

## 福島第一原発事故の衝撃と暗雲

日本で公表されない気象庁の放射性物質拡散予

放射性物質止まる時期「数カ月後が目標」

福島第1原発:事態長期化の見通し...IAEA事務局長

2011. 3. 30「福島原発事故についての緊急建言」

「今、科学者は何をなすべきか」

原発問題は一部の関係者や原子力工学者たちにまかせきりにしておくにはあまりにも重大すぎる

原子力発電のしくみと構造

原発の安全性についての電力会社による説明

崩壊熱のすごさとしつこさ

原発の運転停止後、冷却に失敗した場合のシナリオ

原子核分裂の過程(数値計算例)

核分裂の基本的特徴

核分裂連鎖反応の臨界条件

原子炉における水の二つの役割

参考文献

R. Okamoto (Kyushu Inst. of Tech.)  
filename=Fukushima\_NPP\_accidents110405d.ppt

# 日本で公表されない気象庁の放射性物質拡散予測

東京電力福島第一原子力発電所の事故で、気象庁が同原発から出た放射性物質の拡散予測を連日行っているにもかかわらず、政府が公開していないことが4日、明らかになった。

ドイツやノルウェーなど欧州の一部の国の気象機関は日本の気象庁などの観測データに基づいて独自に予測し、放射性物質が拡散する様子を連日、天気予報サイトで公開している。日本政府が公開しないことについて内外の専門家からは批判が上がっており、政府の原発事故に関する情報開示の在り方が改めて問われている。

<http://www.yomiuri.co.jp/national/news/20110404-OYT1T00603.htm?from=main1>

# 放射性物質止まる時期「数カ月後が目標」

細野補佐官 2011年4月3日

東京電力福島第一原子力発電所の事故対応を担当している細野豪志首相補佐官は3日朝、民放のテレビ番組に出演し、事故に伴う放射性物質の放出を止められる時期について「おそらく数カ月後が一つの目標になる」と述べた。

細野氏は「国民に不安を与えないためにも目標を設定すること(が大事だ)。原子炉を冷却する仕組みを完全に作って安定させるという目標がある。試行錯誤で行っていることを説明する時期が来た」と述べ、放射性物質の放出が止まる時期の見通しを語った

# 福島第1原発：事態長期化の見通し...IAEA事務局長

IAEA=国際原子力機関

2011.4.2

国際原子力機関(IAEA)の天野之弥事務局長は1日、訪問先のケニアの首都ナイロビで記者会見し、**事故を起こした福島第1原発が正常な状態に戻るまでには「人々が考える以上に時間がかかる」**と述べ、事態が長期化するとの見通しを示した。

続いて記者会見した国連の潘基文事務総長は同原発の状況について「かなり深刻で、懸念を抱いている」と述べ、日本政府や被災者を支援すると強調した。

両氏は、国連各機関の事務局長級会議出席のためナイロビを訪問。天野氏は福島第1原発について「**危機を脱するには時間が必要で、原子炉安定にはさらに時間がかかる**」とし、正常化にはそれ以上の時間が必要だと語った。

また同原発の非常用電源が地震と津波で失われたことを踏まえ、IAEAが6月下旬にウィーンで開催する予定の閣僚級会合では、事故の初期評価などに加え、同電源の強化策についても話し合われる見込みだと述べた。(共同)

<http://mainichi.jp/select/world/news/20110402k0000e040011000c.html>

# 2011. 3. 30「福島原発事故についての緊急建言」

## 3. 30読売新聞他

はじめに、原子力の平和利用を先頭だって進めて来た者として、今回の事故を極めて遺憾に思うと同時に国民に深く陳謝いたします。

私達は、事故の発生当初から速やかな事故の終息を願いつつ、事故の推移を固唾を呑んで見守ってきた。しかし、事態は次々と悪化し、今日に至るも事故を終息させる見通しが得られていない状況である。既に、各原子炉や使用済燃料プールの燃料の多くは、破損あるいは溶融し、燃料内の膨大な放射性物質は、圧力容器や格納容器内に拡散・分布し、その一部は環境に放出され、現在も放出され続けている。

中略

福島原発事故は極めて深刻な状況にある。更なる大量の放射能放出があれば避難地域にとどまらず、さらに広範な地域での生活が困難になることも予測され、一東京電力だけの事故でなく、既に国家的な事件というべき事態に直面している。

中略

事態をこれ以上悪化させずに、当面の難局を乗り切り、長期的に危機を増大させないためには、原子力安全委員会、原子力安全・保安院、関係省庁に加えて、日本原子力研究開発機構、放射線医学総合研究所、産業界、大学等を結集し、我が国がもつ専門的英知と経験を組織的、機動的に活用しつつ、総合的かつ戦略的な取組みが必須である。

平成23年3月30日

|       |                                               |
|-------|-----------------------------------------------|
| 青木 芳朗 | 元原子力安全委員                                      |
| 石野 栞  | 東京大学名誉教授                                      |
| 木村 逸郎 | 京都大学名誉教授                                      |
| 齋藤 伸三 | 元原子力委員長代理、元日本原子力学会会長                          |
| 佐藤 一男 | 元原子力安全委員長                                     |
| 柴田 徳思 | 学術会議連携会員、基礎医学委員会 総合工学委員会合同放射線の利用に伴う課題検討分科会委員長 |
| 住田 健二 | 元原子力安全委員会委員長代理、元日本原子力学会会長                     |
| 関本 博  | 東京工業大学名誉教授                                    |
| 田中 俊一 | 前原子力委員会委員長代理、元日本原子力学会会長                       |
| 長瀧 重信 | 元放射線影響研究所理事長                                  |
| 永宮 正治 | 学術会議会員、日本物理学会会長                               |
| 成合 英樹 | 元日本原子力学会会長、前原子力安全基盤機構理事長                      |
| 広瀬 崇子 | 前原子力委員、学術会議会員                                 |
| 松浦祥次郎 | 元原子力安全委員長                                     |
| 松原 純子 | 元原子力安全委員会委員長代理                                |
| 諸葛 宗男 | 東京大学公共政策大学院特任教授                               |

# 「今、科学者は何をなすべきか」

日経新聞2011.4. 3、滝 順一（論説委員）

中略

ここで問いかけたいのは原子力に直接かかわっていない科学者の人たちの役割である。特に、物理学や生物学に携わる人たちなら、原発の設計や安全は専門外だとしても、核反応や放射線については、普通の市民よりも詳しい知識を持っているはずだ。

中略

日本の多くの国民が、いまほど核や放射線について切実に知りたいと思ったことはない。

中略

巨大津波と原発危機を契機に、科学への信頼が揺らぎかねない。研究室の中にいるときではない。

原発問題は一部の関係者や原子力工学者たちにまかせきりにしておくにはあまりにも重大すぎる

中略

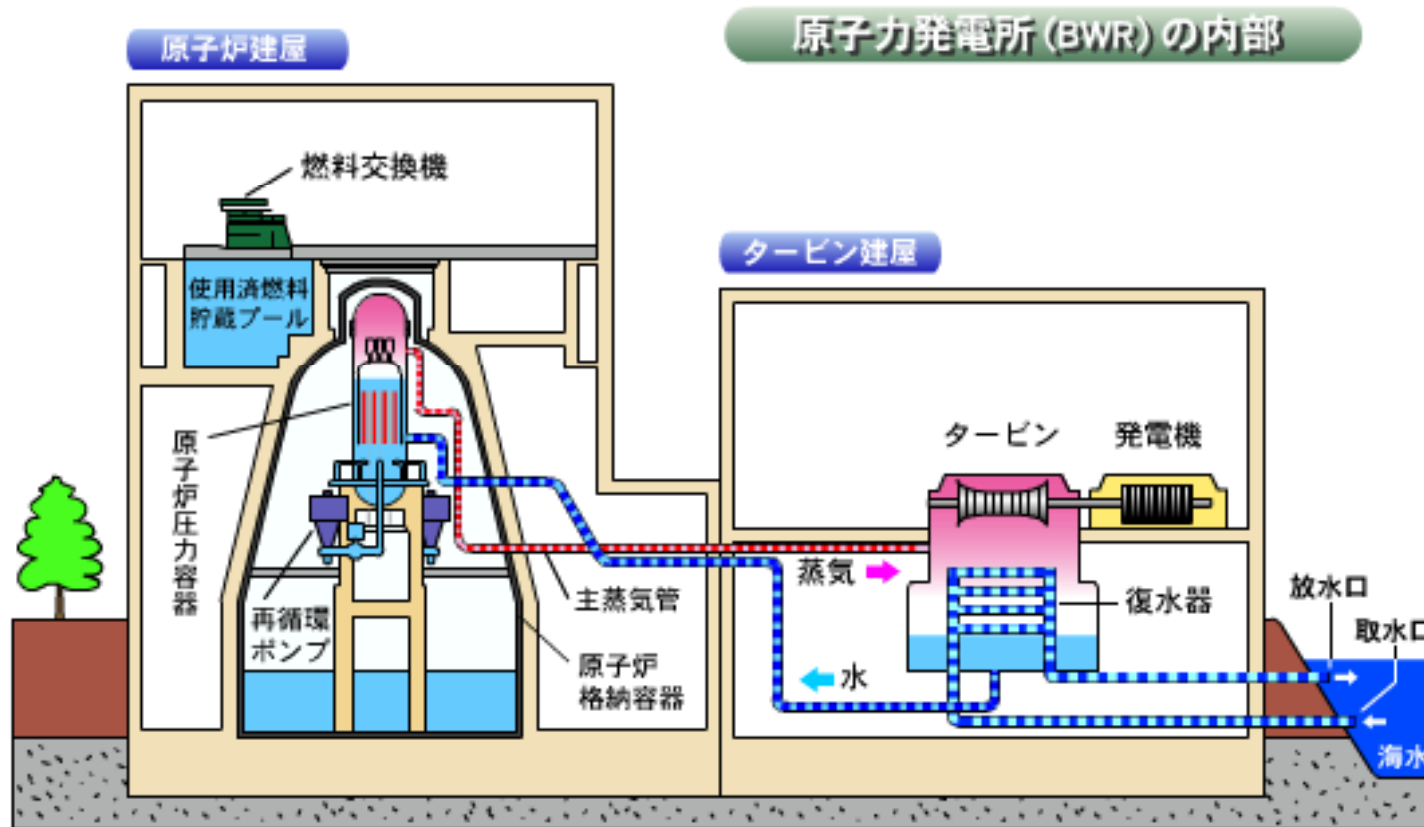
「軍事問題は軍人たちにまかせきりにしておくにはあまりにも重大すぎる。」とは英国のある政治家が言ったことばである。原発問題も同様に一部の関係者や原子力工学者たちにまかせきりにしておくにはあまりにも重大すぎる

