



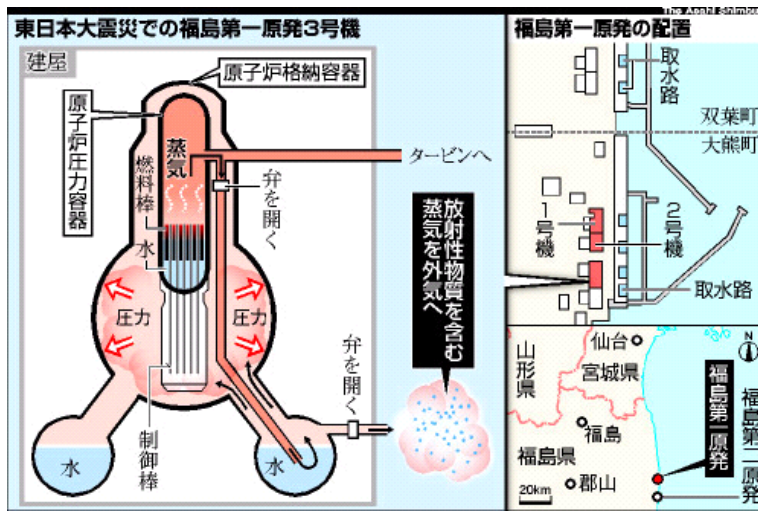
平成 23 年 3 月 24 日 17 時 00 分

福島第一原子力発電所の放射性物質の閉じ込めと炉内の燃料構造について

社団法人 日本原子力学会

福島第一原子力発電所の燃料と炉内の構造をもう少し詳しく説明して欲しいというお話がありましたので、一般の人向けに、炉内の燃料の仕組みを解説しました。

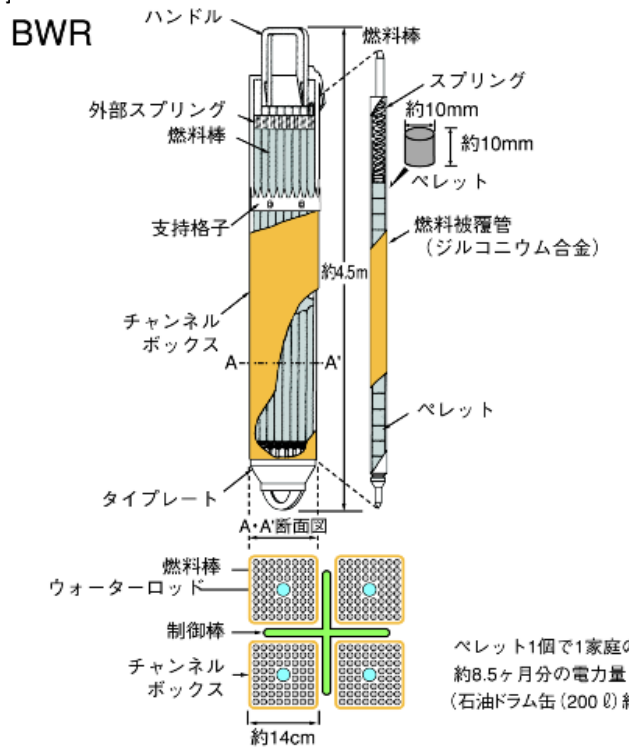
図 1



福島第一原子力発電所3号機 (朝日新聞 2011年3月11日)

図 2

全長約4m



BWR燃料集合体(原子力図面集)

問合せ先 E-mail: [QandA@aesj.or.jp](mailto:QandA@aesj.or.jp)



(1) 福島第一原子力発電所の炉の中の燃料の仕組みは？

原子力発電所では放射性物質を閉じ込めるため「五重の障壁」を設けています。

第1の障壁：ペレット (図2)

