

# 原子力発電のしくみと 電力系統の特徴

松木純也(福井大学)

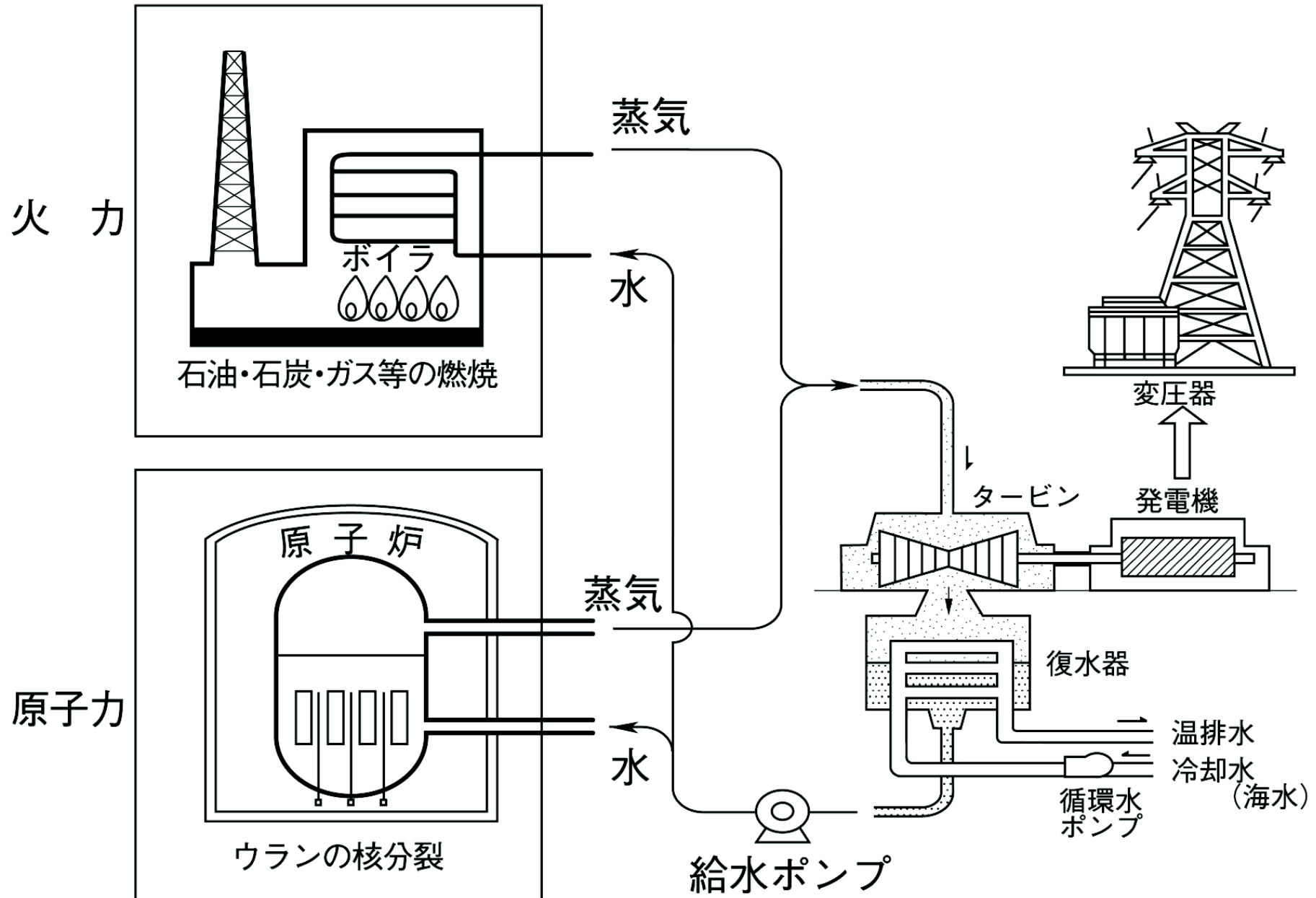
第8回縮小社会研究会

2011.4.3

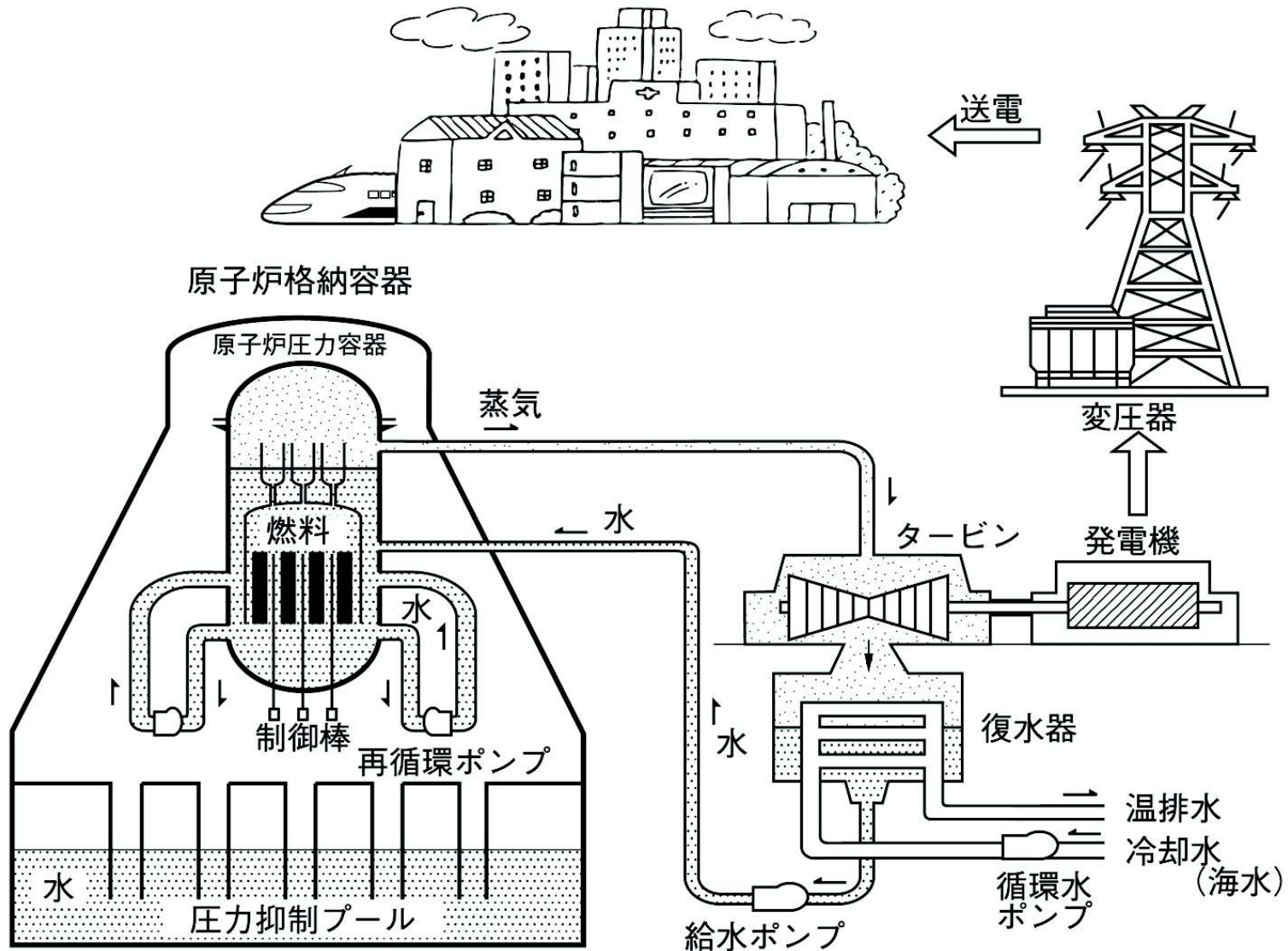
## 出典

- スライド2,3,4,7,8,9,10,11,13は電気事業連合会「原子力・エネルギー」図面集2007年版
- スライド5,6,12,14,15,17,20は各新聞記事

