

氷結晶法による汚染水の減容化

○ 対馬勝年(富山大・理)、松山政夫(富山大・水素同位体研)、上石勲(防災科研・雪氷)

1. はじめに

氷結晶法は食品分野に普及しているありふれた技術である。しかし、鉱山や原子力発電所の廃水処理への適用はなかったようである。水分子は電気双極子をもち、水があらゆる物質を溶かし込むこと、一方、その水が凍るとあらゆる異物を排除し水素結合で構成された純粋の氷に変わることは良く知られている。単に凍らせるという単純な操作で異物を分離できるのなら目下、国難と呼べるほどの困難に直面している福島第一原子力発電所の放射性汚染水の減容化対策として適用できるのでないか、こんな発想から始めた仕事である。当初問題とされたセシウム(原子番号 55、融点 28.4℃、放射性セシウムの半減期 30.2 年)を 10ppm 含ませた汚染水に 2 回の凍結・融解を加えることで 0.01ppm 程度まで精製できたことを報告した。その報告では使用した汚染水の量が 50~100ml と少量だったため、製氷が難しかった。その後、汚染水の量を 3L に増やし、製氷を試みた。微量の硫酸や NaCl を含む汚染水や水道水を凍結させることによりどの程度純粋な氷を取り出せるか精製を試みた。

2. 実験方法

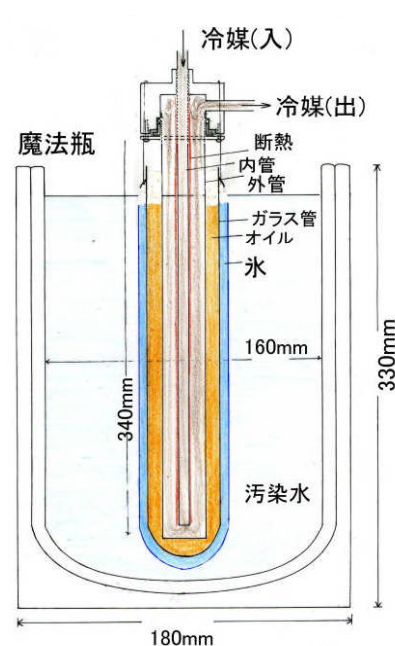


図 1 実験装置

と少量の稀薄硫酸水を加え、導電率を 10mS/cm に調整した。この水槽にガラス管で覆った冷却管

汚染水からその一部を凍らせて高純度の氷を取り出すことで汚染水の減容化を行う。実験には導電率を持つ汚染水を使い、簡便な導電率計（堀場(株)導電率計 B-173)で汚染度・純度を測定した。

実験には魔法瓶と図 1 の冷却装置を用いた。3L 内径 160mm の魔法瓶に脱イオン水

を突き刺し、EYELA Cool Ace CA-1110 で冷やされた -10~-15℃ の冷媒（エタブライン EC-Z）を通した。冷却管とガラス管の間に隙間が生じたのでシリコンオイルを満たし隙間を埋めた。ガラス管の外側に筒状の氷が成長した。厚さ 15mm 程度に成長したところで筒を水槽から取り出し、融け水の導電率を計測した。NaCl を含む水、汚れた水として水道水についても試みた。

3. 実験結果

硫酸汚染水では母液 10mS/cm、氷（融け水）4 μ S/cm、NaCl 汚染水では母液 10mS/cm、氷 100 μ S/cm、水道水では母液 80 μ S/cm、氷 2 μ S/cm 程度であった。一回の凍結で硫酸は 1/1000、NaCl は 1/100、水道水は 1/20 程度に精製された。2~4 μ S/cm は綺麗な雨と同程度の純度であり、十分な精製効果が得られたと考えられる。

これとは別に、ポリエチレン製バケツに入れた汚染水を低温実験室(-10℃)で凍らせ氷と汚染水を分離する試験も行った。製氷水の導電率は硫酸を含む汚染水で母液の 1/100、NaCl を含む汚染水で母液の 1/10、水道水で母液の 1/5 程度に低下した。気泡を含む氷や、気泡を含む氷部分の導電率の低下が小さかった。この試験から、気泡を含まない透明氷の製氷が課題であると思われた。透明氷の作成法として導入した図 1 では冷媒の通る冷却管を覆うガラス管をつけ、その隙間に熱伝導の悪いシリコンオイルを満たしたため、製氷速度が遅くなりほぼ完全に透明な氷を製氷できた。

4. おわりに

一日当たり 400 トンの割合で増え続けるという福島第一原子力発電所の放射性汚染水減容化対策は水以外の放射性核種を全て除去するアルプスという装置の試運転・本格運転が待たれるところである。その後の最終課題は H₂O の水と放射性をもつ水の同位体(トリチウム水 HTO) との分離であり、未だこの水処理に有効な分離技術は確立されていないようである。逼迫した状況にあるため時間的猶予は少ないのであるが、水・トリチウム水分離法については特許出願を待って発表することしたい。

参考文献

対馬・松山、2012：雪氷技術による汚染水の処理。雪氷研究大会講演要旨集、59。