

# 火力発電(1/2)

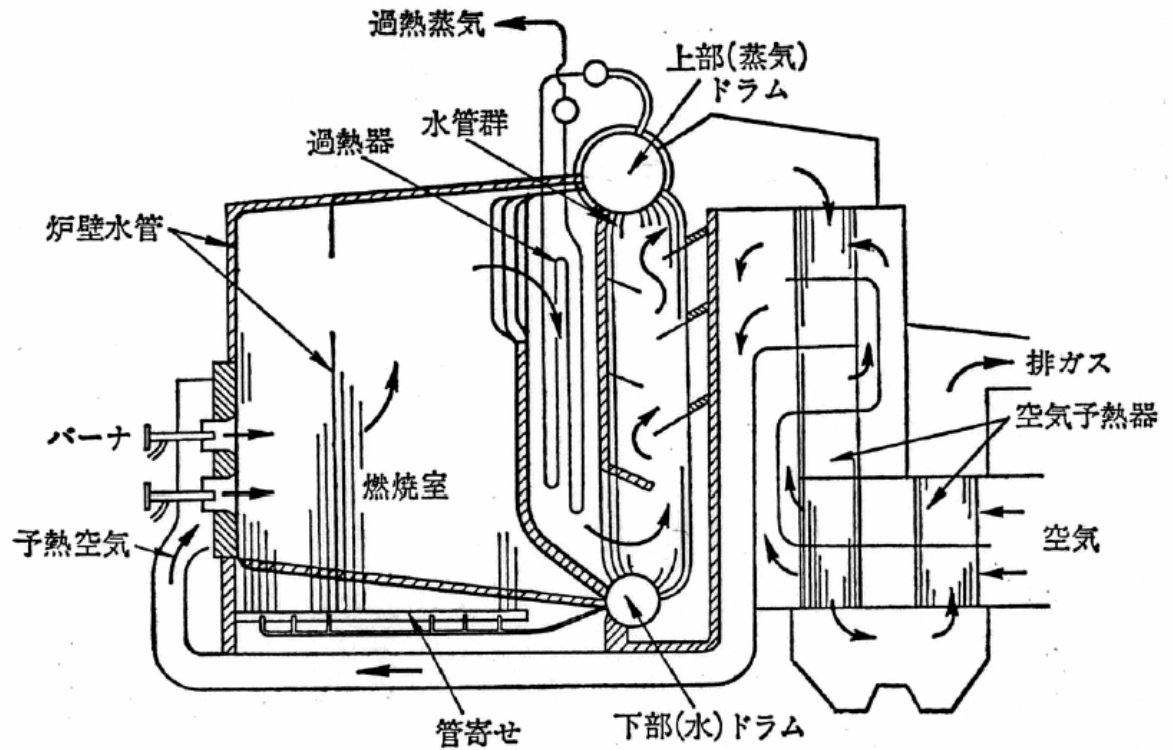
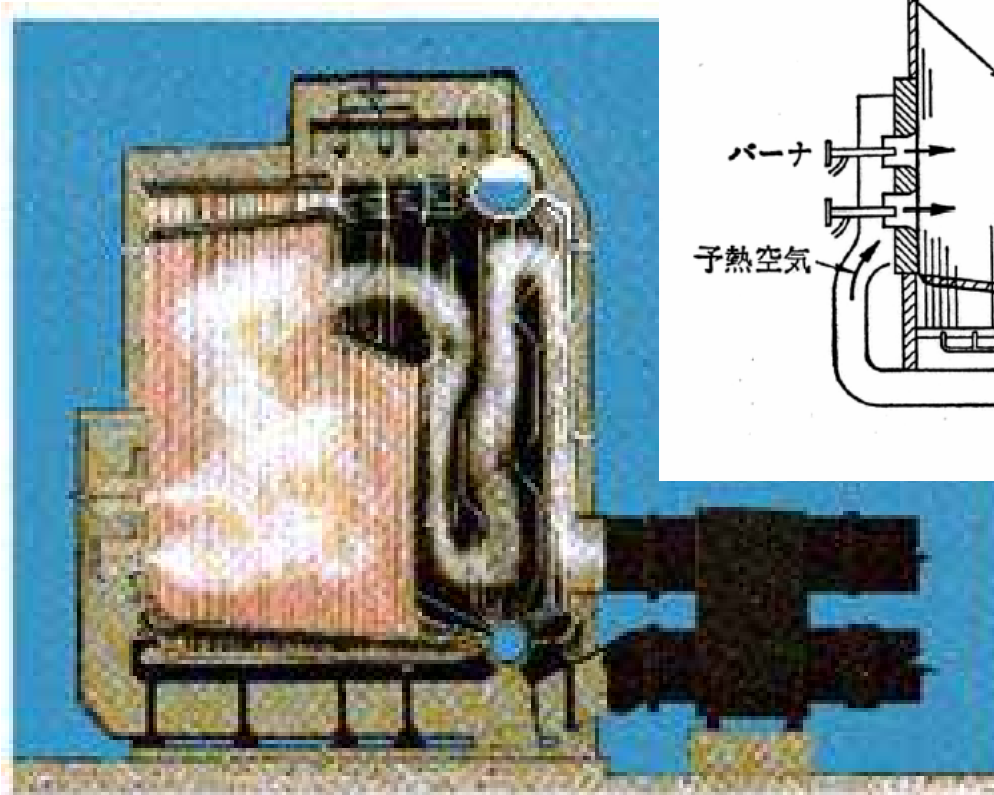


- 石炭や石油を燃焼させ、その熱で水を高温・高圧条件下で沸騰させ、発生した蒸気をタービンに供給し、回転エネルギーにする。
- タービンの回転軸は、発電機と直結しているため、発電機を磁場の中で回転させ、電気を発生させる。