# 火力発電と原子力発電の違い

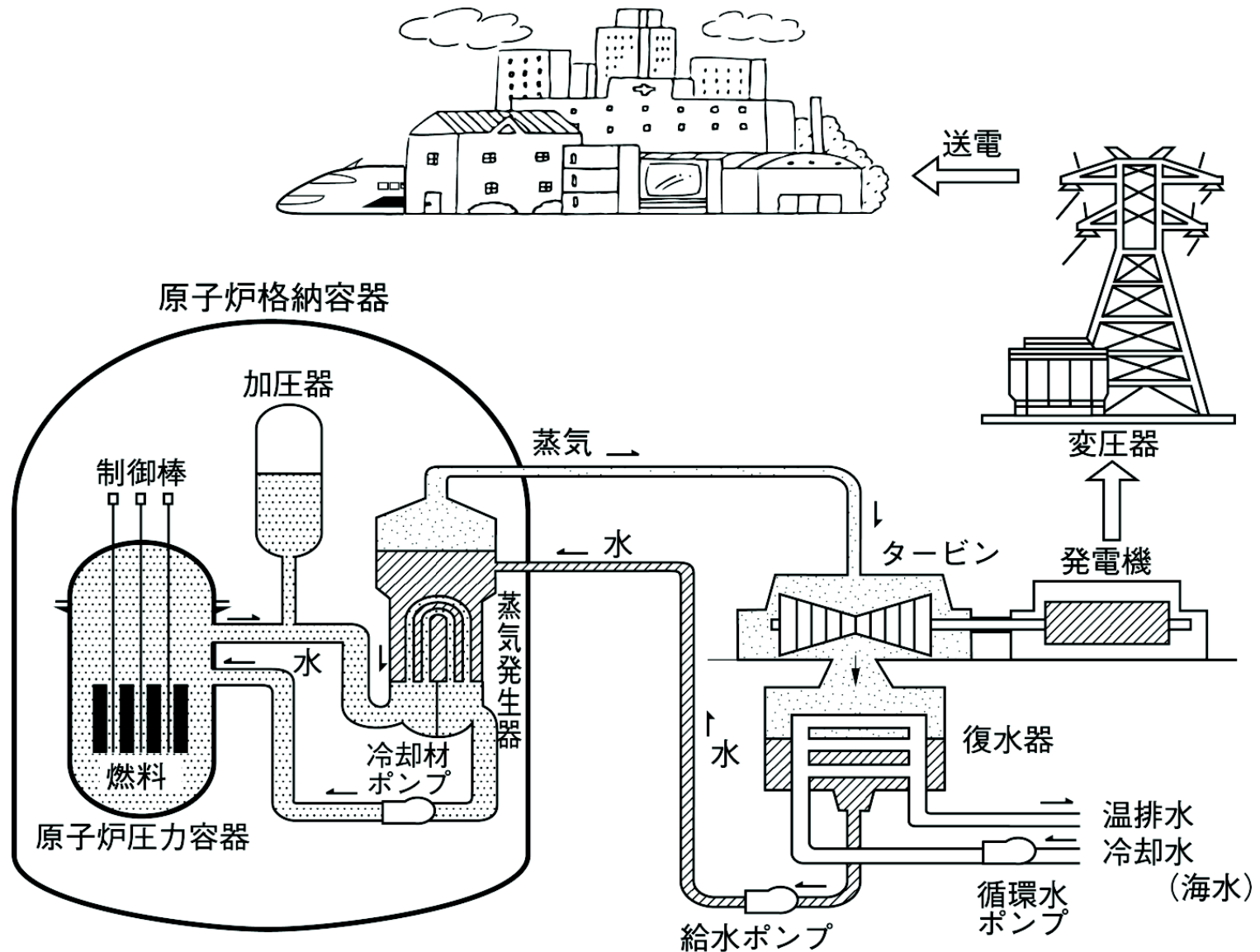


# 沸騰水型炉(BWR)原子力発電のしくみ

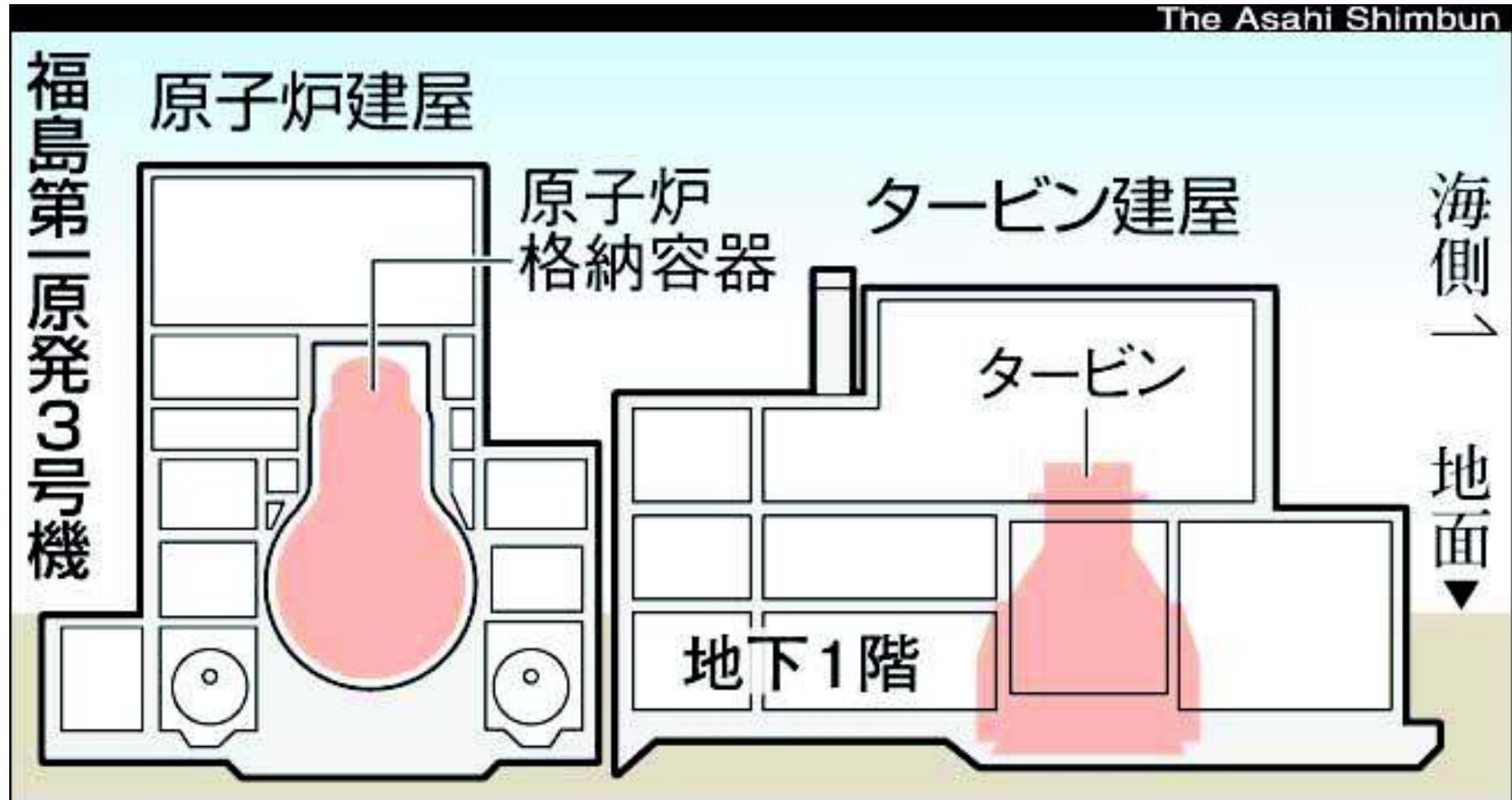


出