

高速増殖炉“もんじゅ”の危険性と問題点

1. 暴走しやすい

- (1) 炉心内の燃料配置が、反応度の最も高くなるように作られていない。従って、燃料が曲がったり、変形したりして配置が崩れると、反応度は加わって高くなり、暴走する——軽水炉では一般には無い。

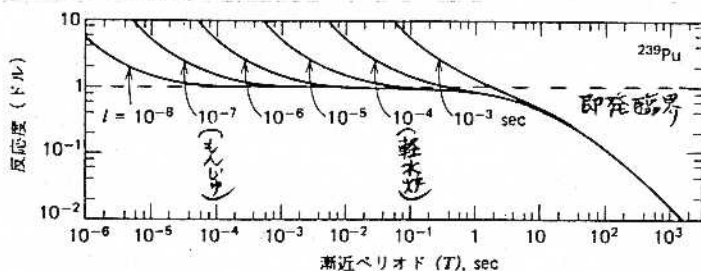
例：燃料スランピング事故——もんじゅ申請書添付書類十、10-3-7

- (2) 炉心の中央部分ではナトリウムホイド係数が正であるため、その部分の出力が上って温度が上昇しナトリウムが蒸発すると（ホイドになると）、これによって反応度が加わりますます出力が上がり、自動的に暴走していく——チェルノブイリ原発と同じ性質

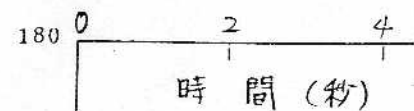
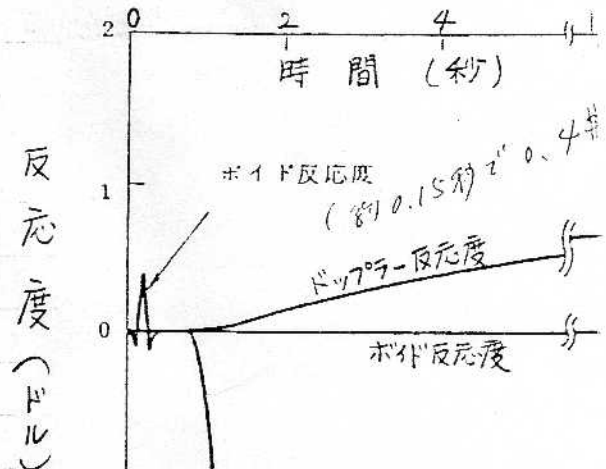
例：気泡通過事故——もんじゅ申請書
（右図）添付書類十
10-3-10

わずか20lの気泡が一回通過するだけで、出力は定格の1.6倍以上も暴走し、もし緊急自動停止（制御棒落下）が働かなければ暴走事故になる。

- (3) ドップラー効果など負のフィードバック効果（暴走しかけたときに自然に暴走を止めようとする効果）が軽水炉より小さく（別表項目16）、暴走時にブレーキがかりにくい。
- (4) 暴走が即発臨界（反応度が1ドル以上加わった場合）を越えると、即発中性子寿命（ ℓ ）が小さいため（別表項目19）、その暴走スピード（ペリオド）は軽水炉の場合よりはるかに速く、激烈である（下図）。



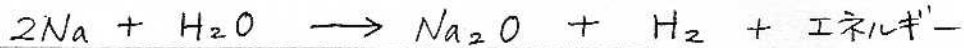
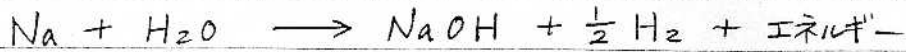
即発中性子寿命(ℓ)の大きさと暴走のスピード(ペリオド)との関係



原子炉出力及び炉心流量 (定格値に対する割合) (%)

2. ナトリウムを冷却材に使う危険性

(1) ナトリウムは水と爆発的に反応し、熱と水素(爆発しやすい気体)を発生する。



蒸気発生器の細管が破れてナトリウム-水反応が起こると強い爆発力によって一次系にまで衝撃を与えて損傷させる。また、隣の細管も次々と破られ、さらに大量の水が噴出してNa-水反応はさらに拡大し、事故の規模を拡大する。さらに、生成された苛性ソーダ(NaOH)は腐食性が強く、健全な細管を腐食させて破壊する。(注)

(2) ナトリウムは高温(運転中のナトリウム)で空気に触れると燃える。

このため、ナトリウム漏れにより原発施設に火災を起しやす。——そのため、ナトリウムのある部屋はすべて窒素雰囲気にしてある。その結果、作業者が立入る時は酸素ボンベと酸素マスクを使用しなければならない。作業に不自由であり、また酸素欠事故の危険性がある。

