

海水と内陸部との温度差を利用した 海水淡水化技術の経済評価(その2)

— 条件を満たす建設対象地での事例研究 —

Economical Efficiency Evaluation of Seawater Desalination Technology Utilizing the
Temperature Difference between Seawater and Inland Atmosphere (Part 2)
— Case study in Target Regions for Construction which satisfy the requirements —

井上 兼人 *¹

Kento INOUE

村上 正秀 *²

Masahide MURAKAMI

Abstract

Target regions that satisfy the requirements for high economic feasibility are selected. The cost-effectiveness for the construction and the operation of the Desalination Pipeline System in the selected target regions is considered on the basis of the actual meteorological data near the target regions. Calculation results show that the desalination costs are 1.09 - 2.22 USD/m³. Though the cost at the suburb of Salalah where the efficiency is maximum is a little bit higher than the cost of the actual desalination plant that was operated at the lowest cost of all the desalination plants in production in 2004, it is evident that the future energy cost rise improves the primacy of the Desalination Pipeline System with respect to the economical efficiency over existing technologies.

キーワード：再生可能エネルギー、海水淡水化、ヒートパイプ、コスト評価、事例研究

Key Words : Renewable energy, Seawater desalination, Heat pipes, Cost evaluation, case study

1. はじめに

海水淡水化技術はすでに実用化されており、近年のコスト削減により、造水コストは 0.5~0.6 USD/m³ まで下がっている¹⁾が、一部の例外を除き、その恩恵を受けるのは産油国を中心とした安価で豊富なエネルギー資源を持つ国々である。そのため、今後のエネルギー価格の動向次第では造水コストが上昇に転じることも十分考えられる。

そこで井上ら^{2), 3)}は、主要な部分では外部エネルギーを消費せずに造水を行うことで、エネルギー資源価格の動向の影響を受けにくい技術である「造水パイプライン」を提案しており、前報(その1)では仮想建設対象地を設定し、経済的に実現可能な建設対象地の条件を求めた。しかし、条件を満たす建設対象地が現実存在しなければ、経済的実現可能性は机上の空論になってしまう。また、条件を満たす地域が存在した場合でも、そこに海水淡水化技術の需要

がなければ意味がない。

そこで、本報(その2)は経済的に実現可能な条件を満たし、かつ海水淡水化技術の需要が見込まれる対象地として、アラビア半島から3地点を選定し、それらの地点に建設した場合の費用対効果について、現地付近の実測気象データに基づき造水量を求め、建設費および運転費と比較することにより、より現実に近い形で造水パイプラインの経済評価を行ったものである。

2. 対象地の選定

前報(その1)で求めた経済的に実現可能な建設対象地の条件、原理的に必要な条件^{2), 3)}および海水淡水化技術の需要が見込まれる条件は以下の通りである。

- ・凝縮部標高 1,000 m 以上かつ輸送部延長 5 km 以下、もしくは凝縮部標高 500 m 以上 1,000 m 未満かつ輸送部延長 2 km 以下であること
- ・年間を通じて海水温が比較的高温(概ね 20 °C 以上)であること
- ・雨量が少ない乾燥気候が卓越し、付近に少なくとも人

*1 筑波大学大学院生命環境科学研究科大学院生
(〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1)

e-mail: inoue_kento@ybb.ne.jp

*2 筑波大学大学院システム情報工学研究科教授
(原稿受付：2007年12月11日)

口数万人以上の都市が存在すること

以上の条件を満たす対象地として、ドバイ（アラブ首長国連邦）近郊、マスカット（オマーン国首都）近郊およびサララ（オマーン国西部）近郊の3地点を抽出した。対象地の位置を Fig. 1 に、MSN 天気予報による過去の気温⁵⁾および NOAA Optimum Interpolation Sea Surface Temperature Analysis⁶⁾による対象地の2006年の気象データを Fig. 2 にそれぞれ示す。

なお、地表水および地下水の利用が困難な島嶼地域についても海水淡水化技術の需要が見込まれるが、標高 500 m 以上の山岳部を有する島嶼地域は気象学的に雨量が多く、