# 油焼き自然循環ボイラー



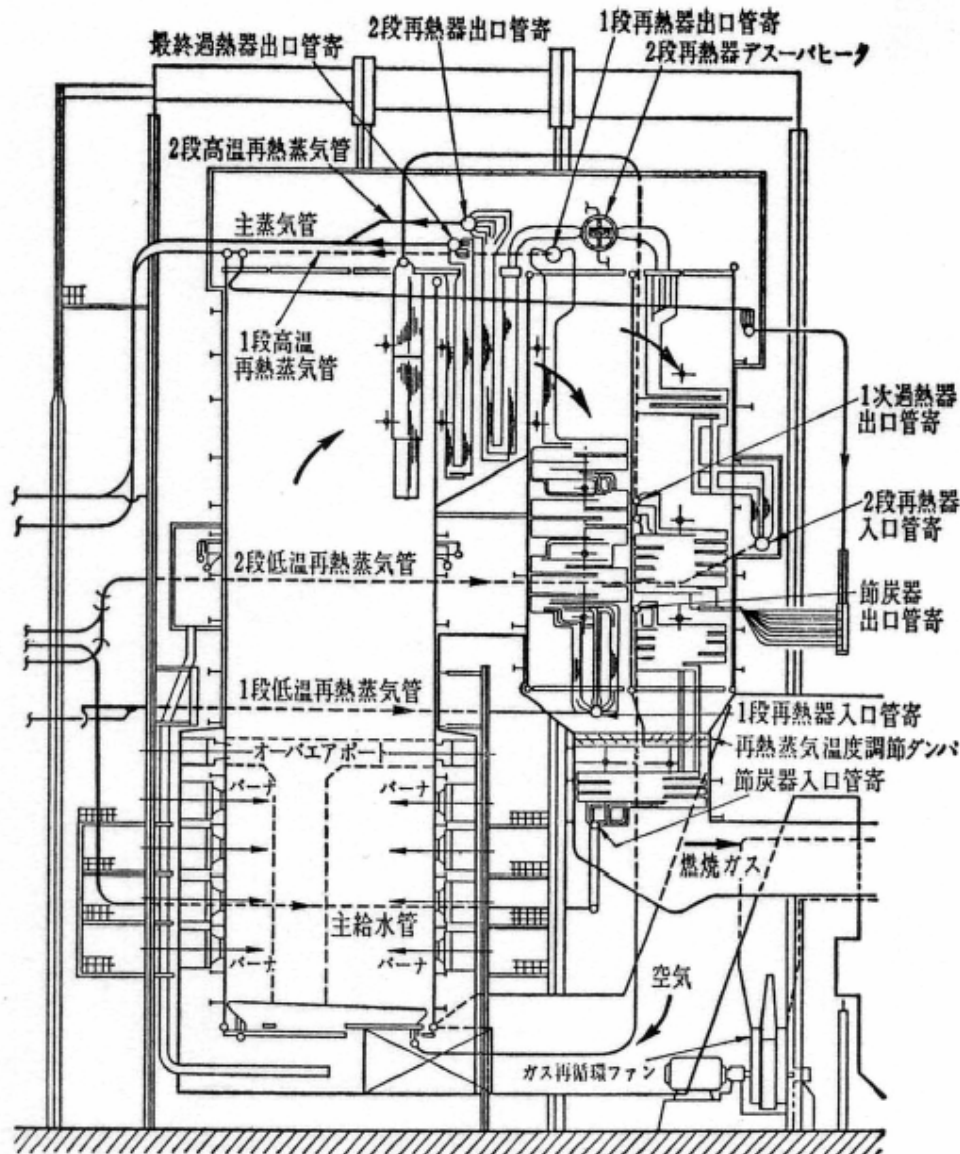
University of Fukui



# 超臨界圧ボイラー



University of Fukui

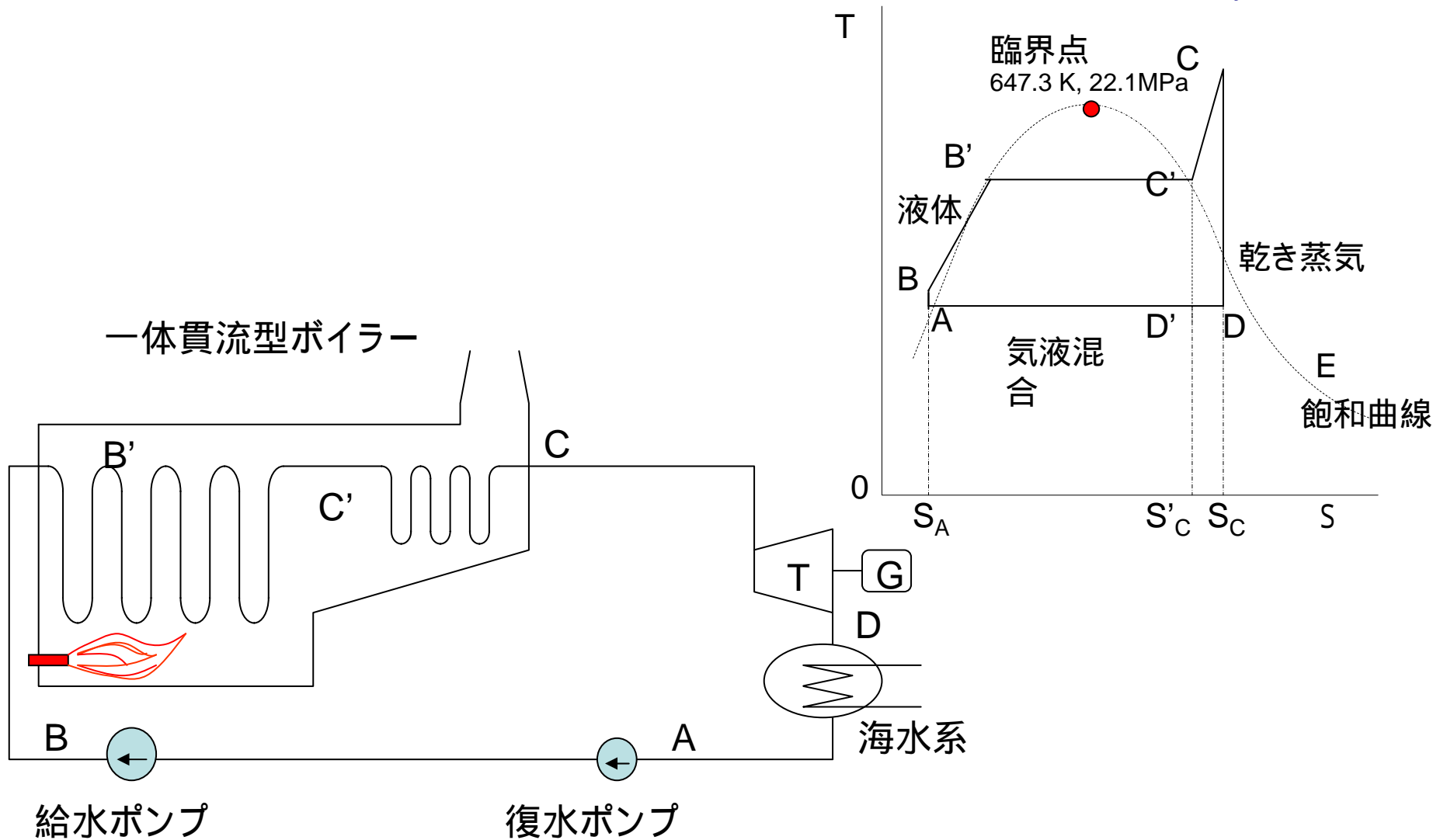


臨界圧力: 22.1MPa  
臨界温度: 647.3 K

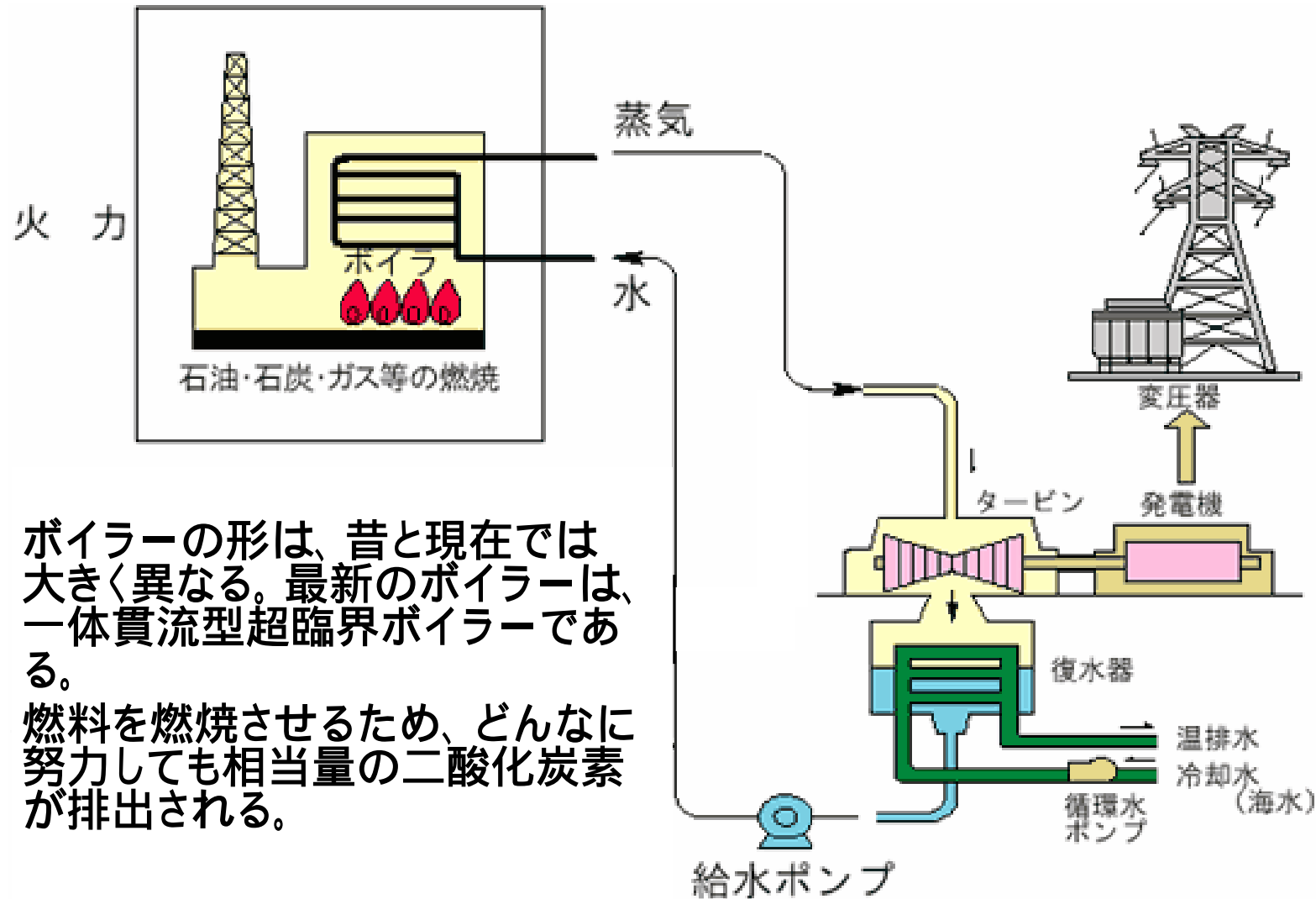
# 火力発電の熱サイクル



University of Fukui



# 火力発電(2/2)

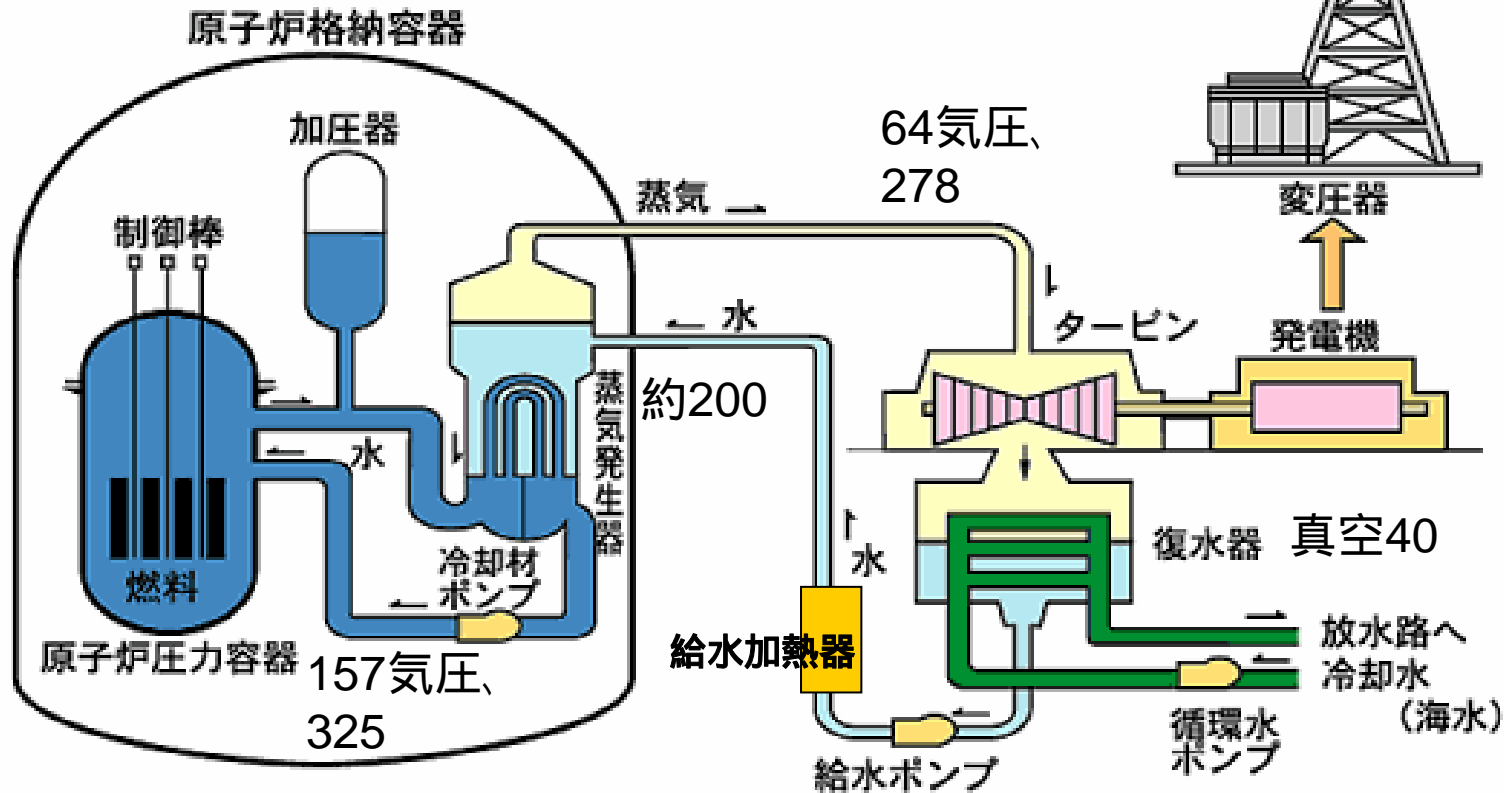