(3) ナトリウムは高温でコンクリートに触れると激しく反応し、危険な水素ガスが発生してかつコンクリートを破壊する。——そのため、床や壁にステンレス、スチールを貼りめぐらさねばならない。

(4) ナトリウムは不透明なため、軽水炉とちがって手探り作業をしなければならない。これは人間の視覚による作業の成否の確認を不可能にする極めて確実性の乏しい危険な作業方法である。

(5) ナトリウムは、身体に付いたり吸収したりすると人体を犯すので危険である。

ナトリウム取扱い作業は危険な作業であり、完全武装が必要である。

(6) ナトリウムは原子炉内で強く放射化され、労働者の被曝を深刻なものにする。

Na-24 : 半減期 15時間

Na-22 : : 2.6年

ナトリウムが通ったり、入っていたりする機器や配管は全て厳重なしゃへいを施さねばならず、それが作業性を悪くしている。

(7) ナトリウムは熱し易く冷め易いため、出力の上下や停止時の熱衝撃が大きく、機器や配管の材料に苛酷な負担をかけ、損傷しやすくしている。

(8) ナトリウムは約98°C以下で固体になってしまうため、停止中も常に予熱しておかねばならない。

(注) 英国の高速増殖炉PFRは、1987年2月27日、蒸気発生器細管の大破断事故を起し、Na-水反応によって次々と他の細管も破裂、結局40本にも及びさらに70本に損傷を与えた。この事故をはじめ、同様の事故が世界のあちこちで起っているのにいずれも秘密にされたり、詳細が明らかにされていない。

3. 危険なプルトニウムを燃料に使う

- (1) プルトニウムの微粒子を吸入すると肺(主に細気管支や肺胞)に沈着しやすく、なかなか排出できない(生物学的半減期:約500日)。その間に放出されるα線による被曝によって肺ガンを起す。
- (2) 喫煙者は、気管支(このなかには肺ガンに非常に敏感な部分がある)の繊毛が失われているので、プルトニウムが沈着しやすく、特に危険である(非喫煙者の約200倍危険)。
- (3) 微量でも莫大な人数を殺す極めて猛毒の物質である。
Pu-239は、わずか1gで喫煙男性約440万人を殺す毒性を持っている(ゴフマン)。
過去の原水爆実験でばらまかれたプルトニウム全量(328kg)により、世界で95万人が肺ガンで死ぬ(ゴフマン)。
- (4) 原発で生まれるプルトニウム(高速増殖炉の燃料)にはPu-239よりもっと猛毒の他のプルトニウム(同位元素)が混ざっており、核兵器のプルトニウムよりもっと危険である(下表)。
25才の男性喫煙者の場合、原発のプルトニウム1gが2400万人に肺ガンを起させる(ゴフマン)。
- (5) プルトニウム(主にPu-239)は原水爆の材料であり、軍事物資(それも決定的な)そのものである。原発用プルトニウムは容易に軍事用に転用できるので、それを防止しようとすれば、厳重な管理と秘密を必要とし、人間の管理・統制から人権抑圧・自由制限の管理社会化へ進む危険がある。
- (6) プルトニウムを燃料とする高速増殖炉は、再処理工場が無くては成り立たない。
再処理工場は、① 原発とは桁違いの放射能放出量によって環境を放射能汚染する。
② 再臨界事故を起しやすく、核暴走・核爆発の恐れがある
- (7) プルトニウムの大量流通は、輸送、再処理、燃料加工の各段階で漏れによる災害の危険性(完全に漏れを防ぐことは不可能)を常にばらまき、10トン(もんじゅの炉内には14トン)の0.1%がもたらす100万人(10キロワット)以上の致死量。

表 原発で作られるプルトニウムの組成とそれらの毒性

(燃焼度 33000 MWth-D/T, 150日冷却)

プルトニウム同位体	生成比(重量%)	放射線の種類	半減期(年)	放射能(1g中のベクレル数)	職業人の年摂取限度(ベクレル)	1gが年摂取限度の何倍?
Pu-238	1.5	α	92	100億	200	5100万倍
Pu-239	60	α	24400	14億	200	700万倍
Pu-240	22	α	6580	18億	200	930万倍
Pu-241	12	β ⁻	14	4560億	10000	4560万倍
Pu-242	4.5	α	376000	0.06億	200	3.2万倍

(UNSCEAR-1977を使用したゴフマンの表に手を加えた)

