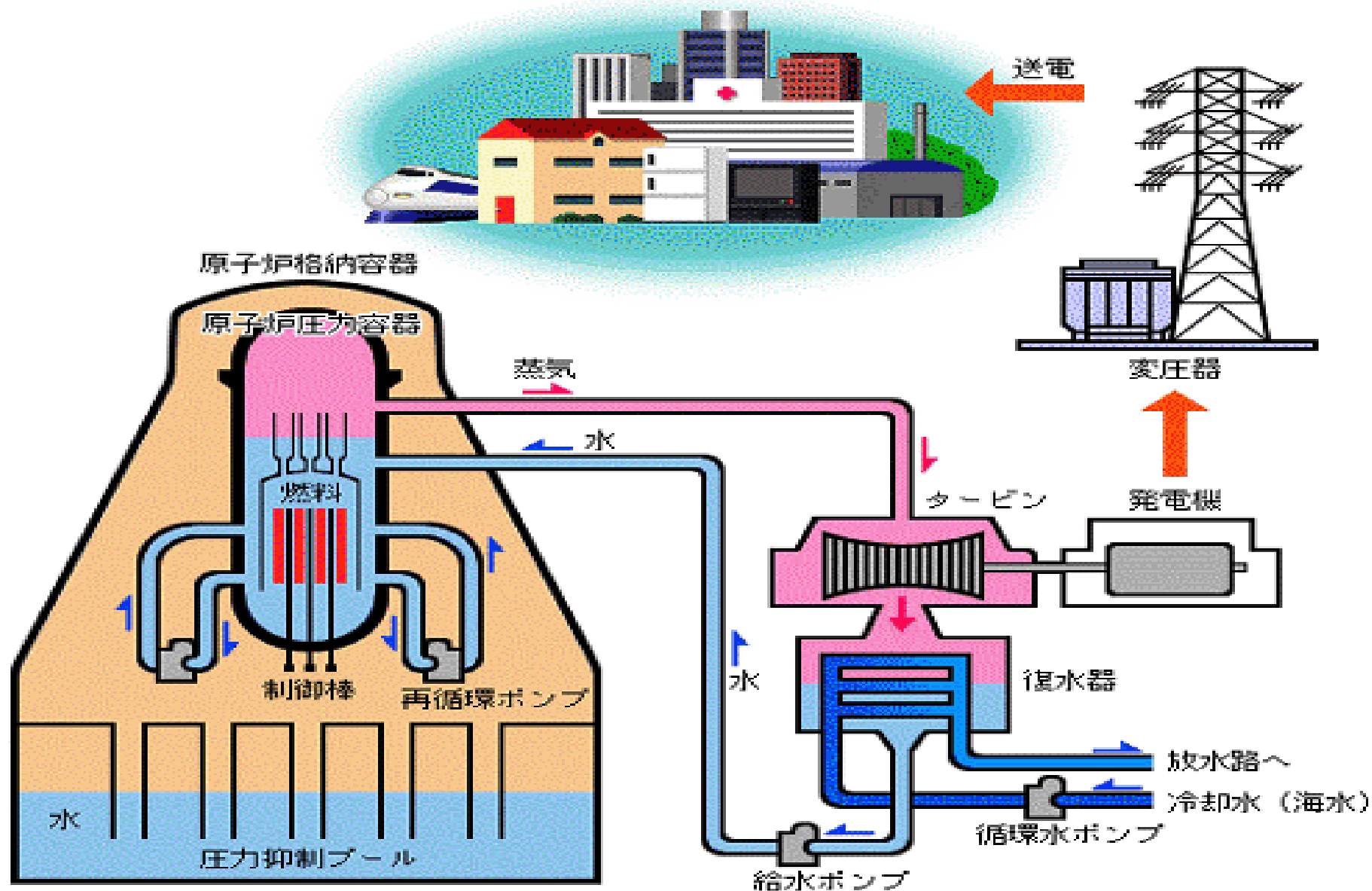
100万kW発電所は、約195万世帯の電力消費量に相当(1世帯当りの電力消費量;300kWh/月)