中略

野村テツヲ「軽水炉にも起こりうる暴走事故」、エコノミスト、1989.8.22.  
(短期連載・検証・福島原発事故・原発に未来はあるか(上)), p.52.



# 原子力発電のしくみと構造

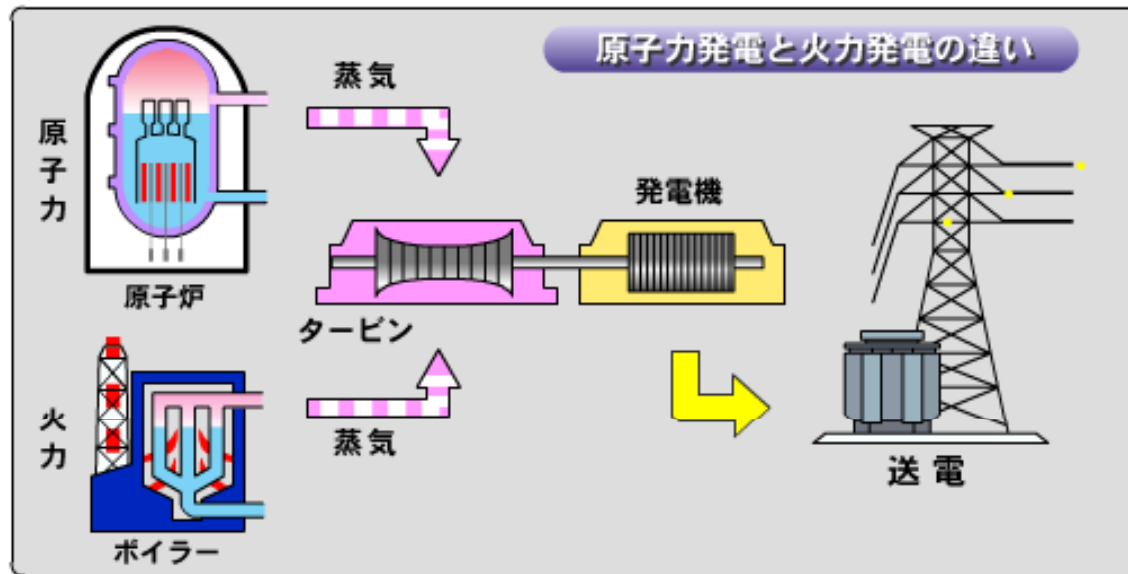


<http://www.tepco.co.jp.cache.yimg.jp/nu/knowledge/system/index-j.html>

BWR=沸騰水型原子炉 (boiled water nuclear reactor)

# 原子力発電と火力発電の違い

電力会社(東京電力など)の説明



<http://www.tepco.co.jp.cache.yimg.jp/nu/knowledge/system/index-j.html>



しかし、原子炉とボイラーはどこが、どの程度に違うかが大問題 !!!

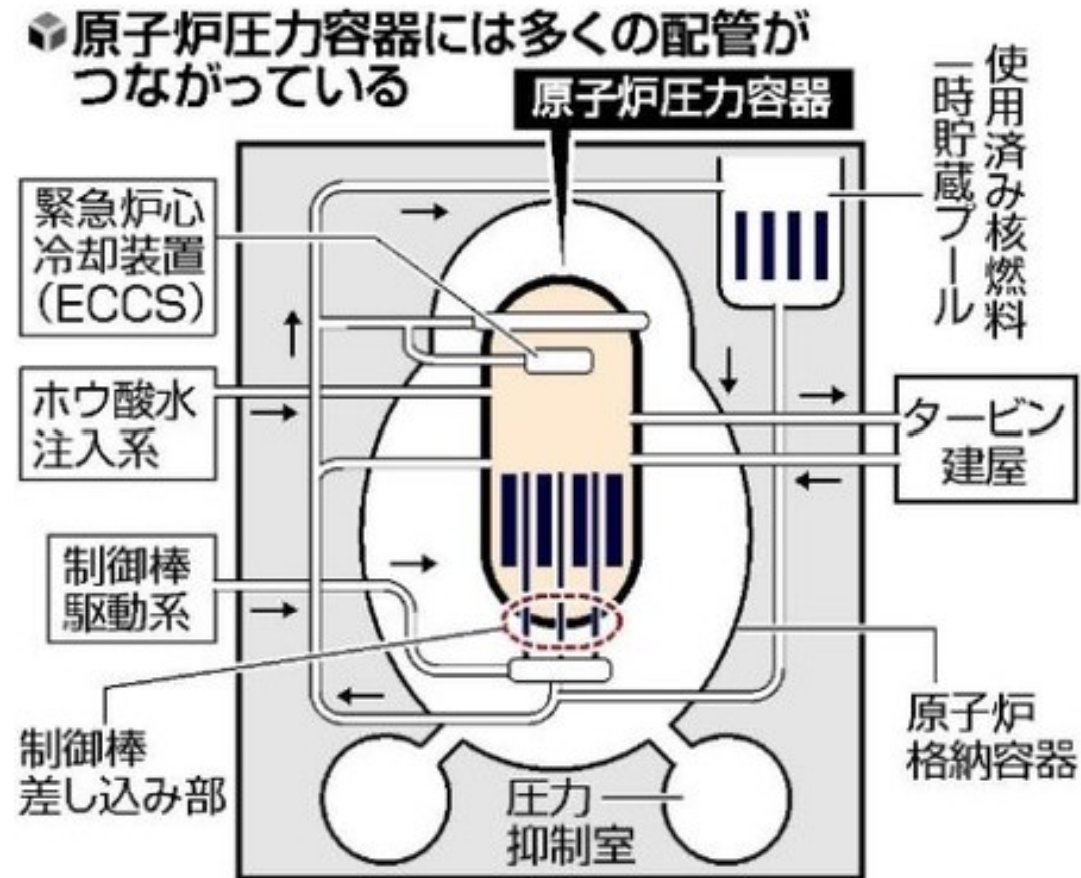
1. 運転中の安全性の確保(または危険性)の内容の違い
2. 運転停止後の安全性の確保(または危険性)の内容の違い
3. 使用済み燃料の特別な処理・処分が必要かどうか

