

- ・また、原子力発電所では、震度5程度の大きな揺れを検知したり※、原子炉内の温度や圧力が制限を超えたときなど、異常を感知したときには、自動的に原子炉を止める信号を出します。そうすると、原子炉の上部で制御棒の駆動軸をグリップしている電磁石の電源が切れ、全ての制御棒が自重で落下し、燃料の中に挿入されるように設計されています。燃料の中に制御棒が挿入されると、核反応が止まり、原子炉は停止します。
- ・緊急に原子炉を停止する必要がある場合には、運転員が中央制御室のスイッチを手動で操作し、制御棒を一度に挿入して原子炉を停止することもできます。また、一次冷却水の中に中性子を吸収する「ほう酸水」を注入することでも、原子炉を停止することができます。
 - ※3号機では、190ガル以上の地震を検知すると原子炉停止信号を発信します。

問③-1 どんな状況下においても、制御棒は必ず挿入できるのですか。

- ・四国電力では、想定される最大の揺れが発生した場合でも、原子炉を安全に止めるために必要な時間内に制御棒が挿入できると評価しており、伊方発電所3号機における評価結果では、想定されている最大の揺れである650ガルの揺れを受けて制御棒案内管が最も大きく変形した状態でも、基準時間内に挿入されることが、今後、国の審査において確認されます。※
 - ※「伊方発電所の原子炉設置変更許可申請書」（3号炉）において、従来 of 基準地震動の最大加速度570ガル、制御棒挿入時間2.2秒で安全性の確認を行い、国の許可を得ています。
- ・また、制御棒は原子炉を安全に停止するための重要な設備であることから、国の耐震信頼性実証試験のなかで、実機を模擬した加振試験が行われ、地震時においても確実に炉心へ挿入できることが確認されています。※
 - ※「平成17年度 原子力施設等の耐震技術評価に関する試験および調査 機器耐力その2（PWR制御棒挿入性）に係る報告書」において、大規模加振条件下で制御棒挿入試験が実施されており、約1560ガルにおいても許容時間（2.2秒）程度で制御棒が正常に挿入できることが確認されています。

問③-2 万一、制御棒が挿入されなかった場合の対策はあるのですか。

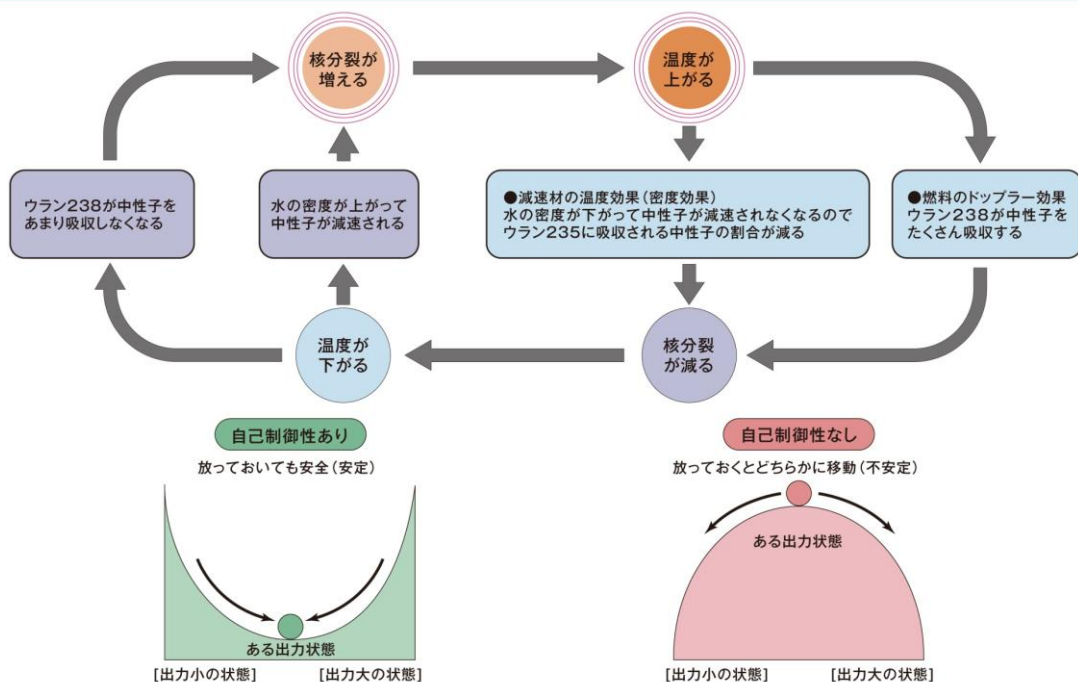
- ・伊方発電所において、万が一、制御棒が全て挿入できないといった事態が発生した場合でも、原子炉には自己制御性という固有の安全性が備わっているため、核分裂反応は一定の状態で安定し、急激に出力が上昇することはありません。
- ・自己制御性により、以下のとおり原子炉の出力が上昇した時にも出力の上昇が抑制されます。