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

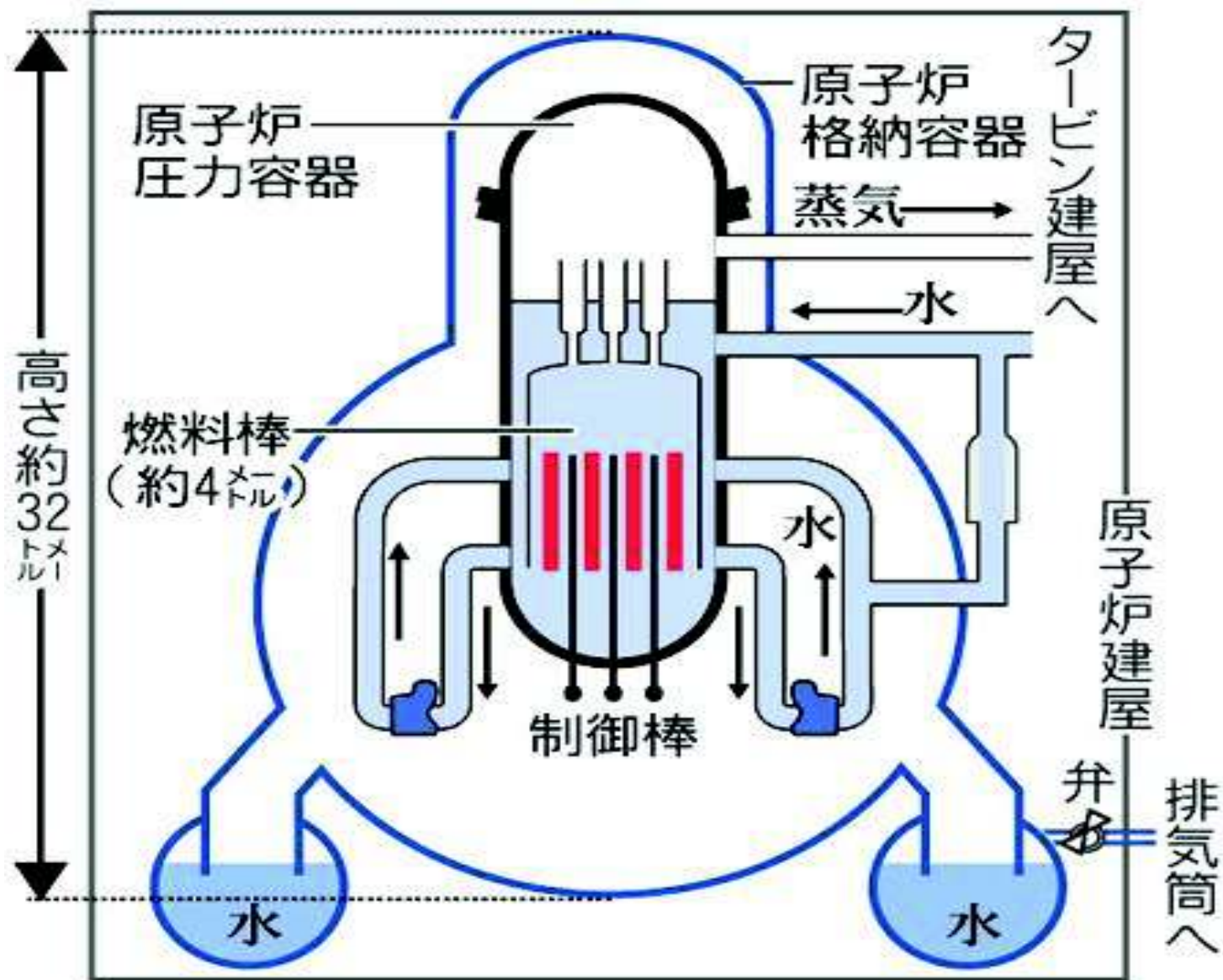
# 加圧水型炉(PWR)原子力発電のしくみ



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