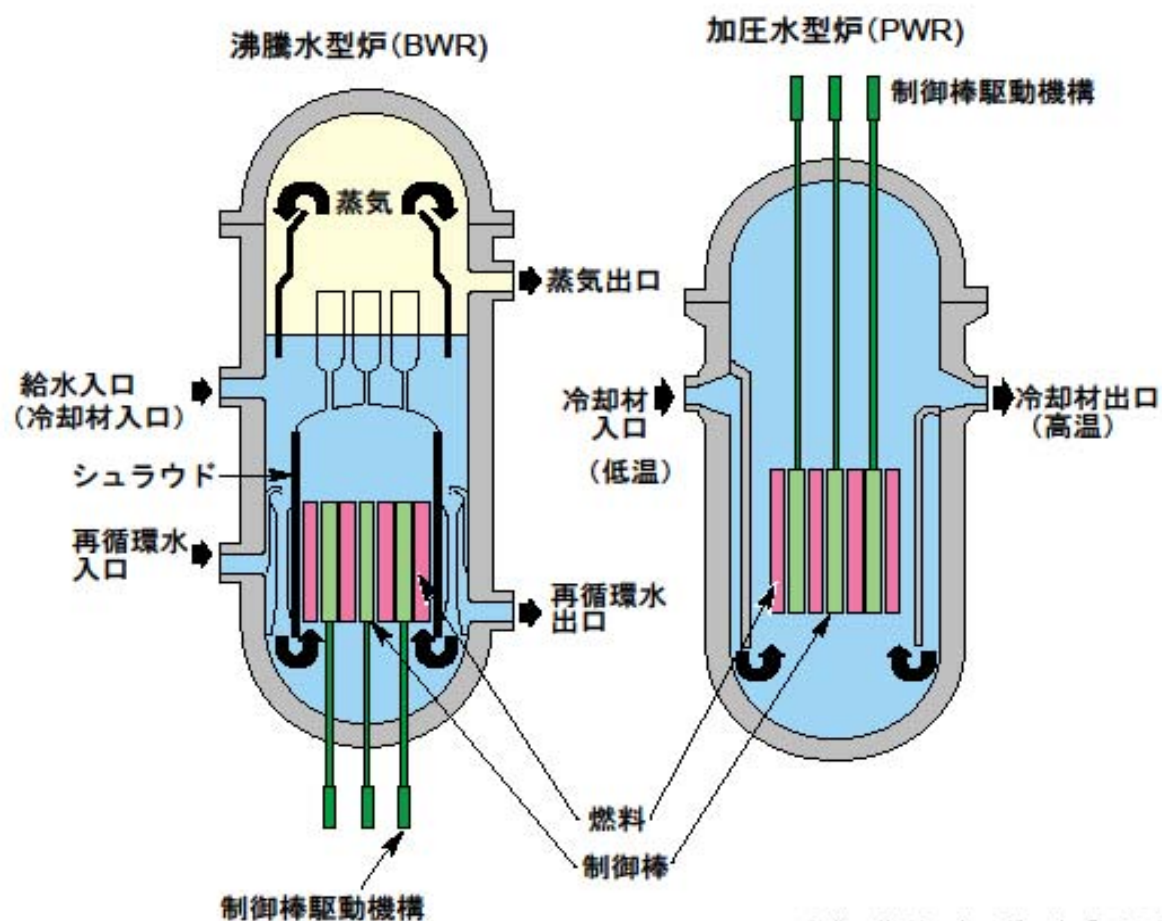
## 火力発電と原子力発電の違い



# 沸騰水型原子力発電所(BWR)のしくみ

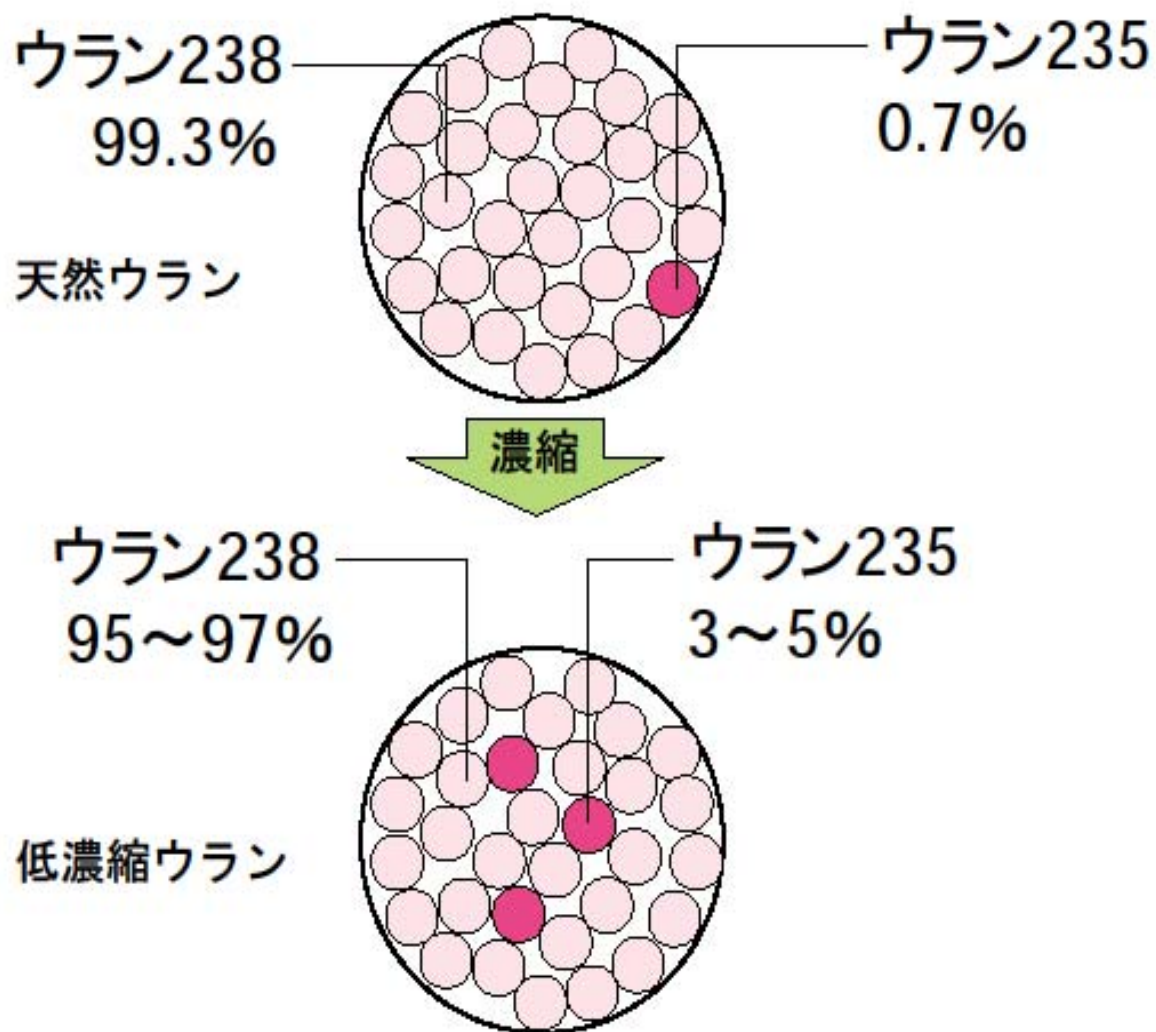


# 原子炉压力容器断面図

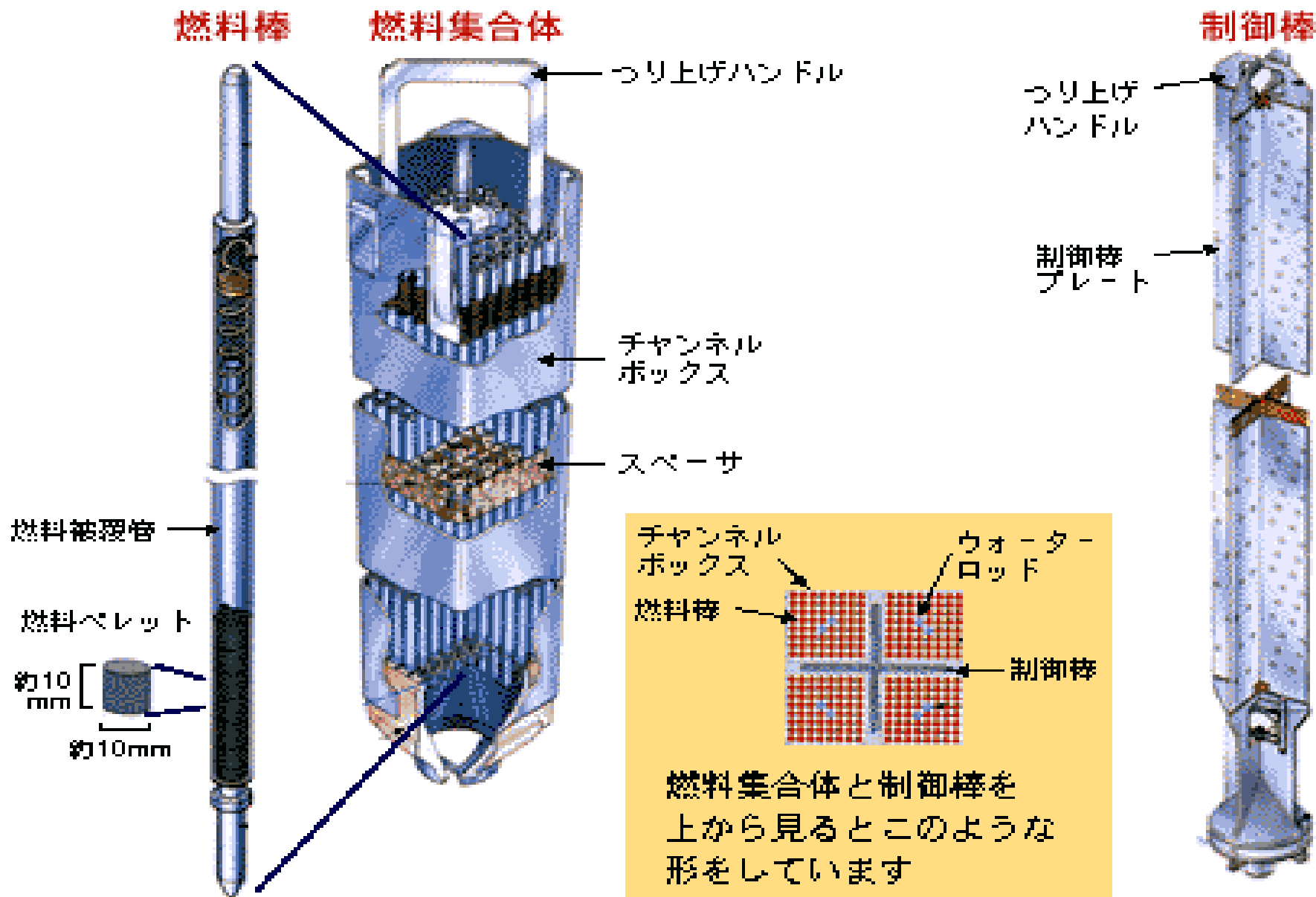


出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

## 天然ウランと濃縮ウラン



# BWRの燃料棒・燃料集合体及び制御棒





# 日本の原子力発電所の運転・建設状況

(商業用・2005年12月末現在)

東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所



北陸電力(株)志賀原子力発電所



日本原子力発電(株)敦賀発電所



関西電力(株)美浜発電所



関西電力(株)大飯発電所



関西電力(株)高浜発電所



中国電力(株)島根原子力発電所



中国電力(株)上関原子力発電所



九州電力(株)玄海原子力発電所



九州電力(株)川内原子力発電所



東北電力(株)東通原子力発電所



東京電力(株)東通原子力発電所



北海道電力(株)泊原発所



電源開発(株)大間原子力発電所



東北電力(株)女川原子力発電所



東北電力(株)浪江・小高原子力発電所



東京電力(株)福島第一原子力発電所



東京電力(株)福島第二原子力発電所



日本原子力発電(株)東海第二発電所



中部電力(株)浜岡原子力発電所



四国電力(株)伊方発電所



出力規模

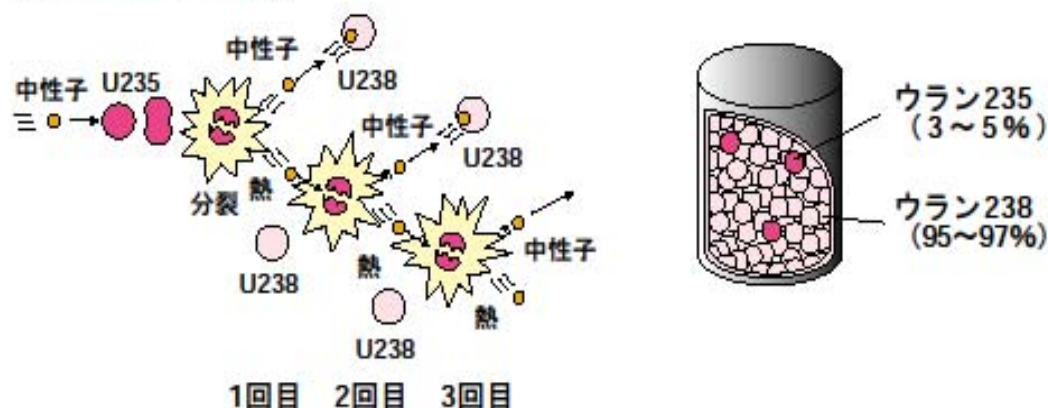


運転中  
建設中  
着工準備中

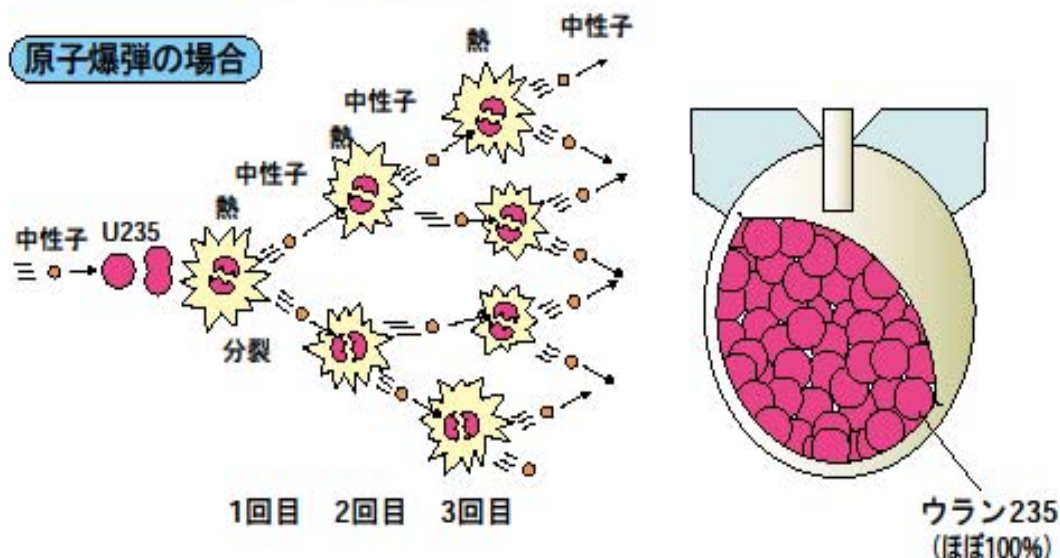
	基 数	合計出力(万kW)
運 転 中	54	4,822.2
建 設 中	3	364.3
着工準備中	11	1,494.5
合 計	68	6,681.0

# 原子力発電と原子爆弾の違い

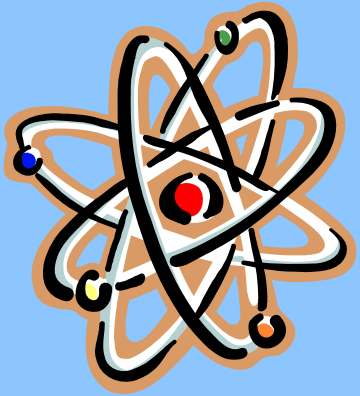
## 原子力発電の場合



## 原子爆弾の場合



# 原子力発電の基礎講座



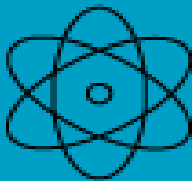
## ～内 容～

1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)



# 安全確保のしくみ

運転・保守員の  
資質向上



原子力  
発電所の  
安全性

厳重な品質管理  
入念な点検、検査

多重防護の設計

異常の発生  
の防止

もし異常が  
発生しても

異常の拡大及び  
事故への  
進展の防止

さらに事故発生  
に至っても

周辺への放射  
性物質の異常  
放出防止

余裕の  
ある  
安全設計  
(地震対策など)

フェイル  
セーフ  
(安全側へ作動)

インター  
ロック  
(誤操作防止)

