

VII-3 ビーチウェルシステムを用いた海水淡水化事業について

高知工科大学工学部 学生員 ○梅津 靖弘
高知工科大学工学部 正会員 村上 雅博

1. はじめに

都市域で利用される水資源の多くは、河川流域の表流水と地下水である。しかし、河川流量はグローバルな気候変動による不確実性リスクを伴い、近年の異常気象は、西日本における都市活動域に大規模な渇水をたびたび起こしている。そのために、水量・水質のリスクが少ない水供給システムが社会的に求められている。特に香川県は、瀬戸内海式気候で地形的に扇状地が発達しているため、安定した河川表流水を確保することが難しく、昔から深刻な渇水被害に悩まされてきた。

海水淡水化は、気候の変化を受けずに持続的に安定した水供給を行えるが、電気エネルギーを大量消費することから、ランニングコストが大きな負担となる欠点を持つ。また、原水（海水）を直接取水してから膜分離を行う前に、原水の前処理過程が不可欠で、通常の浄水場と全く同じシステムを適用するため、施設規模が肥大化する。しかし、沿岸部の海底の海浜砂層中に盲暗渠を埋め込み、自然濾過能力を活用して取水すれば、安定した水質の原水を持続的に取水できる。よって前処理施設の省略となり、さらにはランニングコストの一部を減少させることが可能となる。

ビーチウェル（盲暗渠）システムは、中東などでは既に行われている技術であり、取水地点の地質は、0.3～0.45mm の砂粒子が存在する海浜砂層が必要となる。国内では昨年6月に供給を開始した福岡海水淡水化施設で本格的に採用されている。

香川県のケースでは、ビーチウェルに適した海浜が存在する高松市庵治町高尻の津田湾沖に盲暗渠を埋め込むオプションとする（図-1 参照）。本論は、渇水危機管理の一環として香川県をケースに、ビーチウェルシステム（海浜砂層井戸取水方式）を適用した海水淡水化の造水コストを比較・分析することが目的である。

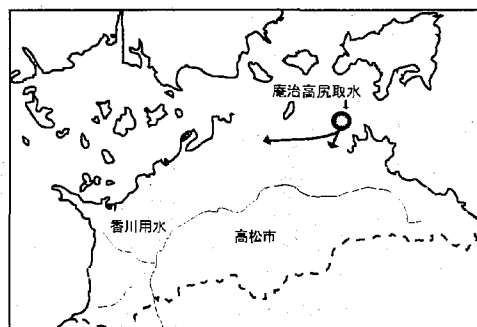


図-1 香川県海水淡水化計画

2. 海水淡水化の造水コスト

海水淡水化の造水コストの算定に関して、ビーチウェルシステム方式の福岡県と、直接海水取水方式の沖縄県のケースを比較し、香川県でビーチウェルシステムを組み込んだケースにおける直接資本費用(DC)を試算した。海水淡水化の造水コストの算定手法として、2002年に発行された世界標準の海水淡水化システムのコスト評価「Fundamentals of Salt Water Desalination」¹⁾を適用する（表-1 参照）。なお、膜購入原価と年間膜交換費は、DC（直接資本費用）×0.4 と DC×0.08 と仮定した^{1,2)}。既存水道管に接続するため、水道本管の費用は含まれていない。割引率は現在の日本の標準的な4%/年、円とドルの為替は1\$=120円とした。給水人口は平成6年の渇水で夜間断水となった旧高松市沿岸部人口10万人を一人日量200ℓ利用すると仮定した。計画給水量は10万人×0.2m³/日=2.0万m³/日である（表-2 参照）。

表-1 海水淡水化の造水コスト算定式

項目	算定式
割引率	$a = i(1+i)^n / (1+i)^n$
年間固定費	$A1 = (a)(DC)$
年間電力費	$A2 = (c)(w)(f)(m)(365)$
年間薬品費	$A3 = (k)(f)(m)(365)$
年間膜交換費	$A4 = \text{膜購入原価の20\%}$
年間人件費	$A5 = (l)(f)(m)(365)$
年間総費用	$At = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$
1 m ³ 当たり造水単価	$As = At / ((f)(m)(365))$

表-2 海水淡水化の造水コスト算出の前提条件

項目	変数	コスト
プラントキャパシティ	m	20000.0 m ³ /日
電力費	c	4.80 円/m ³
電力消費率	w	5.00 kWh/m ³
人件費	l	6.00 円/m ³
薬品費	k	3.96 円/m ³
プラント耐用年数	n	30年
プラント稼働率	f	0.9

直接資本費用を計画造水量で割り、1 m³ 当たりの単位直接資本費用(DC)を算出し、表-2 の造水コスト算定式より、香川県で2.0万m³/日の造水を行った場合の造水単価は、ビーチウェルシステム方式で347 円/ m³、