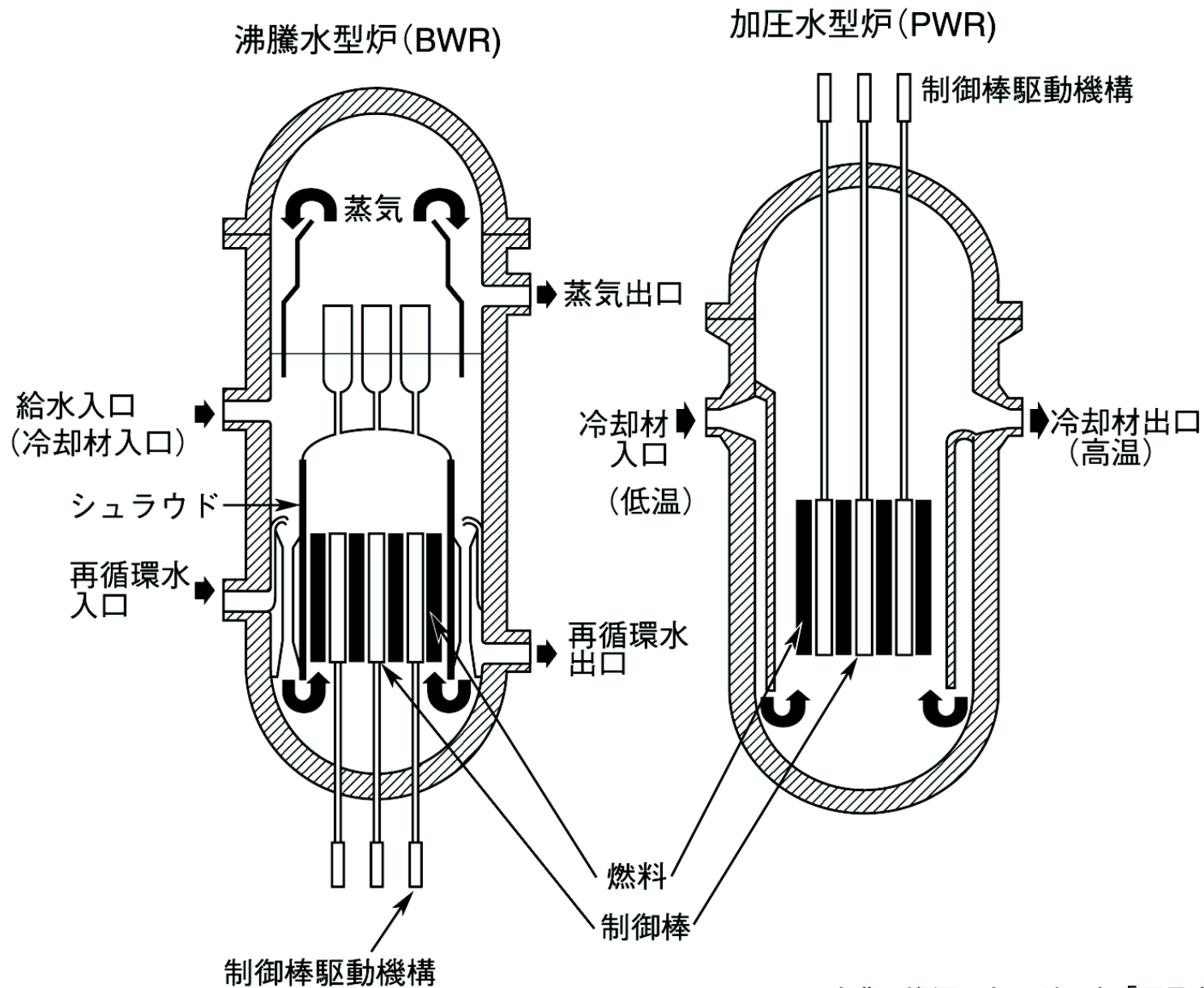






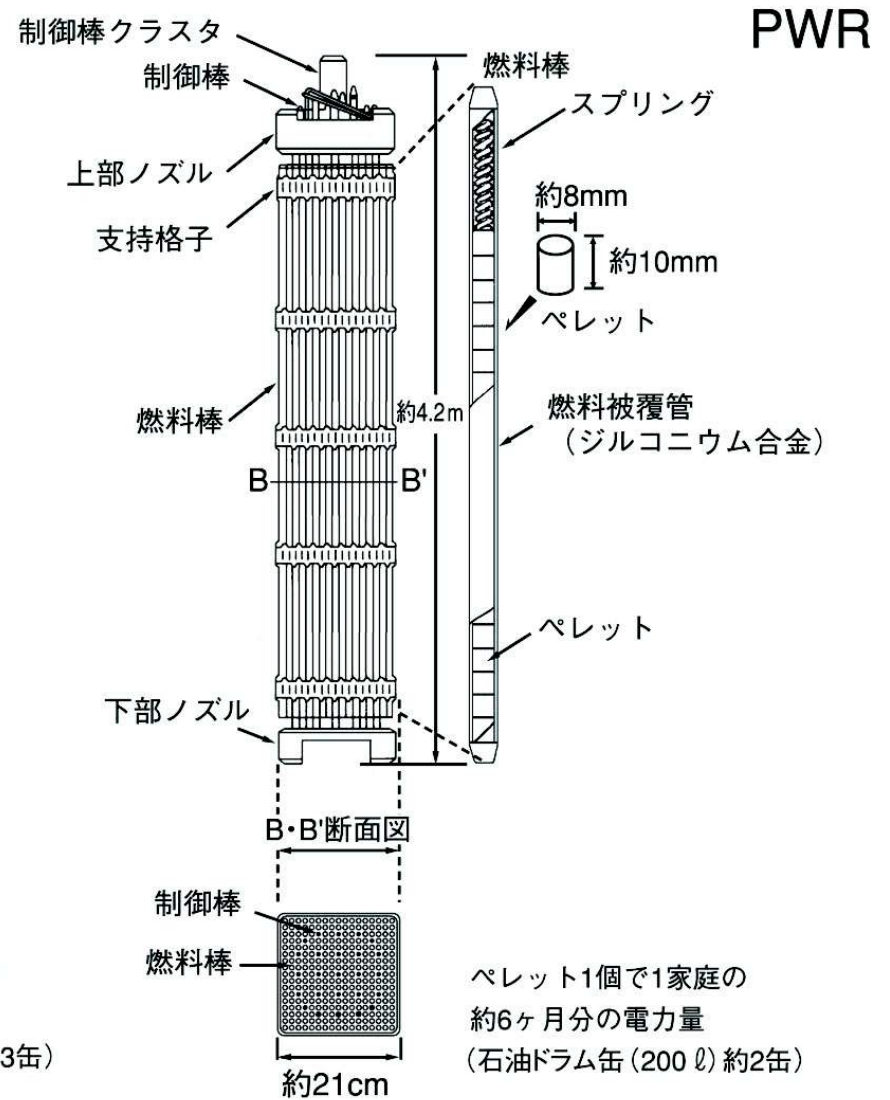
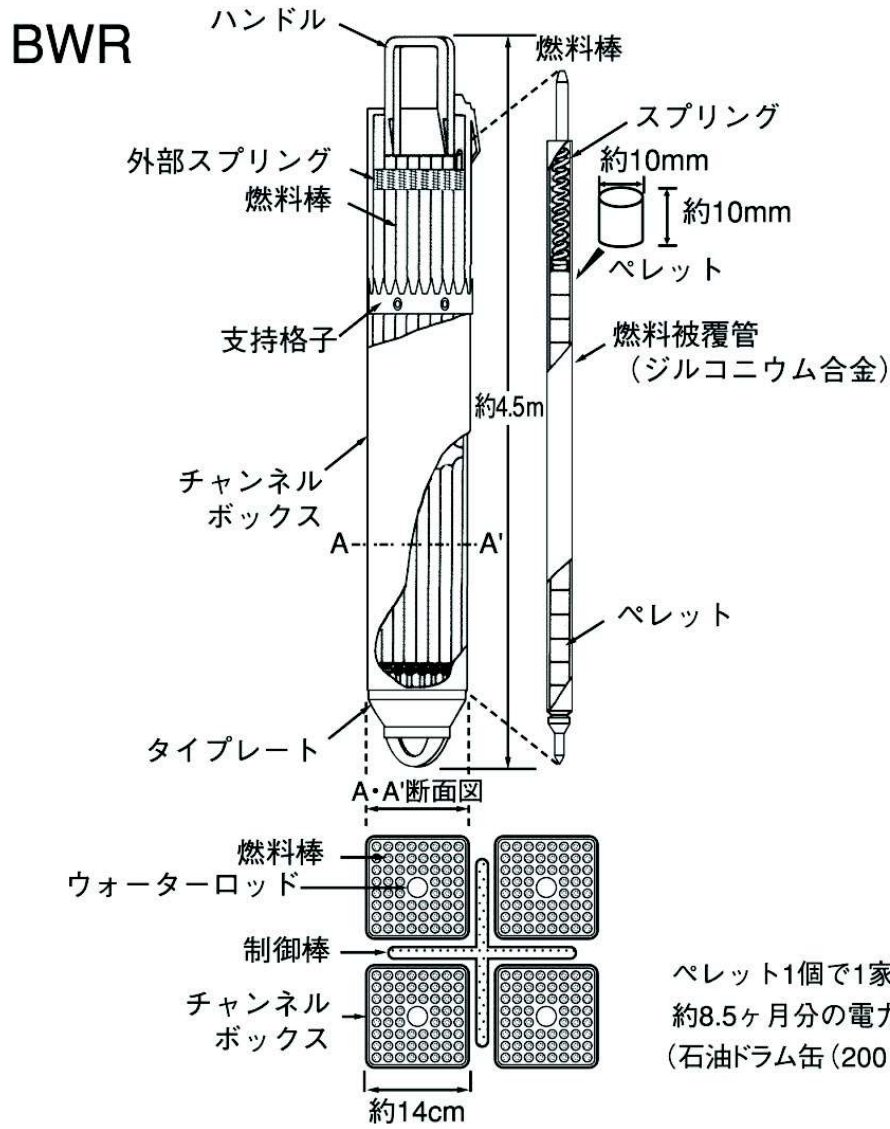
毎日新聞2011.3.13