止める

自動的に  
原子炉を  
停止する装置

異常を早期に  
検出する装置

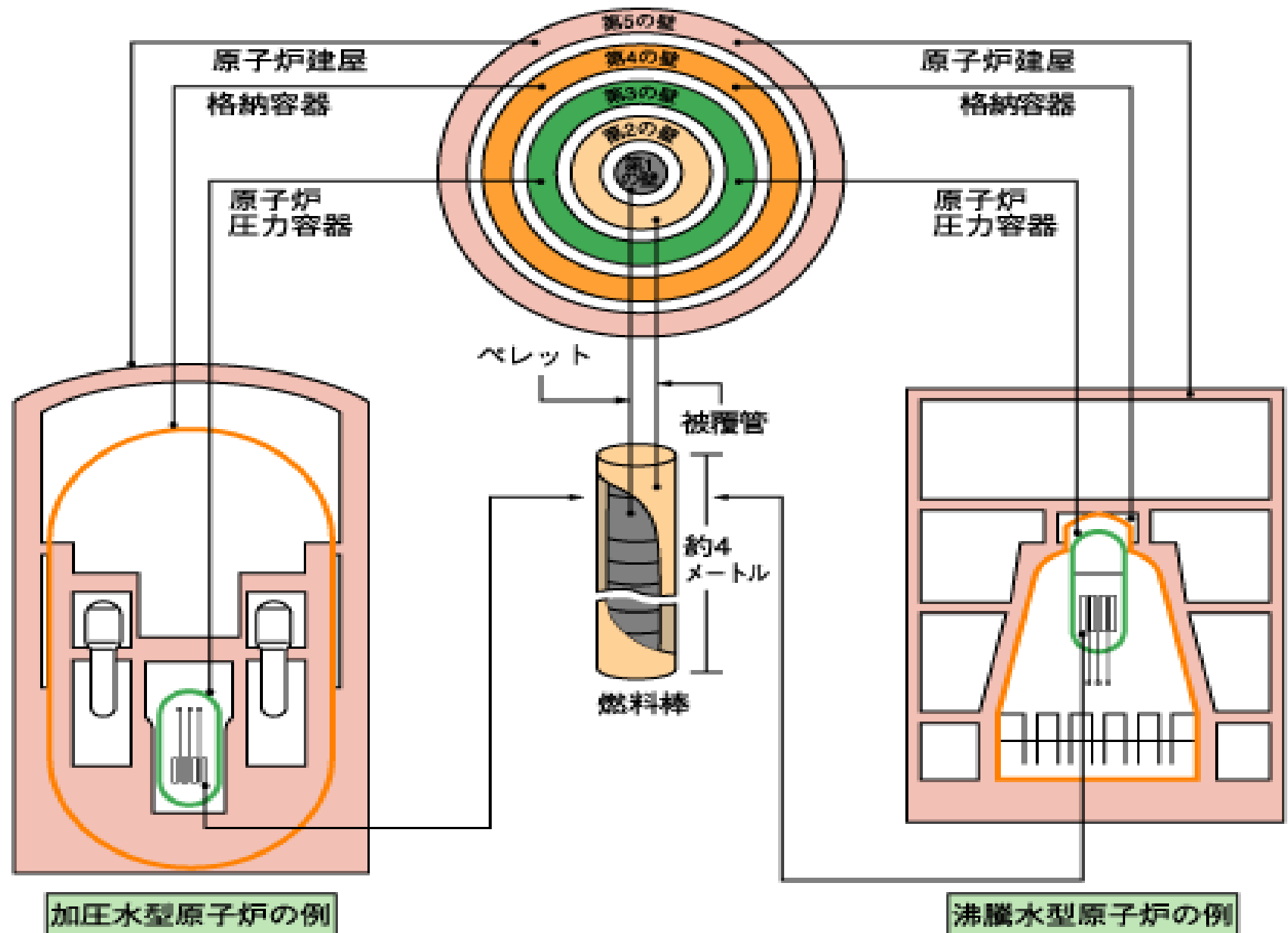
冷やす

非常用  
炉心冷却  
装置

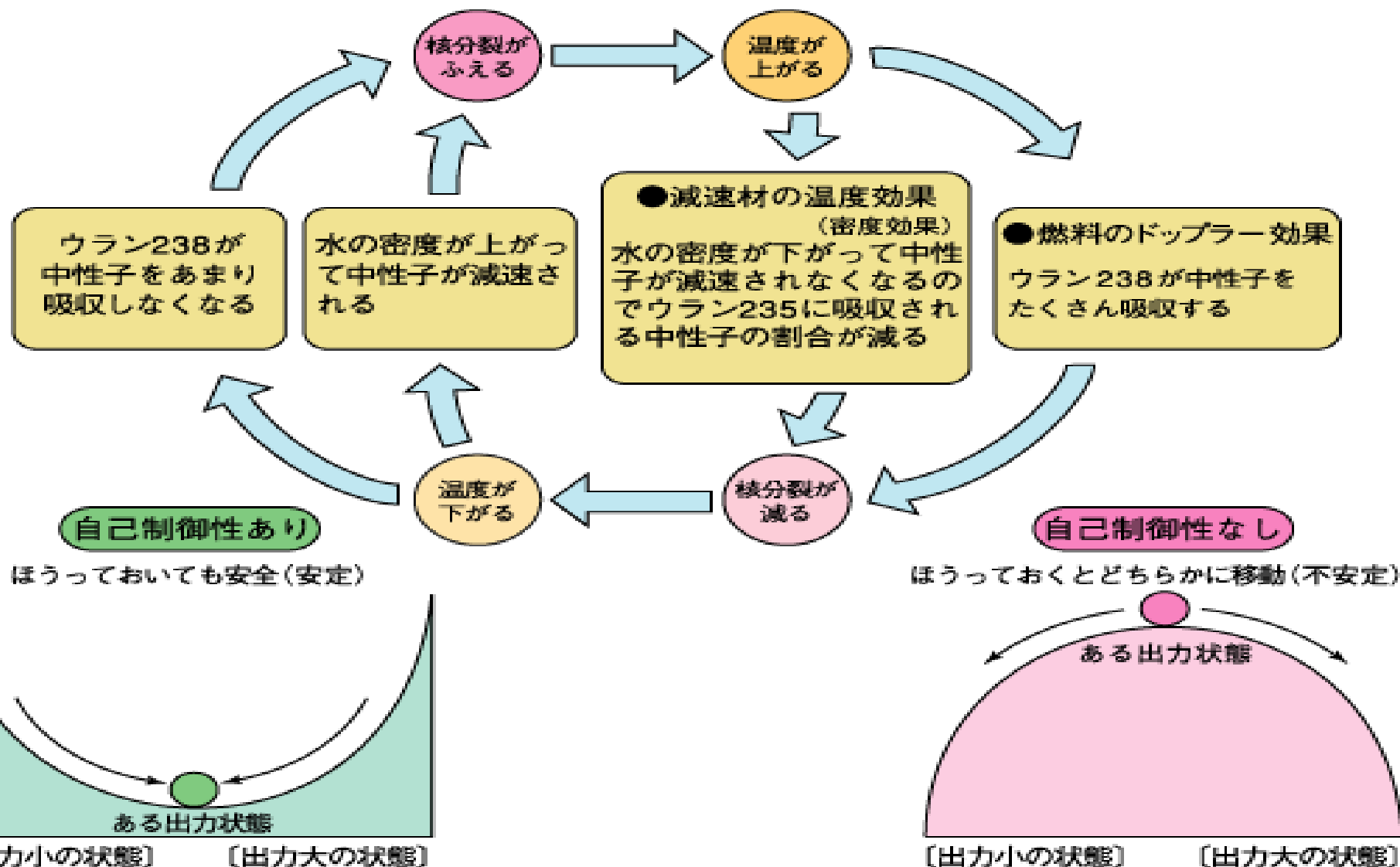
閉じこめる

原子炉  
格納容器

# 放射能を閉じ込める5重の壁

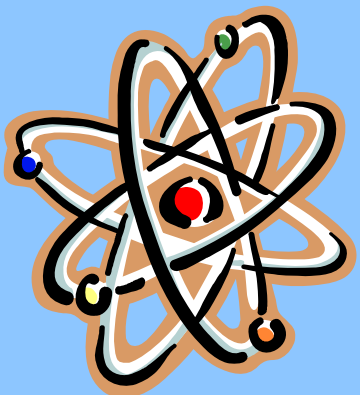


# 原子炉の固有の安全性(自己制御性)



原子炉の固有の安全性とフェイルセーフ・システムにより、異常が起きないような仕組みになっています。

# 原子力発電の基礎講座



## ～内 容～

1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)



# 安全審査時に想定される事故

**重大事故**: 技術的見地からみて最悪の場合に起こるかもしれないと考えられる重大な事故で、その発生を仮定しても周辺の公衆に放射線障害を与えないこと。

△原子炉冷却材喪失事故    △主蒸気管破断事故

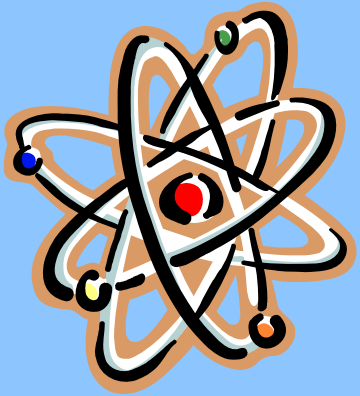
**仮想事故**: 重大事故を越えるような、技術的見地からは起こるとは考えられない事故で、その発生を仮定しても周辺の公衆に放射線障害を与えないこと。

△原子炉冷却材喪失事故    △主蒸気管破断事故

(重大事故の大気への放射能放出量を50～100倍に想定)



# 原子力発電の基礎講座



## ～内 容～

1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)



# 国際原子力事象評価尺度(INES)

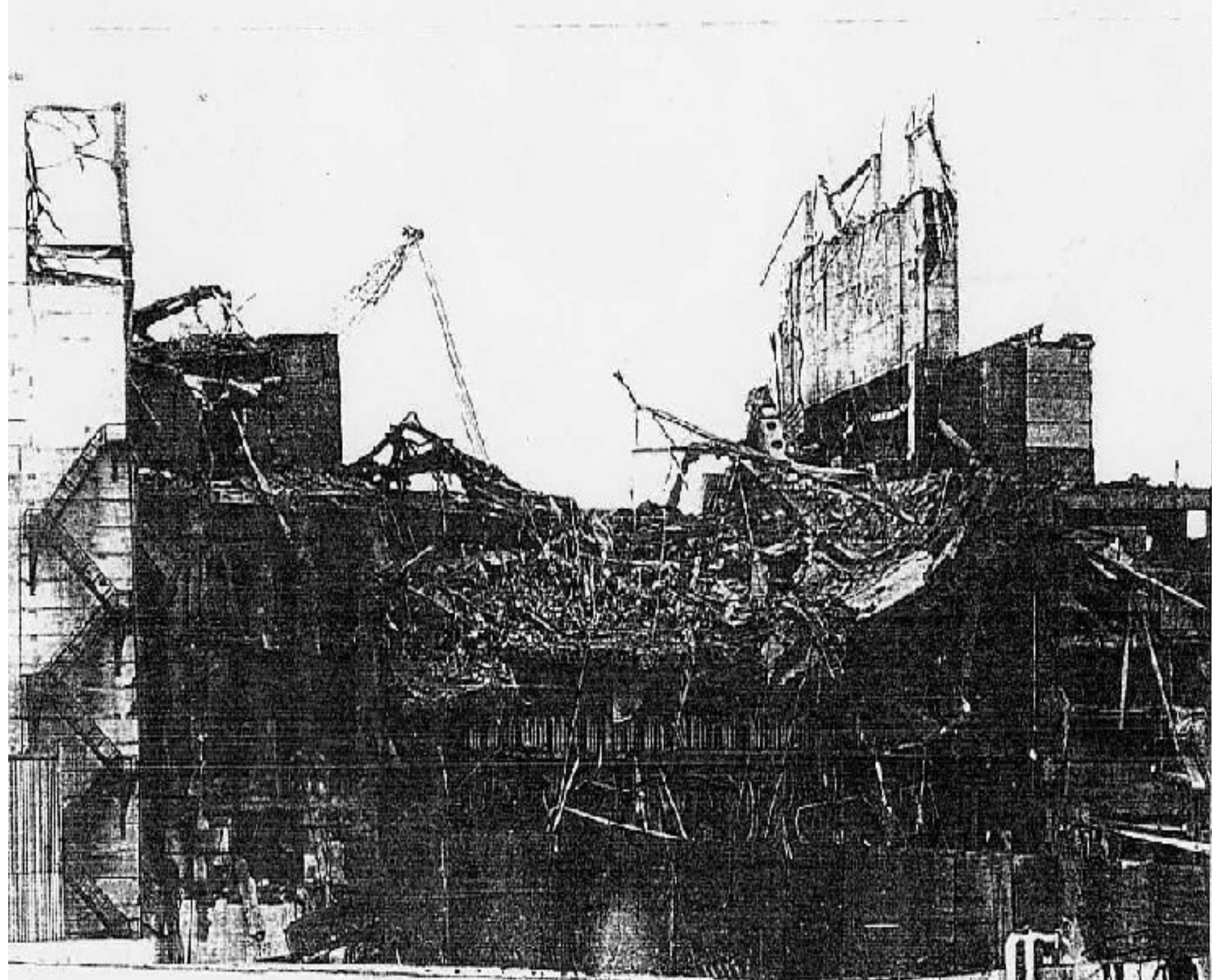
	レベル	基準 (最も高いレベルが当該事象の評価結果となる)			参考事例 (INESの公式評価でないものが含まれている)
		基準1：所外への影響	基準2：所内への影響	基準3：深層防護の劣化	
事故	7 (深刻な事故)	放射性物質の重大な外部放出 〔ヨウ素131等価で数万テラベクレル相当以上の放射性物質の外部放出〕			チェルノブイリ事故 (1986年)
	6 (大事故)	放射性物質のかなりの外部放出 〔ヨウ素131等価で数千から数万テラベクレル相当の放射性物質の外部放出〕			
	5 (所外へのリスクを伴う事故)	放射性物質の限られた外部放出 〔ヨウ素131等価で数百から数千テラベクレル相当の放射性物質の外部放出〕	原子炉の炉心の重大な損傷		スリーマイルアイランド事故 (1979年)
	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 〔公衆の個人の数ミリシーベルト程度の被ばく〕	原子炉の炉心のかなりの損傷／従業員の致死量被ばく		JCO臨界事故 (1999年)
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 〔公衆の個人の十分の数ミリシーベルト程度の被ばく〕	所内の重大な放射性物質による汚染／急性の放射線障害を生じる従業員の被ばく	深層防護の喪失	
	2 (異常事象)		所内のかなりの放射性物質による汚染／法定の年間線量限度を超える従業員の被ばく	深層防護のかなりの劣化	美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷 (1991年)
	1 (逸脱)			運転制限範囲からの逸脱	もんじゅナトリウム漏えい (1995年)
尺度以下	0 (尺度以下)	安全上重要ではない事象			
評価対象外		安全に関係しない事象			
		0+			安全に影響を与え得る事象
		0-			安全に影響を与えない事象

シーベルト(Sv)は、放射線が人体に与える影響を表す単位。(ミリは1,000分の1)

ベクレル(Bq)は、放射性物質の量を表す単位。(テラは $10^{12}$ =1兆)