直接海水取水方式で 370 円/ m³ である(表-3,4 参照)。

表-3 香川県でのピーチウェルシステム方式の海水淡水化造水コスト

費用項目	変数	コスト
直接資本費用	DC	17,138,760,000円/m ³
膜購入原価	DC×0.4	6,855,504,000円
年間膜交換費	DC×0.08	1,371,100,800円
割引率	a	0.04
年間固定費	A1	685,550,400円/y
年間電力費	A2	157,680,000円/y
年間薬品費	A3	26,017,200円/y
年間膜交換費	A4	1,371,100,800円/y
年間人件費	A5	39,420,000円/y
年間総費用	At	2,279,768,400円/y
造水単価	As	347円/m ³

表-4 香川県での直接海水取水方式の海水淡水化造水コスト

費用項目	変数	コスト
直接資本費用	DC	18,396,400,000円/m ³
膜購入原価	DC×0.4	7,358,560,000円
年間膜交換費	DC×0.08	1,471,712,000円
割引率	a	0.04
年間固定費	A1	735,856,000円/y
年間電力費	A2	157,680,000円/y
年間薬品費	A3	26,017,200円/y
年間膜交換費	A4	1,471,712,000円/y
年間人件費	A5	39,420,000円/y
年間総費用	At	2,430,685,200円/y
造水単価	As	370円/m ³

次に海水淡水化プラントの稼働率を 90%だけでなく、50%から 100%に 10%刻みで変動させたときの造水単価を計算した(図-2 参照)。香川県(構想計画)、現状の福岡県(2005 年度実施)、沖縄県(2002 年度実施)の海水淡水化の造水コストを比較した結果を図-3 に示す。

造水コスト

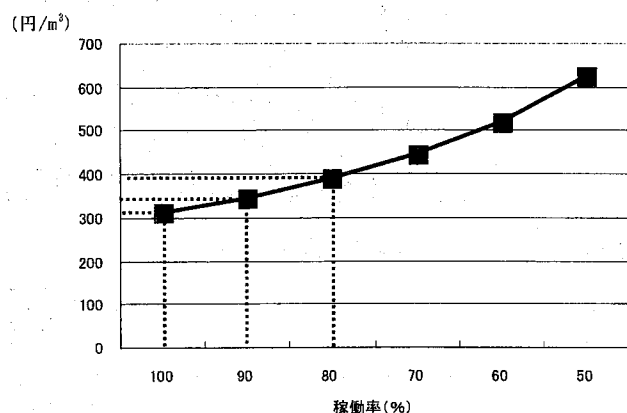


図-2 海水淡水化の造水コストの比較(稼働率別)

造水コスト

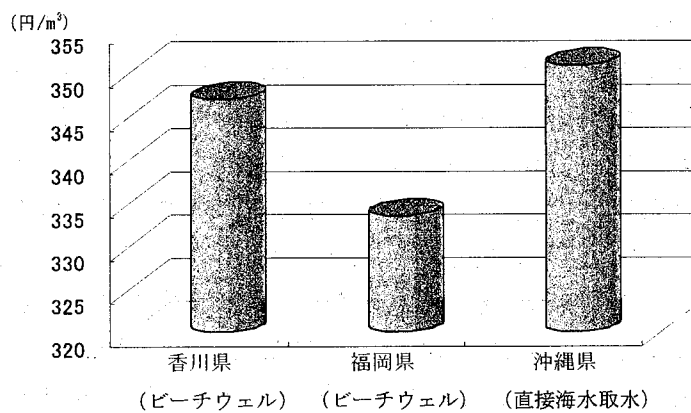


図-3 海水淡水化の造水コストの比較(ケース別)

3. 考察

ピーチウェルシステムを適用すれば、直接海水取水時の海水淡水化と比較して約 7%の造水コスト減少が可能になる(表-3,4、図-3 参照)。しかし、稼働率を 100%から 90%に減少すれば造水コストは 1.1 倍に、100%から 80%に減少すれば造水コストは 1.3 倍に増えるため(図-2 参照)、渇水期に集中して運用する危機管理対策のプロジェクトとしては課題が残る。

4. 今後の課題

何故、日本の海水淡水化の造水コストが世界標準に対して異常に高いのかについて、1 m³当たりの単位直接資本費用(DC)を比較すると、世界標準²⁾では平均 US\$1,100/ m³、最小 US\$700/ m³、平均 US\$2,500/ m³に対して日本(福岡・沖縄)は US\$7,000/ m³ となっており、3-6 倍のコスト高である。海水淡水化の世界標準に向けての事業評価については、まだまだ研究途上であり、海水淡水化プロジェクトの費用と便益の関係(B-C、B/C)を国際標準評価方式と日本国内の独自評価方式から比較検討する課題が残っている。

参考文献

- 1) Hisham T. El-Dessouky, Hisham M. Ettouney, 2002, "Fundamentals of Salt Water Desalination", "Elsevier Science", pp 504-524
- 2) Mark Wilf, Kenneth Klinko, 2001, "Searching for Optimal SWRO Design", The International "Desalination & Water Reuse", vol11/3, pp15-18