4. 材料が危ない — 高温・高放射線・高燃焼度として地震に弱い

- (1) 一次冷却材が高温であるため (出口温度: PWRは約320℃, もんじゅは約530℃)、軽水炉には無い材料破壊のメカニズムが新たに加わる — クリープ疲労, クリープ破壊 (クリープとは、材料に力が加わったままの状態、時間とともに徐々に変形していく現象)
- (2) 高温では、材料の腐食も進みやすい
- (3) 高温であり、かつ一次冷却材の出入口温度差が大きい (PWRは約35℃, もんじゅは約130℃) ので、熱し易く冷め易い (比熱が小さい) ナトリウムの性質ともあいまって、熱応力、熱衝撃および熱疲労が大きく、構造材が破壊されやすい。
- (4) または構造材であるステンレス・スティールは、特に熱伝導が小さく熱膨張の大きい物質なので、さらに熱応力を大きくするので危険である。
- (5) そのための対策として、機器や配管の材料の肉厚を薄くしなければならぬ。その結果、強度は弱くなり、地震に会うと破壊しやすい。また、配管をわざわざ長大にし (軽水炉の10倍以上)、熱応力を緩和しなければならぬ (右図)。
- (6) 結局、高速増殖炉では、材料の選び方は、強さを犠牲にして柔らかさ (延性) のあるものにせざるをえない。
- (7) 高速中性子の照射により、材料は照射損傷を受け、脆化する。その高速中性子束は、軽水炉の約100倍も大きく、使用にとまなう脆化が早い。
- (8) 蒸気発生器 (もんじゅでは、蒸発器と過熱器に分かれています) は、高温 (PWRより100~150℃高い)、高圧 (PWRは58 kg/cm², もんじゅは132 kg/cm²) として圧力差が大きい (PWRは約100気圧、もんじゅは約150気圧) ため、細管に苛酷な力がかかり、破損しやすい。また、高温のため、腐食もされやすい。
- (9) 燃料の燃焼度が高い (PWRの約2.5倍) ので、
 - ① ガス状の死の灰が沢山たまって燃料棒内の圧力を高くし、
 - ② 腐食性の死の灰が沢山発生し
 - ③ 燃料ペレットの「スワエリング」(ふくれ) が大きくなって被覆管を押し広げる力が大きく、
 - ④ 高速中性子照射量が多くなるため被覆管の材質の脆化が進んでいるので、燃料棒被覆管が破れて放射能を放出する事故を起しやす。
- (10) それにもかかわらず、被覆管の肉厚は軽水炉より薄くしてあって危険がある。

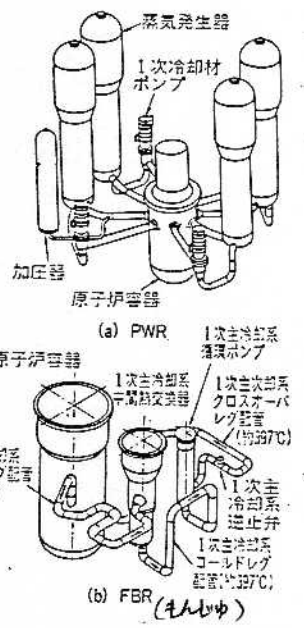


図. PWRともんじゅとの配管の仕方の違い

5. 炉心溶融事故を起しやうい

- (1) 燃料棒同志の隙間が、狭いと3で1.4ミリしかなく(伊方2号は3.4ミリ)、燃料棒同志がくっつき易い。くっつくと、その部分に冷却材が流れず、温度が上って溶融する。
- (2) 高温・高燃焼のため、燃料棒は曲りやすく、燃料棒同志がくっつきやすい。
- (3) 隙間が狭いため、除熱が大変で、ごく小さな異物の混入があっても燃料棒間につまりやすく、その冷却材の流れを塞いで温度を上げ、炉心溶融を起しやうい。
(1966年10月5日、米国エンリコ・フェルミ炉の炉心溶融事故の例)
- (4) 運転中の燃料棒温度が軽水炉よりずっと高く、より融点に近い。
- (5) 出力密度が軽水炉の3倍以上も高いのでより溶融しやすく、溶融のスピードもより早く、また、溶融の他の燃料棒への伝播も容易でかつ速い。
- (6) 局所での溶融がたやすく大事故に拡大するが、局所的な温度変化をばやく精度よく知る事が大変難しい。

別表 加圧水型軽水炉と比べた“もんじゅ”の安全上の問題点

別-1

コソヨ コレ-12(19×24)