# 原子炉压力容器断面図



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

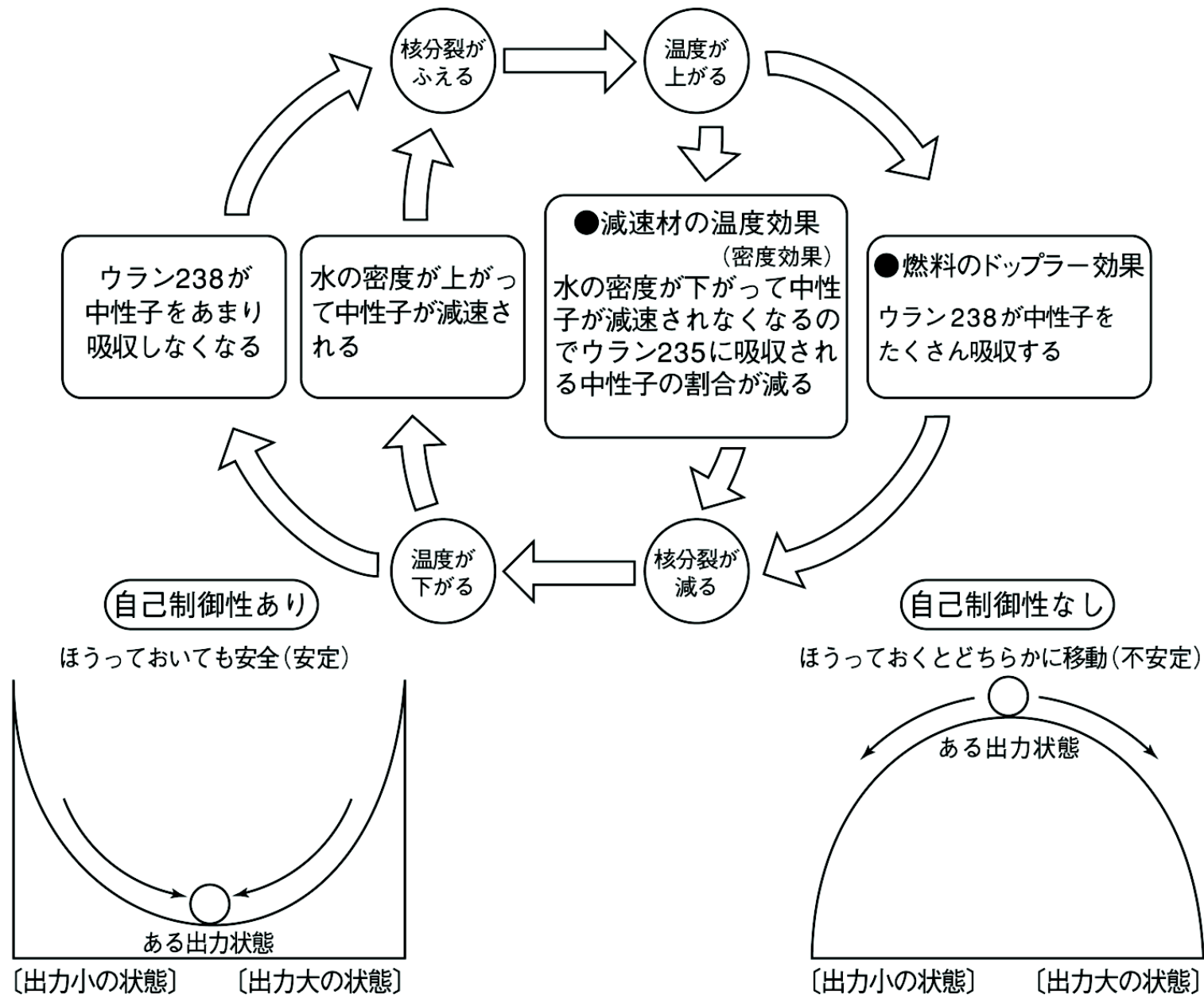
# 燃料集合体の構造



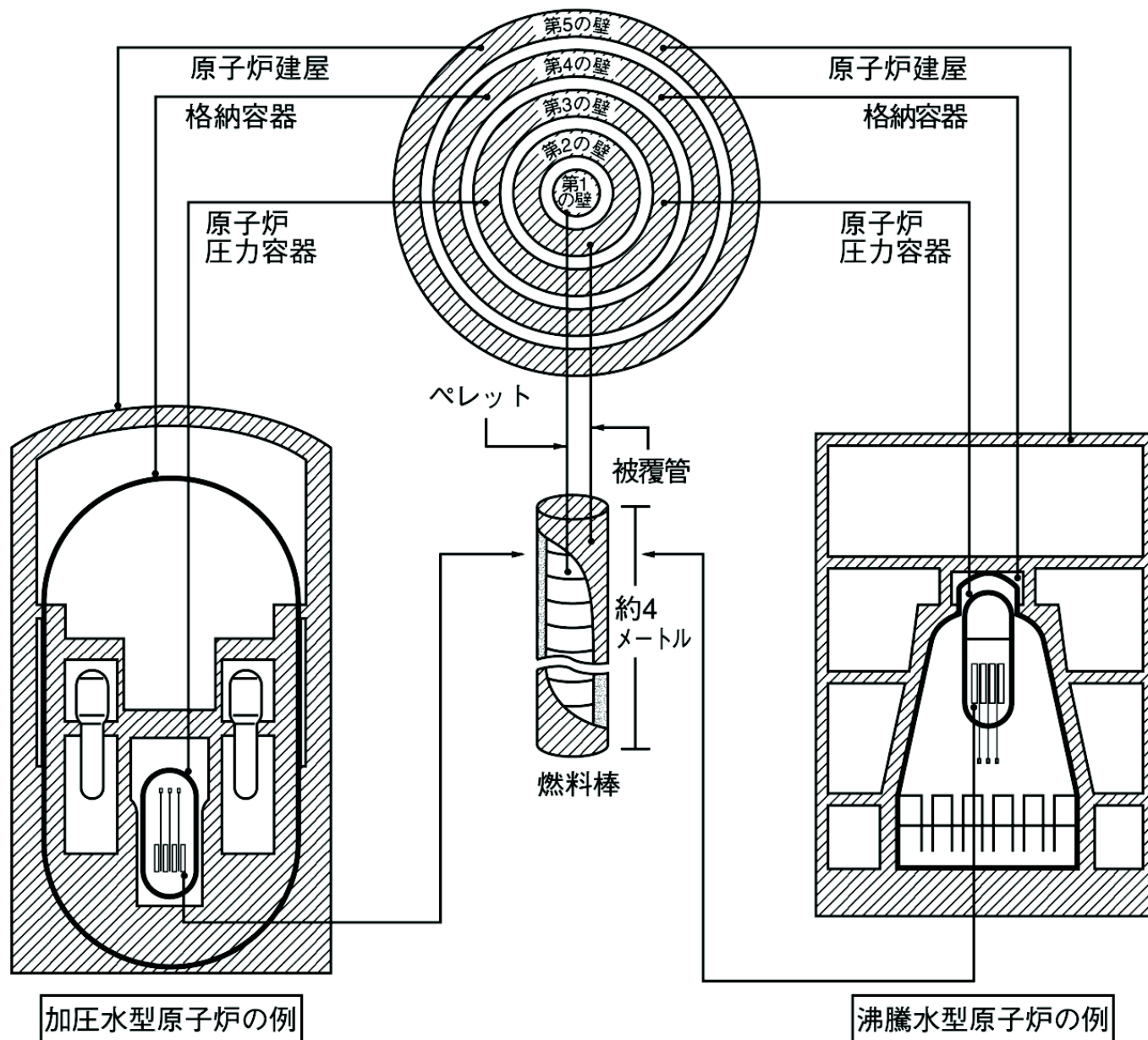
出典：資源エネルギー庁「原子力2005」他



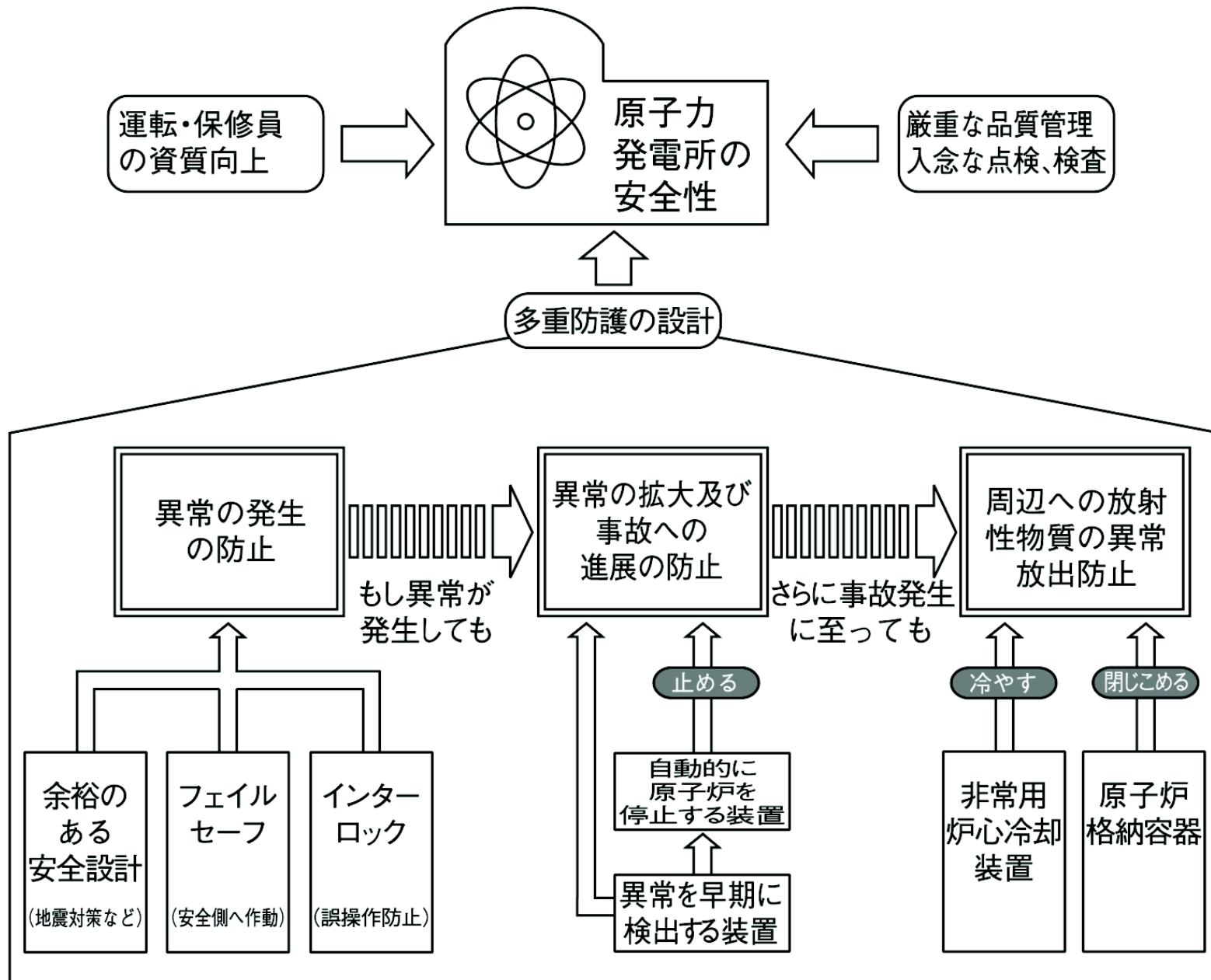
# 原子炉の固有の安全性(自己制御性)