地形的に地表水、地下水の利用が比較的容易であることが明らかであり、山岳部のない島では必要な温度差を陸上で得ることは不可能なため、対象地の候補から外した。

3. 計算条件

淡水精製率算出は以下に示す変更点以外は前報 3.4 章 (Table.1) と同一の計算条件下で行った。

- 凝縮部標高：1,000m
- 輸送部延長（Fig. 1 に基づき設定）：5 km（ドバイ近郊）、2.5 km（マスカット近郊）、2 km（サララ近郊）

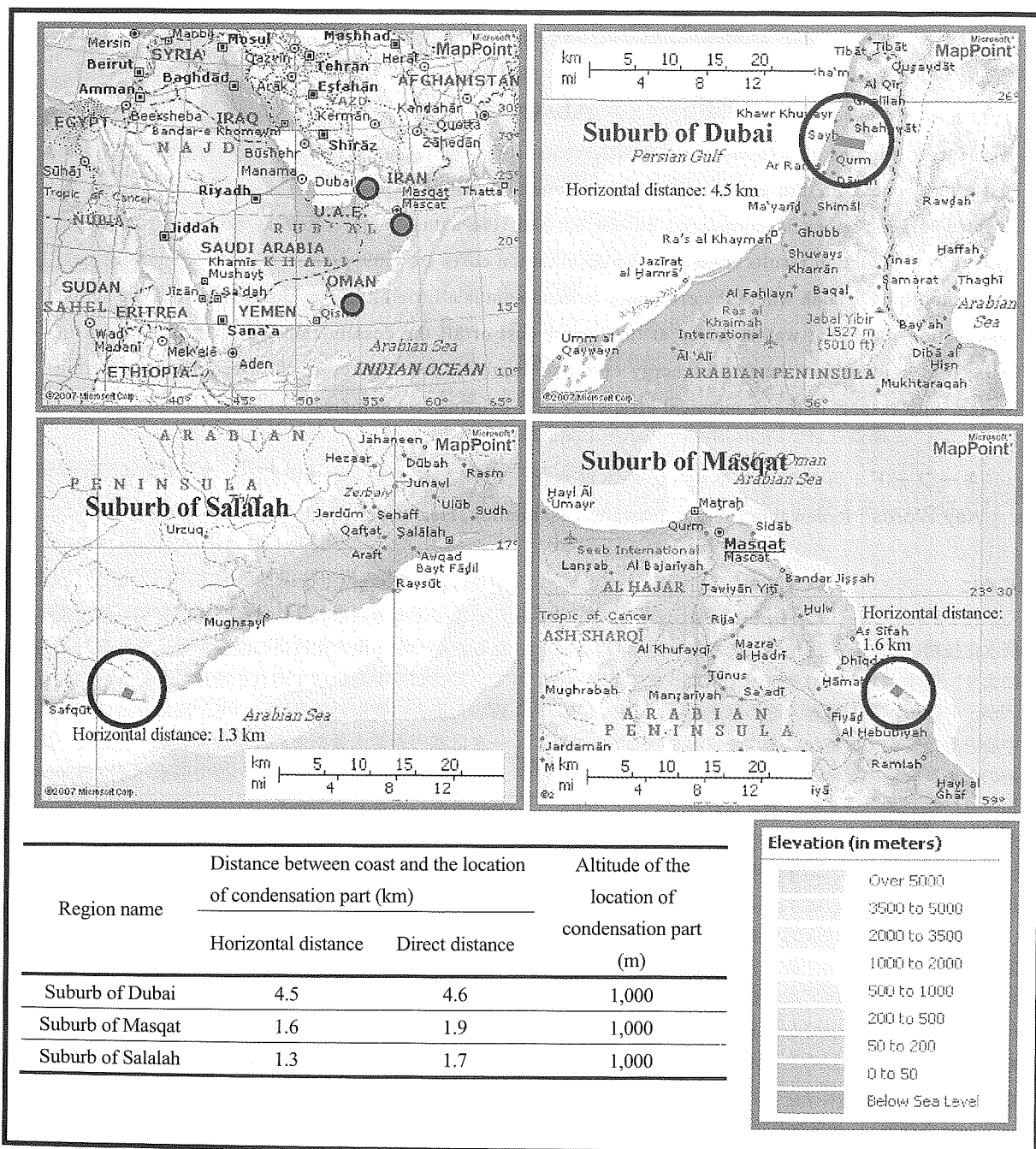


Fig. 1 Location of target regions

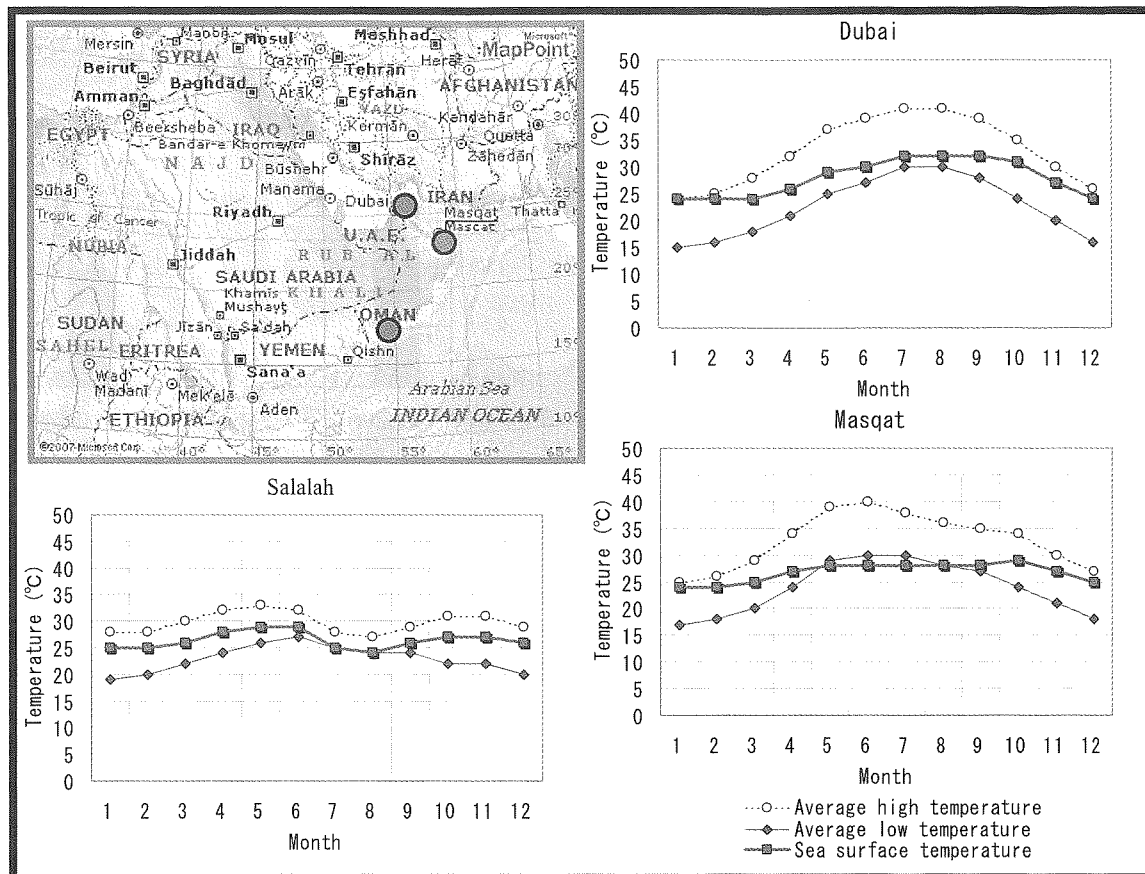


Fig. 2 Meteorological data of target regions

郊)

- 凝縮部周辺気温：最低気温 4 時間、最低気温と最高気温の中間と最低気温の中間 4 時間、最低気温と最高気温の中間 4 時間

4. 淡水精製率

淡水精製率の計算方法は前報（その 1）と同様である。輸送部 1 本あたりの月別淡水精製率を Fig. 3 に示す。輸送部総延長 2,000 km（並列）での年間淡水精製率は以下の通りである。

- ドバイ近郊：61,000,000 m³/yr
- マスカット近郊：103,000,000 m³/yr
- サララ近郊：162,000,000 m³/yr

アフリカの生活用水使用量平均である 23m³/yr・capita⁷⁾を基準とすると、上記の精製率は 2,650,000 人～7,000,000 人分の生活用水に相当する。