- ボイラーの形は、昔と現在では大きく異なる。最新のボイラーは、一体貫流型超臨界ボイラーである。
- 燃料を燃焼させるため、どんなに努力しても相当量の二酸化炭素が排出される。

# 加圧水型発電炉(PWR)



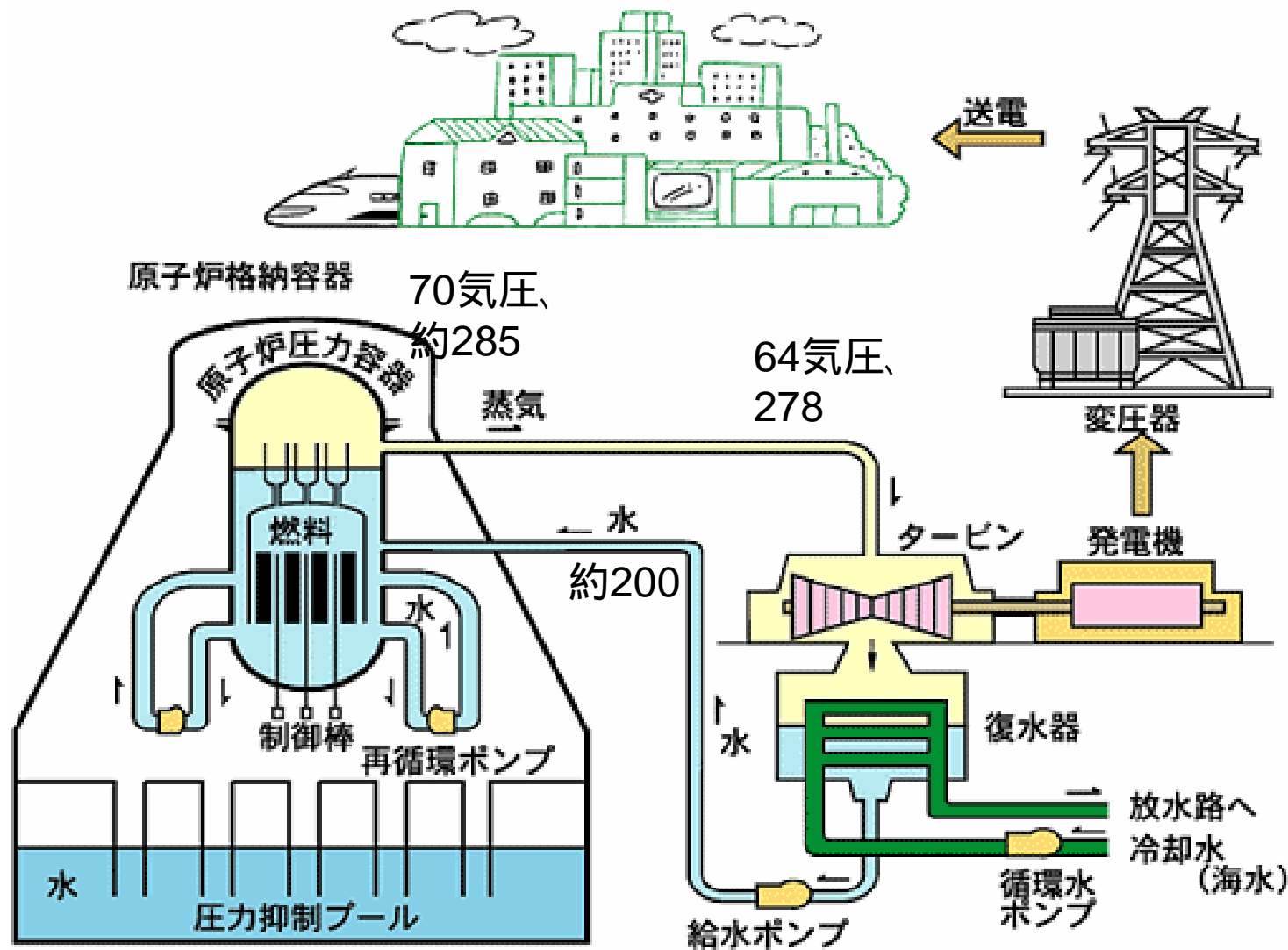
University of Fukui



# 沸騰水型発電炉(BWR)



University of Fukui



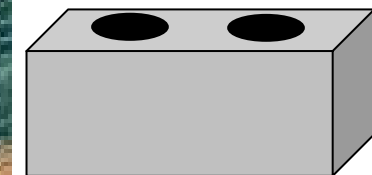
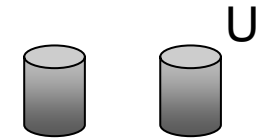
# 世界初の原子炉 シカゴパイル CP-1