# 原子力施設における事故の概要

施 設 名（発生前）	内 容	原 因	影 響
チェルノブイリ原子力 発電所(1986) 旧ソ連ウクライナ共和国	反応度事故	設計欠陥・人的要因 （マニュアル違反）	3ヶ月以内に28名 （緊急作業員）死亡
スリーマイルアイラン ド(TMI)原子力発電所 (1979) 米国ペンシルバニア州	冷却材喪失 事故	機器の故障・誤操作	若干の放射性物質 の環境放出
JCO核燃料加工施設 (1999) 東海村	臨界事故	作業手順書の無視	高被ばく者3名の内 2名死亡
東海再処理施設（アス ファルト固化施 (1997) 東海村	火災爆発 事故	火災はアスファルト の加熱昇温、ガスに よる爆発	若干の放射性物質 の環境放出
高速増殖炉/もんじゅ (1995) 敦賀市	二次系ナト リウム冷却 材漏洩事故	二次系冷却材配管内 のNa温度計部分の折 れ	Naの配管外へ漏洩 しNa火災/環境影 響なし





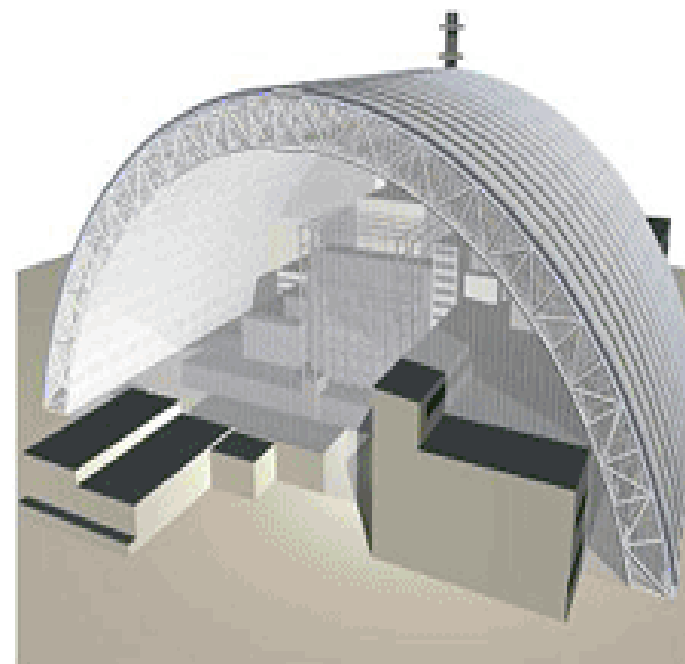


3, 4号炉の後側に冷却水貯蔵池の北部が見える。

図10 事故直後のチェルノブイリ原子力発電所3, 4号炉の俯瞰写真(タービン発電機建屋側から撮影)



2006年4月22日のチェルノブイリ第4発電所の現状

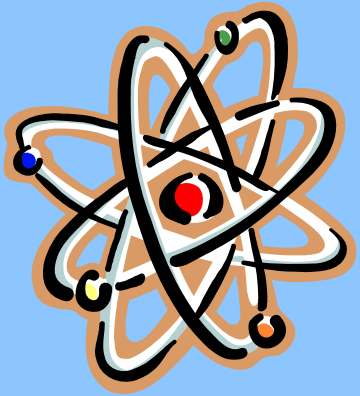


新安全格納施設の計画

## 図1 チェルノブイリ第4発電所の現状と将来

[出典] Chernobyl Power Plant Reactor 4 Chernobyl Diary Blog, 22 April 2006, <http://www.iaea.org/blog/Press/> & Lynn R. Anspaugh, Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience, Chernobyl conference, Vienna, 6-7 September, 2006, p.98

# 原子力発電の基礎講座



## ～内 容～

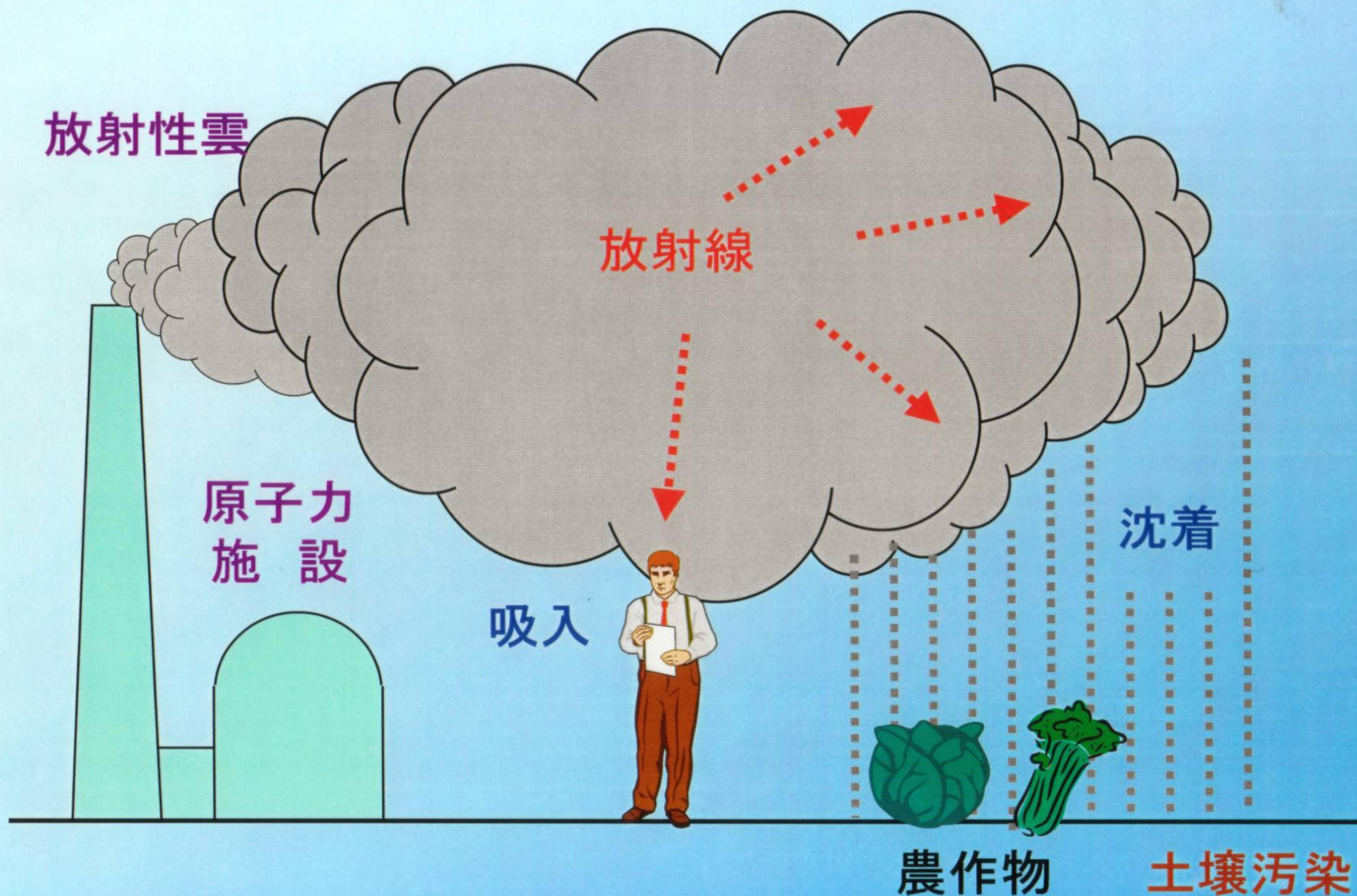
1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)





