はじめに

重水炉型の原子力発電所では冷却材と減速材に重水を使用するため、核分裂反応時の中性子の放射化プロセスによって大量のトリチウムが生成される。このプロセスで発生するトリチウムは蒸気として存在し、管理区域内の職員や放射線作業者が吸入や皮膚からの吸収によって被ばくするという状況が生じる。

また、原子炉系統内で大量の重水と高濃度のトリチウムが漏えいするという異常な状況が生じ、放射線レベルが高い作業エリアでこの状況に対処するときにトリチウム保護マスクがないために多くの人員と時間を費やすという事態になることも考えられる。このようなことから、異常な状況の中での対応能力と作業効率を高めることを目的として、自給式呼吸器（SCBA）とプラスチック保護マスクを組み合わせた研究が実施されている。

本論

異常な放射線レベルとは、現場の放射線レベルが通常値と比べて急激に高くなるケースである。異常な状況とは、空気中の希ガスとトリチウムの濃度が通常の状態の 100 倍にまで上がるケースである。ただし、放射線作業計画による放射線レベルの増大は除外される。

2004 年の月城 2 号機のケースでは、重水の漏えいによるトリチウム濃度がメインアクセスエリアで 33～88DAC（誘導空気中濃度）、漏えいが懸念された作業エリアで最大 591DAC だった。

トリチウム濃度が高い異常な状況では、作業者は表 1 に従ってプラスチック保護マスクと SCBA を使用することができる。しかし、作業者が原子炉建屋の内部に入るときには、原子炉建屋全体のトリチウム濃度が増加しているので、プラスチック保護マスクを用いることはできず、SCBA だけを使用する。SCBA には空気タンクの容量が限られているので時間制限があり、また、SCBA は通常の状況では用いることができないので、非常用に少量が用意されている。そのため、作業者が異常な状況に対処するときに、SCBA の不足や空気タンクの再充填といった問題が生じる。

表 1　トリチウム防護の保護マスク使用基準

分類	着用の濃度範囲	作業範囲
トリチウム保護マスク	1～10 DAC	広いエリア
送気管保護マスク	10DAC 超	狭いエリア
SCBA	50DAC 超	広いエリア
プラスチック保護マスク	50DAC 超	狭いエリア

結果と考察

以前のプラスチック保護マスクは吸気システムに直接接続されているので、トリチウム濃度が高い状況で時間制限なしに使用できるが、接続部分が作業エリアへ立ち入るには短すぎるため、異常な状況の中では使用されない。このコネクタの開発が行われ、図 1 のようなリンケージによってプラスチック保護マスクに可動性が与えられ、プラスチック保護マスクを異常な状況の中でも使用することができるようになった。また、この開発で図 2 のようにプラスチック保護マスクを SCBA と組み合わせることが可能になり、プラスチック保護マスクは異常状態エリアへ立ち入るのにも用いることができる。プラスチック保護マスクと吸気システムの接続は作業現場で行われる。

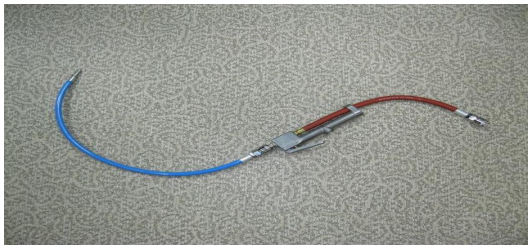

図 1.　コネクタの写真

図 2.　装着されたコネクタの写真

この開発では、時間の延長のために空気の供給量を制御するボタン型バルブが取り付けられる。表 2 と表 3 は異常状態エリアでの移動時間と作業時間について、バルブを取り付けた効果を示している。

結果として、異常な状況の中での作業時間を少なくとも 3 倍に増やすことが可能になり、異常な状況への対処時間が短縮される。

表 2.　コネクタの使用前後の対処時間の比較

分類	使用前	使用後
移動時間	約 20 分	約 20 分
作業時間	約 20 分	制限なし

注）SCA 680 に基づく

表 3.　バルブの取り付け前後の対処時間の比較

分類	取り付け前	取り付け後
50 バール REACH	4 分	18〜30 分
0 バール REACH	4 分 30 秒	24〜35 分

注）初期圧力は 280 バール

コネクタの開発によって、プラスチック保護マスクを異常な状況の中でも使用できるようになったので、作業環境が改善された。また、使い捨ての放射線防護機器の量が少なくなるので、放射性廃棄物が削減されると思われる。

このように、コネクタの開発は作業環境を改善し、無用の被ばくを低減し、異常状態への迅速な対応によって原子力発電所の安全な運転に貢献することが期待される。