University of Fukui



黒鉛減速



黒鉛ブロック

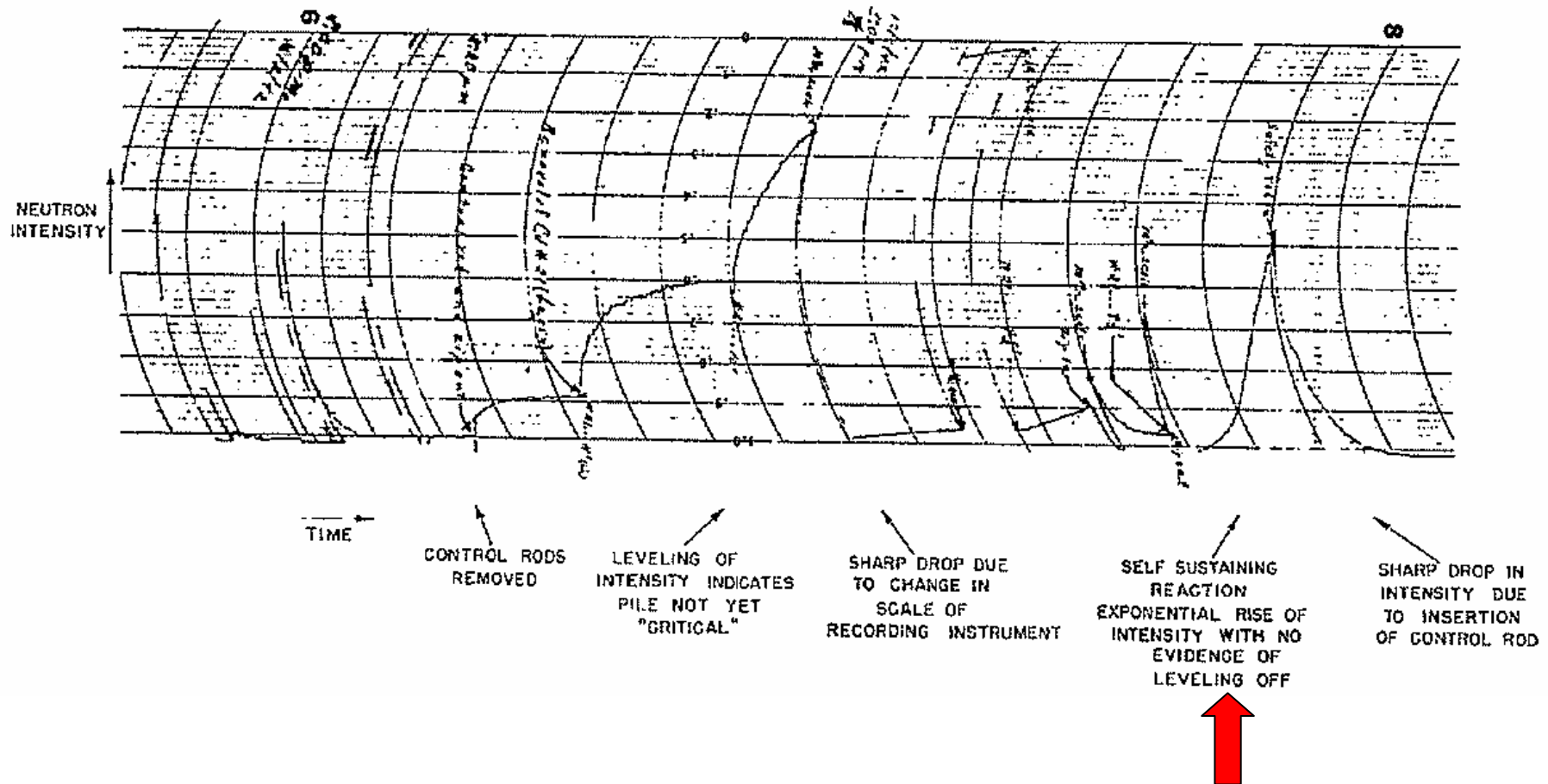
1942年エンリコ・フェルミの指導の下に、シカゴ大学のフットボール競技場の観客席の下に作られた



# CP-1での臨界の確認



University of Fukui



原子炉が臨界状態になったことを確認

# 天然の原子炉



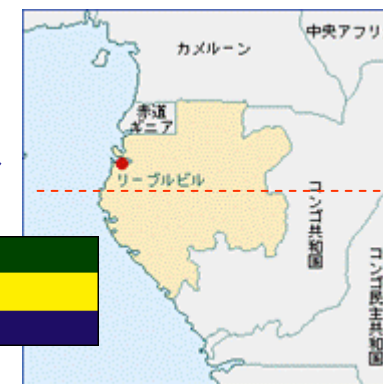
University of Fukui



アフリカ ガボン オクロ鉱山  
天然の原子炉の存在は、1956年  
にアーカンソー州立大学の黒田和  
夫教授によって予言されていたが、  
当時は誰も信じなかった。