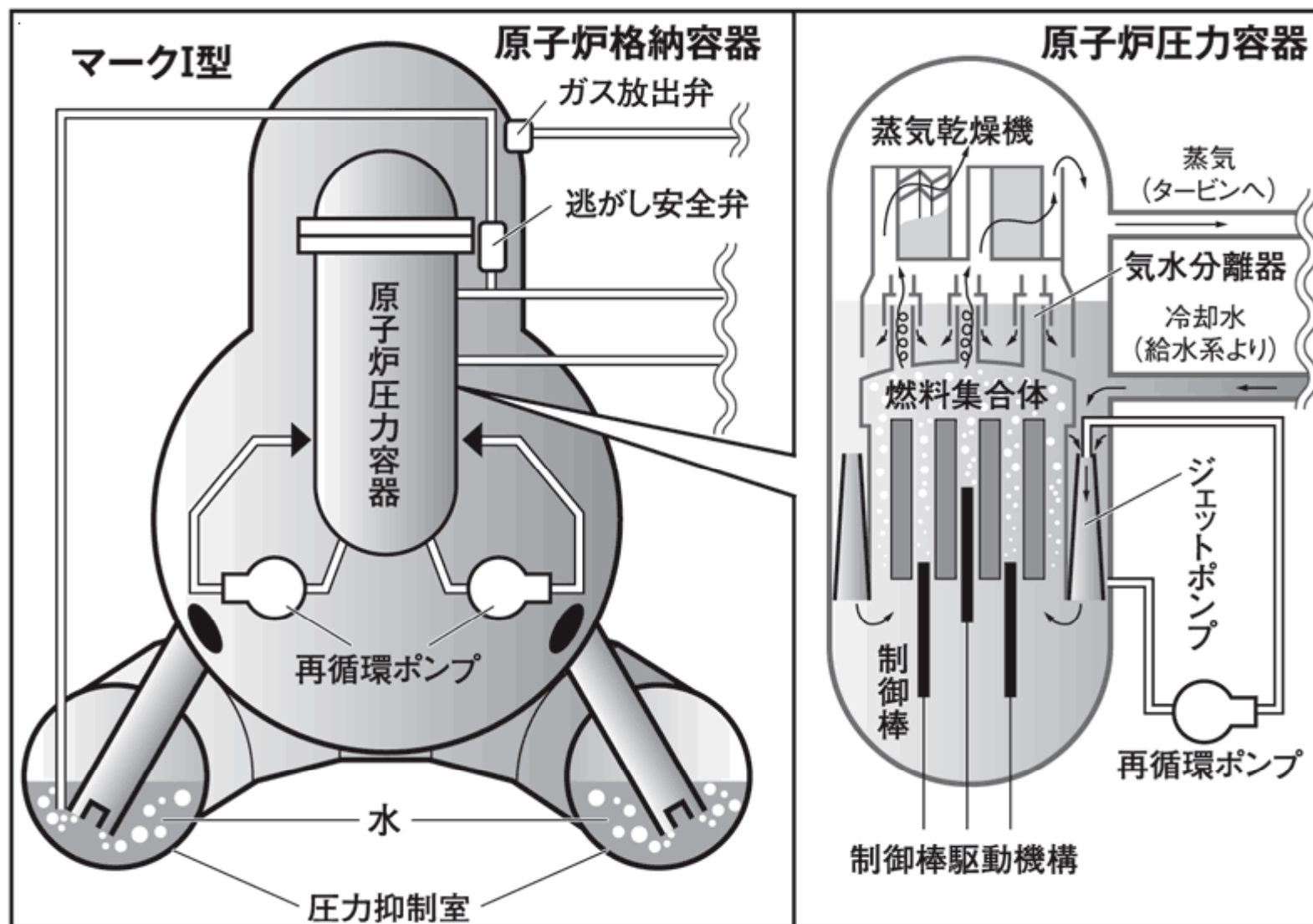
## 原子炉格納容器内の中の装置

原子炉格納容器＝

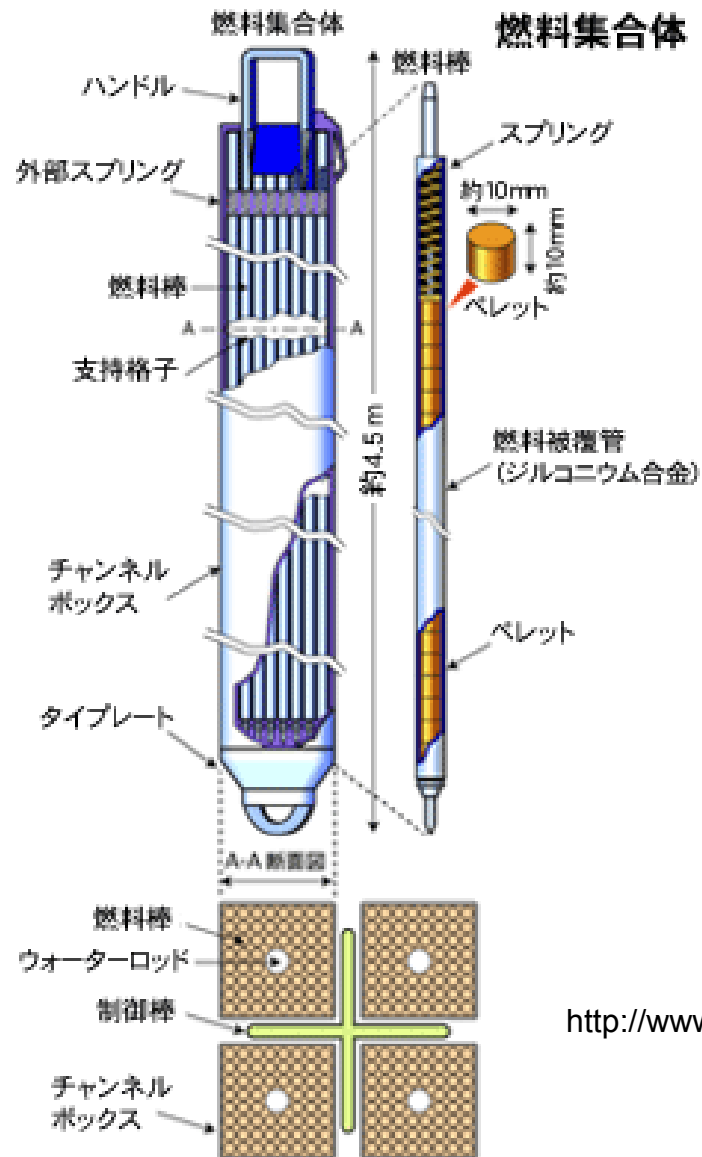
原子炉圧力容器 (pressure vessel)  
＋再循環ポンプ (re-circulation pump)  
＋ベント管 (vent pipe)  
＋サプレッションプール  
(圧力抑制室、suppression pool)

## 原子炉圧力容器には多くの配管がつながっている





## 燃料棒、燃料被覆材、燃料集合体



<http://www.tepco.co.jp.cache.yimg.jp/nu/knowledge/system/system01-j.html>

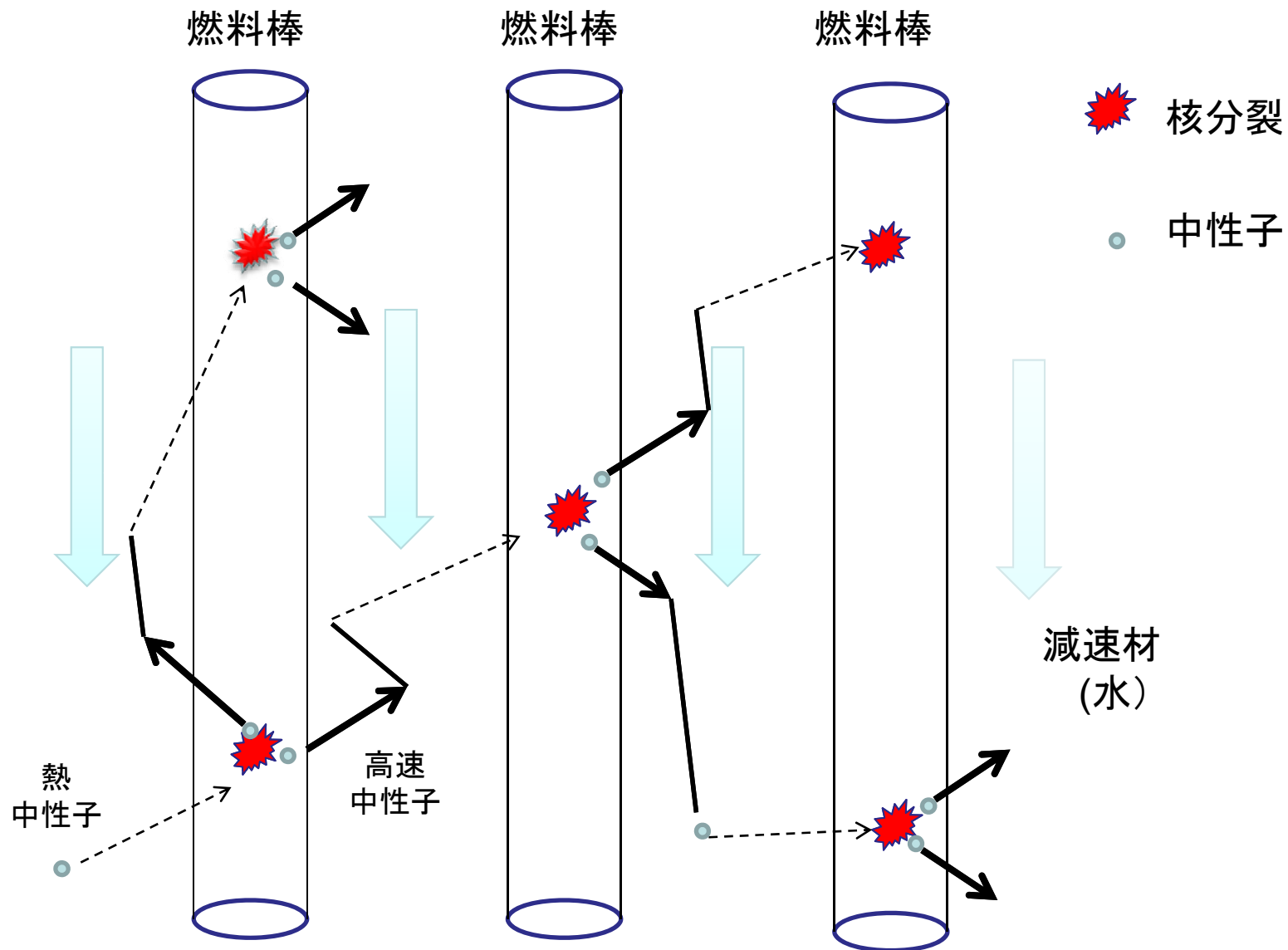
# 核分裂連鎖の制御：制御棒、冷却水流量とホウ酸

- ・原子力発電所は原子炉の出力を一定にするため、核分裂の量を一定に維持させるように制御しながら運転します。
- ・沸騰水型軽水炉(BWR)では、その名のとおり原子炉で水を沸騰させ、発生した蒸気で直接タービンを回します。
- ・炉心の出力(核分裂の数)は、中性子を吸収するための**制御棒の出し入れ(位置の調整)**と、**炉心を流れる冷却水の流量(再循環流量)の調節**により、一定になるように制御し運転します。
- ・BWRでは冷却水中に沸騰による気泡が存在しますので、再循環流量を変更すると**単位面積当たりの減速材(冷却水)の量**が変化します。
- ・このため、再循環流量を変化させることにより、**減速材に当たって生じる熱中性子の量、つまり核分裂の量を制御**することができます。
- ・初めて発電所を運転するときや、約1年に1回の定期検査が終了した後に原子炉の運転を再開するときは、**新しい燃料が装荷されているため燃料中のウラン235の濃度が高くなっています**。
- ・このため、制御棒を炉内に挿入するとともに、再循環流量を低めに(単位面積当たりの減速材の量を少なく)設定し、運転時間に応じて再循環流量を多く(単位面積当たりの減速材の量を多く)していきます。
- ・運転を継続しているうちにウラン235が消費されて濃度が低くなると、制御棒を若干引き抜き、再び再循環流量を低減し、同様の運転を繰り返します。このような制御棒の引き抜き調整は、次の定期検査までの約1年間に数回実施します。
- ・通常、出力制御は、再循環流量の調節により行います。

