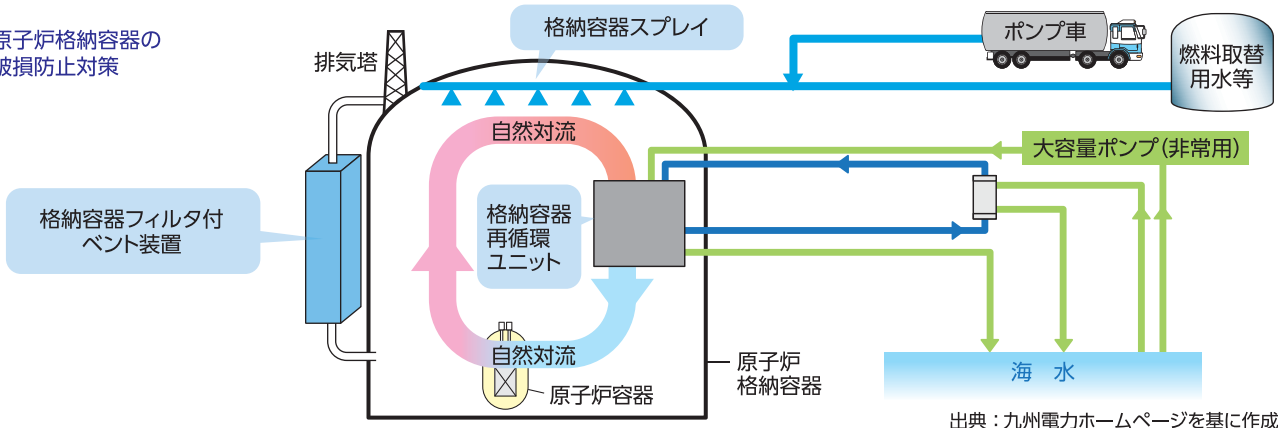


■図6) 原子炉格納容器の破損防止対策



出典：九州電力ホームページを基に作成

**Q 6.** 福島第一事故を踏まえた、PWR型の安全対策への取組みについて教えてください。

A.PWR型は、前述したように、地震・津波によって電源を喪失、あるいは海水ポンプが損壊し最終ヒートシンクを喪失するような事態に陥っても、原子炉等を冷却する機能を維持する手段を持っており、また、水素爆轟も起こらないと考えています。

しかしながら、安全機能を強化する観点から、事故直後より①非常用電源の増強②冷却機能の強化③津波・耐震対策強化を基軸に各種の対策を図ってきています。

非常用電源については、大容量の発電機や直流電源等を追加設置しており、将来的には恒設の非常用空冷式発電機の設置も計画しています。冷却機能では、可搬式ポンプや大容量のポンプ車等を配備し、冷却・注水機能を強化しています。津波・耐震対策としては、所内の電源設備や非常用発電機室等の水密化対策を実施しています。更には、変電所・開閉所の耐震性強化等も計画されています。

また、万一炉心損傷が発生した場合、原子炉格納容器の破損防止対策として、格納容器スプレイによる冷却や格納容器の自然対流冷却(格納容器再循環ユニット)によって蒸気を凝縮し、内部圧力を低下させることができますが、念のための設備として、放射性物質をろ過する機能を設けた格納容器フィルタ付ベント装置を設けることで、更なる安全強化を目指しています。(図6)

**Q 7.** 現在、我が国では、今後のエネルギー政策について議論が続けられていますが、どのような方向に進むべきであると考えますか？

A.資源の乏しい日本において、国家のエネルギー政策はとりわけ重要な課題であり、CO<sub>2</sub>の増加による地球温暖化問題や安定的な資源の確保(エネルギーセキュリティ)、更には経済性等も踏まえながら、慎重かつ冷静に議論されるべきです。現在の主たるエネルギー源である化石燃料にも、将来的に



出典：九州電力ホームページより

期待される再生可能エネルギーにも懸念や課題があり、これらですべての国内電力を賄うことにはリスクがあると考えています。そのため、当社としては、原子力も一つの重要なエネルギー源として必要不可欠であると考えています。

**Q 8.** 原子力発電の安全性確保および信頼回復に向けて、今後どのような取組みを行われますか？

A.当社としては、福島第一の事故を深刻に受け止め、原子力プラントの安全性・信頼性の更なる向上に努め、電力の安定供給に貢献していくことがメーカーとしての社会的責任であり、使命であると考えています。

平成25年7月8日の新規規制基準の施行により、原子力規制委員会による国内原子力発電所の再稼働に向けた審査が始まりました。現在、当社においても再稼働に向けた各種安全評価作業や各原子力発電所での安全性向上対策工事が本格化しています。設計(基本計画/基本設計/詳細設計)から製作、据付、アフターサービスに至るまで、一貫して対応できる国内唯一のPWR型プラントメーカーとして、更なる原子力発電所の安全性向上を目指し、総力を挙げて電力会社を支援していきたいと考えています。