約20億年前は、ウランの中の核  
分裂しやすい $^{235}\text{U}$ の割合が、  
3.7%と現在の軽水炉とほぼ同じ  
だった。

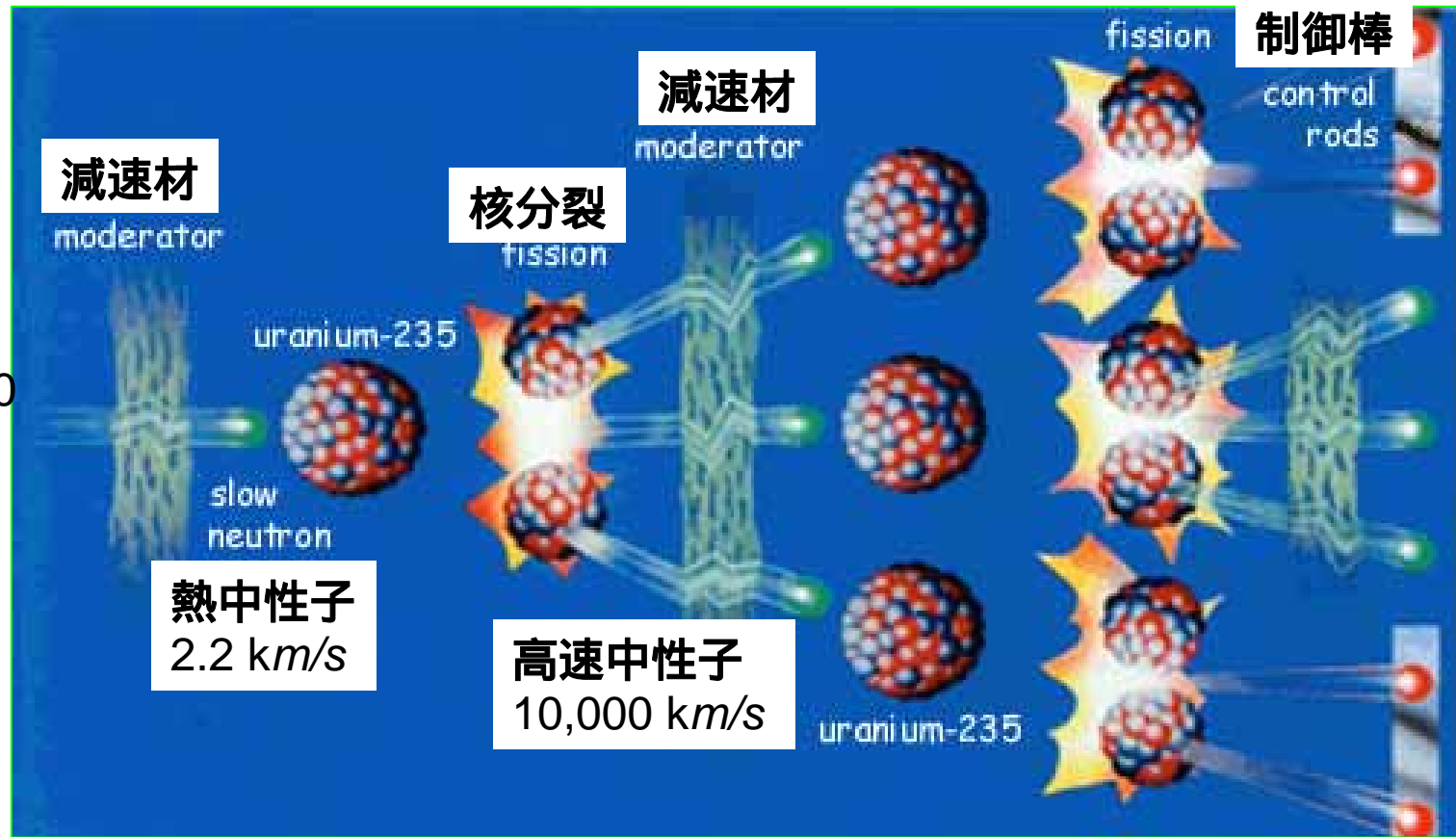
雨水が浸み込み間歇  
的に臨界になった



# 軽水炉や黒鉛炉における核分裂反応

University of Fukui

高速中性子  
10,000 km/s  
光の速度の1/30

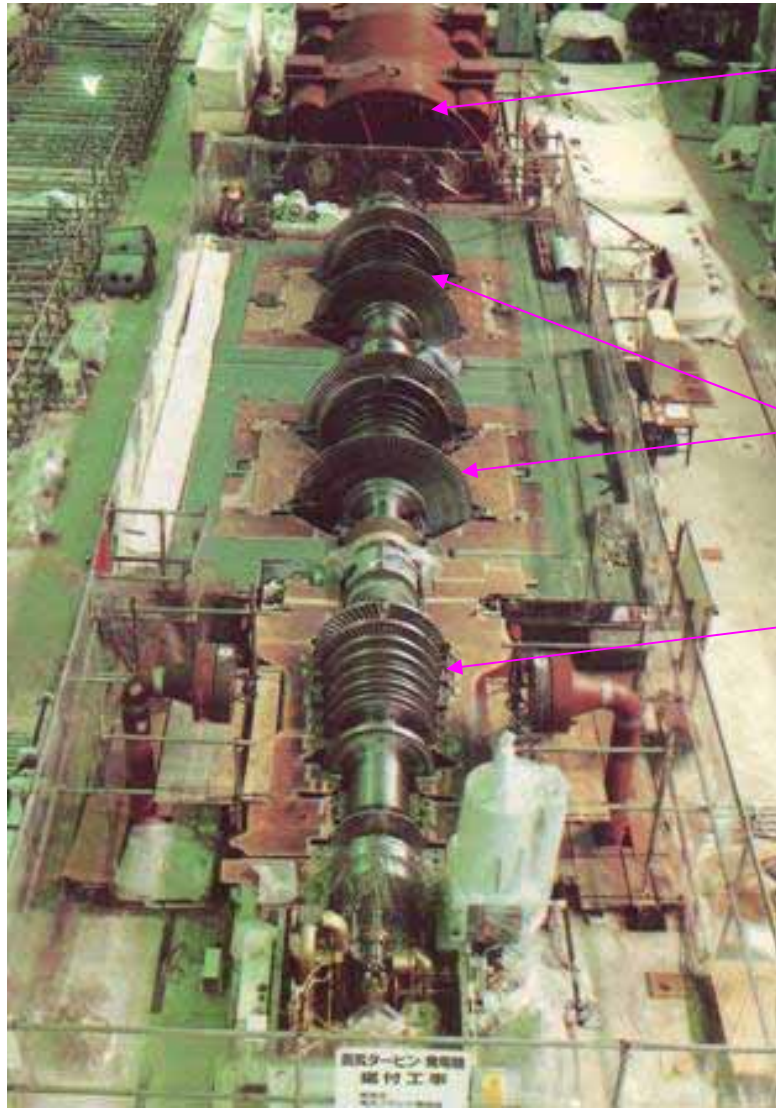


- $^{235}\text{U}$ は遅い中性子に反応し易い性質を持つ
- 中性子の一部は $^{238}\text{U}$ に取り込まれ $^{239}\text{Pu}$ になる

# 発電する



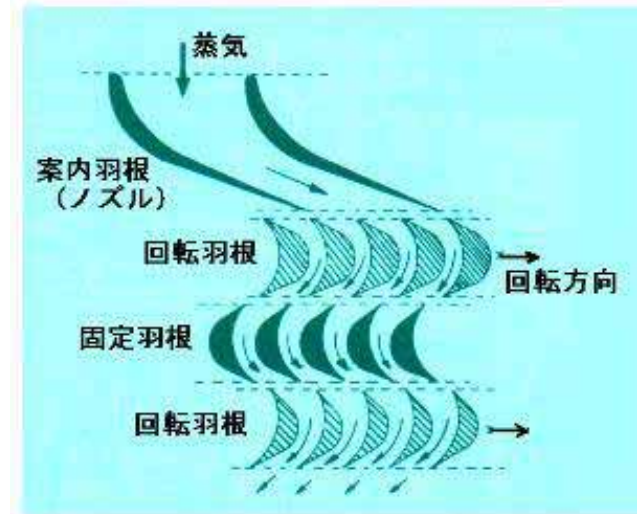
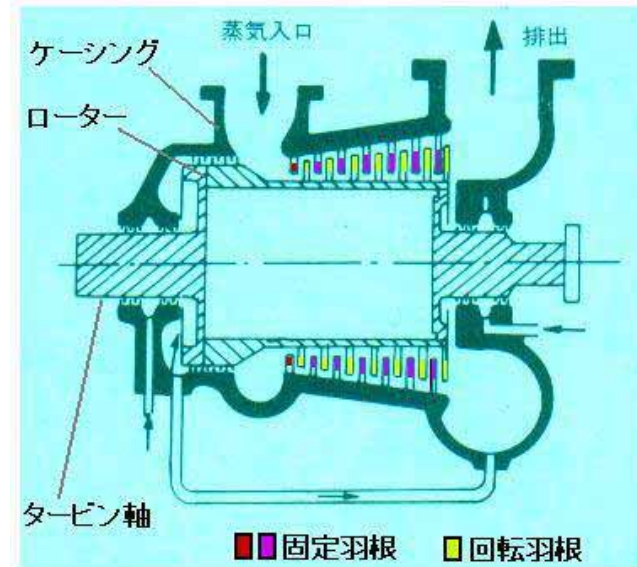
University of Fukui



