

2025年 ■月 ■日

大学: ■■■■

名前: ■■■■

## 1. 福島第一原子力発電所全般

- (1) 福島第一原子力発電所について、2011年3月11日からどんな流れで事故が発生したか簡単に要点を纏め説明しなさい。

2011年3月11日14時46分東北太平洋沖地震が発生し、福島第一原子力発電所が立地している福島県大熊町と双葉町は震度6強の揺れに見舞われた。当時運転中であった1号機、2号機、3号機は強い揺れを感知し、全制御棒が自動的に挿入され、原子炉スクラムに成功した。地震により福島第一原子力発電所はすべての外部電源を損傷した。しかし、非常用ディーゼル発電機が自動で起動したため、燃料棒から発生する崩壊熱を冷却するための電源を確保することができた。

同日15時30分ごろ、福島第一原子力発電所に津波が到達した。想定を超える高さの津波が押し寄せ、タービン建屋の地下に設置されていた非常用ディーゼル発電機が水没し、停止してしまった。これにより1号機から3号機は冷却機能を損失した。

燃料が高温になることで、原子炉内の冷却水は蒸発していった。燃料棒のジルコニウムと水が高温条件下で反応し、水素が発生。この水素に引火し、1号機、3号機、4号機の順に水素爆発を起こした。これにより、大気中に放射性物質が放出された。

また、燃料は自身の崩壊熱で加熱され続け、1号機、2号機、3号機は炉心溶解を引き起こした。

- (2) 福島第一原子力発電の現状の課題と対応について簡単に纏め説明しなさい。

1号機から3号機の建屋に地下水が入り込み、放射性物質と触れることで汚染水が発生している。そのため、汚染水を増やさないための対応がとられている。地下水バイパスを設置し、山側の地下水を井戸でくみ上げている。建屋周辺にサブドレンを設置し、地下水をくみ上げている。地下に凍土の陸側遮水壁を造り地下水の量を減らしている。また、建屋周辺の地表を舗装すること(フェーシング対策)で涵養する雨水の量を減らしている。

1号機の燃料プールには使用済み燃料が残っている。その上には水素爆発によって発生したがれきが堆積している。現在がれきの撤去が行われている。また、プール内の燃料を取り出すための大型のカバーを建造している。組み立てを遠隔で行うことで、作業員の被ばく線量を低減している。2号機の燃料プールにも使用済み燃料が残っている。設備の骨組みや貫通孔などが完成しており、2025年末の取り出しを予定している。3号機、4号機の使用済み燃料はすでに取り出されている。取り出された燃料は発電所構内の共用プールに保管されている。

1号機から3号機の炉心融解によって発生した燃料デブリは高レベルの放射能であり、人が近づくことは困難である。それゆえに、現場の状況が十分に把握できていない。1号機では2022年2月に水中ロボットを用いた格納容器内の調査が行われた。2024年2月からはドローンを用いた気中部の調査も行われた。3号機でも水中カメラを用いた燃料デブリの調査が行われた。また、2024年9月から2号機で燃料デブリの試験的な取り出しが初めて行われた。この時採取された燃料デブリは、茨城県内にある JAEA の研究所で分析されている。

廃止措置によって放射性廃棄物は発生するにもかかわらず、最終処分場が用意できていない。福島第一原子力発電所では、伐採木や作業で使用した手袋、マスク、防護服を雑个体焼却設備で処理している。減容処理施設では、がれきなどの金属やコンクリートを細かく砕き、堆積を小さくしている。この廃棄物は、コンテナに詰められた後、固体廃棄物処理貯蔵庫に一時保管されている。この施設は建設中であるが、その一部は現在利用されている。また、多核種除去設備の吸着塔などの大型廃棄物を保管するための大型廃棄物保管庫が建設されている。

未舗装の地面から放射性物質を含む粉塵が飛散し、敷地内の線量が高くなっていた。そこで、地面にモル

タルを吹き付けて覆う、フェーシング対策を行った。これにより、一般作業服での作業が可能となった。また、雨水が地面にしみこむことを防ぎ、汚染水対策にもなっている。

1号機から3号機で発生する汚染水はセシウム吸着装置でセシウムとストロンチウムを吸着している。これを淡水化装置に通して、燃料デブリの冷却に再利用されている。再利用に必要な分の水は多核種除去施設(ALPS)で処理し、タンクに保管される。このタンクが増え続け、敷地に余裕がなく、燃料デブリの取り出しのための設備を設置できない。そこで、2023年8月24日からALPS処理水を海洋に放出している。ALPS処理水には放射性核種であるトリチウムを含んでいるが、放射線のレベルは非常に低いため問題はない。また、海水で100倍以上に希釈することで、国際的な基準値を大幅に下回っている。処理水は厳格に測定されている。周辺海域でのモニタリングも行われている。

## 2. 燃料デブリ取り出しの取り組みについて将来的にどのような取り組み・対応が必要か自由意見を述べなさい

現在行われている原子炉建屋上部のがれき撤去、および燃料取り出しを終えた後に行う取り組みについて、私の提案を述べる。

原子炉建屋を強化、密封し、そこに注水を行う。破損している原子炉格納容器ごと水に沈めてしまう。上部からロボットアームなどを用いて、放射性物質に汚染された構造物や燃料デブリを撤去・回収する。水を少し抜き、水位を下げる。抜いた水はALPS処理水として海洋に放出する。先ほどと同様に上部から作業する。この作業を繰り返す。建屋内部の機器や燃料デブリの回収が終わり次第、建屋を解体する。

この作業のメリットは水による放射線の遮蔽により、汚染された構造物や燃料デブリの取り出しや移送が気中での作業よりも容易であることだ。大胆な作業方法をとることで、工期を短くすることを期待できる。また、タンクに保管されているALPS処理水を注水に利用するならば、タンクの減少による作業スペースの確保が期待できる。

デメリットは水中に放射性物質が浮遊し、付着することで放射能汚染による範囲が広がることだ。放射性廃棄物の量が増えることやレベルが上がるのが考えられる。また、除染が必要な範囲も増えてしまう。水中における中性子の減速により発生する、再臨界のリスクも検討しなければならない。そもそも、建屋が水圧に耐えられる構造なのかを考慮しなければならない。今後発生する地震や津波にも耐えられなければならない。水圧による地下からの汚染水の漏れを防ぐ技術も必要だ。

このような取り組みを行うためには、放射性物質にかかわる知見のみでなく、大型の構造物を建築する技術、構造物の強度を評価する技術、機械工学的な技術、地理的な特性や地下水の流れを検討する知見を組み合わせる必要がある。私は、ここに挙げたそれぞれの知識を持ったうえで機械工学を切り口とし、福島第一原子力発電所の廃炉作業に取り組んでいきたい。