

重水冷却ブランケットを採用した原型炉の水処理システムに関する研究

Study of WDS for DEMO applied with heavy water cooled blanket

*杉山 貴彦¹

¹名古屋大学

原型炉燃料サイクルに対応する目的で、重水冷却ブランケットの適用を提案し、水処理システムを検討した。同位体分離法には減圧水蒸留法を選択した。重水の処理量とトリチウム濃度、トリチウムの除去速度、濃縮流の割合が 6 t/h, 370 GBq/kg, 130 g/day, 10^{-5} の条件において、蒸留塔の高さは約 160 m と見積もられた。

キーワード：原型炉，水処理システム，重水冷却ブランケット，減圧水蒸留法，トリチウム

1. 緒言 原型炉の燃料サイクルにおいては、トリチウムと重水素の精密な分離は必ずしも必要ではないが、軽水素の除去は重要な課題である。燃料サイクルへの軽水素の混入経路の一つは、ブランケット冷却水からのトリチウム除去である。軽水素の混入を極力低減するため、本研究では、ブランケットの冷却材に重水を用いた場合について、その水処理システムの概要を見積もった。

2. 方法 ブランケット冷却材として軽水と重水を用いた場合の利点欠点を考察し、また、同位体分離法として、水-水素化学交換法と減圧水蒸留法を比較検討し、重水冷却ブランケットと減圧水蒸留法の組み合わせを評価した。ITER 水処理システムおよび新型転換炉「ふげん」のデータを基に、重水の処理量 F とトリチウムのモル分率 x_F 、トリチウムの除去速度 Px_p を 83 mol/s (6 t/h), 6.85×10^{-6} (370 GBq/kg), 5.0×10^{-4} mol/s (130 g/day)とした。蒸留塔の高さ H は、トリチウム濃縮流の割合 θ に依存するため、これを主パラメータとして理論段モデルにより計算した。

3. 結果と考察 与えられた条件から、トリチウムの回収率は 88 %である。計算結果を図 1 に示す。塔底から回収されるトリチウム濃縮流は、同位体分離システム(ISS)に送られるため、ISS および電気分解の負担を軽減するために、できるだけ減容する必要がある。濃縮流の割合 θ が 10^{-5} (濃縮流量 60 g/h) の場合、必要な塔高さは 160 m となり、濃縮流中の T モル分率は 0.58 であった。この場合、濃縮流量と T モル分率は ISS にとって好ましいレベルだが塔高さが長大である。これらの値は、図 1 のグラフにおいて直線的に変化する。 θ を 10^{-3} (濃縮流量 6 kg/h) と大きくすると、塔高さは 100 m, T モル分率は 5.8×10^{-3} となり、ISS の負担が著しく増大するにもかかわらず、塔高さは半減にも満たない。なお、蒸留塔の循環／供給比を 10 とすると、塔の直径は約 17 m となった。

本研究の検討結果によると、重水冷却はその水処理システムの実現可能性が高くは無いが、重水冷却は、そもそも重水素を燃料とする核融合炉燃料サイクルと親和性が高く、T 増倍率にも寄与し得るなど多くの魅力があるため、引き続き検討の余地は有ると考える。

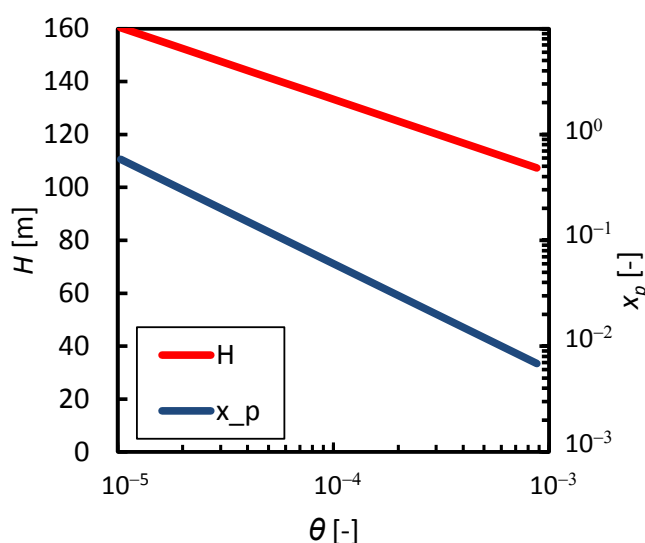


図 1 必要な蒸留塔高さ と 濃縮流 T 濃度

*Takahiko Sugiyama¹

¹Nagoya University