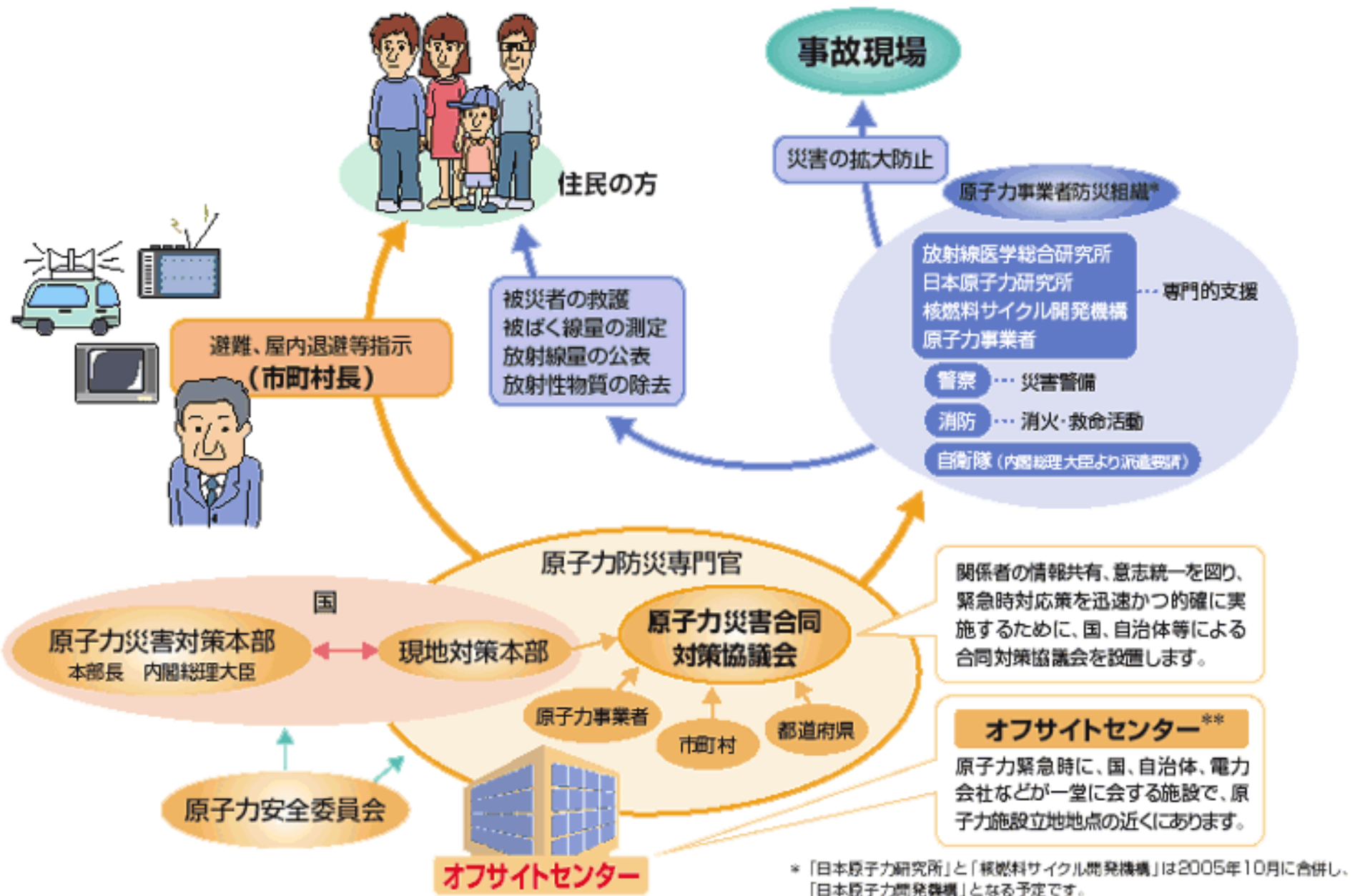
# 放射性気体廃棄物からの被ばく

No. 2





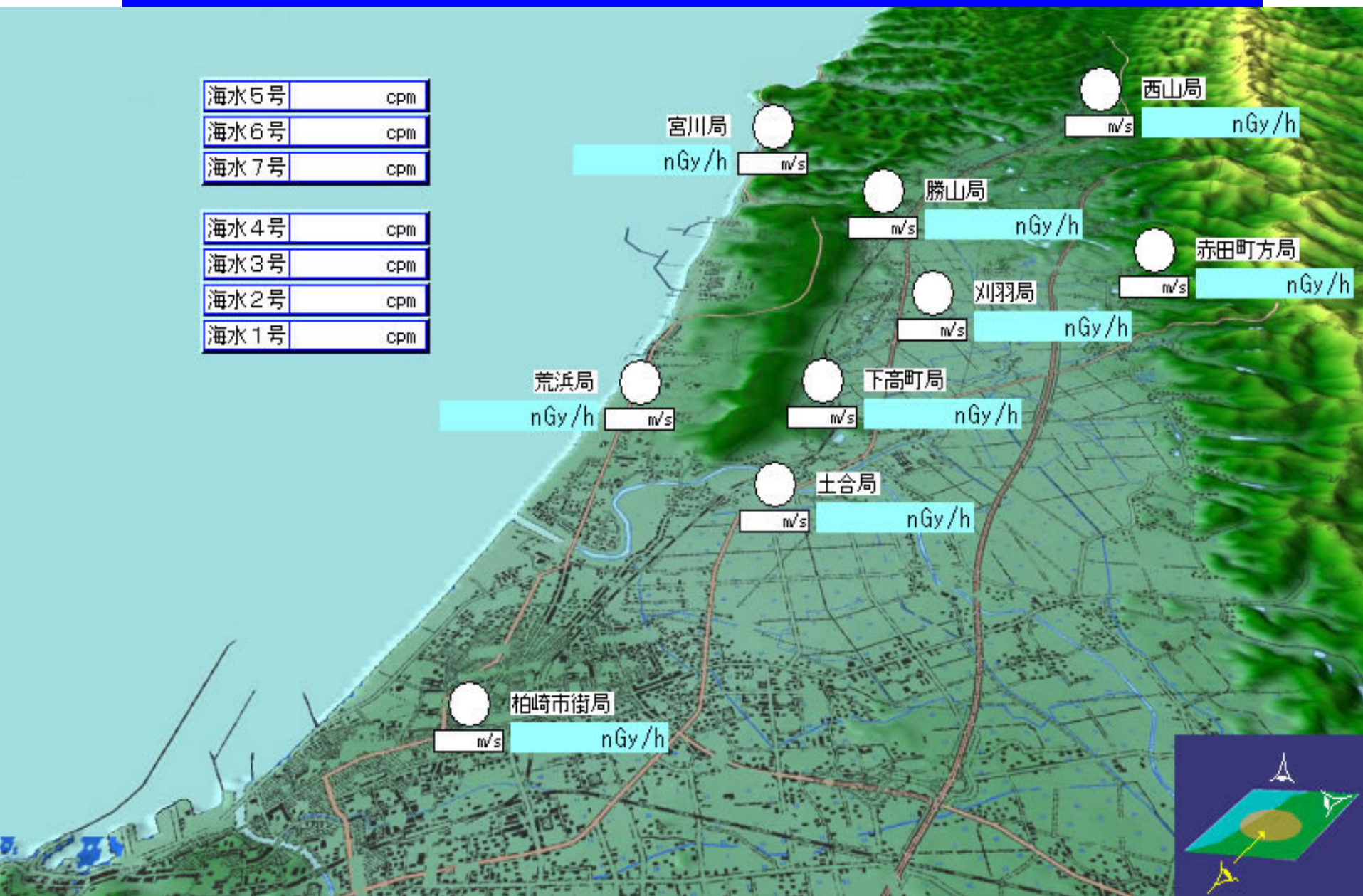
# 原子力災害時の対応



\*「日本原子力研究所」と「核燃料サイクル開発機構」は2005年10月に合併し、「日本原子力開発機構」となる予定です。

\*\*「オフサイト」とは、原子力施設の敷地(サイト)の外(オフ)にあるという意味です。

# 新潟県の環境監視テレメータシステム

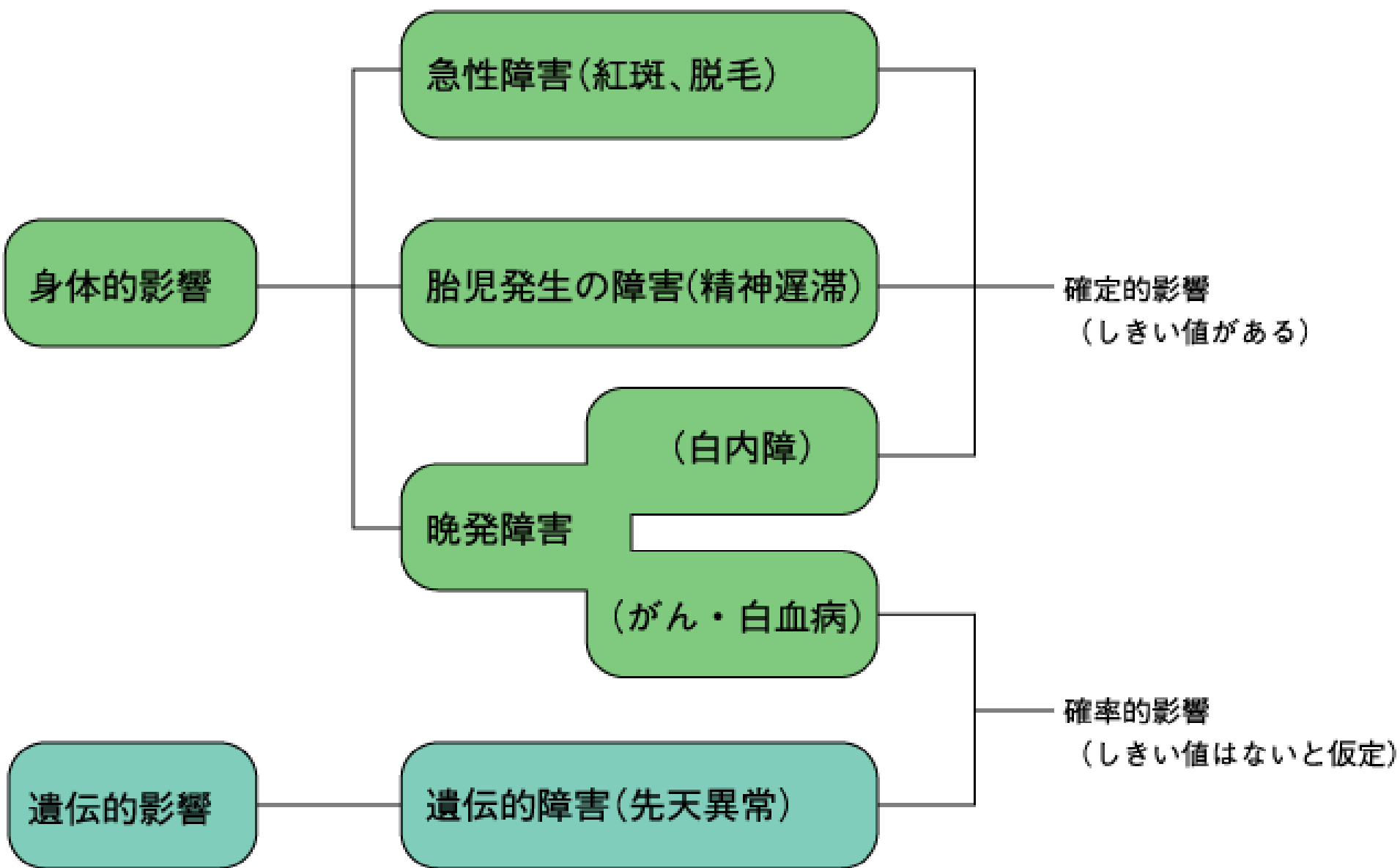




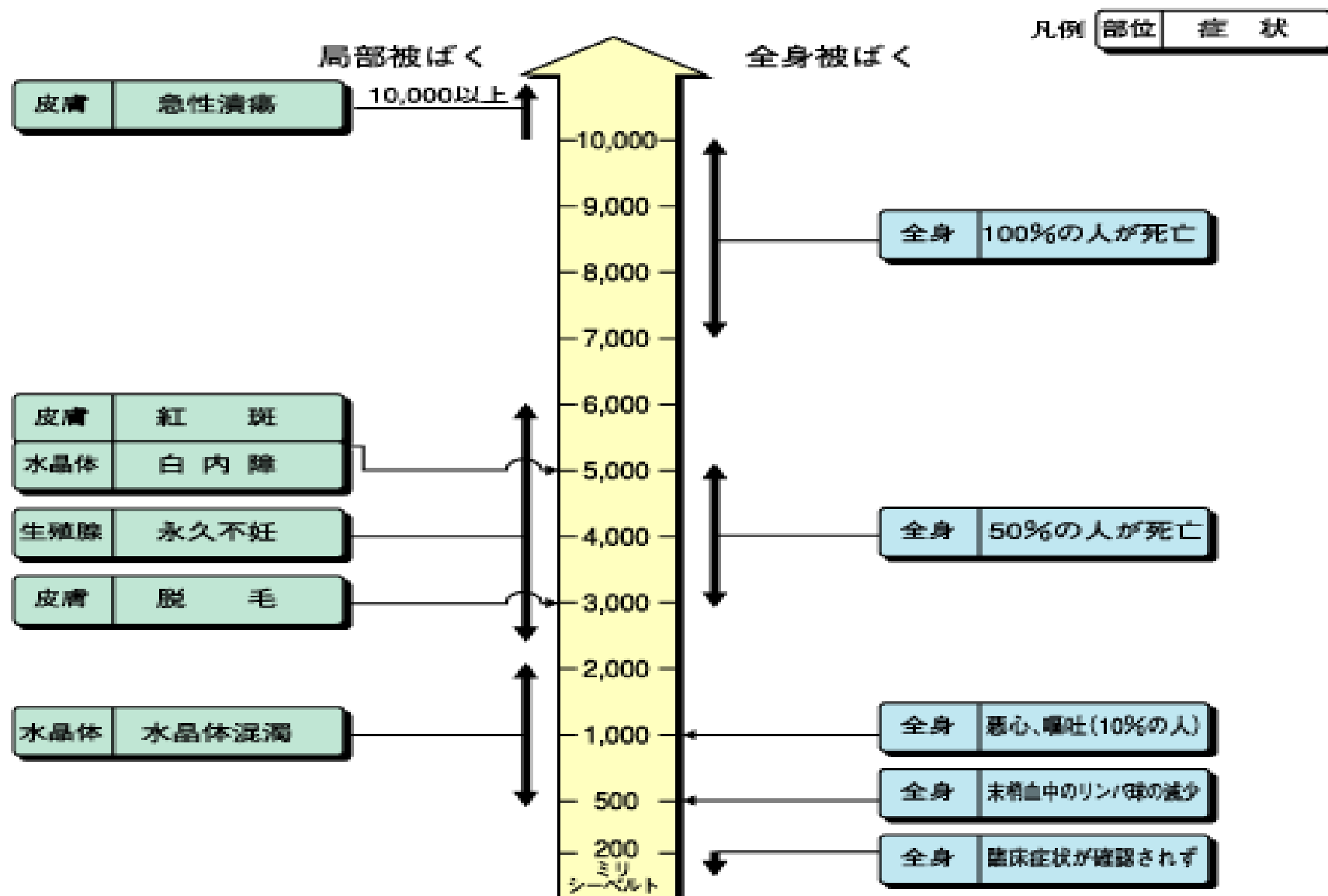
# 刈羽原子力発電所による環境監視システム



# 放射線の人体への影響



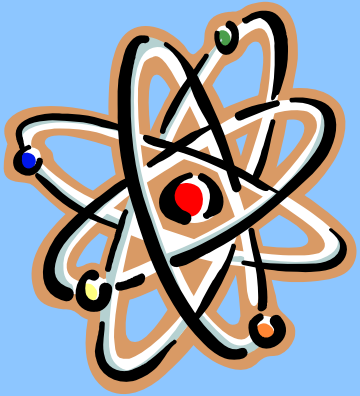