①何らかの原因で核分裂反応が増加し、「一次冷却水」の温度が上昇すると、熱膨張により原子炉内を流れる「一次冷却水」の密度が小さくなり、原子炉内の速い中性子が水分子に衝突して減速する確率が減りますので、ウランの核分裂に必要な遅い中性子が減ることになり、核分裂反応が減少します。また、燃料自体の温度も上昇しますので、燃料を構成する「核分裂しやすいウラン 235」と「核分裂しにくいウラン 238」のうち、「核分裂しにくいウラン 238」が温度上昇により中性子を吸収しやすくなり、これも核分裂反応が減少する方向に作用します。

②核分裂反応が減少すると、「一次冷却水」の温度が低くなり、原子炉内を流れる「一次冷却水」の密度が大きくなり、原子炉内の速い中性子が水分子に衝突して減速する確率が増え、ウランの核分裂に必要な遅い中性子が増えることになり、核分裂反応が増加します。また、燃料の温度も下がることにより、「核分裂しにくいウラン 238」が中性子を吸収しにくくなり、これも核分裂反応が増加する方向に作用します。(→①へ戻る)

※ ウランの核分裂により高速の中性子（約2万 km/秒）が放出されますが、「核分裂しやすいウラン 235」は遅い中性子（約2km/秒）を吸収しやすく、「核分裂しにくいウラン 238」は高速の中性子を吸収しやすい性質を持っています。高速の中性子は、原子炉に満たされている水分子と衝突することにより減速し、「核分裂しやすいウラン 235」に吸収されることで、次の核分裂が起き、中性子を放出することによって反応が連鎖的に起こります。

原子炉の固有の安全性（自己制御性）



[出典：電気事業連合会ホームページ]

