



## Q：事故はなぜ起きたのですか？

A：原子力発電所の安全性は、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能で保たれています。福島第一原子力発電所での事故は、「冷やす」の機能が想定外の津波によって正常に働かなかったことによるもので、その結果として「閉じ込める」の機能も損なわれてしまったことによるものです。詳しくは詳細説明をご覧ください。

### < 詳細説明 >

#### 【安全原則「冷やす」、「閉じ込める」のほころび】

原子力発電所の安全性は、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能で保たれています。地震の影響があった地域の原子力発電所の合計 11 機（東京電力福島第一発電所：3 機、東京電力福島第二発電所：4 機、東北電力女川発電所：3 機、日本原電東海第二発電所：1 機）の原子炉は、あのような大地震であっても制御棒緊急挿入によって核分裂連鎖反応を止めることができ、「止める」については確実に実行されました。福島第一原子力発電所での事故は、「冷やす」の機能が以下に説明するような事態のために正常に働かなかったことによるもので、その結果として「閉じ込める」の機能も損なわれてしまいました。「閉じ込める」の機能は、燃料本体、燃料被覆管、原子炉压力容器、原子炉格納容器、原子炉建屋の 5 層の障壁によって、放射性物質を原子力発電所の外への流出を防ぐものとなっています。しかし「冷やす」の機能喪失による燃料溶融によって、燃料本体と燃料被覆管の障壁が損なわれ、また水素爆発により原子炉建屋の障壁も損なわれてしまいました。さらに、タービン建屋地下のたまり水中に高濃度の放射性物質が検出されたことから、原子炉と蒸気タービン発電装置の間の配管から漏れ出した恐れがあるとして、その流出原因を調査しています。

#### 【炉心冷却機能の喪失】

運転中であった 3 機（1 号機、2 号機、3 号機）の原子炉は、地震発生後直ちに、制御棒緊急挿入することで核分裂連鎖反応を停止することができました。原子炉は核分裂連鎖反応が止まっても余熱（崩壊熱）があるため、これを冷却するために炉心冷却装置が装備されています。「冷やす」は原子炉の安全にはきわめて重要ですので、複数の独立した炉心冷却設備と、外部からの電源が断たれたとしても電源が確保できるように複数台のジーゼル発電機が装備されており、これらのいずれかの炉心冷却装置が作動すると「冷やす」機能が働くようになっていました。地震によって送電網が倒壊したことで発電所外部からの電源が断たれてしまいましたが、ジーゼル発電機による発電が開始されました。そしてその直後に、想定外の津波が福島第一原子力発電所を襲ってしまうことになりました。この津波によってジーゼル発電機の海水による冷却装置や燃料タンクなどが流失してしまい、





ジーゼル発電機の発電機能も停止してしまいました。その後しばらくの間は補助的な冷却機能は働いていたのですが、それもやがて機能を失い、その後の海水の炉心注入までの間は炉心冷却機能が失われ、この間に炉心燃料の一部が溶融したものと考えられています。

## 【原子炉建屋の爆発】

原子炉压力容器、原子炉格納容器、原子炉建屋は図1のように構造となっており、それぞれは放射性物質の流出に対する障壁となっています。压力容器内で余熱により発生した蒸気を格納容器内にある水プール（圧力抑制プール）内に放出させて水に戻していましたが、同時に水プールの温度も上昇したため、格納容器内の圧力が徐々に上昇していきました。水プールに放出された蒸気中には、冷却されずに高温となった燃料被覆管と水蒸気の化学反応によって発生した水素と、この反応にともなう燃料被覆管の損傷やあるいは燃料溶融によって放出された放射性物質が混入したものと考えられます。格納容器内の圧力が耐圧限界近くまで上昇したため、蒸気を大気に排気（ベント）して圧力を低下させる操作を行いました。そのさいには蒸気とともに放射性物質と水素ガスも放出されることとなります。本来であれば、蒸気は原子炉建屋外の大気に放出されるはずでしたが、原因は明らかではありませんが原子炉建屋内に放出されたのではないかと考えられています。このことにより原子炉建屋内上部に水素ガスがたまり、1号機と3号機では水素爆発が起きたことから原子炉建屋上部が破壊されてしまいました。この爆発後または火災発生後には高い放射線量が観測されました。また2号炉では、格納容器内の水プール部で水素爆発が起きたものと考えられております。