## PWR型原子力発電の特性と福島第一事故以降の原子力発電の安全への取組み

加圧水型軽水炉(PWR型)原子力発電プラントメーカー「三菱重工株式会社」に聞く

平成25年7月8日に、原子力発電所の安全性を判断する新たな規制基準が施行されました。この規制基準では、東京電力福島第一原子力発電所の事故の教訓などを踏まえ、地震や津波など大規模な自然災害への対策強化、炉心損傷や格納容器損傷の防止、放射性物質の拡散抑制など幅広い安全対策が求められています。

現在、この規制基準に基づき、九州電力の川内、玄海原子力発電所を始め、四国電力の伊方原子力発電所や北海道電力の泊原子力発電所などが再稼働を目指し、安全審査の申請手続きを行っています。これらの原子力発電所の多くは、福島第一原子力発電所の沸騰水型軽水炉(BWR型)とは異なる加圧水型軽水炉(PWR型)と呼ばれる原子炉を採用しています。

今回は、このPWR型原子力発電プラントの製造メーカーである三菱重工(株)エネルギー・環境ドメイン原子力事業部の加藤室長に、PWR型原子力発電の特性や福島第一事故以降の原子力発電の安全への取組みなどについてお話を伺いました。

**Q 1.** 福島第一原子力発電所事故後の御社の対応についてお聞かせください。

A.福島第一原子力発電所の事故は、原子力発電に携わってきた企業として、極めて残念な出来事でした。事実を真摯に受け止め、今後このような事故を二度と起こさないよう、原子力発電所の安全性向上に向けて、たゆまぬ努力を続けていく責任があると考えています。

当社では、平成23年3月11日の事故当日に600人規模

の対策本部を設置し、また、同年8月には中長期的な対応を見据え、安全高度化対策推進室を設けるとともに、情報収集や対応策の検討を進めるなど、電力会社への支援を行っています。

一方、福島第一の安定化にも寄与したいと考えており、これまで廃液を貯蔵するメガフロートの提供などを行ってきました。また、現在は廃炉措置に向けた作業ロボットを開発、投入等の検討もを行っています。

三菱重工株式会社  
エネルギー・環境ドメイン原子力事業部  
安全高度化対策推進室  
室長 加藤 顕彦



**Q2.** 福島第一の事故は、津波が原因と言われていますが、地震そのものによる主要設備の損傷など影響はなかったのですか？

A.地震直後、福島第一は、原子炉を止めるための制御棒がしっかりと機能し、緊急停止するとともに、外部からの電力供給がなくなったときに備えて用意されていた非常用電源も直ちに起動し、正常なプロセスで安定的に事象終息に向かっていったと聴取しています。

当社は直接事故の原因や状況についてコメントする立場にはありませんが、このことから、地震そのものによるプラントの安全上重要な機器への影響はなく、その後の大津波による海水ポンプや非常用電源装置の機能喪失が事故の主たる原因であると考えています。

**Q3.** 国内の原子力発電所には沸騰水型軽水炉(BWR型)と三菱重工の手がける加圧水型軽水炉(PWR型)がありますが、それぞれの特長を教えてください。

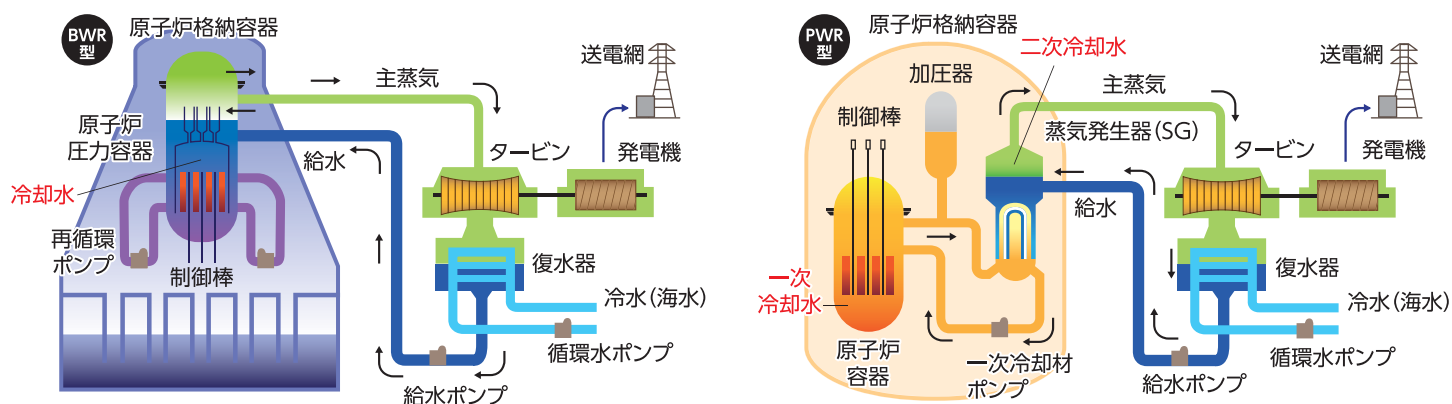
A.沸騰水型軽水炉(BWR型)は、米国のゼネラル・エレクトリック(GE)社より技術導入した原子炉で、東京、東北、中部、北陸、中国の電力会社が採用し、国内に35プラント(建設中・廃止を含む)が建設されています。

