

[様式2 (汚染水処理対策委員会に報告し、一般公開となるものです)]

御提案書	
技術分野	⑤, ⑥ (「技術提案募集の内容」の該当番号を記載願います)
御提案件名	化学バリアー機能を持つ多重遮水層と地下水くみ上げによる地下水制御システムの構築と tritogenic ^3He 分析による効率的な汚染水モニタリング
御提案者	徳永朋祥 (東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授)
<p>1. 技術等の概要 (特徴、仕様、性能、保有者など) (添付図参照)</p> <p>①特徴: 地下水の入れ物である周辺地質地盤構造を考慮し異なる透水性を持つ多重止水層と排水層で地下水位を制御し、建屋内部の高濃度汚染水の止水層外部への流出と外部からの地下水の侵入を抑える。それと合わせて、^{90}Sr を捕捉するための化学バリアーと建屋周辺から漏洩するトリチウムをいち早く検出するためのモニタリング・システムを配置する。これにより止水層外部からの地下水の侵入と原子建屋内の高濃度汚染水との接触を完全に遮断する。原子炉の冷却は建屋内の汚染水を循環させ行う。</p> <p>②仕様: 建屋を取り囲む富岡層は、透水係数が 10^{-3}m/s と大きく且つ背後が丘陵であるために地下水の動水勾配も大きく、建屋に向かう地下水の大きな流れがある。地下水の建屋への流入を抑えるには、建屋の地下及び周辺地盤にグラウト材を注入し透水係数を 10^{-5}m/s、10^{-7}m/s、10^{-9}m/s 以下に落とす三層 (各数m幅) からなる止水層を設け、各層との間には、2層の透水性の高い層 (富岡層砂岩相当) を設けて地下水を排水し、地下水位をコントロールする。止水層は、外から一層 (シリカ・スラグ系)、二層 (セメント系)、三層 (ベントナイト系) とする。第一層・二層目のシリカ・スラグ、セメント系グラウトには、溶出してきた ^{90}Sr を炭酸カルシウムと共沈させる化学バリアーの役目を持たせる。また、ベントナイト系グラウトには、^{137}Cs、^{90}Sr その他核種の吸着層とする。このように止水層を設置することにより、塩濃度の高い海水の浸入を防ぐことも可能となり、ベントナイト系グラウトの機能も十分に発揮することが期待される。止水層は、コントロールボーリング技術等を利用し、垂直の止水層だけではなく、建屋下部にも構築し、ケージ状構造を完成させることが望ましい。なお、コントロールボーリング等による建屋下部の構築が極めて困難な場合には、富岡層下部の難透水性層である泥岩層まで止水層を拡張させることで目標は達成できると考えている。</p> <p>一方、建屋内からの高濃度汚染水の漏洩をいち早く検知するために、周辺地下水中の溶存ガスと地下水面近傍の通気層内の地中ガスを連続的に採取し、^3H の β 壊変で生成され (大気中の存在比が著しく低く汚染水の挙動を追跡するには最適なトレーサー) ^3He 濃度を迅速かつ高感度で検出するオンライン質量分析システムを構築し監視する。地表からの雨水の浸透を防ぐために、地表はすべてアスファルト・フェーシングで舗装しその上をすべて、遮水シートで被覆する。</p> <p>③性能: 三層の止水層を設けることにより、第一層で外部からの地下水の流入を全体で 1/100 に減らすことができるとすると、第一排水層の排水量は約 4 t/日となる。止水層の位置にも依存するが、これは、放射能測定後、施設山側に井戸を掘り地下に還元することも可能になると想定している。第二排水層での排水量は、透水係数の設定から判断すると</p>	

さらに 1/100 以下となるため、多くても数 10 L/日程度以下と想定される。これは原子炉冷却用に循環水に回すことが妥当と考える。 ^{90}Sr の化学バリアーは以下のように考えている。シリカ・スラグ、セメント系グラウト材がアルカリ雰囲気にあるために、地下水・大気中の CO_2 と、材料に過剰に含まれるか溶出してくる Ca^{2+} が反応し、 CaCO_3 として沈殿する。この際に、 SrCO_3 は CaCO_3 より溶解度が小さいことから、選択的に共沈作用により沈殿捕捉される。従って、仮に ^{90}Sr がバリアーまで移動してきたとしても、そこでの沈殿補足により、止水層の外への移動は起こらない状況を作り出すことが可能となる。

地下水の動きをモニタリングするためには、HTO 濃度を測定するよりも、 ^3H の β 壊変で生成され地下水中に蓄積される、あるいは遊離して通気層を移動している tritogenic ^3He をオンライン質量分析により測定できれば、迅速に汚染範囲が推定できる。ちなみに、質量分析での ^3H 測定限界は、0.1Bq/L 以下である。

2. 備考（以下の点など、可能な範囲で御記入いただけますようお願いいたします）

・開発・実用化の状況（国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む）

ここでの提案を実現するための基本技術は、既に多くのものが高レベル廃棄物の処分技術として研究開発が進んでいる。

- ① グラウト技術は、各種グラウト材の開発が行われ、多くのダム・地下備蓄施設での実績を有している。また、放射性廃棄物処分においても、SKB等の国際共同研究等での実績が多くある。
- ② 建屋地下までグラウトを行うには、ボーリング技術が必要であるが、コントロールボーリング技術による掘削孔の方向等の制御は高レベル放射性廃棄物処分研究や石油掘削等で既に実用化されている。
- ③ ^{90}Sr 捕捉のための化学バリアー性に関しては、 ^{90}Sr はセメントが水和反応で固化する際固層に取り込まれた ^{90}Sr の溶脱はセメント固化体の溶解度で律速されることは、低レベル放射性廃棄物の海洋投棄に関する研究で既に実証されている。

・開発・実用化に向けた課題・留意点

- ① ^{90}Sr 捕捉のための化学バリアー性能を維持するために、土壌・地下水中でアルカリ雰囲気と過剰 Ca^{2+} 状態の維持が必要。(ただし、セメントが固化体として存在する状態ではこれらの条件は維持されている)
- ② 希ガスのマスによる ^3He 測定による地下水モニタリング手法の構築では、測定・希ガス前処理技術は完成しているが、それを現場でオンライン化して測定するには、機器の改良と軽量化を行うとともに、精密測定用の VG5400 の併用を目指す。分析試料の自動採取と地下水・土中水からのガス抽出技術と測定機器への注入技術の開発が必要である。測定器改良・整備と抽出・注入技術開発には 1.5 年程度必要。測定法として、より簡便なガスクロ分析法も迅速測定には意義があるため、別途検討する。

・その他（特許等を保有している場合の参照情報等）



(備考) 技術提案募集の内容 (6分野)

- ① 汚染水貯蔵 (タンク等)
- ② 汚染水処理 (トリチウム処理等)
- ③ 港湾内の海水の浄化 (海水中の放射性物質の除去等)
- ④ 建屋内の汚染水管理 (建屋内止水、地盤改良等)
- ⑤ 地下水流入抑制の敷地管理 (遮水壁、フェーシング等)
- ⑥ 地下水等の挙動把握 (地下水に係るデータ収集の手法、水質の分析技術等)