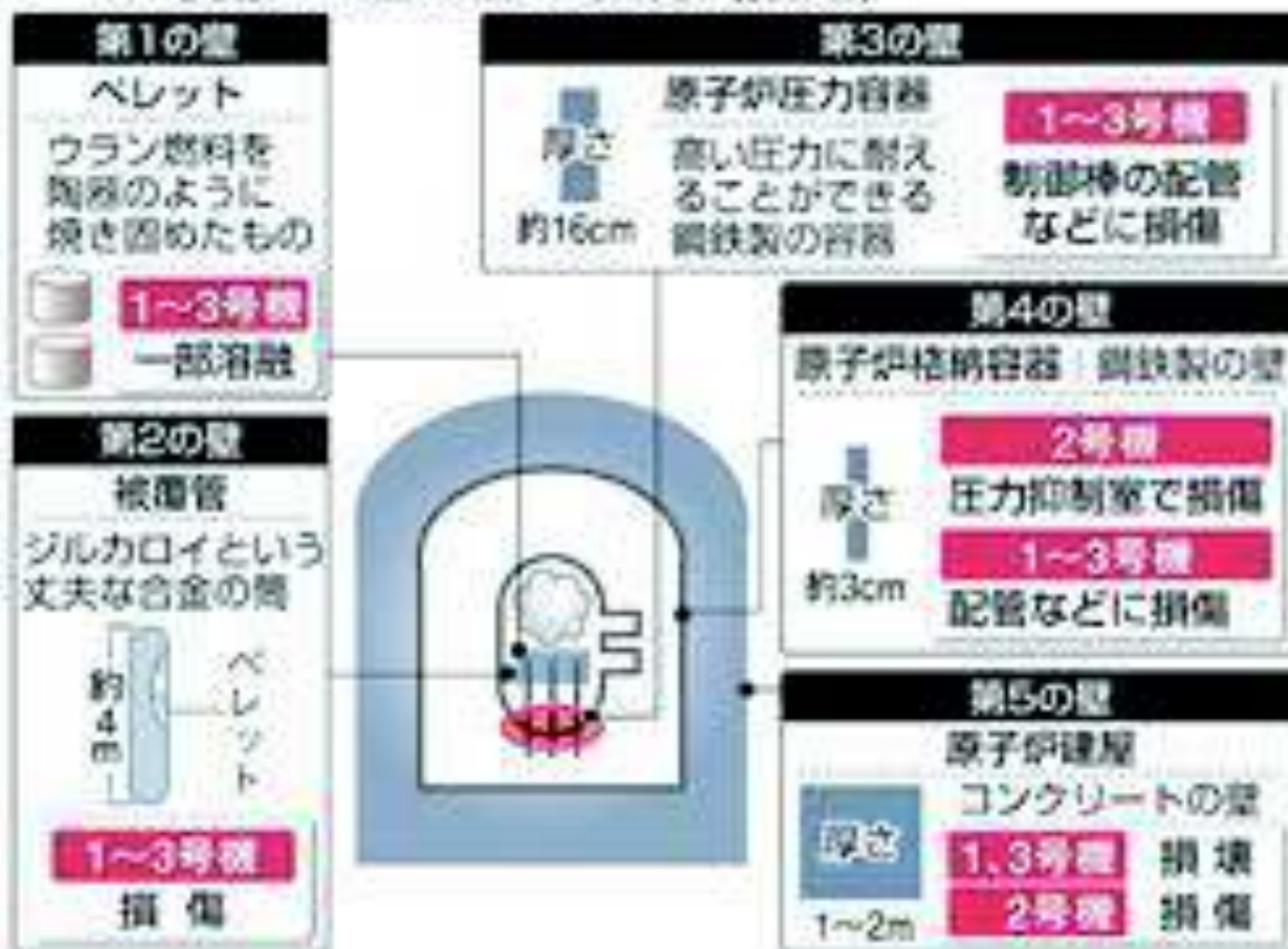
# 放射能を閉じ込める5重の壁



# 安全確保のしくみ



# 1～3号機の5重の壁の状況（推定）

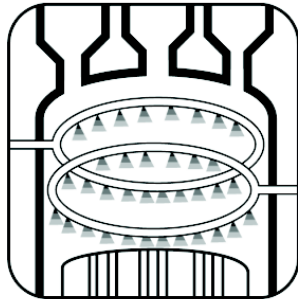


産経新聞2011.4.1

# 非常用炉心冷却装置等の例(BWR)

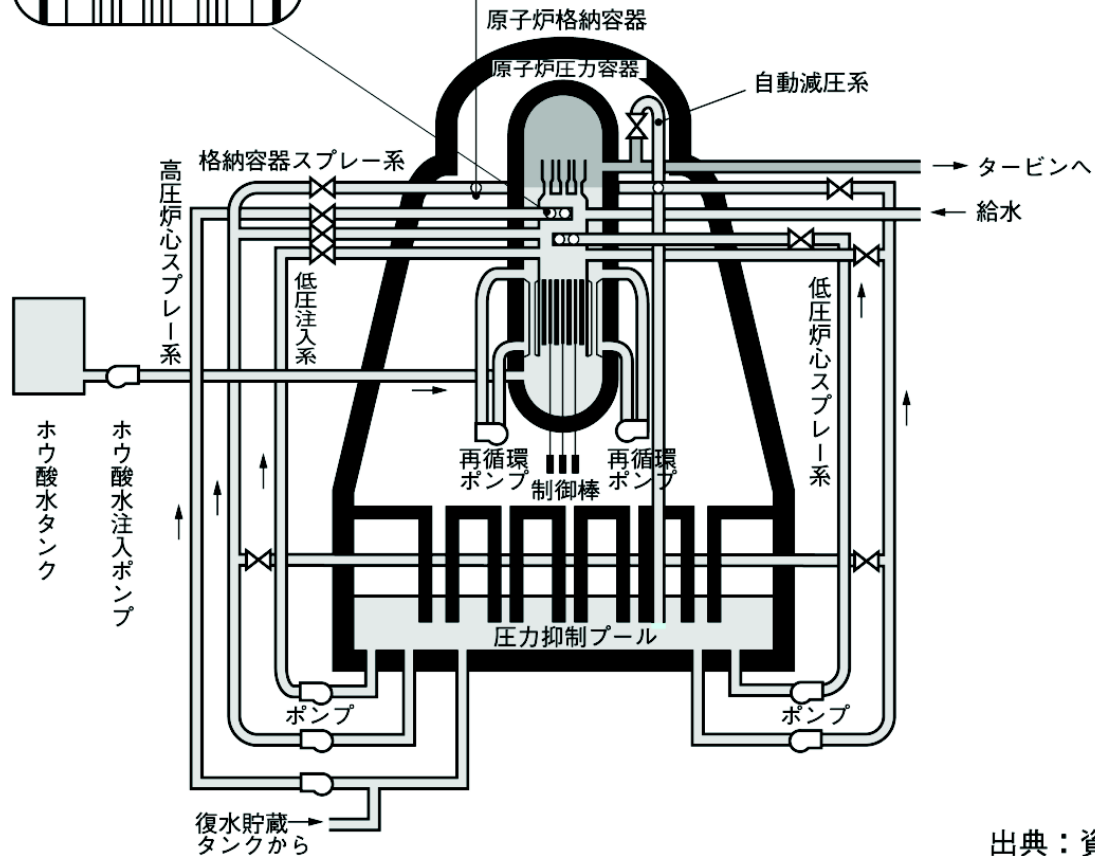
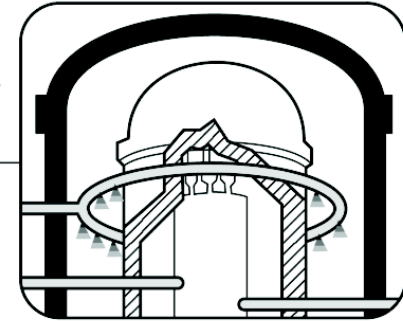
## 非常用炉心冷却装置