# 急性の放射線影響



(注) 一般の人の線量限度1.0mSv/年、  
原子力発電所周辺の線量目標0.05mSv/年

出典：ICRP Pub.60 他

# 原子力発電の基礎講座

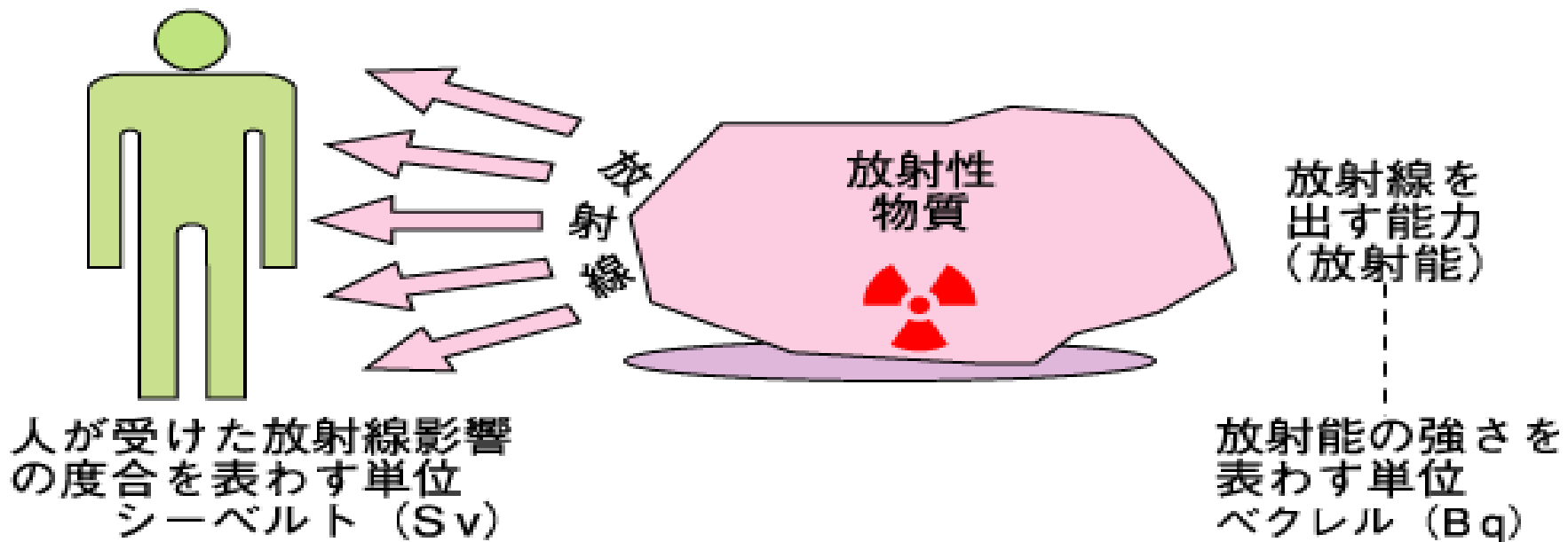
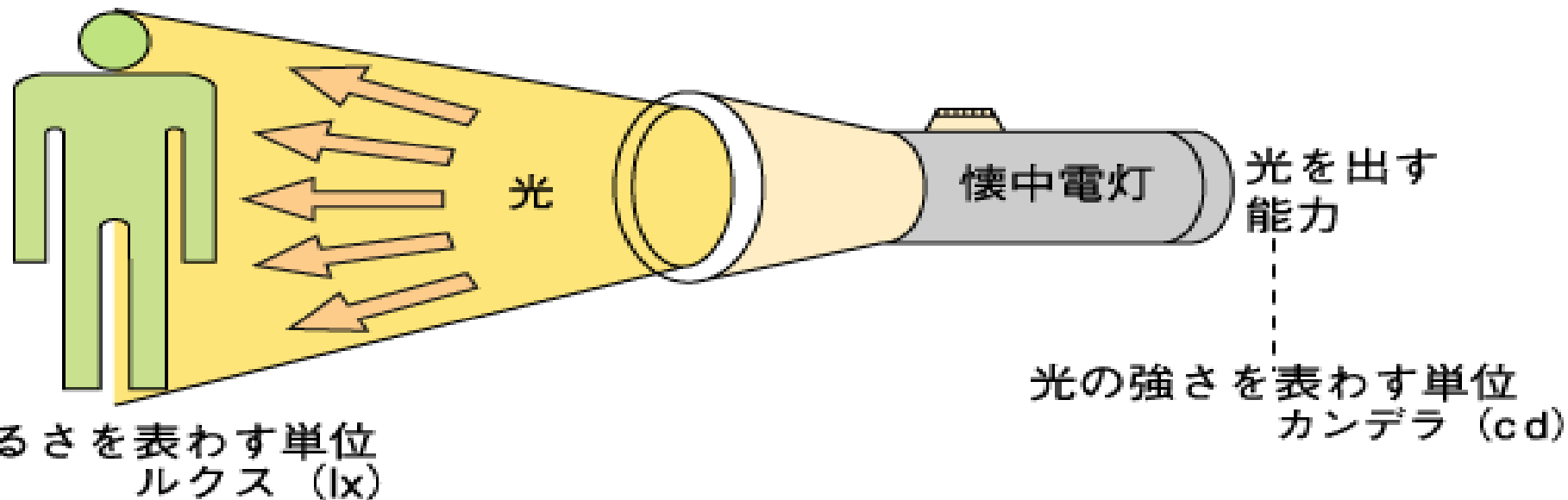


## ～内 容～

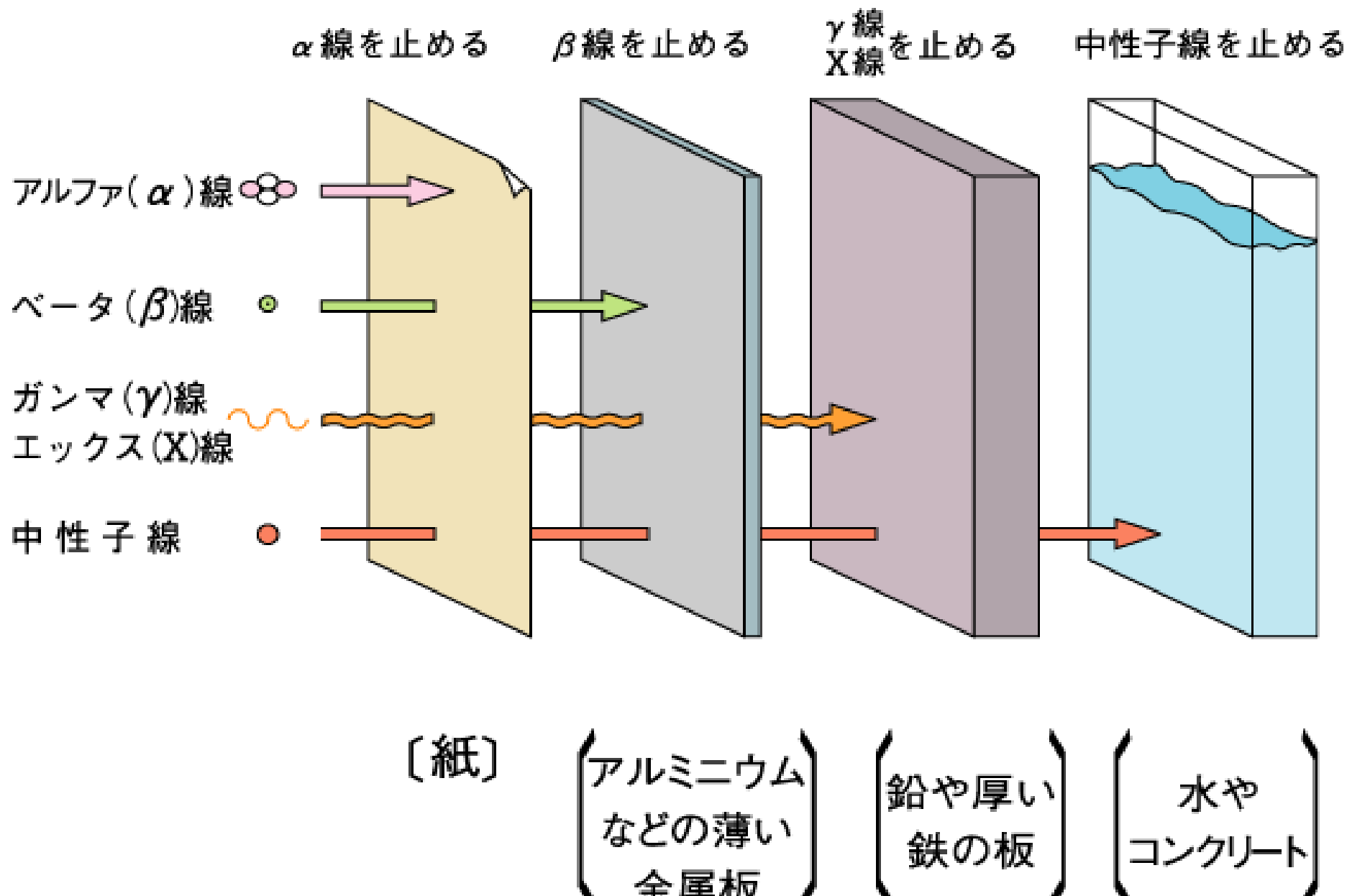
1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)



# 放射能と放射線

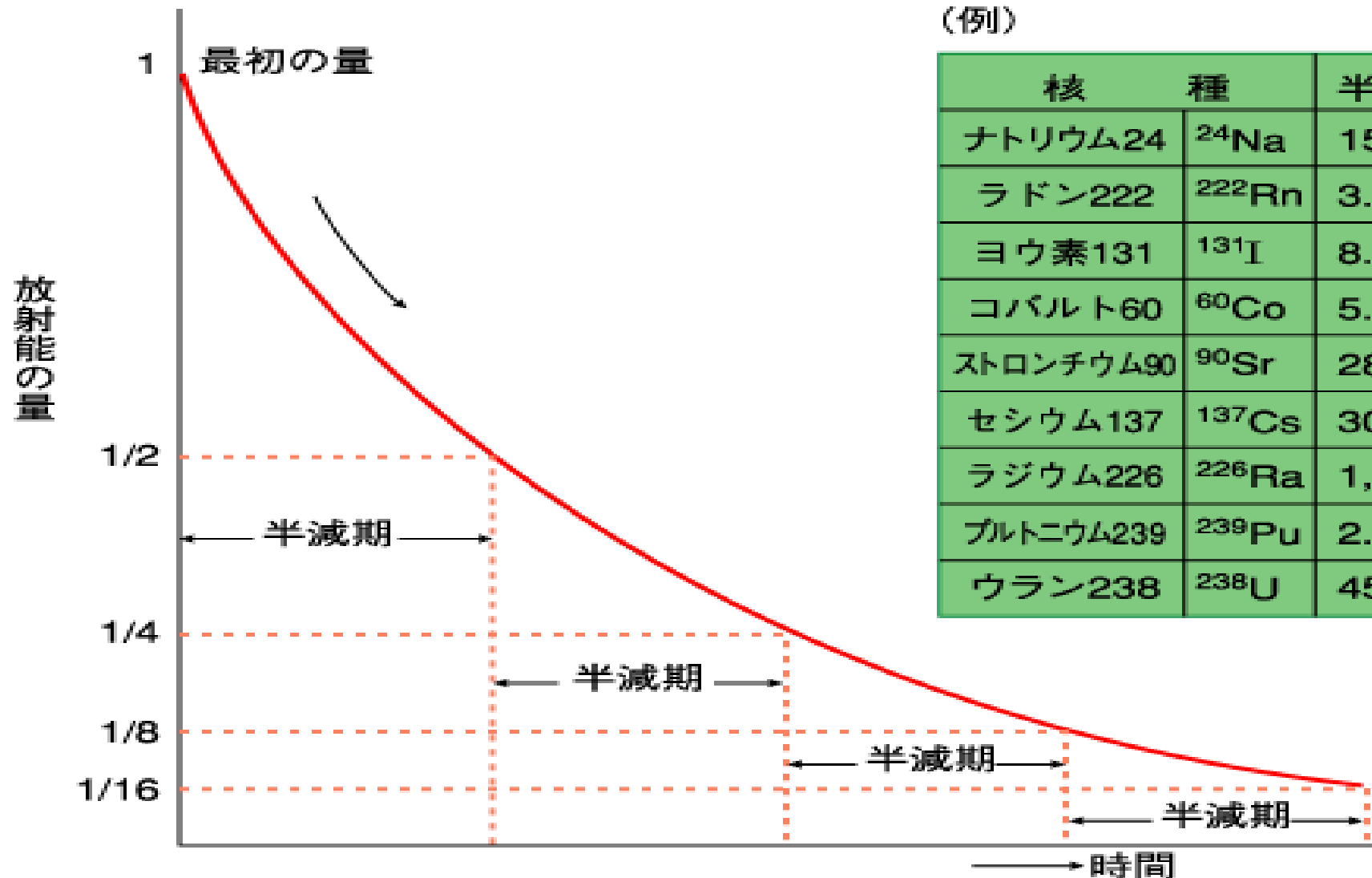


# 放射線の種類と透過力





# 放射能の減り方



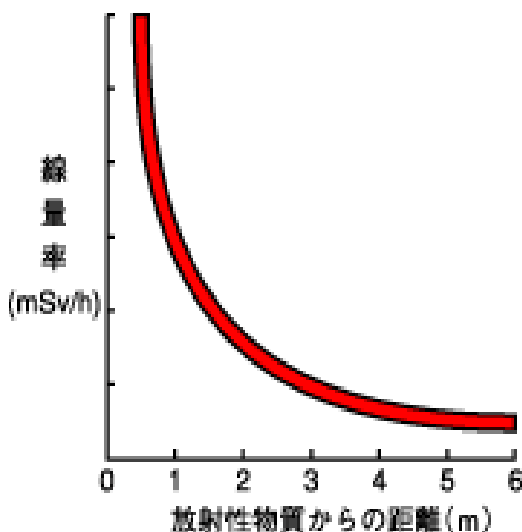
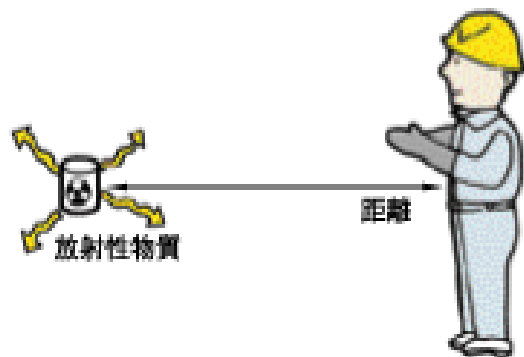
(例)