発電機

低圧タービン

高圧タービン



# なぜ電気が起きるか



University of Fukui

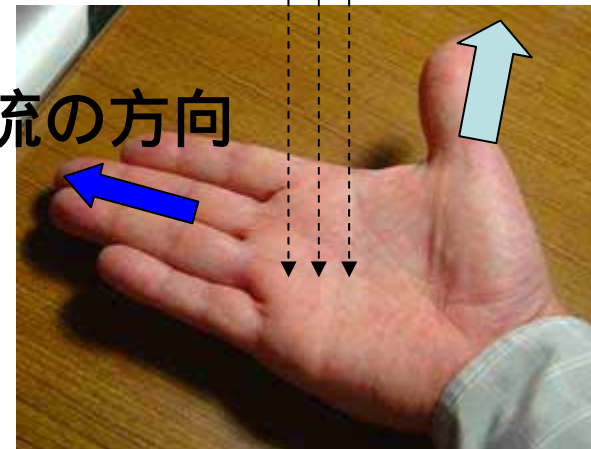
## フレミングの右手の法則

磁力線を雨だれのように受ける

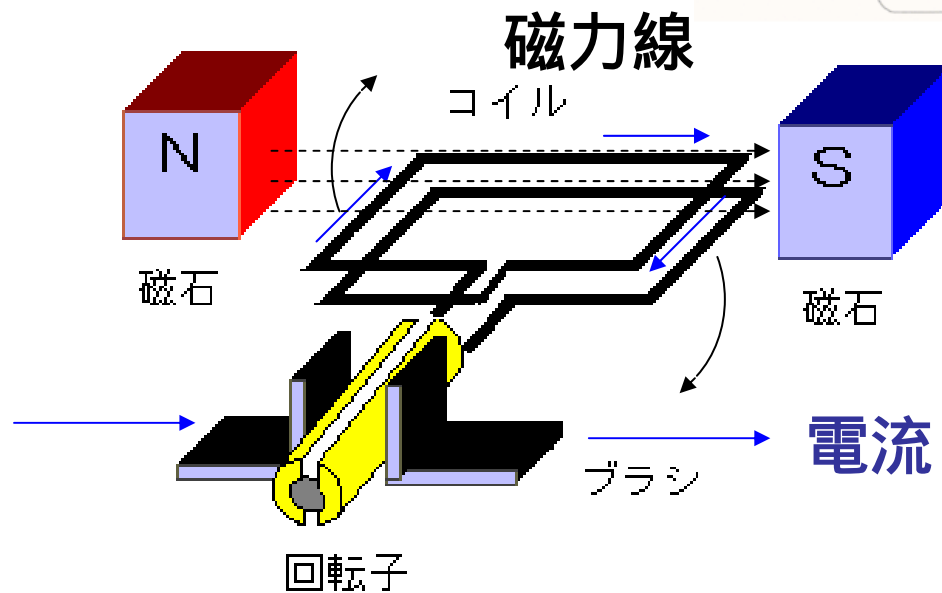


力の方向

電流の方向



## 発電機



モーターは、フレミングの左手の法則

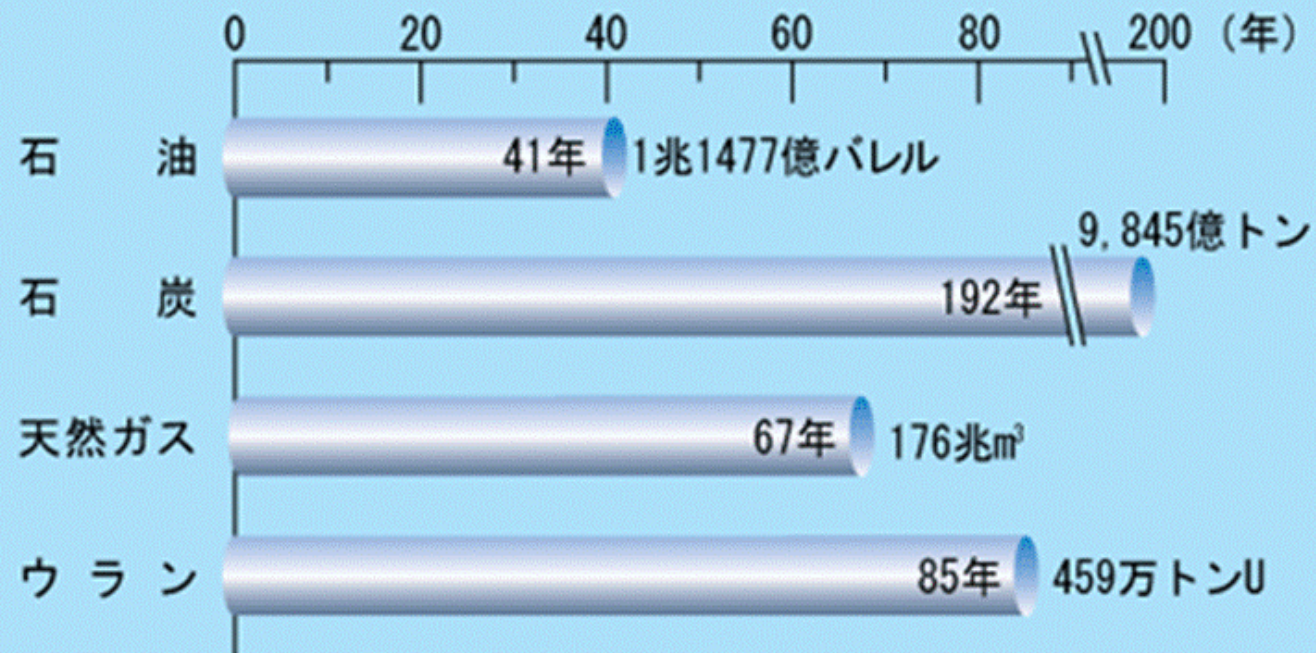
# 軽水炉だけでは将来エネルギーは破綻



University of Fukui

## エネルギー資源の確認可採埋蔵量と可採年数

出典: 考えよう、日本のエネルギー(2004. 12)「資源エネルギー庁」

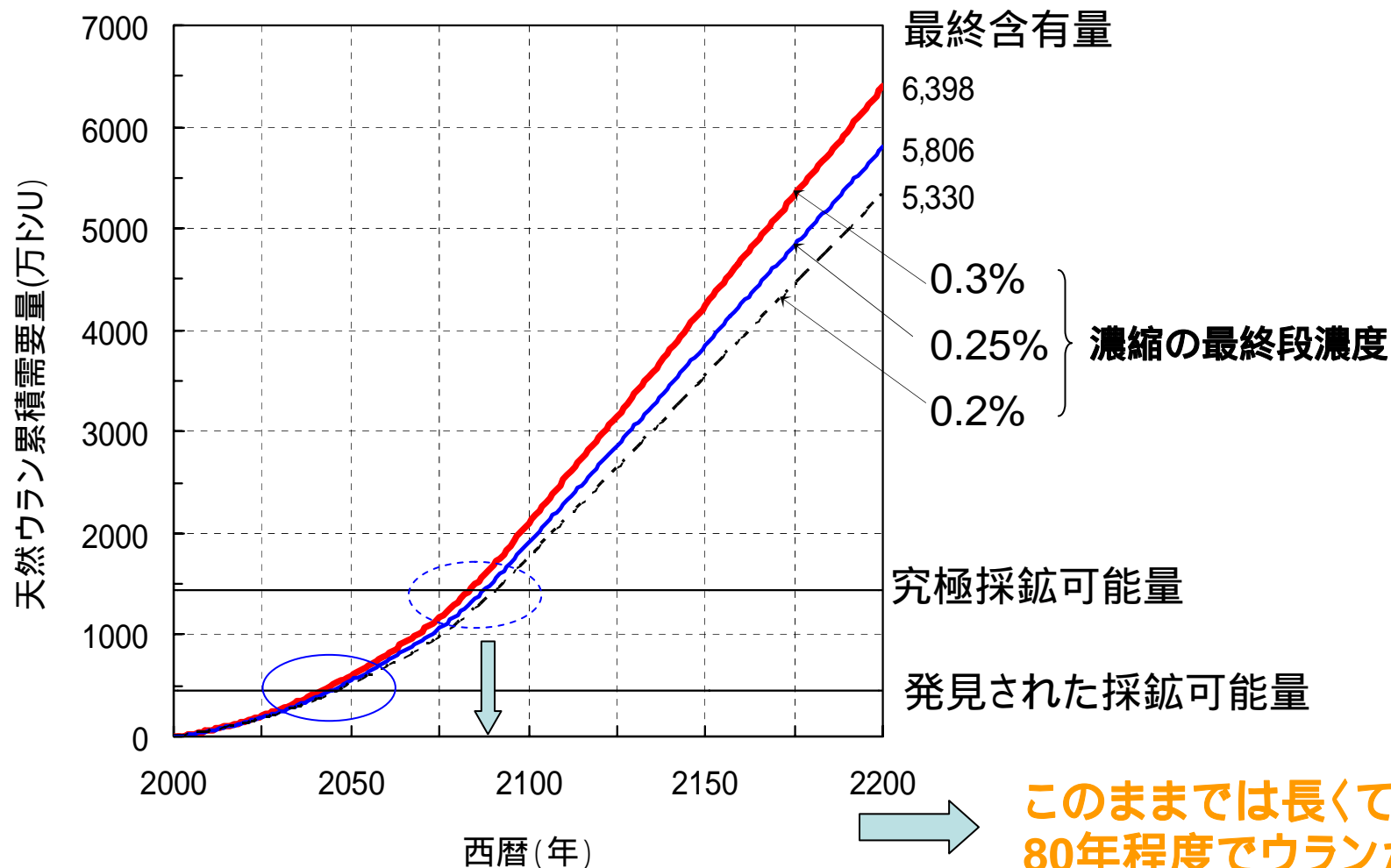


中国などが今後多くの原子力発電所を建設することを考えると、軽水炉でしか発電しないと50年程度で利用できるウランが無くなる。従ってどうしても高速増殖炉が必要。

# 天然ウラン需給バランス



University of Fukui



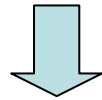
このままでは長くても  
80年程度でウランが  
利用できなくなる。

# 軽水炉でのウラン利用



University of Fukui

- 0.7%しかない $^{235}\text{U}$ を4%程度に濃縮して利用。
- もともと1%未満の燃料の約5%程度しか利用していないため、非常にもったいない利用方法である。