一方、加圧水型軽水炉(PWR型)は米国のウェスティングハウス(WH)社によって考案された原子炉で、我が国では当社を中心とした三菱グループが技術導入し、北海道、関西、四国、九州などの電力会社が採用、国内に24プラントが建設されています。現在、世界の発電用原子炉の内、約7割をPWR型が占めています。

元々、PWR型は、水の中で複雑な動きをする潜水艦の動力源として開発され、その後、発電用へと転用されました。

BWR型が、原子炉内の冷却水を直接沸騰させ、発生した蒸気でタービンを回し、発電を行うのに対し、PWR型は、加圧水型と言われるとおり、原子炉内で発生した熱で一次冷却材である加圧水(一次冷却水)を約320°に熱し、その熱を

■図1) BWR型とPWR型の仕組みの違い



蒸気発生器(SG)を介して別系統の水(二次冷却水)に伝えて沸騰させ、その蒸気でタービンを回して発電を行う仕組みとなっています。(図1)

PWR型は冷却系統が一次系と二次系に分かれていますので構成が複雑になり、プラントも大きくなりますが、一方で、後で詳述しますが、万一の事故時には放射性物質を含んだ一次系の水を原子炉格納容器内に確実に閉じ込めながら、放射性物質を含まない二次系の水で原子炉を冷却することができるというメリットもあります。

**Q4.** やす「閉じ込める」が重要だと言われてきました。福島第一では原子炉を「止める」ことはできましたが、全電源を失い「冷やす」ことができずに重大事故に至りました。PWR型でも、全電源を失えば同様の事態が起こり得ますか？

A.原子炉を止めるには、制御棒を原子炉内に挿入する必要がありますが、PWR型の場合、制御棒は上部から挿入する形になっていますので、万一電源がない場合にも、重力で自然落下し、完全に停止することができます。

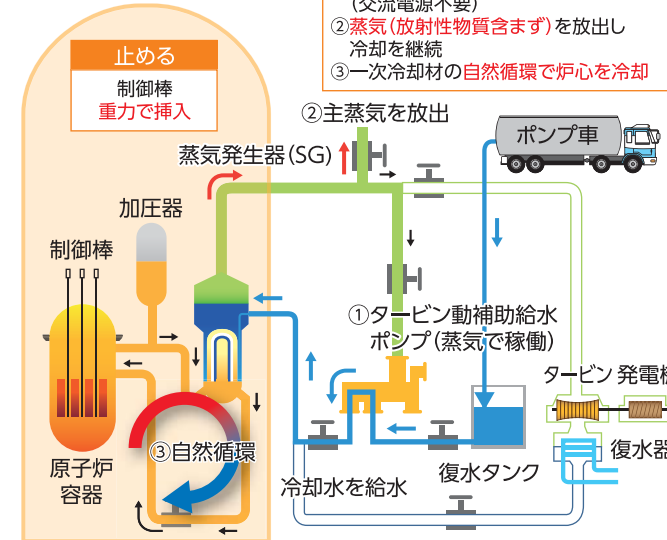
しかしながら、原子炉の崩壊熱は、停止後1時間を経過しても運転中出力の100分の1を上回っており、原子炉が停止しても、冷却水を循環させ、原子炉内を冷却する必要があります。

PWR型の特長としては、蒸気発生器(SG)で発生した蒸気で稼働するタービン動補助給水ポンプを備えているため、電源が失われても、このポンプにより冷却水をSGに送り込むことで、原子炉内で一次冷却水の自然対流が起こり、原子