<http://www.tepco.co.jp.cache.yimg.jp/nu/knowledge/system/system01-j.html>

・核分裂連鎖反応を抑制するために、ホウ酸(ホウ素(その20%程度の $B^{10}$ )は中性子吸収する割合が極めて高い)を冷却水に混ぜることがよく行われる。

## 燃料棒と中性子減速材としての水の配置



原子炉中には、細長い燃料棒が5ミリ程度の隙間を空けて、5－6万本びっしり並んでいる。



## 燃料棒と燃料被覆材は過酷な環境下にある

燃料棒の中心の温度は2千数百度にも達するが、一次冷却水の温度は300度である。

燃料棒の中心と表面のわずか5ミリ足らずの間に、2千度もの温度差(非常に高い温度勾配)

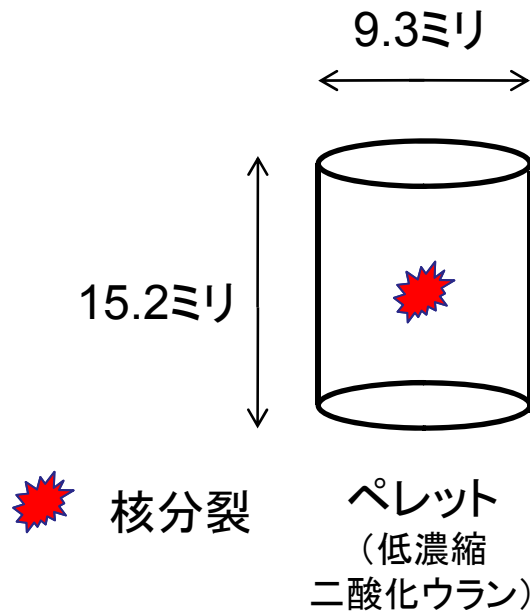
冷却水は温度300度で高圧(沸騰水型原子炉で70気圧など)がかかっている。

運転中は水(冷却材)が毎秒数メートルの速さで強制的に流されている。

運転中は、細長い燃料棒1本あたり約50キロワットの熱を発生する。

→100ワット電球の500個相当

→1センチ当たり、約125ワット



# 原発の安全性についての電力会社による説明(1)

## 原子炉固有の自己制御性

出力が上昇すると水が蒸気になって密度が減り、中性子が減速されにくくなるため、核分裂を起こす遅い中性子が減少し、核分裂の連鎖反応が抑制される**ボイド効果**です。

もう一つは出力が上昇すると燃料棒の温度が上昇し、核分裂を起こさないウラン238が中性子をたくさん吸収するようになるため、核分裂を起こすウラン235に吸収される中性子が減少し、核分裂の連鎖反応が抑制される**ドップラー効果**です。

<http://www.tepco.co.jp.cache.yimg.jp/nu/knowledge/safety/index-j.html>

## 多重防護

1. 非常用炉心冷却装置(ECCS)
2. 五重の障壁
  - a.ペレット(第1の壁)
  - b.被覆管(第2の壁)
  - c.原子炉圧力容器(第3の壁)
  - d.原子炉格納容器(第4の壁)
  - e.原子炉建屋(第5の壁)

<http://www.tepco.co.jp.cache.yimg.jp/nu/knowledge/safety/safety01-j.html>

電力会社HPには「危険(性)」という文字はなく、「安全(性)」という言葉に満ち溢れているが、現場の技術者は当然、原発の巨大な潜在的危険性を認識していた！

# 原子力発電技術読本

(改訂2版)

東京電力株式会社 豊田正敏  
日本原子力発電株式会社 湯原 豁 共編  
中部電力株式会社 水野勝巳  
関西電力株式会社・工学博士 桑島謙臣

1979年

オーム社

## は し が き

本書は原子力技術の基礎的事項および実際面を中心に極力数式を用いず、平易に解説することにつとめ、特にわが国で、現在多数建設・運転中の軽水形原子力発電所を中心に記述した。

# 5章

## 原子炉の安全性と安全施設

### 5・1 原子炉の安全性

原子力発電所は以下に述べるような従来の設備とはかなり趣きを異にする危険性を内蔵している。特に、原子炉には運転に伴い多量の放射能を有する分裂生成物が蓄積されており、もし、何らかの事故で発電所外に放散されるようなことがあると、一般公衆に放射能による危害を及ぼすことになる。したがって、原子炉に予想しうる事故とこれに伴う危害の程度を、実験データおよびこれに基づく理論解析により推定し、通常想定されるいかなる事故が起こっても、発電所従業員ならびに一般公衆をこのような危害から守る対策を確立することが、原子力発電を進めていくためには絶対に必要なことである。

# 現在の原子炉についての別の見方

—自己制御性、安定性回復は保障されている(た)か?—

燃料被覆材、  
圧力容器、  
格納容器、  
制御棒、  
残留熱除去系  
補助ポンプ、  
緊急炉心冷却装置

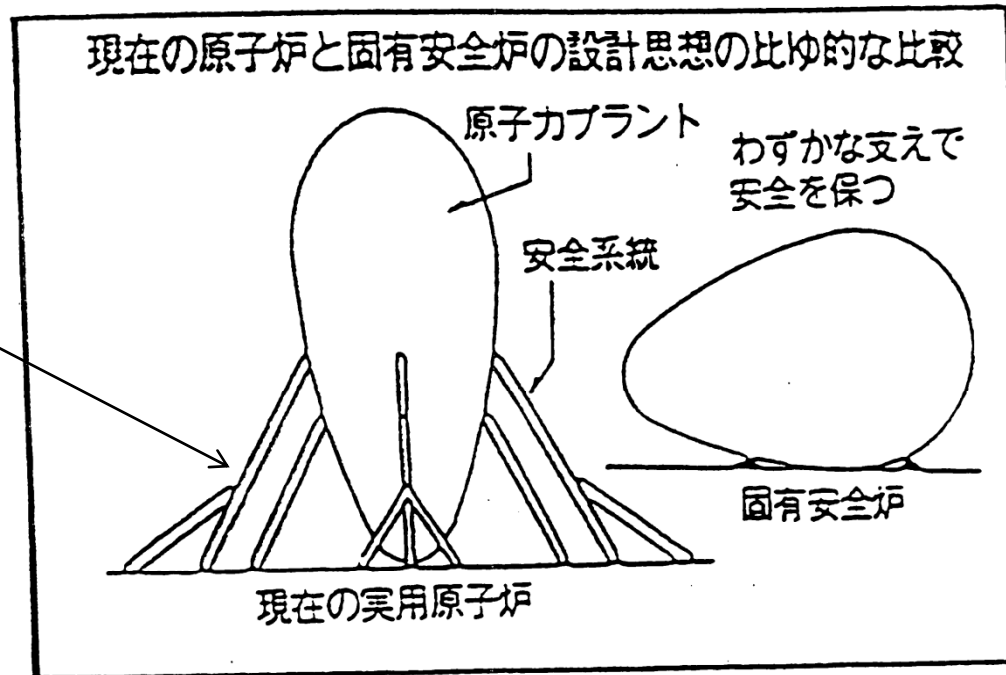


図1 固有安全炉のイメージ

若林宏明(当時、東大工学部)1987. 4

原子力研究所・労働組合編

「チェルノブイリ原発事故の教訓と固有安全炉を考える」

「・・・軽水炉の制御棒を全部パツと引っこ抜いてごらんなさい。暴走現象が起こります。」

経済セミ増刊「チェルノブイリ原発事故」、日本評論社、1986年(p.24)

# 「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害額に関する試算」

1960年 科学技術庁(当時)の委託を受けた  
日本原子力会議の秘密報告

<http://homepage3.nifty.com/h-harada/nonuke/lib/sisan/hyosi.html>

原田 裕史氏のコメント:

<http://homepage3.nifty.com/h-harada/nonuke/lib/sisan/index.html>

このドキュメントは科学技術庁が日本原子力産業会議に委託した調査の報告書です。

1960年にまとめられたようです。

一般に入手可能な複数の文献で紹介されているにも関わらず、長い間、この文書の附録の存在は謎でした。科学技術庁に問い合わせても、この調査の存在そのものを否定された方もいらつしやるようです。しかし、1999年、ついに科学技術庁はこの文書の存在を認め、一般に公開しましたので、早速入手しました。当時の科学者の非常なる力作ですので、お蔵入りさせては申し訳無いので、今後利用しやすいよう HTML 形式に直しました。