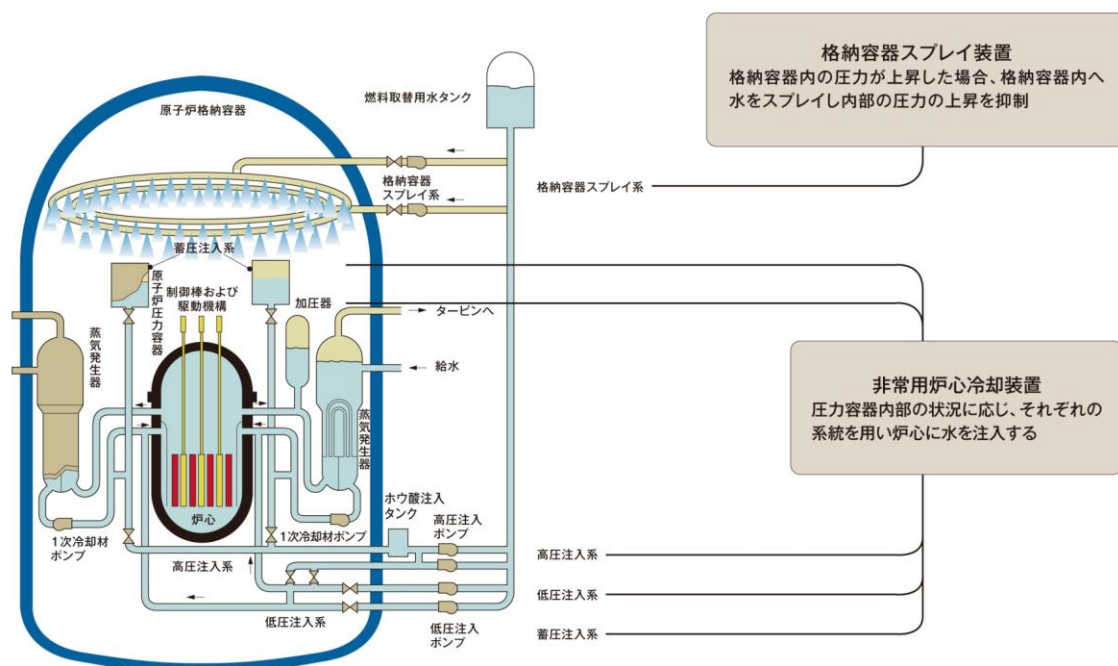
- 伊方発電所において、万が一、制御棒が全て挿入できないといった事態が発生した場合には、中央制御室からの手動操作により、
①タービン発電機を停止させ（主蒸気隔離弁閉）、②補助給水ポンプの起動を行い、蒸気発生器で作る蒸気の量を急減させることで「一次冷却水」系統を流れる冷却水の温度を上昇させます。「一次冷却水」の温度が上昇すると、原子炉の自己制御性によって核分裂は減少する方向に向かいます。
- さらに、「一次冷却水」に中性子を吸収するほう酸水を中央制御室※からの手動操作でほう酸タンクから注入し、原子炉を停止状態にできるようになっています。
- 原子炉の停止後は、原子炉補助建屋にある補助給水ポンプを利用して蒸気発生器の「二次冷却水」へ給水を行い、発生した蒸気を大気中に逃がすことで「一次冷却水」の温度をコントロールし、炉心を継続して冷却できるようになっています。「二次冷却水」は放射性物質を含まないきれいな水であり、大気汚染の問題は生じません。

※中央制御室：発電所全体の運転状態を監視・制御する部屋で、原子炉、タービン、発電機などの運転、監視を行い、核分裂から発電までの主要な設備すべてをコントロールしています。さらに放射線の監視もここで集中管理しています。

問③-3 蒸気発生器の細管や、一次冷却水の配管が破損した場合の対応を教えてください。

- ・蒸気発生器の伝熱細管が破損すると、「一次冷却水」側の圧力が高いため、水は「二次冷却水」側へ流出してしまい、「二次冷却水」に放射性物質を含んだ水が流れ込んでしまいます。そのため、破損の起こった蒸気発生器の弁を閉め、放射性物質を含んだ「二次冷却水」やその蒸気を可能な限り蒸気発生器に閉じ込めるようにします。
- ・蒸気発生器は1台が破損した場合にも他の健全な蒸気発生器により除熱が可能です。万が一、全ての蒸気発生器が破損した場合にも、余熱除去系統（余熱除去ポンプ等）などを用いた冷却操作が可能です。
- ・「一次冷却水」の配管が破損すると、「一次冷却水」が大量に流出し「一次冷却水」の圧力が低下します。「一次冷却水」の圧力の低下の状況に応じ、非常用炉心冷却設備が作動し、ほう酸水が原子炉内に注入され、炉心の冷却が行われます。
- ・非常用炉心冷却設備の水源である燃料取替用水タンクの水が低下すると、破損箇所より流出し、格納容器の底にたまった「一次冷却水」やほう酸水を冷却し、再び原子炉に注入する仕組みとなっており、長期間の冷却に対応できます。
- ・「一次冷却水」は高温・高圧のため、配管が破断すると一気に蒸発しますが、原子炉格納容器内の温度及び圧力の上昇抑制のため格納容器スプレイ装置が設置されています。格納容器スプレイ装置は格納容器の上部からほう酸水をシャワーのように降らせて、格納容器内に溜まっている蒸気を凝縮させて圧力を下げます。

非常用炉心冷却装置等の例 (PWR)



[出典：電気事業連合会ホームページ]