出典：(一財)日本原子力文化振興財団 原子力・エネルギー図面集より

■図2) 全交流電源喪失時のPWR型の冷却システム 原子炉格納容器



出典：三菱重工工業提供資料を基に作成

炉内を冷却することができます。

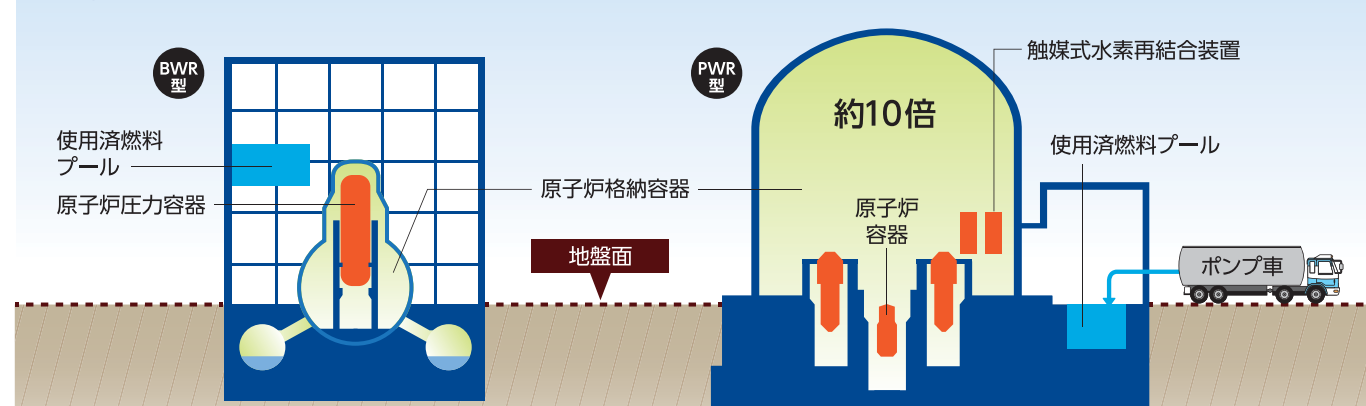
SGに送り込む冷却水には放射性物質が含まれないため、SGで発生した蒸気を大気中に放出することができますので、冷却水を継続してSGに送り、長期にわたって炉心を冷やし続けることができます。(図2)

また、福島第一でもう一つ問題となった使用済燃料プールの冷却についても、PWR型の使用済燃料プールは地盤面と同じレベルに設置されていますので、給水も比較的容易に行うことができます。(図3)

**Q5.** 福島第一では水素爆発が発生し、被害が拡大しましたが、PWR型でも同様の事象が起こり得ますか？

A.福島第一では、原子炉内の冷却機能が失われたことから、高温となった燃料被覆管のジルコニウム等が水と化学反応

■図3) BWR型とPWR型の使用済燃料プールの位置と原子炉格納容器の大きさ比較



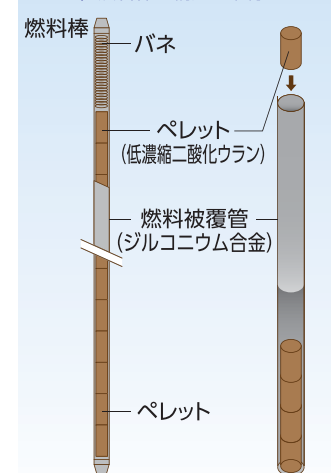
出典：(一財)高度情報科学研究機構(RIST)のホームページを基に作成

を起こして発生した水素が原子炉压力容器から原子炉格納容器、原子炉建屋へと漏れ出し、1、3号機においては高濃度となった水素が「爆轟(ばくごう:気体の急速な熱膨張の速度が音速を超えて衝撃波を伴いながら燃焼する現象で、極めて破壊力大きい。)」を起こしたと考えられています。

PWR型でも同様のことが起きるのかということですが、ここで鍵となるのは原子炉格納容器の大きさの違いです。福島第一で採用されているBWR型は、原子炉压力容器を囲う原子炉格納容器がコンパクトです。それに対してPWR型の原子炉格納容器は巨大で、その体積は福島第一のものに比べ、約10倍の大きさがあります。そのため、過酷な事故が起きたときにジルコニウムと水が反応して水素が発生したとしても、水素爆轟が発生することはないと考えています。(図4)

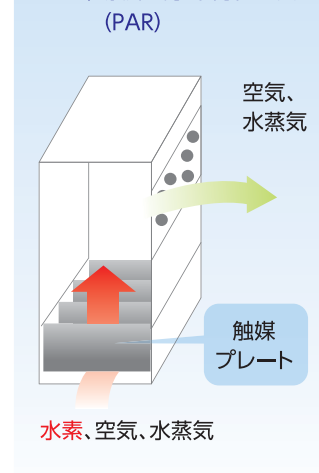
また、今回新基準に沿って、外部電源を使わずに水素を水蒸気に変換する触媒式水素再結合装置(PAR)の設置が義務付けられるなど新たな安全対策も実施されますので、水素爆轟への対策は更に万全なものになったと考えています。(図5)

■図4) 燃料棒の構造と素材について



出典：原子力規制委員会ホームページを基に作成

■図5) 触媒式水素再結合装置(PAR)



出典：九州電力ホームページを基に作成