

VII-22 海洋深層水開発における環境保全システムとミチゲーションに関する一考察

高知工科大学 社会システム工学科
高知工科大学 社会システム工学科
高知工科大学 社会システム工学科
高知工科大学 社会システム工学科

学生会員
学生会員
学生会員
正会員

○公文 勇喜
大久保光章
福原 隆一
村上 雅博

1. はじめに

現在、高知県室戸地区の海洋深層水開発事業では、生活および工業セクターの下水処理水と海洋深層水の淡水化による濃縮塩水が別々に海に放流されており、このままでは工場や都市が発展するに伴って濃縮塩水や下水処理水が増えしていくと、周辺の海洋環境に対し負の影響が大きくなることが懸念される。

本研究は、海水淡水化の効率を上げて生産量を増大させながら、かつ海洋環境への影響をミチゲート(緩和)して水質汚染を未然に防止する新しい開発システムを提案し、その効果を検証することが目的である。

2. 海洋環境の保全計画

室戸地区には海洋深層水関連商品を生産する事業所が数多くある。主に深層水を用いた飲料水や食品の開発など食品加工業や健康増進施設などを一箇所にまとめ、その施設の運営に伴って地元住民の雇用の場を確保し、地域振興を計るのが深層水開発事業の目的である^{1), 2)}(Fig. 1)。その深層水開発の中核地区であり、海洋深層水取水施設のある三津地区と高岡地区では主に上水として河川水を水源としている。その量は合計で 174,675m³/年であり、この上水を生活水と工業用水に使用しているが、工業用水の一部はリサイクルされている。

海洋深層水は日量 4,000m³=1.46×10⁶m³/年取水され、淡水化用に使用されるのは 5,840m³である。その過程により発生する淡水量は 1,752m³、濃縮塩水(排水)の量は 4,088m³である。濃縮塩水(排水)は塩分と共にミネラル分が多く、その一部は食品会社などで添加物として利用される他、蒸発処理により高級食塩が精製される。濃縮塩水は塩分濃度が約 49,000ppm と塩分濃度が高濃度のためそのまま海へ排出すると海洋生態系への環境負荷が大きいことが予想される。

現在の生産システムでは淡水化過程で発生する塩分濃度の高い濃縮塩水がそのまま海に放流されており、工業発展に伴って濃縮塩水も増加していくため、このままでは海洋環境への負荷がさらに大きくなることが懸念される。そこで淡水製造過程に伴って副次的に発生する濃縮塩水(排水)と一般排水の両者の性質を比較したときに、濃縮塩水(塩分濃度が高く BOD 濃度の低い)と一般排水(塩分濃度が低く BOD 濃度の高い)を計画的に混合し海に放流することにより海洋汚染を予防的に緩和させるシステムを提案し(Fig. 2)，以下このシステムの効果について物質収支式に基づいて検討を加える。

混合放流水の塩分濃度

濃縮塩水の濃度、下水処理水の濃度、混合放流水の濃度をそれぞれ C_1, C_2, C_3 とし、その流量をそれぞれ Q_1, Q_2, Q_3 とし物質収支を以下に検討する。一般排水の処理水は BOD 濃度 20ppm、塩分濃度 200ppm、濃縮塩水は BOD 濃度をほぼ 0ppm、製造される淡水の塩分濃度は 100ppm と仮定した。下記の物質収支式に基づき計算した結果、混合放流水の塩分濃度は 1,743ppm となる。

$$\begin{aligned} Q_1 \times C_1 + Q_2 \times C_2 &= Q_3 \times C_3 \\ 4,088 \times 49,243 + 125,873 \times 200 &= 129,961 \times C_3 \\ C_3 = (Q_1 \times C_1 + Q_2 \times C_2) / Q_3 & \\ C_3 = (4,088 \times 49,243 + 125,873) \times 200 / 129,961 & \\ = 1,743 \text{ (ppm=g/m}^3\text{)} & \end{aligned}$$

混合放流水の BOD 濃度

同様に濃縮塩水の BOD 濃度、下水処理水の濃度、混合放流水の濃度をそれぞれ $BOD_{(1)}, BOD_{(2)}, BOD_{(3)}$ 、その流量をそれぞれ Q_1, Q_2, Q_3 と仮定し、BOD の物質収支を検討すると混合放流水の BOD は 19.4ppm となった。

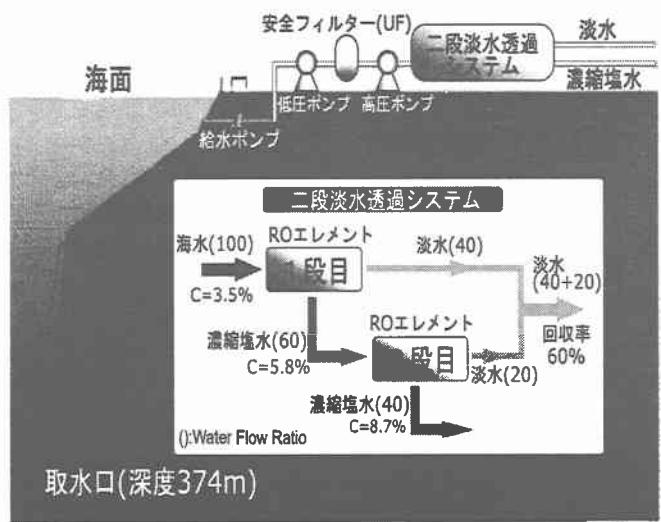


Fig. 1 深層水取水施設 模式図

次に効率よく淡水の生産量を増加させるために最近開発された二段淡水透過システムについて検討を加える。二段淡水透過システムの特徴は、淡水の回収率が従来の30-40%から60%に向かうことと、並びに一段濃縮水に含まれる高水圧エネルギーを二段目の浸透圧力に置き換えて再利用することにより、単位造水量当たりで消費されるトータルエネルギーが節約できるという点である³⁾ (Fig. 1)。