ドーナツ型の穴のあいた水管があって炉心の水が減ると、自動的にスプレーのように放水され燃料を冷やします。これが炉心スプレー系の冷却装置です。



## 格納容器スプレー装置

格納容器の内壁に取り付けられたドーナツ型の水管からも、水がシャワーのように流れて格納容器の内部を冷やします。これが格納容器スプレーです。

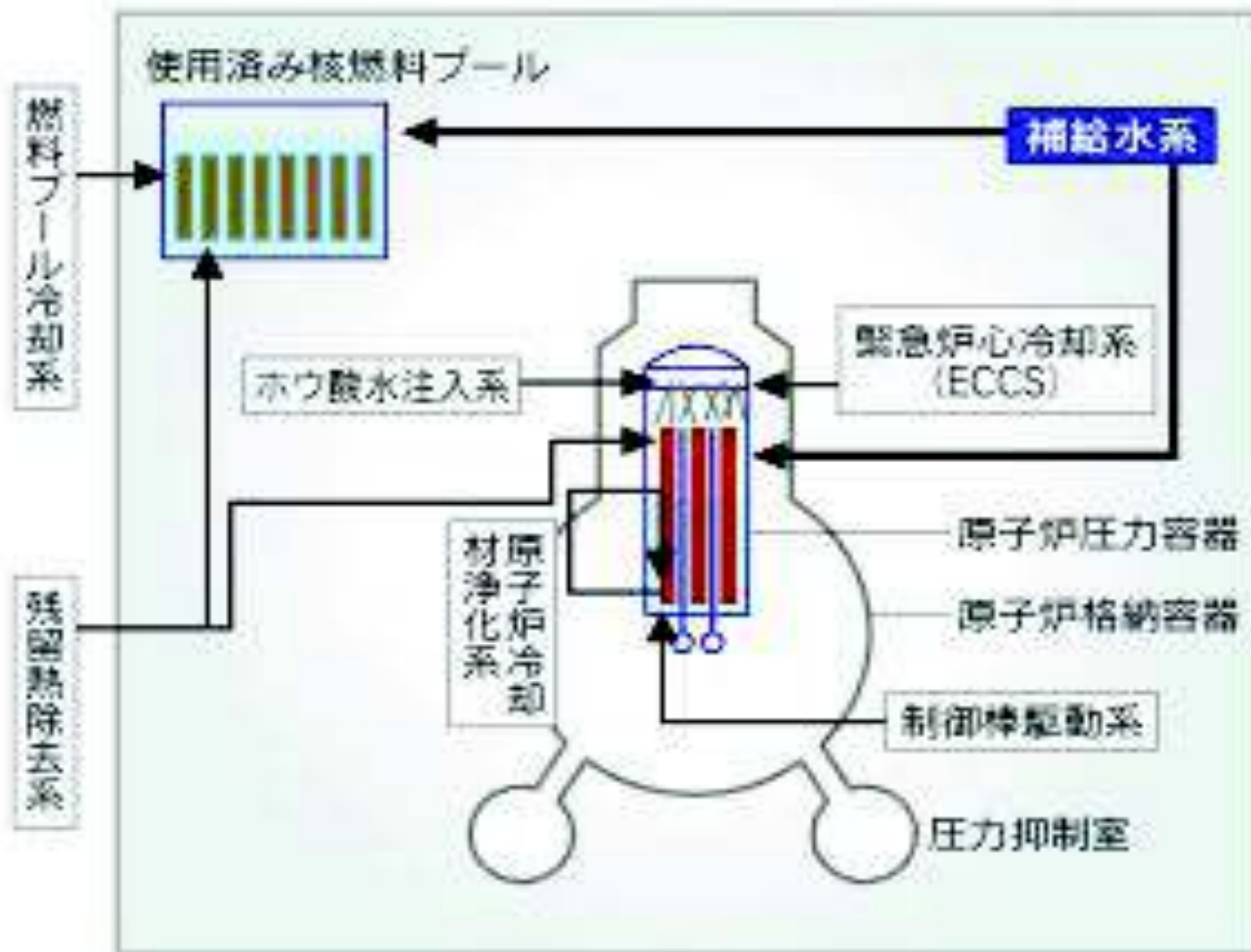


出典：資源エネルギー庁「原子力2005」



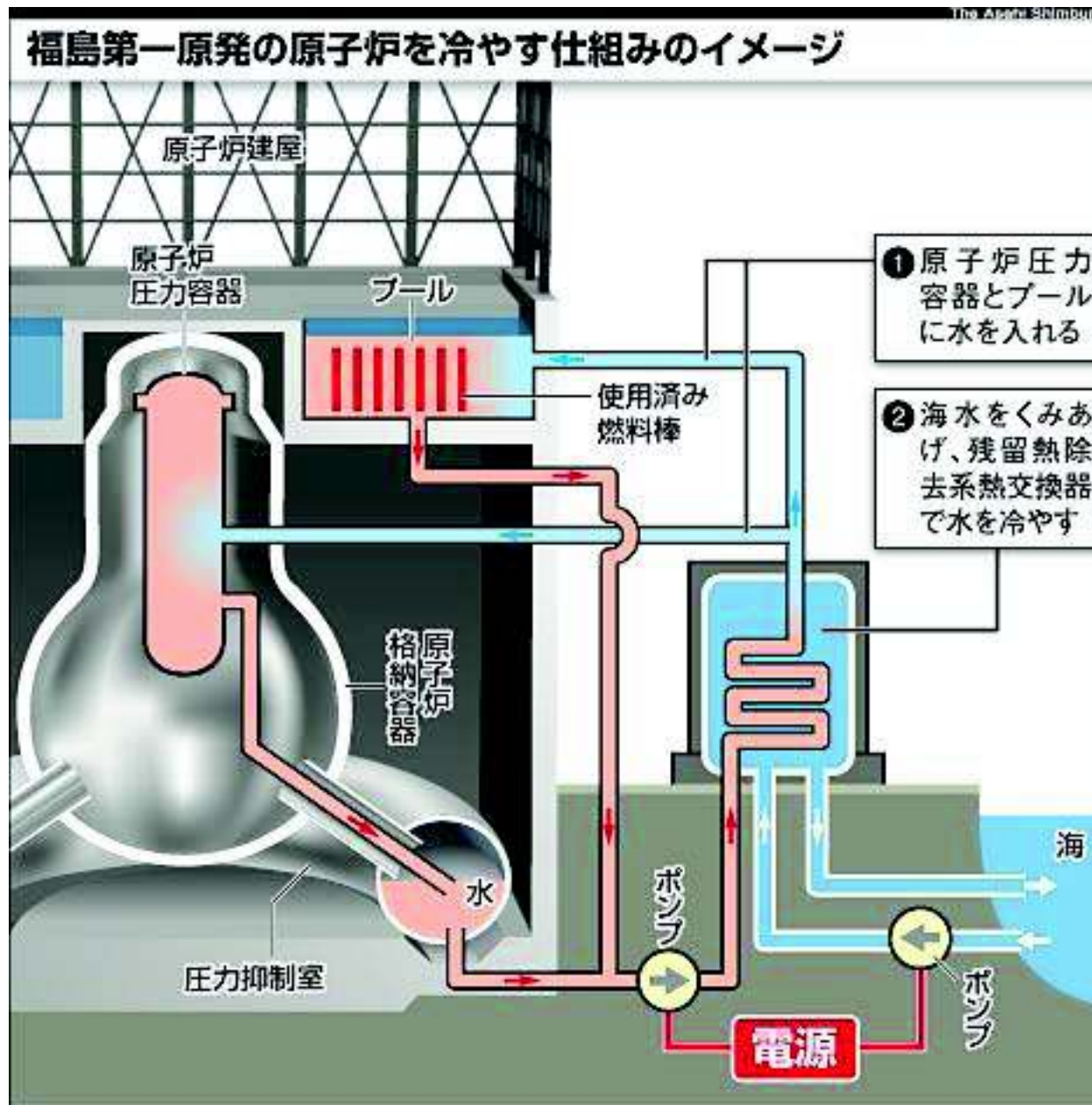
# 使用済み核燃料プールと炉心を冷やす仕組みのイメージ

原子炉建屋



日経2011.3.24

〈事故の最新情報〉原子炉を冷やす仕組みのイメージ＝2011年3月22日朝日新聞朝刊



# 電力の品質を表わす基準

<電力の安定供給：電力会社の公共的使命>

1. 停電しない

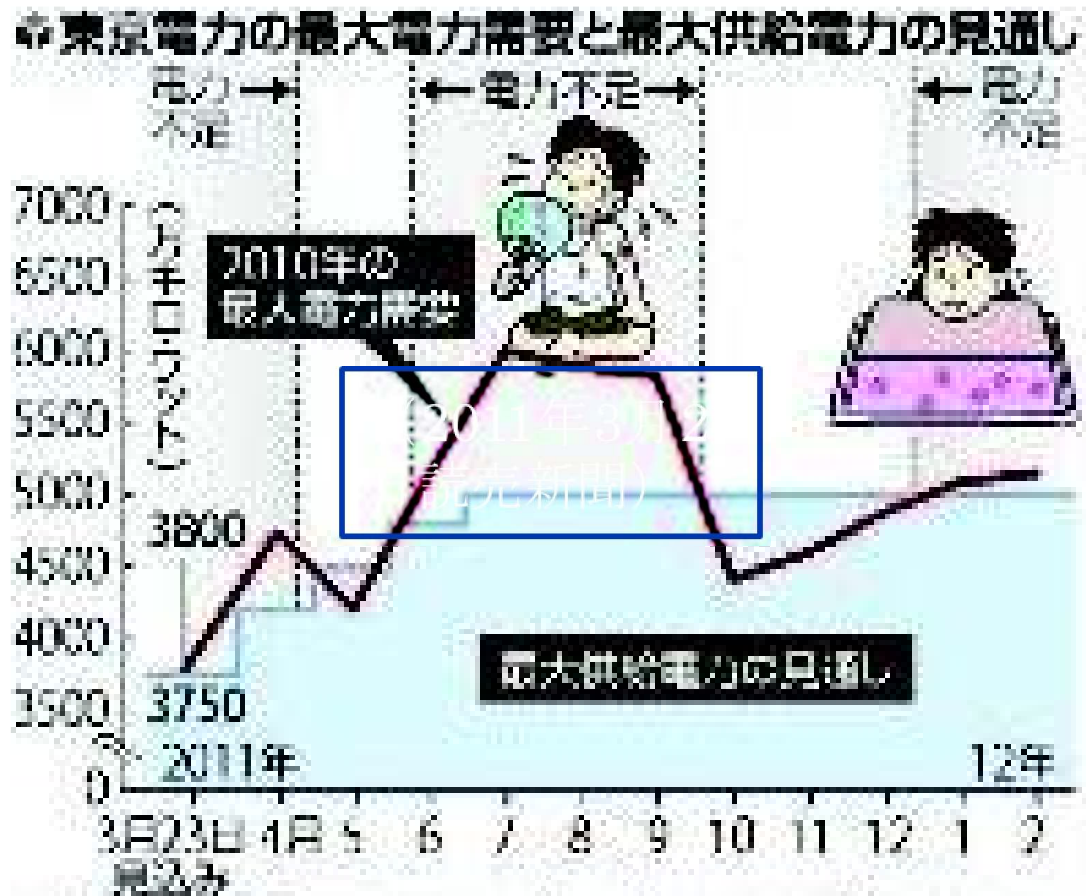
2. 電圧一定

標準電圧100 v では $101 \pm 6$  v 、  
200 v では $202 \pm 20$  v 以内

3. 周波数一定

標準周波数(東日本50Hz、西日本60Hz)に対して $\pm 0.1 \sim 0.2$ Hz  
以内

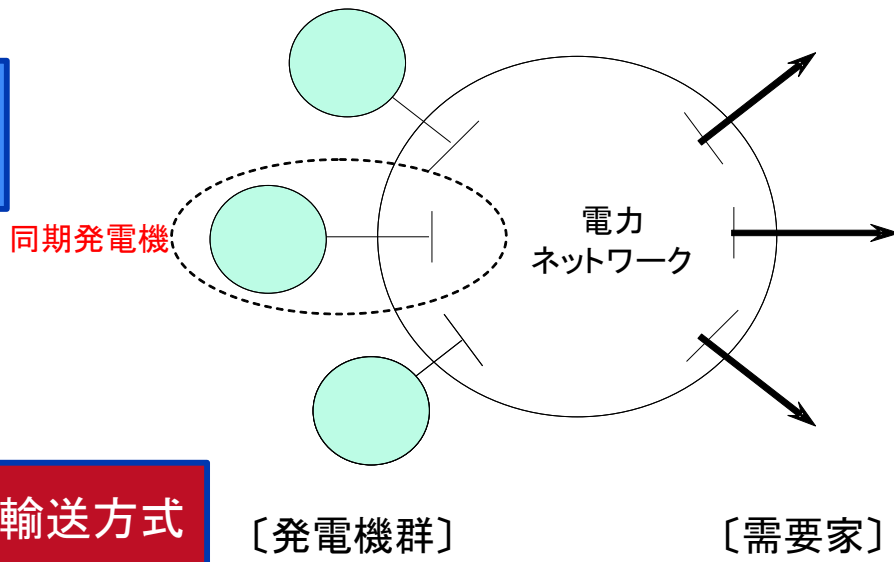
なぜ計画停電しないといけないのか？  
 需要が供給を上回ると何が起こるのか？  
 「計画」停電しなかったら停電するのか？



※3月23日の最大電力需要は計画停電しない場合の推定値。最大供給電力は実績値。4月～2012年2月の最大電力需要は前年同月の実績値をある程度、4月以降の最大供給電力は東電発表に基づく見通し。

読売新聞2011.3.24

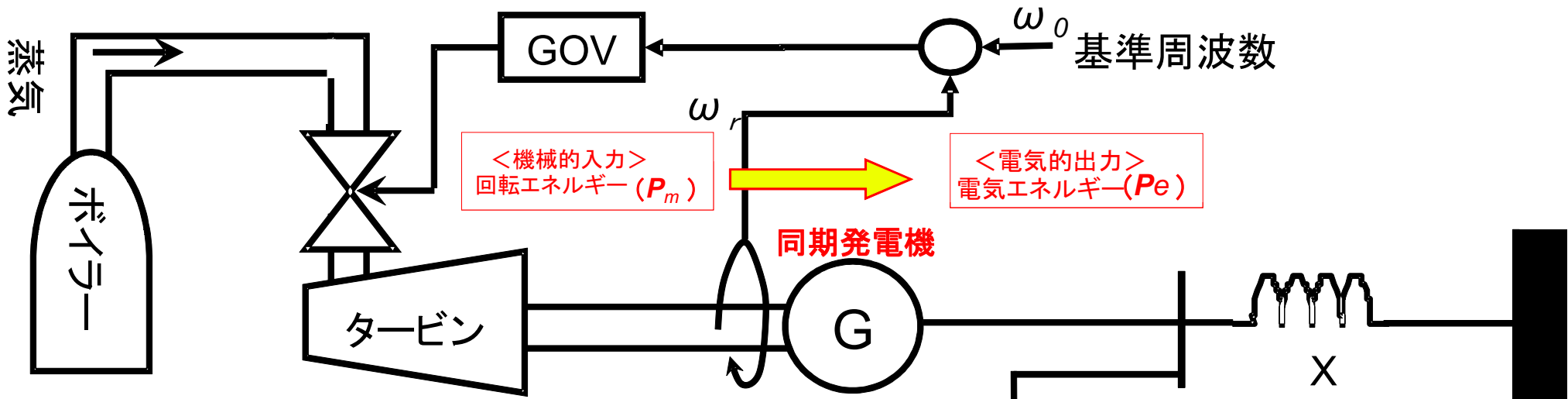