この秘密報告書でいう大型原子炉とは熱出力50万キロワット(定格電力約17万キロワット)という現在の100万キロワット定格電力程度の現在の原子炉の数分の1程度で、死者への補償額を85万円にするなど被害を過小評価したにもかかわらず、推定被害総額が1－3兆円と当時の国家予算を超えたために長く公開されなかったと推測される。

素朴な疑問: 原子力発電は、3.11福島第一原発事故の以前には、損害保険の対象となっていたのだろうか？

# 原子炉中の莫大な放射能 —巨大な潜在的な危険性—

核燃料1トンあたり、燃焼前と燃焼後の変化

| 燃焼前:        |   | 燃焼後:        |
|-------------|---|-------------|
| U-234=34kg  | ⇒ | U-234=10kg  |
| U-238=966kg |   | Pu= 10kg    |
|             |   | 核分裂生成物=34kg |
|             |   | U-238=945kg |

100万キロワット電気出力の原発から生じる放射能と1メガトン  
の核爆発の放射能の比較:

- (はじめ): 核爆発の放射能が原発の放射能よりはるかに強い。
- (2) 約100時間経過ころ、核爆発の放射能と原発のそれとほぼ等しい。
- (3) 100時間から遠ざかるほど、原発の放射能が格段に強くなる。

## 原発の事故の基本的種類

### (1) 核出力暴走事故:

代表例は1987年の、チェルノブイリ原発事故。

### (2) 原子炉の空焚き事故(冷却水喪失事故):

2011年3月11日の福島第一原発事故

### (3) 臨界事故:

1999年の東海ウラン臨界事故(即発中性子による臨界事故)

原子力問題の核心は安全問題である！

「原子力安全ではもっぱら放射線被曝が問題となる」

→(原子炉を)「止める」、(崩壊熱を)「冷やす」、(放射線を)「閉じ込める」が基本的目標

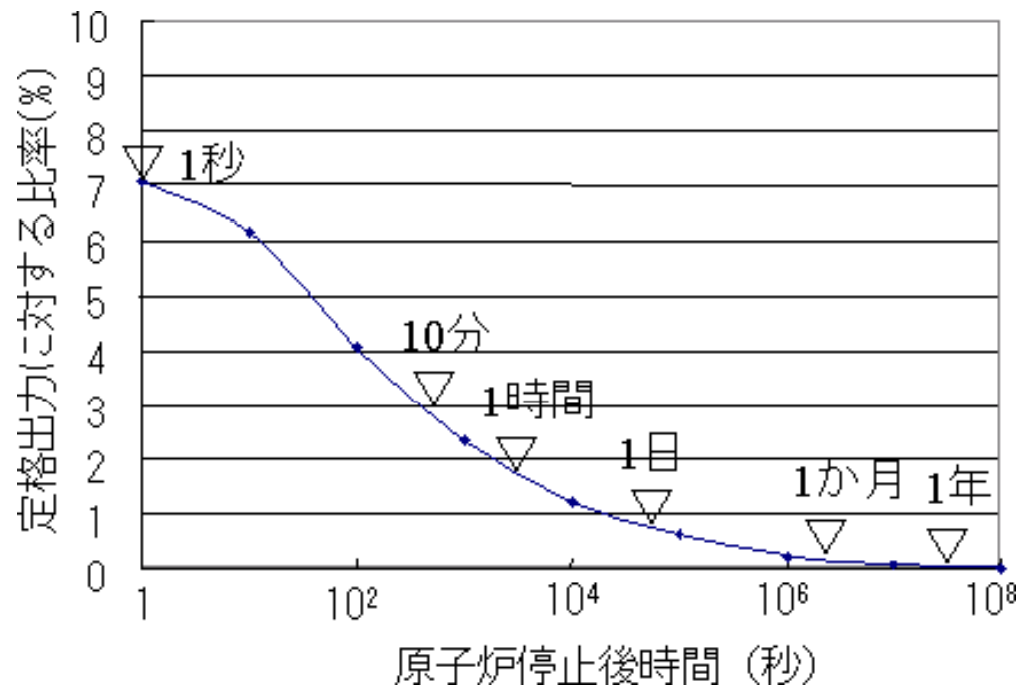


## 崩壊熱

- ・核分裂で生じた**核分裂生成物**など、原子核が不安定な核種は、ベータ線やアルファ線などの**放射線**を出して別の原子核に変わっていく。
- ・この現象を**放射性崩壊**という。
- ・そのときに放出されるベータ線やアルファ線などのエネルギーの大部分は、その物質中で熱に変わる。
- ・この放射性崩壊に伴って発生する熱を**崩壊熱**という。
  
- ・原子炉が核分裂を停止しても、炉心内にはそれまでに生成された核分裂生成物が蓄積している。
- ・それらの核分裂生成物はそれぞれの物理的な特性に従って崩壊し、放射線を出す。
- ・その放射線エネルギーの大部分は原子炉内で熱に変換される。その熱を崩壊熱と呼ぶ。
- ・その発熱の割合は原子炉の運転期間に依存している。
  
- ・この発熱があるということは原子炉の安全性に関してきわめて大きな意味を持つ。
- ・なぜなら、原子炉内の核分裂反応を停止させることができ、核分裂による発熱をゼロにすることができたとしても、すでに炉心に蓄積して発熱を続けるこの崩壊熱は決して人為的に止めることができないからである。
  
- ・車にたとえて言うならば、走行中にハンドル、ブレーキ、アクセルが効かず、ガソリンが尽きるまで車は走り続けなければならないといった状態になるのである。

## 原子炉停止後も核分裂生成物からの 崩壊熱の冷却は重要！

下のグラフは、制御棒が挿入され原子炉が停止した後、原子炉から発生する熱（崩壊熱）の時間的变化を表しています。

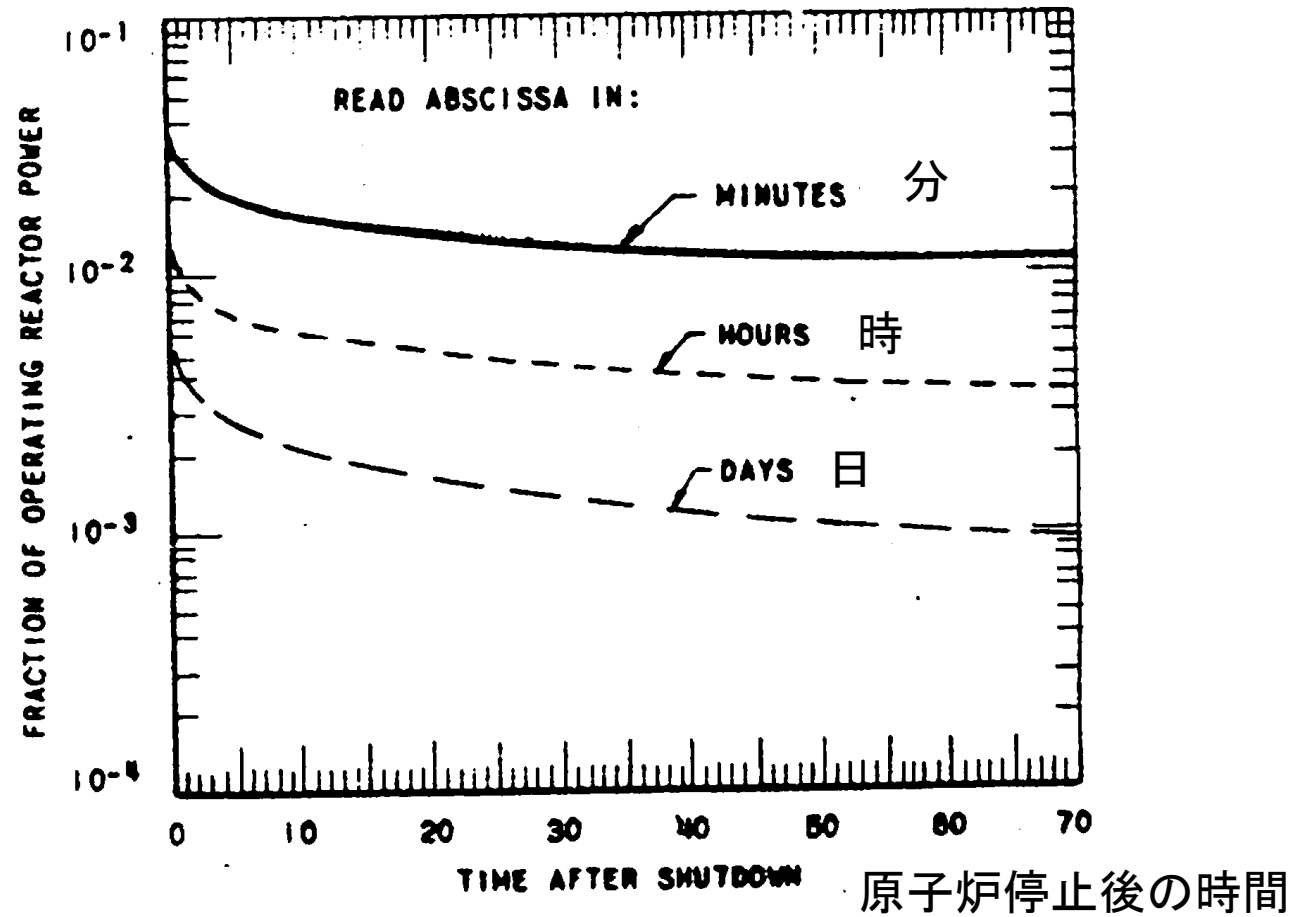


崩壊熱は原子炉を停止させれば  
最初は急激に減少し、1秒後には  
定格出力で運転する際に発生する  
熱量の約7%、1日後には1%以下  
となります。

しかし、かなり長期間にわたって  
発熱が続く！

## 原子炉における崩壊熱の時間経過(詳細)

ある時刻における  
崩壊熱出力  
÷  
原子炉停止  
直後の熱出力



Reactor Physics Constants, ANL-5800, 1988, p.636.  
ANL=Argonne National Laboratory, USA.