この二段淡水透過システムと計画的混合放流システムを同時に導入した場合を検討する。前頁と同様に混合放流水の塩分濃度、BOD濃度は前述の物質収支式で求められ、その結果塩分濃度は1,778ppm、BODは19.6ppmとなる。

混合放流システムを評価すると、塩分濃度は一般排水と濃縮塩水を別々に直接放流した場合に比べてBODは0.97倍、塩分濃度は0.035倍に緩和された。このシステムを室戸に適応した場合、濃縮塩水の濃度は86,625ppmと高濃度になるが、逆に排出量は少なくなる。下水処理水と混合した場合、塩分濃度は1,778ppm、BODは19.6ppmとなり、1段淡水の旧従来型(ROモジュールの淡水の回収率30%使用)と比較してほぼ変わらない。

3. 考察

海水の取水量、淡水量、淡水の回収率、濃縮塩水量、濃縮塩水の塩分濃度、汚濁負荷量、発電量について旧従来型と標準仕様、二段淡水の場合を比較し、計画的混合排水システムと淡水の生産効率向上と排水システムの緩和効果について検討を試みた。この研究から得られた主な結論を以下に示す。

1) 一般排水と濃縮塩水をそれぞれ海へ直接放流すると放流量に比例して海洋汚染が進む。一般排水と濃縮塩水を計画的に混合して海に放流することにより混合希釈効果が働き、海への環境負荷を緩和させることができるものである。現状と比較して、BODは0.97倍、塩分濃度は0.035倍になる。

2) 淡水化の生産量を増加させるために、二段淡水透過システムを室戸に適応することにより、淡水の回収率が1.5倍に上がる。一方、二段淡水透過システムで濃縮塩水の流量及び濃度は、旧従来型と比較してそれぞれ0.5倍、2倍、また標準仕様と比較してそれぞれ0.66倍、1.5倍になり、単位海水取水量あたりの環境負荷量は従来とほぼ同水準と考えられる。

二段淡水透過システムは、その効率性と経済性により淡水化を推進する原動力となり得るが、それに伴い排水される濃縮塩水の量が増え、環境への負荷は増大する。またより淡水回収率を上げることにより、排水される濃縮塩水の濃度が上昇するため、これによる局所的な影響が相対的に大きくなる可能性がある。一方で、淡水製造量=使用量に伴い下水処理水もまた増加する。従って濃縮塩水と混合してから周辺海域へ放流することにより、淡水の製造量を増加させつつ、海洋生態系に与える影響を相対的に緩和させるミチゲーションの効果を含む効率的な環境保全型生産システムを構築することが可能になる。

4. おわりに

本論は単純な物質収支の計算に基づいており、海洋への排水の放流方式や海流の速度・方向変化や拡散についての影響を考慮していないので、環境水理学的な検討を行うことが必要である。塩分濃度とBODについてしか検討していないために、生態学的な側面からの影響を考慮して総合的なミチゲーション効果と環境影響評価を行う必要がある。今後の課題に、室戸での混合方式ミチゲーションの実証モデル実験を行うこと、室戸での地域計画の中で総合的な環境対策について検討することが残されている。

21世紀のサステイナブルな循環型地域社会を形成するためには、地域、都市、産業、水資源(海洋)、環境等を横断的に統合する総合計画的なアプローチが欠かせない。本論が高知県・室戸深層水開発現場からの世界に向けての情報発信の一助になれば幸いである。

単位: $Q(m^3/day)$

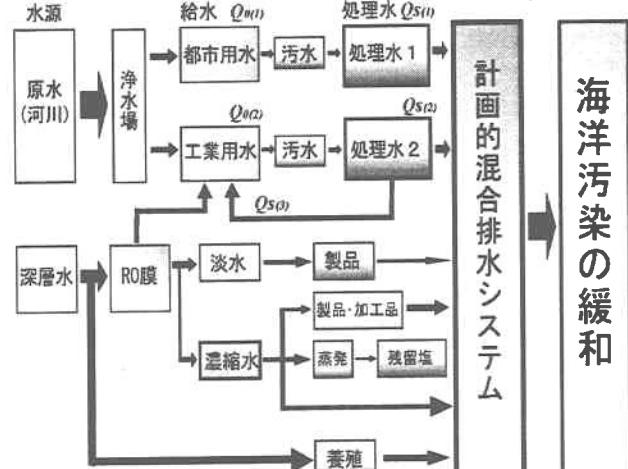


Fig. 2 三津・高岡地区での給水・排水(将来)

海洋汚染の緩和

参考文献

- 1) 高知県 室戸海洋深層水ガイド(2000)
- 2) 関谷政昭・・川明彦・谷口道子(1997), 海洋深層水を利用した海水淡水化技術, 日本海水学会, 第51巻, 第5号, pp.98-102
- 3) Kurihara, M., et al.(1999) High recovery/High pressure Membranes for Brine Conversion SWRO Process and Development and its Performance Data. Desalination, 125, pp.9-15