核 種	種	半 減 期
ナトリウム24	$^{24}\text{Na}$	15.0時間
ラドン222	$^{222}\text{Rn}$	3.8日
ヨウ素131	$^{131}\text{I}$	8.0日
コバルト60	$^{60}\text{Co}$	5.3年
ストロンチウム90	$^{90}\text{Sr}$	28.8年
セシウム137	$^{137}\text{Cs}$	30年
ラジウム226	$^{226}\text{Ra}$	1,600年
プルトニウム239	$^{239}\text{Pu}$	2.4万年
ウラン238	$^{238}\text{U}$	45億年

# 放射線防護の基本

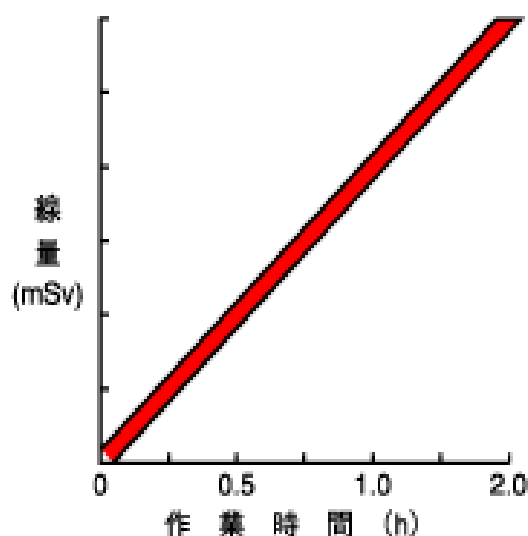
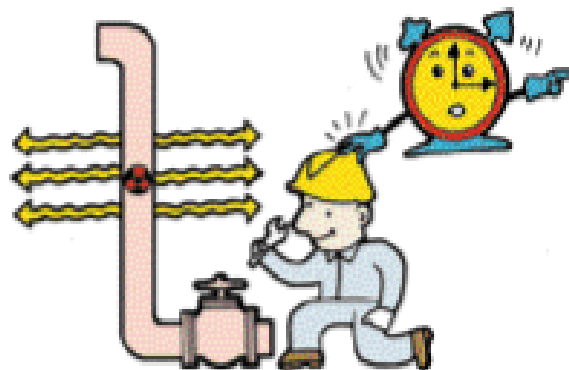
## ● 距離による防護

〔線量率〕＝〔距離〕<sup>2</sup>に反比例

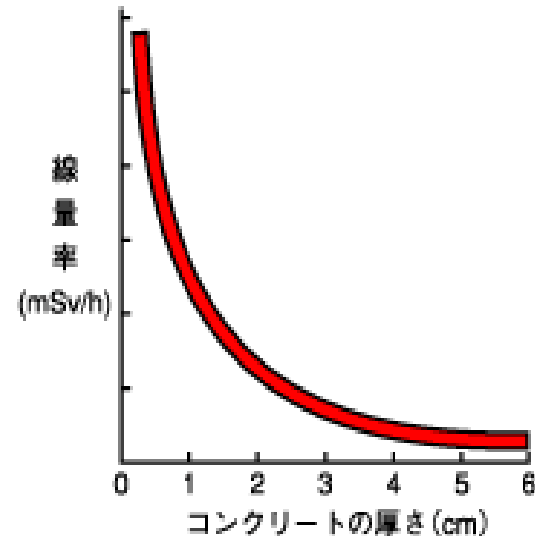
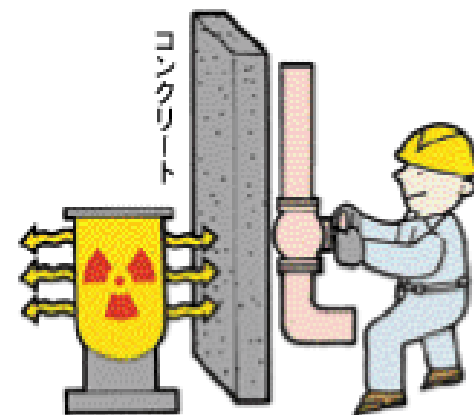


## ● 時間による防護

〔線量〕＝〔作業場所の線量率〕×〔作業時間〕



## ● 遮へいによる防護



# 放射線の特徴

No.3

放射線



見えない



匂わない



肌に感じない



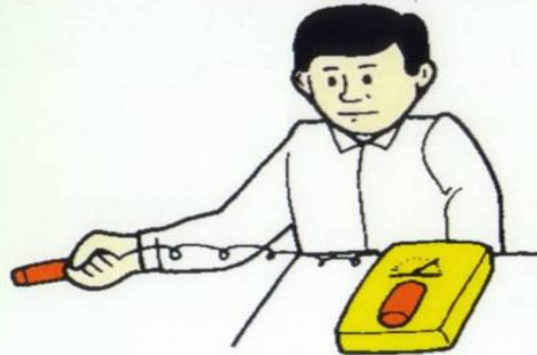
聞こえない



味がない



どうすれば  
よいか？



放射線の測定



原子力防災の特徴



$\alpha$ 線用シンチレーションサーベイメータ



GM式サーベイメータ  
(照射線量計)



GM式サーベイメータ  
(汚染検査計)



電離箱式サーベイメータ  
(照射線量計)



中性子サーベイメータ

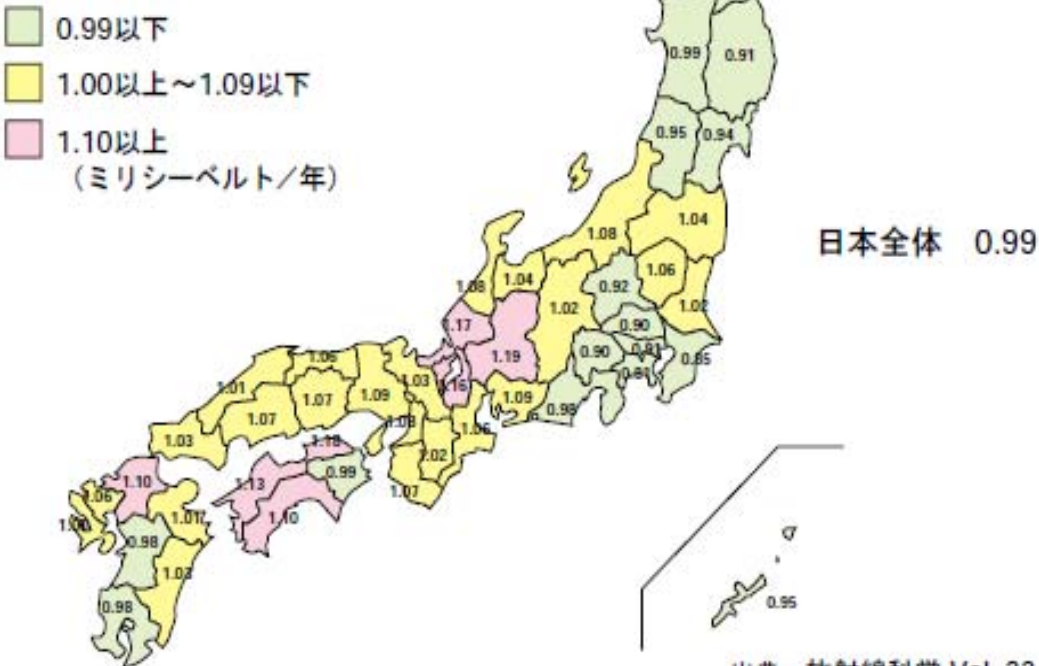
## 代表的サーベイメータの外観

[資料提供] アロカ(株)