## 崩壊熱のすごさとしつこさの体感

福島第一原発2, 3, 4, 5号炉の定格出力(電力) = 78.4万キロワット  
→原子炉の熱効率が約33%と仮定すると、熱出力は約250万キロワット。



原子炉停止後1日で、定格出の約1%になるとすると、  
そのときの崩壊熱の大きさは2.5万キロワット。  
=  $2.5 \times 10^4 \times 10^3$  ワット =  $2.5 \times 10^5 \times 100$  ワット  
= 100ワット電球の25万個分

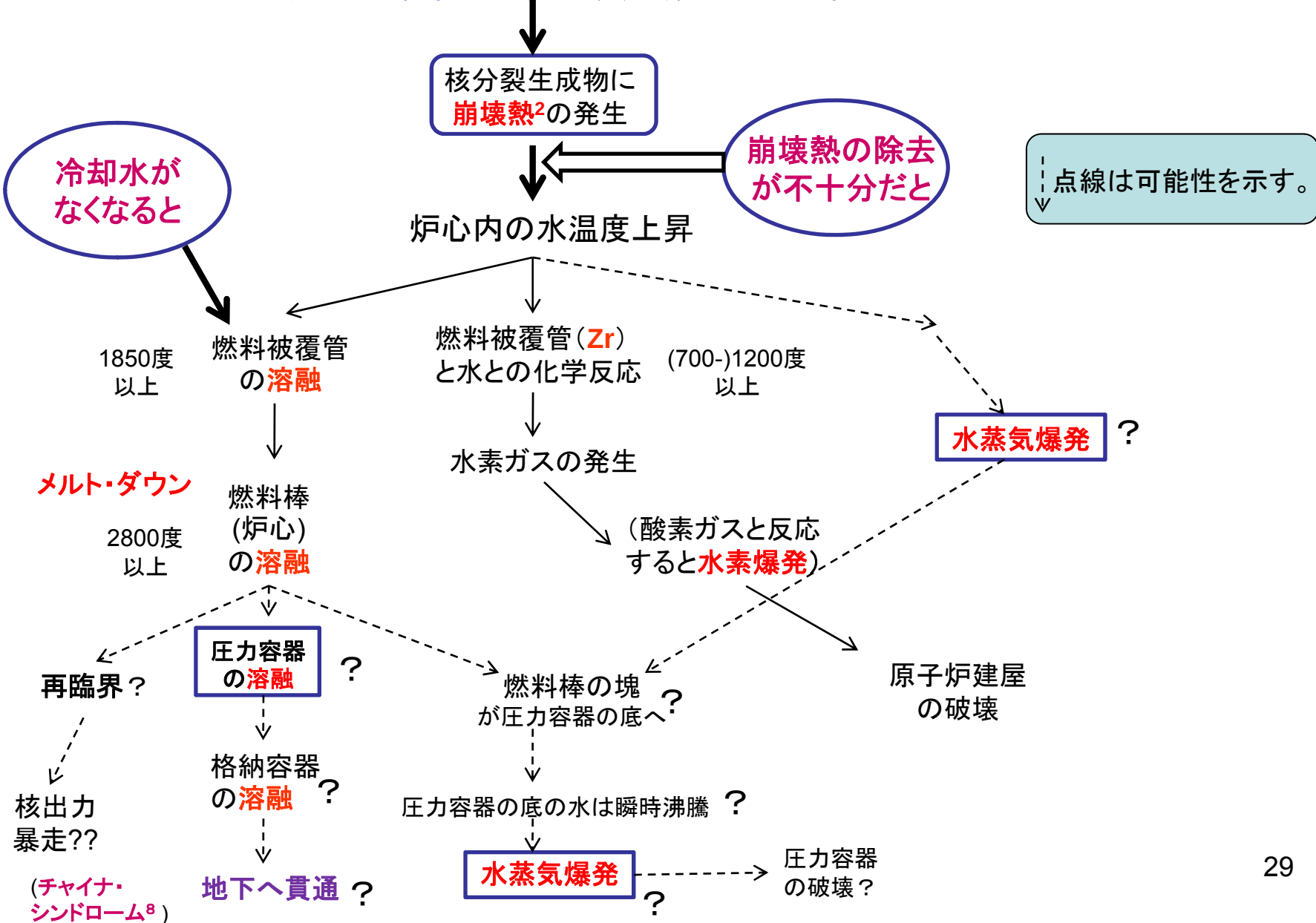


さらに1年後、1日経過後の4%までしか下がらない！  
そのときの崩壊熱の大きさは1000キロワット。  
=  $1000 \times 10^3$  ワット =  $10000 \times 100$  ワット  
= 100ワット電球の1万個分

実際は、福島第一原発の稼働していた原子炉の基数分の合計の崩壊熱に対処しなければならない！

# 原子炉の空焚き事故—冷却水喪失事故LOCA—

原発の運転停止(核分裂連鎖反応<sup>1)</sup>は停止)



## 0) 冷却水のすべてが燃料棒表面から失われると

L. M. Lidsky(米国、マサチューセッツ工科大学・原子核工学教授(当時))  
「原子力工業」(1998年7月号、pp. 32-41)

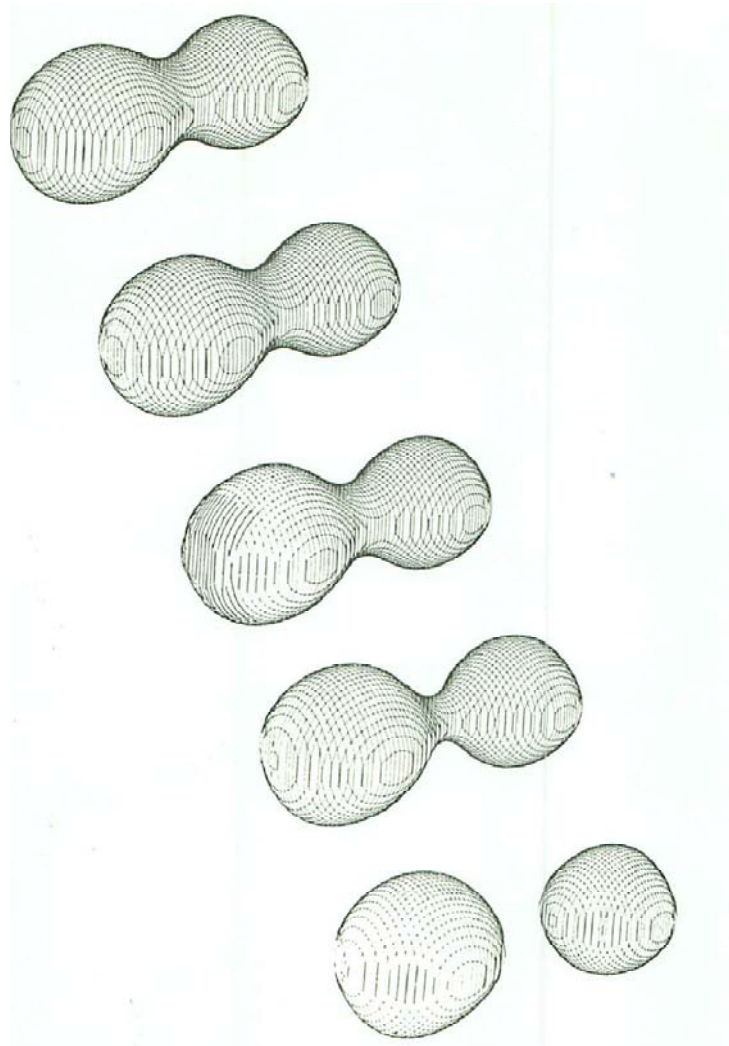
(中略)

「十分な熱が燃料棒表面に達するためには、酸化ウラン燃料の中心部は極めて高温で運転される必要があり、伝達された熱は燃料棒(被覆管の)表面から冷却材(=水)によって運び去られる。もし冷却水のすべてが燃料棒表面から失われると、仮に、あらゆる核(分裂)反応が即座に停止できた場合でも、わずか5秒間で燃料棒を損傷し、20秒後には燃料棒全体の健全性を破壊するに足りる十分なエネルギーが燃料棒内に蓄積されることになる。換言すれば、**ポンプの故障またはバルブの誤動作により冷却機能が5秒間制止すれば、事故発生のおそれ大きい。**

実際の状況はこれよりいくらか良い条件にあるが、重大な損傷を免れるためには1－3分以内に強制冷却に復帰させることが必要である。」

(中略)

