



北海道大学  
HOKKAIDO UNIVERSITY

Q：福島第一原子力発電所で発生した放射性廃液（汚染水）はどう処理するのですか？

A：東京電力の発表によれば、福島第一原子力発電所には4月27日現在で8万7500トンの高濃度の放射性廃液（汚染水）がタービン建屋地下やピットにあるとされます。汚染水中には多種の放射性物質が含まれていると推定されますが、放射性濃度が高い放射性核種はI-131、Cs-134、Cs-137です。これらは放射能としては高濃度でも、元素の濃度としては極めて微量です。一方、当初、海水を冷却に使用したことから、汚染水には塩分が多く含まれていると考えられます。また、津波で破損した機器やタンクなどから放出された、機械油や燃料油も混じっていることが予想されます。従って、汚染水の処理では、相当量の塩分や油を含んだ水から、微量のヨウ素およびセシウムを除去することが求められます。一般に、水の浄化法としては、蒸発処理法、ろ過法、凝集共沈法、吸着・イオン交換法などがあります。汚染水中にはヨウ素とセシウムのように化学的挙動が異なる放射性物質が含まれていることから、1種類の浄化方法で処理することは難しく、複数の処理方法を組み合わせて最適な処理が行われるものと考えられます。

<詳細説明>

東京電力の発表によれば、福島第一原子力発電所には4月27日現在で8万7500トンの高濃度の放射性廃液（汚染水）がタービン建屋地下やピットにあるとされます。原子炉圧力容器には継続して冷却水が注入されていることや、ピットには雨水や地下水の流入も考えられることから、汚染水の量はこのままでは増大する一方です。汚染水が少量であればそのままセメントで固化して、放射性の固体廃棄物として安定化する方法がありますが、汚染水が大量である現状から、まずは早急に汚染水を適切な方法で浄化して総量を減らす必要があります。

汚染水中には多種の放射性物質が含まれていると推定されますが、放射能濃度が高い放射性核種はI-131、Cs-134、Cs-137です。これらは放射能としては高濃度でも、元素の濃度としては極めて微量です。例えば、Cs-134とCs-137の放射能濃度がともに福島第一原子力発電所の縦坑で実測された $1.8 \times 10^6 \text{ Bq/cm}^3$ であるとした場合、セシウム元素としての濃度は $4.4 \times 10^{-9} \text{ mol/cm}^3$  ( $6 \times 10^{-7} \text{ g/cm}^3 = 0.6 \text{ mg/L}$ )、すなわち1トンの汚染水中にセシウムは0.6g程度しか含まれていません。一方、汚染水は、ヨウ素とセシウムのように化学的挙動が異なる放射性物質を含んでいます。また、当初、海水を冷却に使用したことから、汚染水には塩分が多く含まれていると考えられます。汚染水が海水と同じ程度にナトリウムを含むなら（ナトリウムの濃度： $1 \times 10^2 \text{ g/cm}^3$ ）、汚染水1トンは10kgのナトリウムを含んでいることとなります。さらに、汚染水は、微粒子やゴミ、津波で破損したポンプの



北海道大学 大学院 工学研究院  
Faculty of Engineering Hokkaido University



北海道大学  
HOKKAIDO UNIVERSITY

機械油や非常用ディーゼル発電機用の燃料油を含んでいる可能性があります。

汚染水の処理方法を選定するに当たっては、こうした汚染水の状況を把握した上で、汚染除去の効率（どこまで放射性物質を取り除いて浄化できるか）とその処理能力（単位時間当たりの処理量）、処理費用を考慮しなくてはなりません。また、浄化に用いた機器やフィルター、薬剤などが二次的な放射性廃棄物になることにも考慮が必要です。さらに、放射能濃度の高い汚染水が流れる箇所の放射線レベルは高くなることから、処理装置の運転・保守時の作業員の被ばく低減対策や放射線分解によって発生する水素ガスの防爆対策もとる必要があります。

一般に、汚染水の浄化法としては、蒸発処理法、ろ過法、凝集共沈法、吸着・イオン交換法などがあります。蒸発処理法は、汚染水を加熱して水分を蒸発させる方法です。蒸発法の短所は、揮発性の汚染物質を取り除けないことと、蒸発させるための大量の熱が必要となり、コストが高くなることです。短時間の大量処理には向きません。一方、ろ過法は、フィルター等を用いて微粒子状の放射性物質を迅速に除去することができます。フィルターに代えて逆浸透膜を用いた処理では、イオンも濃縮することができます。しかし逆浸透膜処理では、時間あたりの処理量を多くできないこと、逆浸透膜の耐放射線性の確認が必要なこと、廃液の加圧などのために処理装置が複雑化し、運転・保守時の作業員の被ばくが問題となる恐れがあります。これに対して、凝集共沈法は、汚染水に化学薬品を投入して沈殿を生成させて、その沈殿に放射性物質を取り込ませるものです。タンクの中に薬品を投入するだけです。大量の汚染水を簡単な操作で短時間に処理でき、コストも安くできるとされます。沈殿を生じさせる薬品としては、水酸化鉄や水酸化アルミニウムがあります。また、フェロシアン化塩はセシウムの共沈に有効とされています。しかし、放射性物質を完全に除去することは難しく、沈殿物が新たな廃棄物となることが短所と言えます。吸着・イオン交換法には、イオン交換樹脂や無機化合物を用います。例えば、陽イオン交換樹脂はセシウムをイオン交換反応によって選択的に樹脂に取り込むことができます。また、ゼオライトやある種の粘土鉱物などのようにセシウムに対して高い吸着性を有する無機化合物も存在が知られています。活性炭や銀吸着材でヨウ素を分離する方法もあります。イオン交換樹脂は吸着と脱離操作を繰り返すことにより、特定の放射性物質を濃縮することができます。しかし、一般にイオン交換樹脂は耐放射線性が低く、吸着性能が次第に低下します。放射線による分解で水素ガスを発生させる恐れもあります。これに対して無機化合物は耐放射線性は高いものの、吸着性はイオン交換樹脂ほど低く、また塩濃度の高い条件下ではさらに性能が低下する短所があります。

福島第一原子力発電所で発生した汚染水には上述の通り多様な物質が含まれているため、1種類の浄化方法で処理することは難しく、複数の処理方法を組み合わせて最適化を図るこ



北海道大学 大学院 工学研究院  
Faculty of Engineering Hokkaido University



北海道大学  
HOKKAIDO UNIVERSITY

とが必要になると考えられます。たとえば、沈降槽での微粒子の沈降分離および油分分離→凝集共沈法による放射性陽イオン種（主としてセシウム）の分離→活性炭等によるヨウ素の除去→逆浸透膜処理です。これにより濃縮された汚染液はそのままセメント固化されるか、さらに蒸発法により乾燥固化されます。また、浄化された水は原子炉の冷却に用いるか、放射能濃度が安全なレベルであることが確認できれば、海への放流も可能となります。なお、ヨウ素 131 については半減期が 8 日と短いので、汚染水を貯留して放射能の減衰を待つことも手段として考えられます。

2011 年 5 月 2 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)



北海道大学 大学院 工学研究院  
Faculty of Engineering Hokkaido University