- 高速増殖炉で軽水炉では有効的利用の難しい $^{238}\text{U}$ を核分裂可能な物質に変換して利用する。

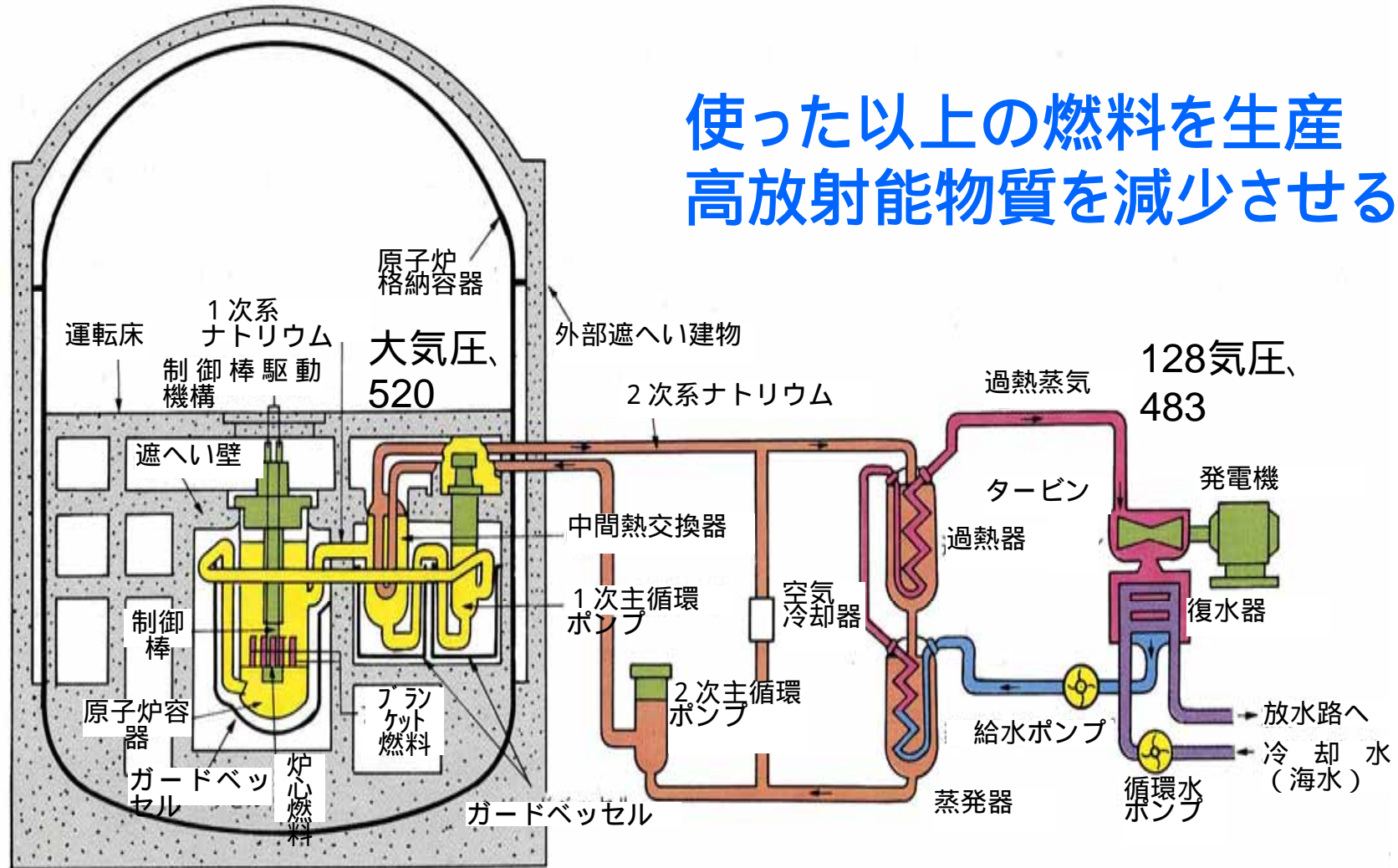


# 高速増殖炉



University of Fukui

使った以上の燃料を生産  
高放射能物質を減少させる。

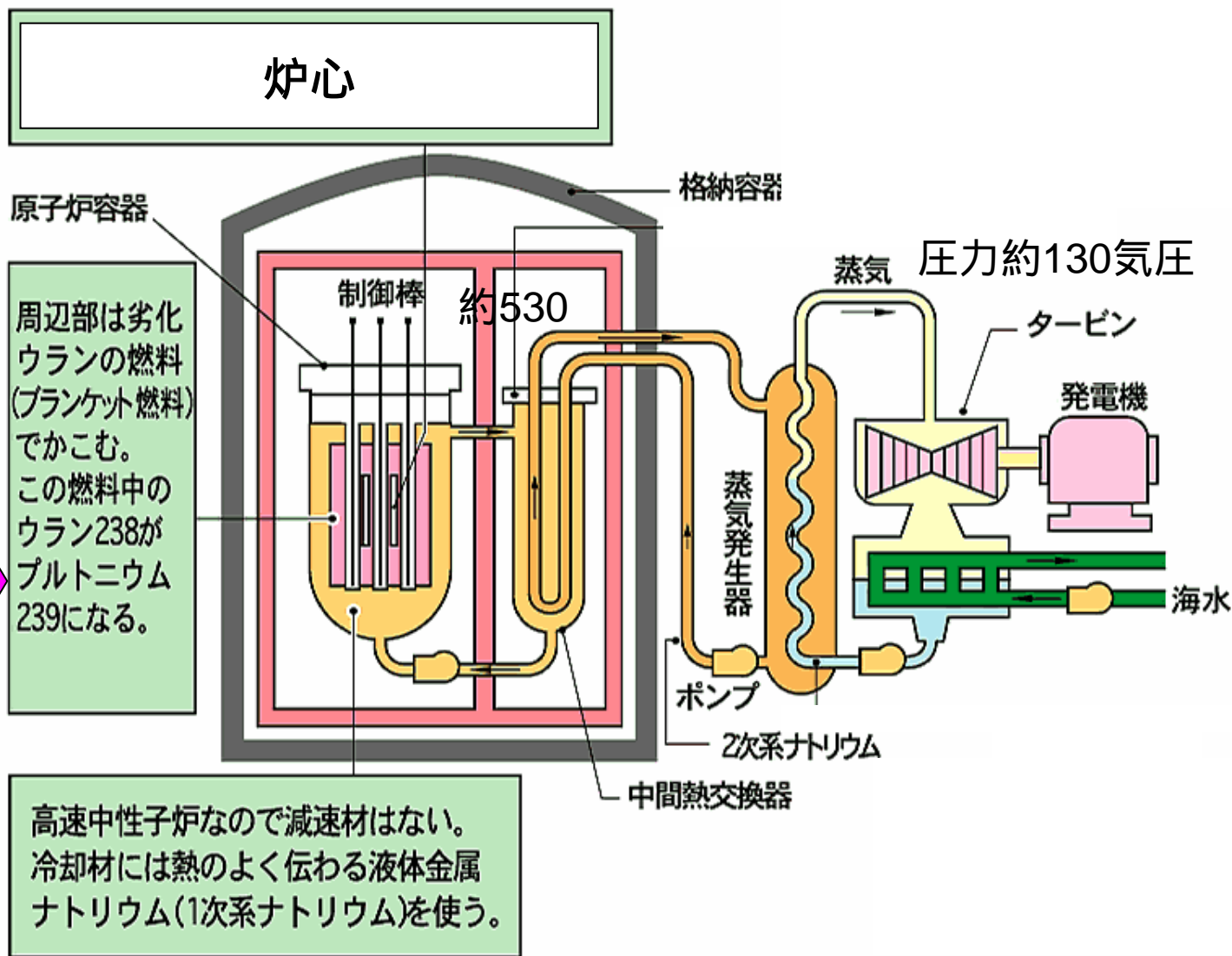


# 高速増殖炉でないといけないこと



University of Fukui

99.3%を占める $^{238}\text{U}$ は、高速の中性子に反応する性質がある。核分裂する $^{239}\text{Pu}$ を効率よく生産する。



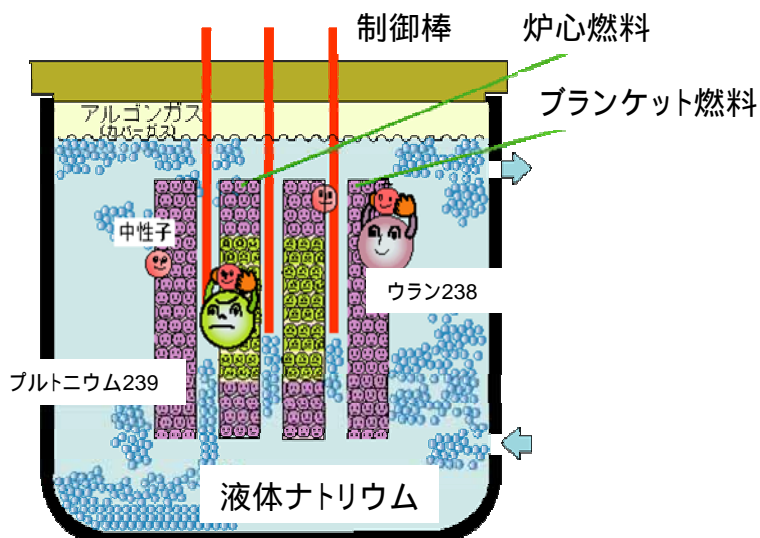
# 高速増殖炉と軽水炉



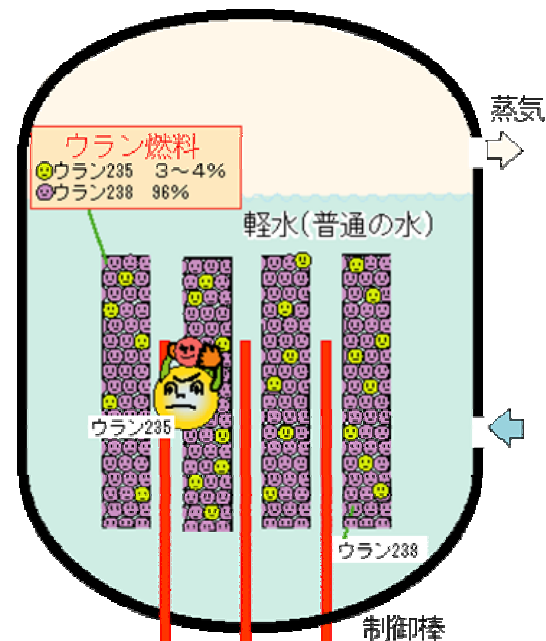
University of Fukui

高速増殖炉 燃料を増やすため  
数千年の利用が可能

軽水炉:燃料を消費するため50年程度で  
利用できるウランが無くなる



数千年の利用が可能



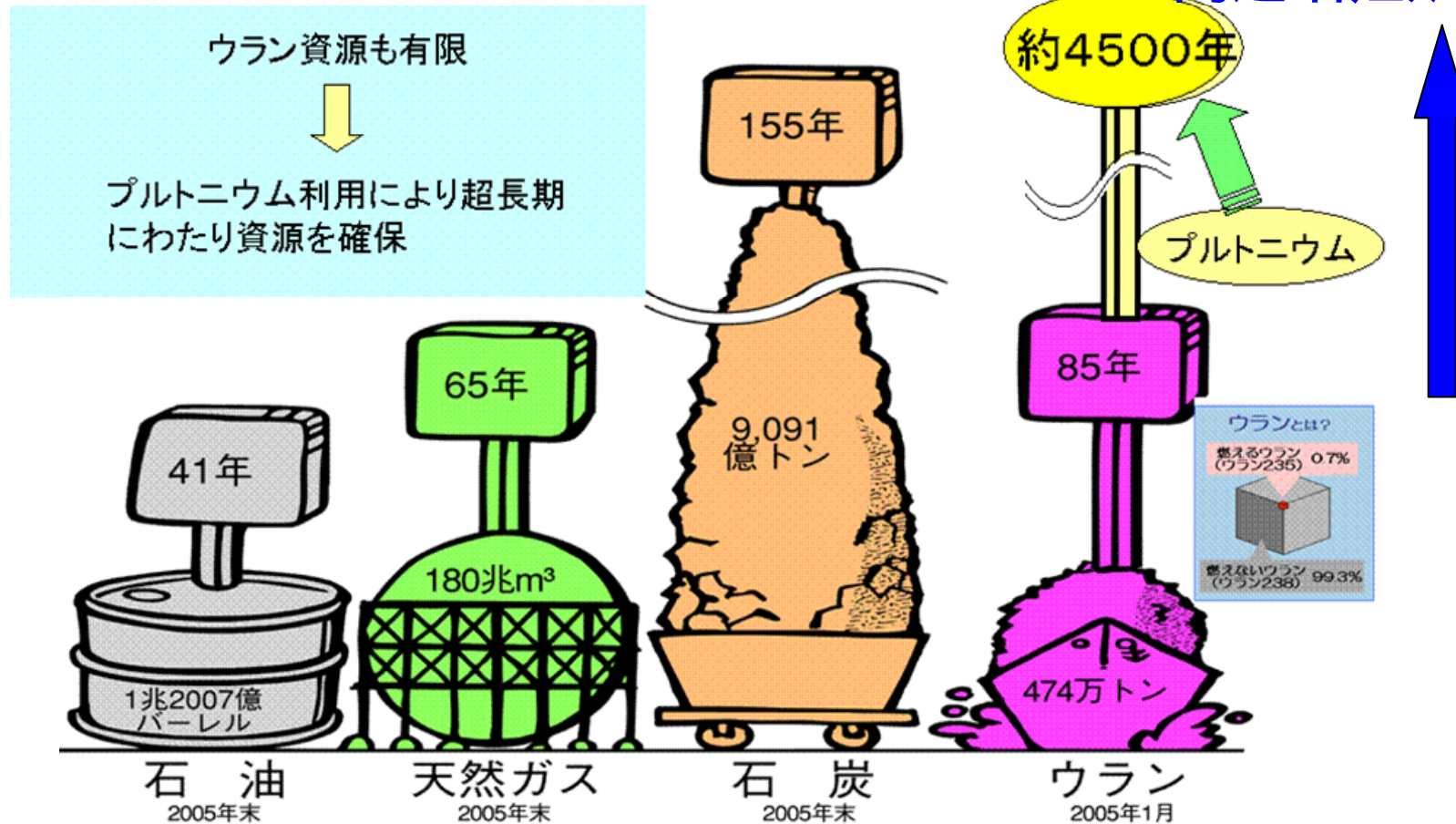