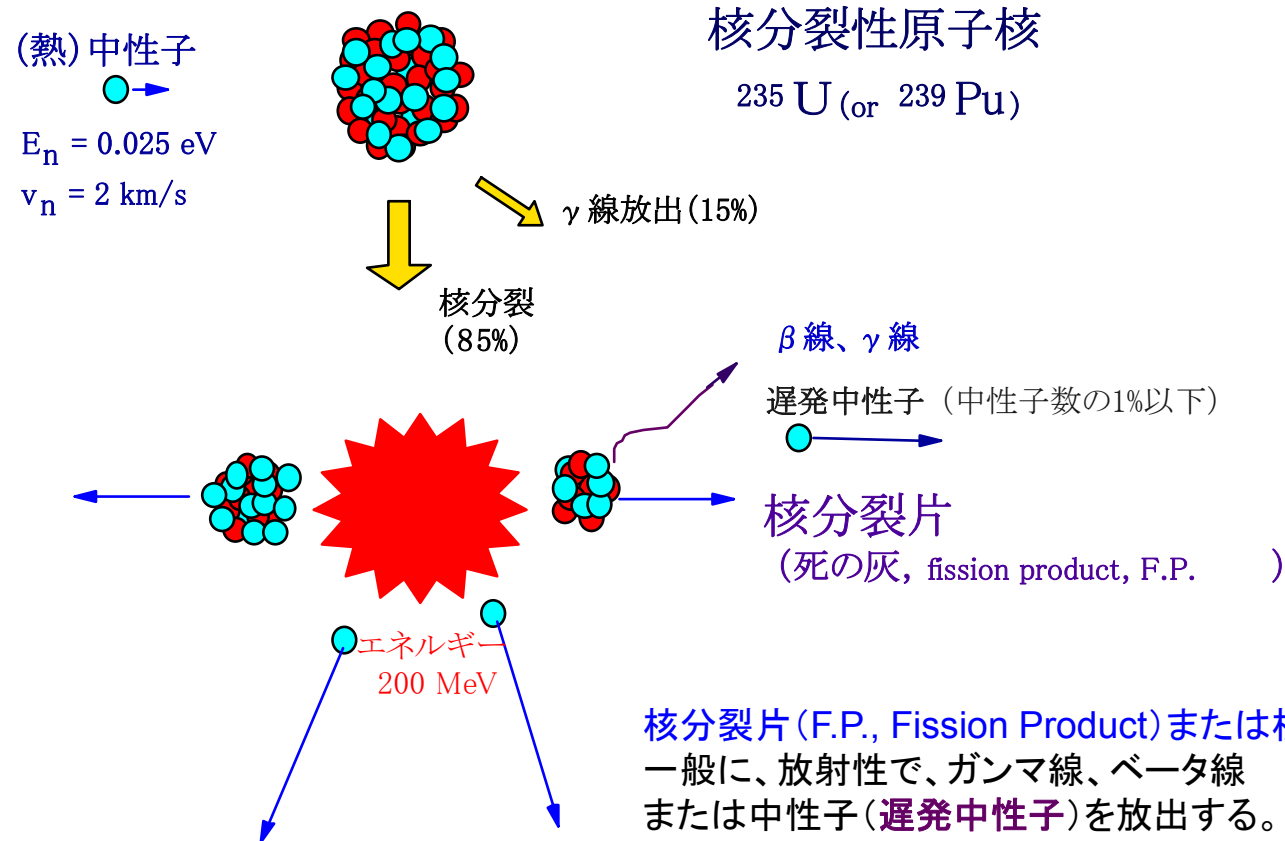
## 1-1) 原子核分裂の過程(数値計算例)



Be8の自発的核分裂の数値計算例

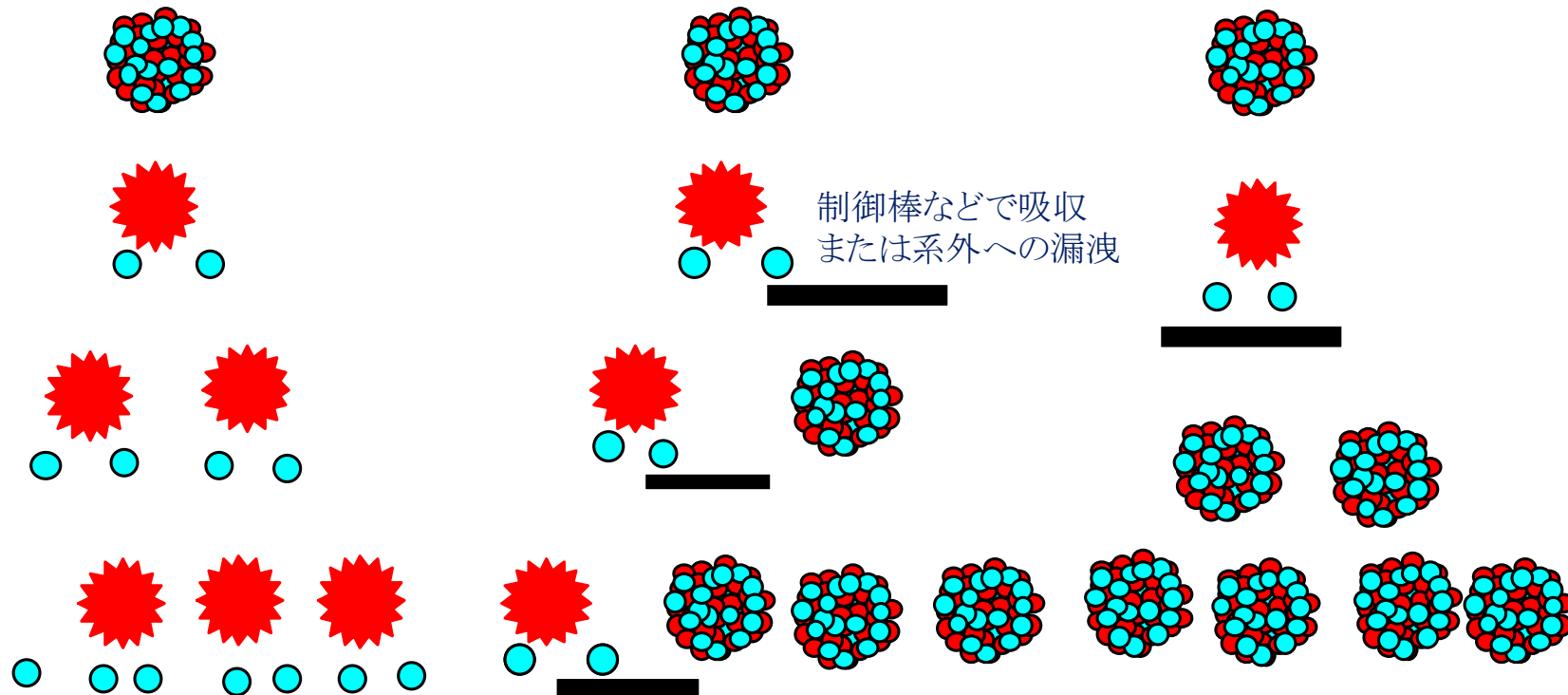
J. Negele, Rev. Mod. Phys. Vol.54(1982)

## 1-2) 核分裂の基本的特徴





## 1-3)核分裂連鎖反応の臨界条件



一口に、核分裂連鎖反応といっても

出力を定常的に維持する連鎖反応の条件と爆発的連鎖反応を開始し、  
想定された威力発揮までの過程を完了する条件とはお互いかなり異なる！  
俗説：原子炉は制御された核分裂、原爆は制御されない核分裂

正しくは、どちらも制御が必要あり、しかし、異質の制御である。

## 2)崩壊熱

- ・核分裂で生じた**核分裂生成物**など、原子核が不安定な核種は、ベータ線やアルファ線などの**放射線**を出して別の原子核に変わっていく。
- ・この現象を**放射性崩壊**という。
- ・そのときに放出されるベータ線やアルファ線などのエネルギーの大部分は、その物質中で熱に変わる。
- ・この放射性崩壊に伴って発生する熱を**崩壊熱**という。
- ・**原子炉が核分裂を停止しても、炉心内にはそれまでに生成された核分裂生成物が蓄積している。**
- ・**それらの核分裂生成物はそれぞれの物理的な特性に従って崩壊し、放射線を出す。**
- ・その放射線エネルギーの大部分は原子炉内で熱に変換される。その熱を崩壊熱と呼ぶ。
- ・その発熱の割合は原子炉の運転期間に依存している。
- ・**この発熱があるということは原子炉の安全性に関してきわめて大きな意味を持つ。**
- ・なぜなら、原子炉内の核分裂反応を停止させることができ、核分裂による発熱をゼロにすることができたとしても、**すでに炉心に蓄積して発熱を続けるこの崩壊熱は決して人為的に止めることができないからである。**
- ・車にたとえて言うならば、走行中にハンドル、ブレーキ、アクセルが効かず、ガソリンが尽きるまで車は走り続けなければならないといった状態になるのである。