## 【使用済み燃料貯蔵プールでの水蒸気噴出】

原子炉で使用した燃料は、使用済み核燃料として大量に水を張ったプールに保管されます。このプールは使用済み燃料貯蔵プールと呼ばれ、原子炉建屋内に配置されていました。使用済み燃料はわずかですが余熱を持っているため、通常では使用済み燃料貯蔵プールは冷却されています。しかし、地震と津波によってプールを冷却するための電源が断たれたため、冷却されない状態が続きました。このため、やがてプールの水が沸騰を始め、水蒸気として放出される現象が観測されました。このままの状態が続くと、燃料の一部がむき出しとなり、燃料の溶融が起これ、水蒸気とともに放射性物質の流出の恐れがありました。特に、1号機、3号機、4号機では原子炉建屋上部が破壊されたため使用済み燃料貯蔵プールは大気に晒されている状態でした。このような危険な事態を避けるため、消防隊隊員や自衛隊隊員の献身的な活動による消防車両の放水が行われ、プールへ水を補給することで使用済み核燃料がむき出しになるような事態を避ける処置がとられております。



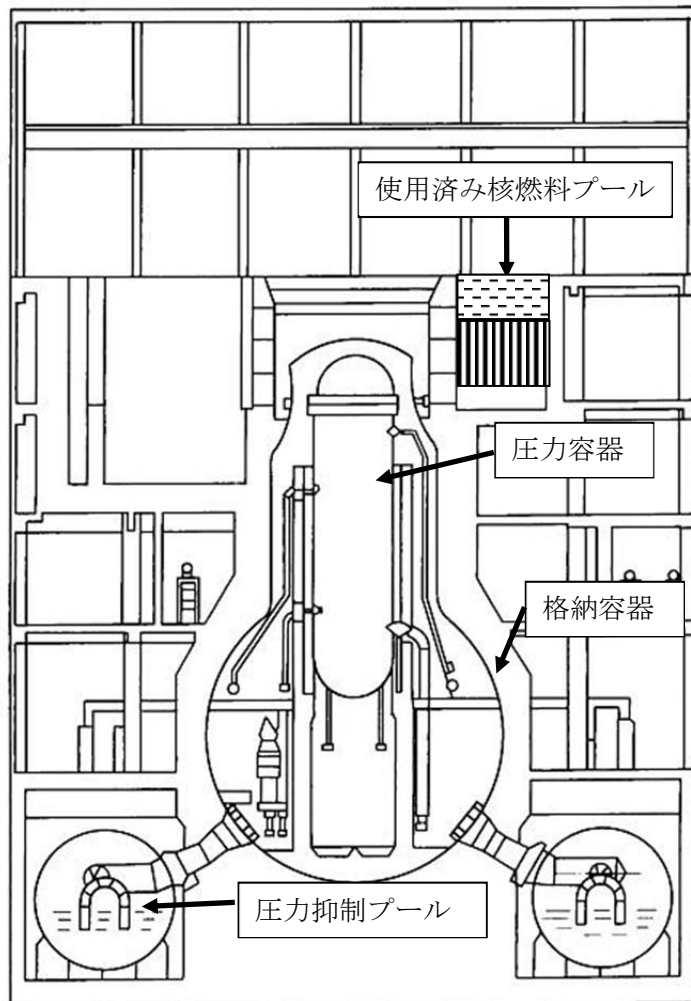


図1 Mark-I型格納容器

[出典]原子力安全研究協会(編):軽水炉発電所のあらまし(改訂版)、  
原子力安全研究協会(1992年10月)

2011年3月28日

北海道大学 大学院工学研究院 量子理工学部門

北海道大学 原子力系研究グループ

連絡先：[web-admin@www2.ge.eng.hokudai.ac.jp](mailto:web-admin@www2.ge.eng.hokudai.ac.jp)