# 電力系統



同期発電機：電力系統に同期並列された状態で、機械的入力 ( $P_m$ ) と電気的出力 ( $P_e$ ) がバランスしているときに安定的に電力を供給できる。

安定度限界：同期発電機が同期並列運転を維持できる最大出力 ( $P_M$ ) で表す

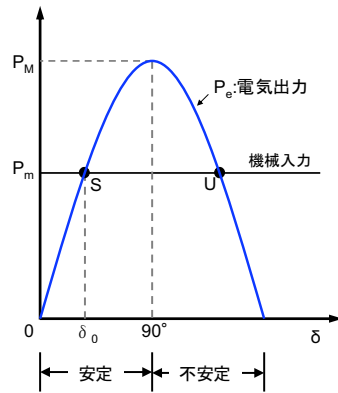
## 定周波数・定電圧輸送方式



$$M \frac{d\omega_r}{dt} = P_m - P_e$$

$$P_e = P_M \sin \delta$$

$P_e$  が上昇すると同期化力が低下



参考文献：関根泰次編「電力輸送工学」オーム社、大澤靖治編「電力システム工学」オーム社



## 電力系統の本質は回転体

全国の1365の発電所にある2515に及ぶ  
大小の同期発電機 (synchronous generator)  
が、日本列島全体に張り巡らされた9万kmを  
超える送電線と120万kmを超える配電線に  
より、互いに緊密に結合されて<同期>運転  
されている。(数字:2001年3月現在)

- ◎同期(synchronism): 同期発電機の(回転子の)(機械的)回転速度が、電力系統の(電氣的)周波数(50Hzあるいは60Hz)と一定の比例関係にある状態をいう。
- ◎脱調(loss of synchronism): 同期外れ。安定度限界を超えて同期発電機が系統との同期を失うこと。

## 東西日本で異なる周波数と主な送電網



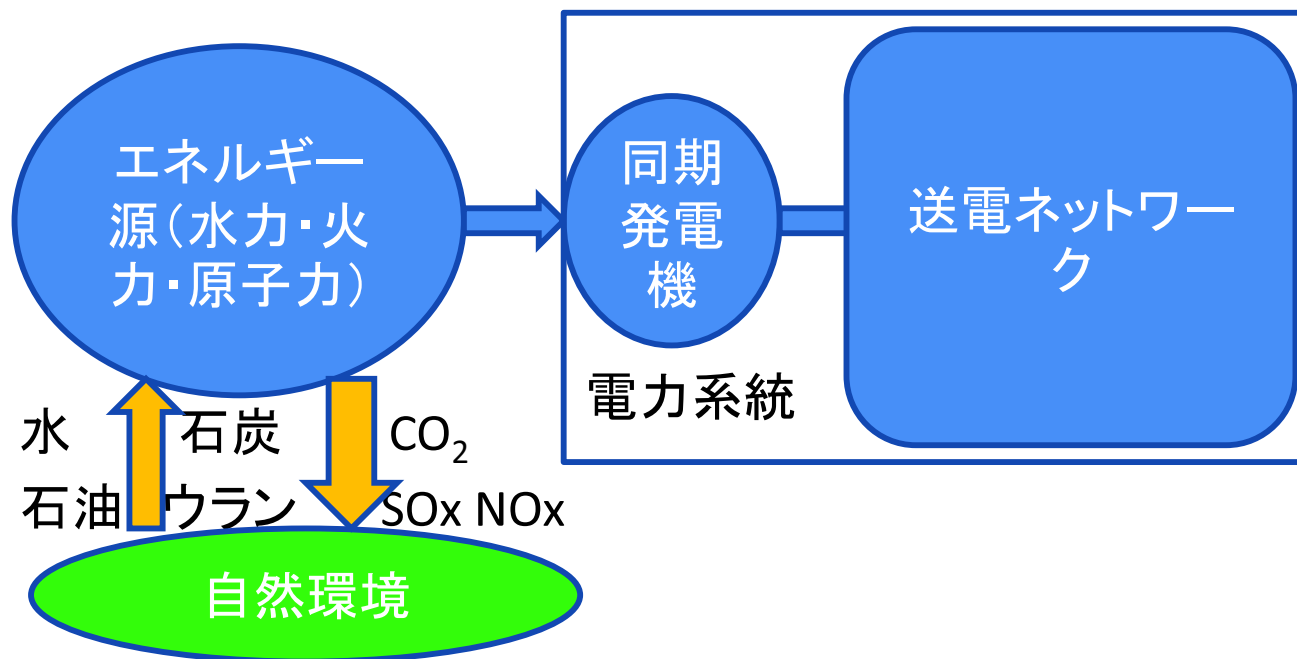
(注) 一部に混在地域

日経新聞2011.3.24より

# 電力の需要と供給

## 供給側

- 電力の安定供給が社会的使命
- エネルギー源の安定的確保必要(エネルギー・セキュリティ:石油は中東情勢に依存し不安定、ウランは比較的安定⇒原子力依存)



## 需要側

### 現代社会

- 安全・健康・福祉
- 快適追求社会