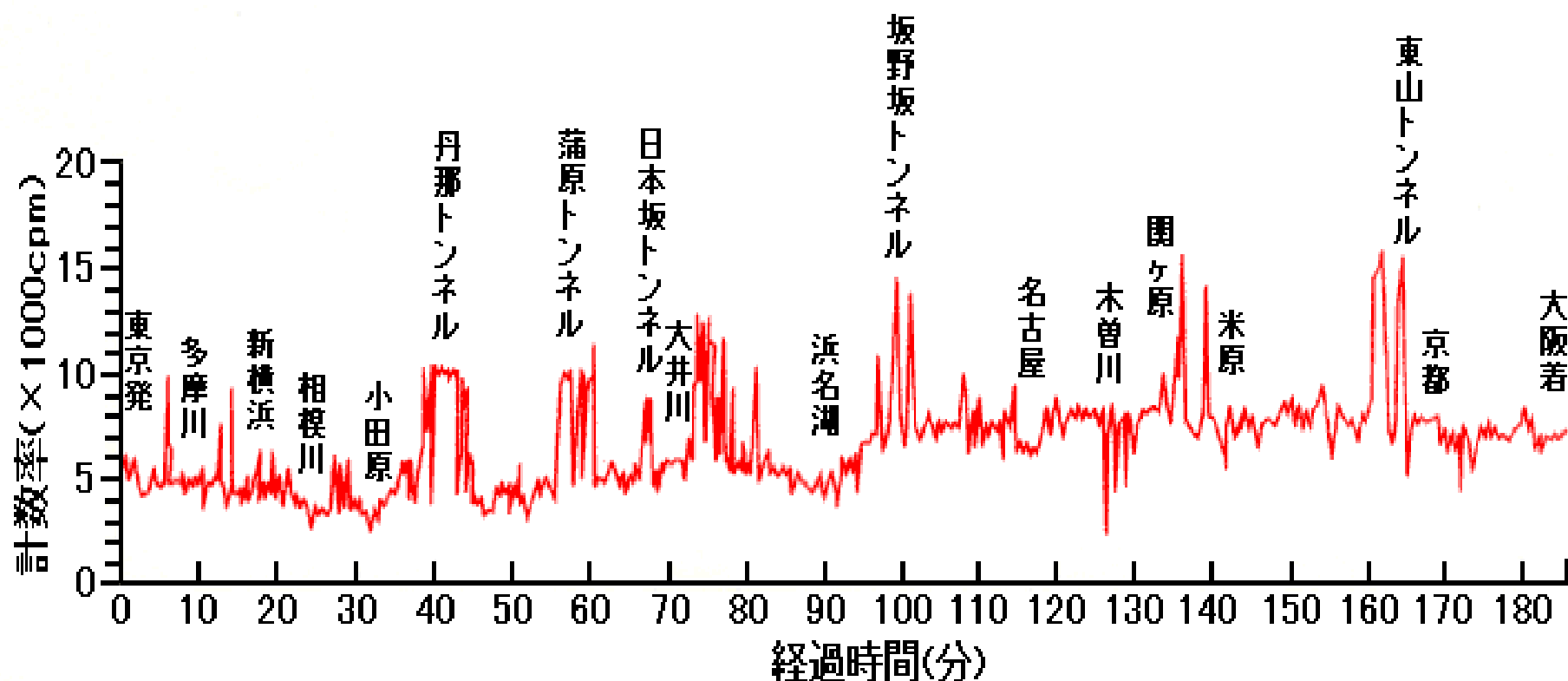


## 全国の自然放射線量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量（ラドンなどの吸入によるものを除く）



出典：放射線科学 Vol. 32, No.4, 1989



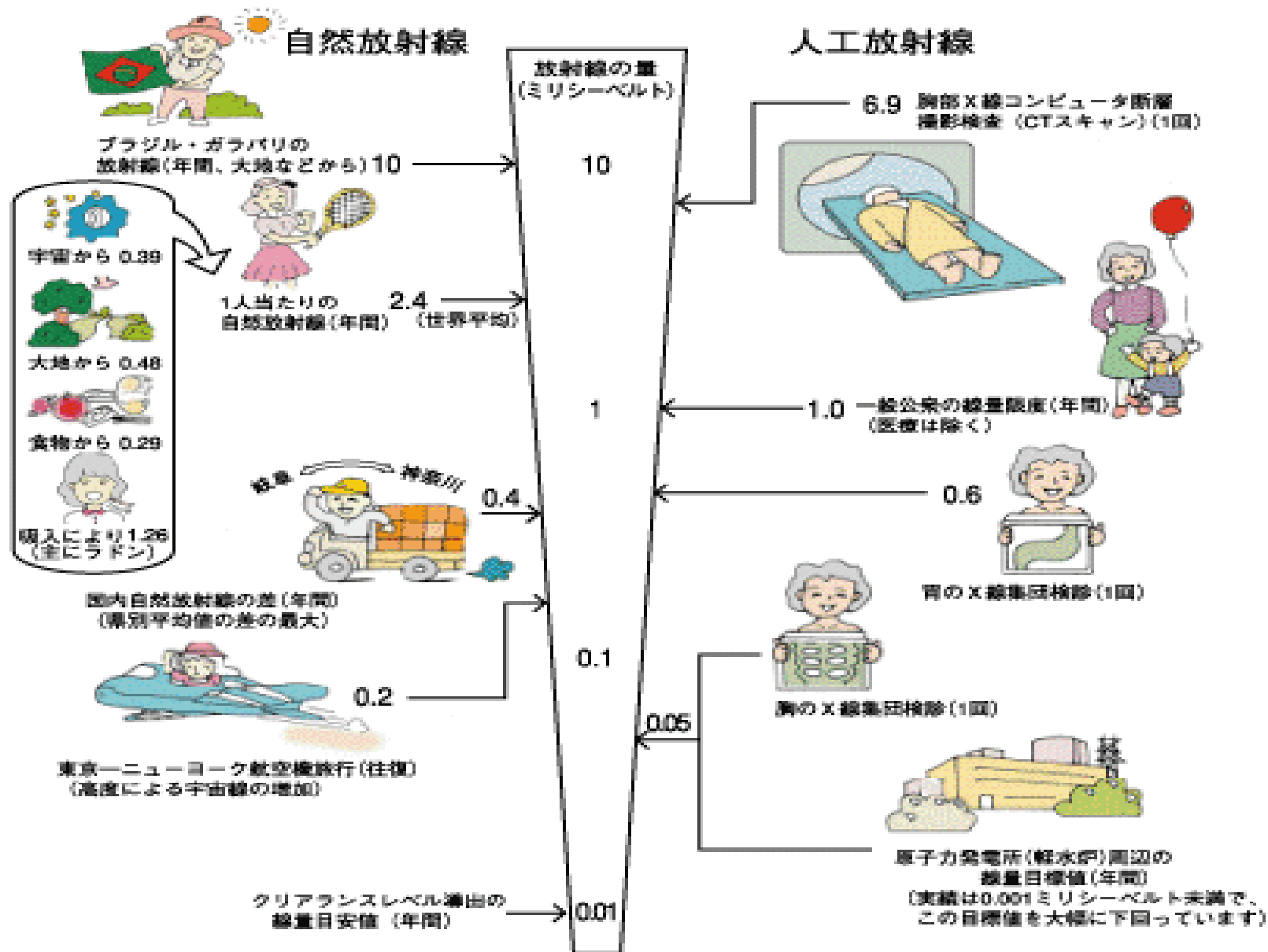
(注)(cpm:1分間辺りのカウント数)計数管などの検知器部分に1分間に飛び込んできた放射線の数

図4 東京～大阪間新幹線内における放射線強度の変動

[出所] 岡野真治:理化学研究所データ アイソープ・ニュース(1980年7月号)

[出典] 渡利一夫:暮らしの中にはどのような放射線・放射能があるでしょうか、  
放射線科学、Vol.45、No.3、p.85(2002年)

# 日常生活と放射線



# 体内、食物中の自然放射性物質

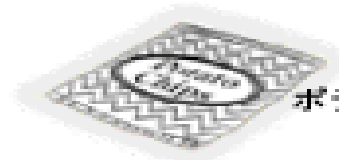
## ●体内の放射性物質の量

(体重60kgの  
日本人の場合)

カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

## ●食物中のカリウム40の放射能量(日本)

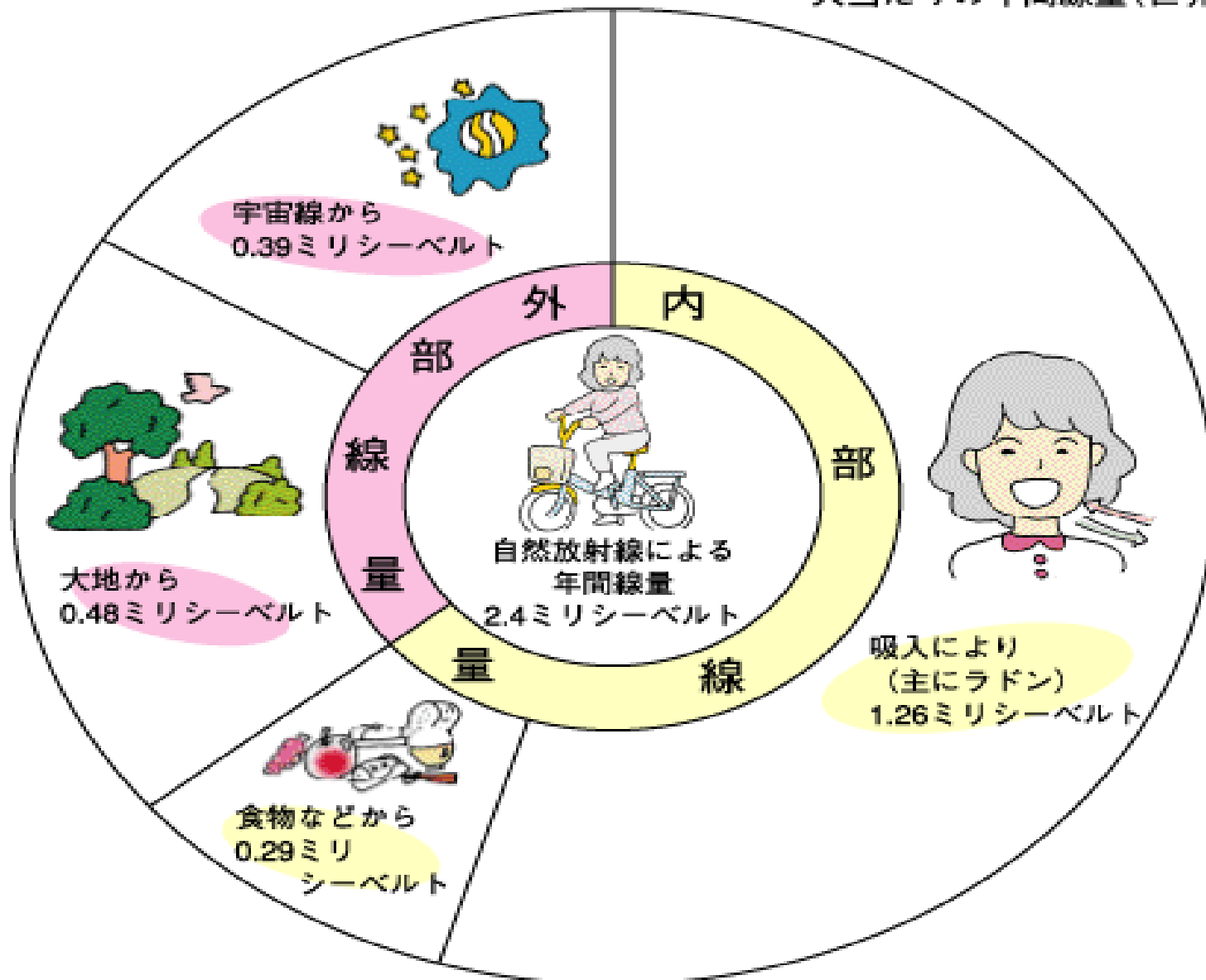
(ベクレル/kg)



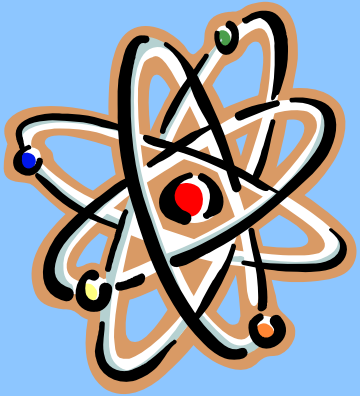


# 自然放射線から受ける線量

一人当たりの年間線量(世界平均)



# 原子力発電の基礎講座



## ～内 容～

1. 原子力発電の仕組み
2. 原子力発電所の安全対策
3. 想定される事故
4. 過去における事故例
5. 原子力災害と防災対策
6. 暮らしの中の放射線
7. その他(話題・質疑応答)



# 発電所敷地内の松葉から放射性物質を検出 (平成19年4月6日)

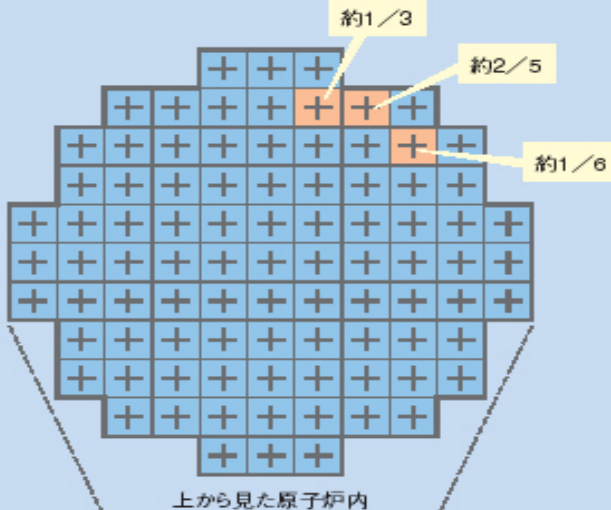


検出核種	放射能量	半減期	備 考
コバルト-60	3.9 ベクレル	約5.3年	発生元:原子炉水中の不純物(鉄、ニッケル等の金属)の中性子照射による放射化生成物
コバルト-58	0.1 ベクレル	約71日	
マンガン-54	0.1 ベクレル	約312日	

# 北陸電力志賀原子力発電所1号機 臨界事故

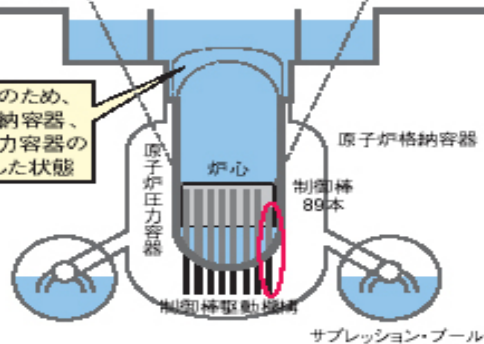
## ■制御棒引き抜け時の原子炉の状態

引き抜かれた制御棒  
(割合は全挿入位置からの引き抜け状況)



原子炉建屋(断面図)

定期検査のため、  
原子炉格納容器、  
原子炉圧力容器の  
上蓋を外した状態



- 発生年月日:平成11年6月18日
- 状況:第5回定期検査中に制御棒3本引き抜け→臨界状態
- 従業員の被曝及び環境への影響なし

## 刈羽原子力発電所での同様な事象

発生年;平成12年4月7日

事象;▶1号機の制御棒2本(1/2と約1/5)  
が引き抜け

▶未臨界