高速増殖炉		軽水炉
プルトニウム(約20%)とウラン(約80%)の混合燃料	燃料	微濃縮ウラン(ウラン235が約3~4%)
液体ナトリウム	冷却材	普通の水(軽水)
なし	減速材	普通の水(冷却材と兼ねる)
高速中性子の利用	核分裂反応	低速中性子の利用

# エネルギー資源量比較



University of Fukui

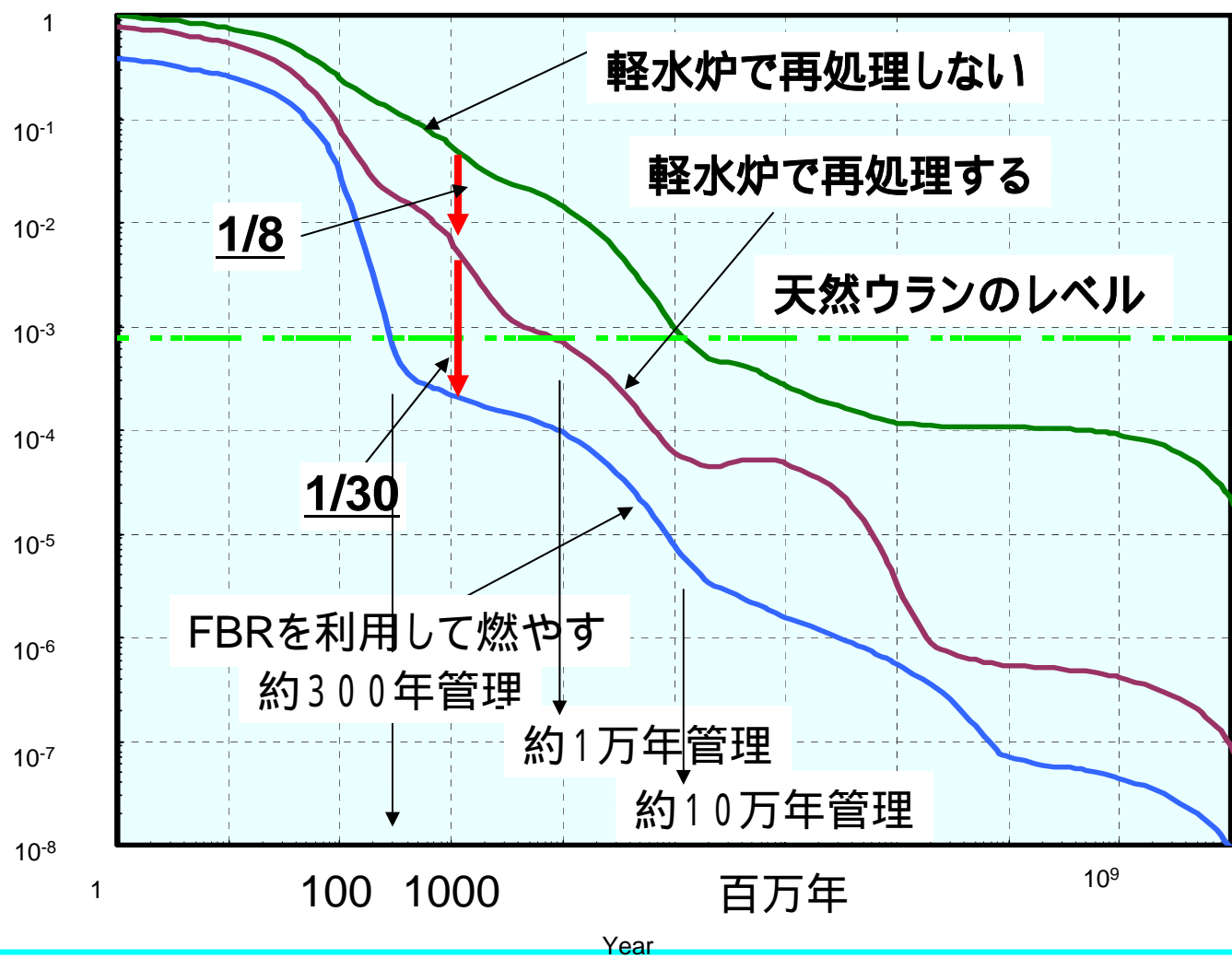
## 高速増殖炉の効果



出典：(1)BP統計2006  
(2)URANIUM2005

# 核反応でできた放射能を積極的に減らす

核分裂生成物の毒性を示す指標



# 高速増殖炉技術



University of Fukui

- 500 を超える温度での利用 (軽水炉は280 ~ 300 程度)  
革新的材料  
高温構造設計技術
- 液体ナトリウムを取扱う技術  
高温ナトリウムのエネルギーを水に伝達する技術  
Naが漏れた時の反応評価技術 (化学反応を伴う伝熱流動)

# まとめ



- **ウラン資源に限りがあるため、軽水炉では利用しない残り99.7%を有効に活用する技術（高速中性子による増殖技術）の確立が必要。**