原子炉の中に入っている燃料はウラン酸化物ですが、これは高温で焼き固めたペレット（直径約1cm、長さ約1cm）という形で使われています。核分裂によってエネルギーが出ますが、同時に核分裂生成物（放射性物質）も出てきます。そしてその大部分はペレットの中に閉じ込められます。原子炉の中のペレットの総数は900万個（1号炉）ないし1200万個（2、3号炉）程度です。

第2の障壁：被覆管 (図2)

このペレットをジルコニウム合金製の被覆管の中に入れて燃料棒にします。原子炉の運転中にペレットの外部へ少量の放射性物質が出ますが、これは通常は被覆管の中に閉じ込められます。燃料棒は束ねて燃料集合体とし、炉心の中に配置されます。燃料集合体の数は400体（1号炉）および546体（2、3号炉）です。

通常運転時には冷却材（水）は、燃料棒間を通り抜ける際に、核分裂による熱エネルギーを奪って蒸気となります。この蒸気を使ってタービンを回し、電気を作ります。

第3の障壁：原子炉压力容器 (図1)

（1号炉は内径約4.8m、高さ約20m、2、3号炉は内径約5.6m、高さ約22m。また壁の厚さは約16cm）

被覆管が破損し放射性物質が漏れた場合には、冷却材中に漏れた放射性物質を鋼鉄製の原子炉压力容器内に閉じ込め、外部へ出ないようにします。

第4の障壁：原子炉格納容器 (図1)

压力容器の外側に、さらに鋼鉄製の原子炉格納容器（厚さ約3cm）を設け、主要な原子炉機器を包んでいます。これは原子炉から放射性物質を閉じ込めておくとともに放射能を減らし、周辺への放射線の影響を低く抑える役目を果たします。

第5の障壁：原子炉建屋

格納容器の外側は、二次格納施設としてコンクリート製の原子炉建屋があります。

(2) これらの障壁は現時点（3月23日）ではどうなっているのでしょうか。

第1の障壁：ペレット



ウラン酸化物（ $UO_2$ ）の融点は  $2800^{\circ}C$  です。冷却が上手く行かずこれが融けるようになる状態が、燃料溶融です。（炉心で大量に燃料溶融が生じた状態を炉心溶融と呼びますが、今は炉心溶融を燃料溶融の意味で用いている人が多いようです）。燃料溶融が生じるとペレットの中に閉じ込められていた多くの核分裂生成物が外部に放出されることになり、また燃料溶融が拡大して炉心溶融状態が長く続くと、第3の障壁である圧力容器の破損を来す可能性も高くなります。

現在いずれの炉でも燃料が溶融しているという証拠は無いようですが、全く融けていないという確証も無いようです。

#### 第2の障壁：被覆管

冷却能力の不足により、燃料が部分的に露出する事態が続いており、さらにヨウ素やセシウムの放出があるので、被覆管の一部は破損しているものと考えられます。

#### 第3の障壁：原子炉圧力容器

これまでのところ損傷などの兆候はありません。

#### 第4の障壁：原子炉格納容器

2号機では圧力抑制室が損傷している可能性があります、他の号機では損傷などの兆候はなく、その機能を果たしています。

#### 第5の障壁：原子炉建屋

1～4号機の全て建屋の上部が水素爆発や火災で損壊または損傷しています。

### (3) 今後の見込み

今事故の鎮静に国を挙げて取組んでいて、今後の展開については容易に予測できませんが、特に第3、第4の障壁は何とか守らねばなりません。そのためには炉心溶融を防ぐことがすべてだと思います。

「スリーマイルアイランド原子力発電所」という炉心溶融事故がありました。この時は原子炉を止めてから2時間20分も炉心に水がないことに気づかなかつたため、炉心溶融となったとされています。そして燃料の45%が溶融したことがわかりました。この場合でも原子炉圧力容器は損傷しませんでしたし、健康被害もありませんでした。

現在、原子炉の停止から既に300時間以上経過しています。燃料からの発熱量もかなり低減している筈ですが、とにかく「冷やす」ことが優先事項なのは間違いないでしょう。