## 7) 臨界と再臨界

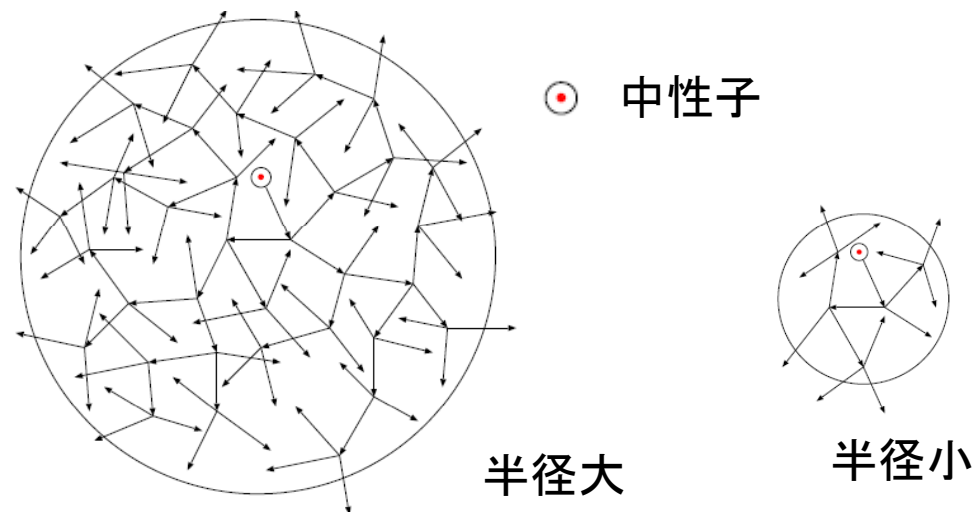
- ・連続的に核分裂が続く(連鎖反応)、この連鎖反応が同じ割合で持続する 状態を臨界という。
- ・核分裂連鎖反応が起きている媒質(一定容積内の物質等)において中性子の生成と消失の均衡が保たれて実効増倍率が1である状態をいう。
- ・発生する中性子数と原子炉材料等へ吸収されたり、系外に漏洩する中性子数との大小関係により、臨界超過、臨界、臨界未満という状態に分類される。

**臨界超過**: 発生する中性子数 > 核分裂物質外に漏洩する中性子数

**臨界**: 発生する中性子数 = 核分裂物質外に漏洩する中性子数

**臨界未満**: 発生する中性子数 < 核分裂物質外に漏洩する中性子数

- ・原子炉が臨界になるにはある程度の核分裂物質の量の大きさが必要で、それは燃料や減速材の性質、幾何学的配置などに依存する。
- ・単純化すれば、核分裂による中性子発生数は核分裂物質の体積に、すなわち半径の3乗に比例する。
- ・漏洩する中性子数は核分裂物質の面積に、すなわち半径の2乗に比例する。
- ・半径が小さい場合には漏洩の割合が大きい、半径が大きい場合には発生する割合が大きい。
- ・その境界となる臨界半径というものが存在する。



*The Effects of Nuclear Weapons*, ed. By S. Glasstone and P. J. Dolan,  
United States Department of Defence and Energy Research and Development, 1997  
Fig.1.48を参考にして作図。

- ・臨界半径から体積をもとめ、核分裂物質の密度をかけると臨界量が計算できる。
- ・臨界量以下の核分裂物質が、燃料被覆材も含めて熔融状態になり、臨界量以上だけ集合して再び臨界状態(この場合、再臨界という)に達するかどうかは明らかではない。  
**しかし、局所的に、**再び臨界状態に達する可能性がゼロであると断定できないだろう。
- ・熔融状態では、核分裂により発生したエネルギーにより、核分裂物質がお互いに離れ、臨界状態は**短時間**に限定される可能性が大きいと思われる。
- ・この点は、原爆のように固体の核分裂物質を爆薬により強制的に集合させることと対照的な仕組みであろう。

- ・以上の解釈は次の報道と矛盾しないと思われる。

朝日新聞、読売新聞3.16

「東京電力は16日、福島第一原発の正門付近で15日にも中性子線が検出されたことを明らかにした。モニタリングカーによる計測で、15日午前1時30分と同40分にそれぞれ、1時間当たり0.02マイクロシーベルト、0.01マイクロシーベルトの中性子線を検出したという。中性子線は同原発3号機が水素爆発を起こした後の14日にも検出され、再び検出できないレベルになってた。」<http://www.asahi.com/national/update/0316/TKY201103160271.html>

東京電力は23日、東電福島第一原発の原子炉建屋の約1・5キロ・メートル西にある正門付近で、これまでに2回だけ計測されたとしていた中性子線が、12～14日に計13回検出されていた、と発表した。観測データの計算ミスで見落としていたという。

中性子は検出限界に近い微弱な量だった。

東電は、「中性子は、(核燃料の)ウランなど重金属から発生した可能性がある。現在は測定限界以下で、ただちにリスクはない。監視を強化したい」としている。  
(2011年3月23日読売新聞)

## 「チャイナ・シンドローム」について

- ・1986年 チェルノブイリ原子力発電所事故の同じ年に公開された映画「チャイナ・シンドローム」の作中では、アメリカの炉心溶融が連続して起きて原子炉や地殻を溶かし、地球の反対側の中国まで溶かす「チャイナ・シンドローム」が発生するという表現がジョークとして用いられた。
- ・このため炉心溶融自体をチャイナ・シンドローム (China Syndrome) と呼ぶこともある。
- ・炉心 (= 燃料集合体) 溶融が発生した場合に、必ず圧力容器の熔解が起きるかどうか明らかではない。

放射線の健康等への影響、避難など緊急対策については下記の文献を御参照下さい。

「原発事故 緊急対策マニュアル そのとき、あなたはどうか」

合同出版 1989年(無料でダウンロード可能)

<http://www.mns.kyutech.ac.jp/~okamoto/fukushima/manual1989.pdf>

<http://jsa-t.jp/local/fukuoka/genpatsujiko1989.pdf>

増補新版

「原発事故 緊急対策マニュアル 放射能汚染から身を守るために」

約80ページ

合同出版 2011年4月中旬刊行予定

# 参考文献

- [Thompson64] The Technology of Nuclear Reactor Safety, Vol.1,(Reactor Physics and Control), ed. By T.J. Thompson and J.G. Beckerly, The M. I. T. Press,Cambridge, Massachusetts,USA.
- [小野他75] 原子力安全問題研究会編「原子力発電の安全性」、岩波書店。  
小野 周、武谷三男、中島篤之助、藤本陽一編集
- [Jakeman75] D.Jakeman「原子炉の物理」、同文書院、1975年
- [武谷76] 武谷三男編「原子力発電」、岩波新書、1976年。
- [山本76] 山本賢三、石森富太郎「原子力工学概論(上)」、培風館、1976年。
- [Web76] R. E. Web, *The Accidental Hazards of Nuclear Power Plants*,  
The Massachusetts University Press, Amherest, USA, 1976.
- [米物理学会79] 米国物理学会「軽水炉の安全性」講談社,1979年。
- [豊田79] 豊田正敏他編「原子力発電技術読本(改訂2版)」、オーム社1979年。
- [Rotblat82] J.ロートブラット「核戦争と放射線」、東京大学出版会、1982年。
- [大橋85] 大橋弘士「原子炉事故時の核燃料のふるまい」、原子力工業、31巻、2号、(1985)、31。
- [佐藤84] 佐藤一男「原子力安全の論理」、日刊工業新聞社、1984年。
- [岡本84] 岡本良治、中原 純、森 茂康,核分裂兵器と爆縮技術「日本の科学者」、vol.19,  
No.3(1984),21.
- [藤村86] 藤村理人「チェルノブイリ原発事故と巨大技術の反省」、原 子力工業、  
32巻、10号、(1986)、20。
- [石川86] 石川迪夫「チェルノブイリ原子力発電所の事故シナリオに関する考察」、原 子力工業、  
32巻、12号、(1986)、17。
- [Marshal86] W.マーシャル「原子炉技術の発展(上)」、筑摩書房、1986年。
- [経セミ86] 経済セミ増刊「チェルノブイリ原発事故」、日本評論社、1986年



- [Lewis85] E.E. Lewis(ルイス)「原子炉の安全工学(上)」、現代工学社、1985年。
- [Lewis86] E.E. Lewis(ルイス)「原子炉の安全工学(下)」、現代工学社、1986年。
- [日本物理学会88] 日本物理学会編「原子力発電の諸問題」、東海大学出版会、1988年。
- [野村89a],野村テツヲ「軽水炉にも起こりうる暴走事故」、エコノミスト、1989.8.22.  
(短期連載・検証・福島原発事故・原発に未来はあるか(上)), p.52.
- [野村89b],野村テツヲ「破局的事故がはらまれていた可能性」、エコノミスト、1989.8.29.  
(短期連載・検証・福島原発事故・原発に未来はあるか(中)), p.78.
- [野村89c],野村テツヲ「反応暴走事故はこうして起こりうる」、エコノミスト、1989.8.22.  
(短期連載・検証・福島原発事故・原発に未来はあるか(下)), p.56.
- [田中90] 田中三彦「原発はなぜ危険か」、岩波新書、1990年。
- [Web92] リチャード・ウェブ「原発事故はどうおこるか  
ーチェルノブイリより危険な軽水炉ー」、原子力資料情報室(当時)、1992年。
- [桜井95] 桜井 淳「原発のどこが危険か」、朝日新聞社、1995年。
- [石川96] 石川迪夫「原子炉の暴走」、日刊工業社、1996年。
- [小出97] 小出裕章、足立 明「原子力と共存できるか」、かもがわ出版、1997年。
- [有馬99] 有馬朗人「慙愧の一年――科学者として長官として」、中央公論、1999年、12月号、52.
- [伊東山崎99] 伊東光晴、山崎敏光「暴走しない原子炉はありうるか」、世界、1999年12月号、50.