項目	軽水炉 (伊オ2号)	もんじゅ	問題点
1. 燃料	UO ₂ (二酸化ウラン)	PuO ₂ + UO ₂ (プルトニウムとウランの混合酸化物)	Puの毒性は強い。Puは核兵器の材料
濃縮度(富化度)	約 3%	15~21% (場所により、時期により変動)	濃縮度が高く、形状変化による暴走や再臨界の危険が大きい。
装荷量	U: 48 t	Pu: 1.4 t, 劣化U: 22 t	このうち、核分裂するPuは1 t
2. 冷却材	軽水	ナトリウム	水と爆発的に反応する。高温で空気に触れると燃える。不透明で手探り作業を強いられる。原子炉の中で強い放射能を帯びる (Na-24)。
3. 燃料被覆管	材質	ジルカロイ-4	圧力腐食割れの危険
外径	10.72 mm	6.5 mm	細いので弱く、加工が大変
肉厚	0.62 mm	0.47 mm	薄いので、破れ易い
4. 燃料集合体	ピッチ	7.9 mm (1.4 mm)	狭いため隣接燃料棒に接触しやすい。除熱が大変 集物がつきやすい
5. 原子炉容器	材質	低合金鋼 (SUS内張)	
高さ/内径/肉厚	11.2 m / 3.35 m / ?	18 m / 7 m / 5 cm	巨大で薄いので、地震などで外力に弱い。
6. 一次冷却系配管	外径/肉厚	0.7~0.79 m / 69~78 mm	薄いので、地震などで力がかかると弱い。
7. 蒸気発生器	媒体	高圧軽水 → 低圧軽水	穴があき水が漏れたら爆発的に反応
伝熱管材質	インコネル	700モリブデン鋼 (蒸気器) SUS (過熱器)	← 高温に弱い ← 応力腐食割れに弱い
外径/肉厚	約 2.2 cm / 約 1.5 mm	約 3 cm / 約 3.5 mm	Na-水反応が恐ろしいので厚くしてある。
8. 格納容器	高さ/内径	67 m / 33 m	巨大であり、耐震性に問題
耐圧	2.45 kg/cm ²	0.5 kg/cm ²	圧力が加わると、極めて弱い。 炉外での水素爆発などには耐えられない。

項目	軽水炉(伊方2号)	もんじゅ	問題	吳
9. 燃焼度 (取出時平均)	3,500 MWD/t	80,000 MWD/t	死の灰の濃度大, 燃料棒内径大など	お苛酷な使用
10. 出力密度 (平均)	100 kW/l	300 kW/l	熱的條件厳しい。除熱が大変, 事故の拡大が危	
11. 中性子平均速度	低速	高速	構造材の照射損傷(脆化)が大	原子炉制御が難しい
12. 一次冷却材温度	288°C / 323°C	397°C / 529°C	構造材の照射損傷が大	
温度差	35°C	132°C	高温のため材料強度は減り、履食しやすくなる。	
圧力	157 kg/cm ² (運転圧力)	8 kg/cm ² / 1 kg/cm ²	クリーニングを起さず(注1)	
13. 燃料最高温度	約 2,090°C	約 2,350°C	熱応力や熱衝撃が大ミミので、容器や配管を薄肉にし、長大な配管にしなければならぬ。	
14. 蒸気SG出口温度	273°C	487°C	より蒸気出しやすい	
14. 蒸気圧力	58 kg/cm ²	132 kg/cm ²		
14. 蒸気圧力差	99 kg/cm ²	160 (蒸気器) / 150 (過熱器)	SG細管に過大な圧力が加わり、破れやすい。	
15. 制御設備方式	独立2法 { 吸収体Rod, ホウ酸注入 }	吸収体Rodのみ	制御装置の共通モード故障が起れば、原子炉停止が難しい	
停止能力	吸収体Rod: 0.05 AK ホウ酸注入: 0.25 AK	調整棒 0.07 AK 後補棒 0.06 AK	抑制能力が低い	
16. 反応度係数 (燃料温度)	- (1.8 ~ 3.5) x 10 ⁻⁵ ΔK/K	- (3.3 ~ 3.9) x 10 ⁻⁶ (燃料温度) ΔK/K	より小さく、軽水炉より抑止力小さい。	
冷却材温度	(+0.5 ~ -8.5) x 10 ⁻⁴ ΔK/K	(+1.0 ~ 14) x 10 ⁻⁷ ΔK/K	常に正で、軽水炉より危険	
減速材	—	—	常に正で 危険側	
構造材温度	—	—		
炉心支持板温度	—	—		
ボイド	(+0.5 ~ -2.8) x 10 ⁻³ ΔK/K	(+1.1 ~ 1.5) x 10 ⁻⁴ ΔK/K	4セルブレイと同じ暴走しやすいため特徴	

(注1) クリーニングとは、材料に力がかかっている状態を、時間とともに徐々に変形していく現象