5. 造水単価

前報（その 1）と同一の計算方法で造水単価を求めた。各対象地における造水単価を Fig. 4 に示す。

2004 年現在稼働中のフル装備の海水淡水化プラントで

最も低コスト運転を実現している施設はトリニダードトバコの海水淡水化プラントであり、その造水単価は 0.71 USD/m³ である⁸⁾。ただし、このコストは動力費 0.02 USD/kWh に基づき算出されたものであるため、これにあわせて、上記造水パイプラインの造水単価を再計算すると、Fig. 5 に示す通りとなり、最も効率の良いサララ近郊を対象地とした場合に関しては、2004 年現在稼働中の海水淡水化プラントの中で最も低コスト運転を実現している施設には若干及ばないものの、リビアで GMRP 採用の根拠となった造水単価見積もりである 1.0 USD/m³⁹⁾に匹敵する造水単価が示された。

近年の急激な原油価格上昇は記憶に新しいが、今後温暖化防止を目的とした環境税導入等の社会情勢の変化によりエネルギー価格が大幅に上昇することも十分考えられるため、エネルギー価格と造水単価の関係は非常に重要である。エネルギー価格と造水単価の関係を Fig. 6 に示す。なおエネルギー価格の上昇により造水パイプラインの建設費も上昇することが予想されるが、造水パイプラインはエネルギー資源価格上昇前に建設されるものと仮定し、建設費は変動しないものとして Fig. 6 ではエネルギー価格と造水単価との関係を求めた。

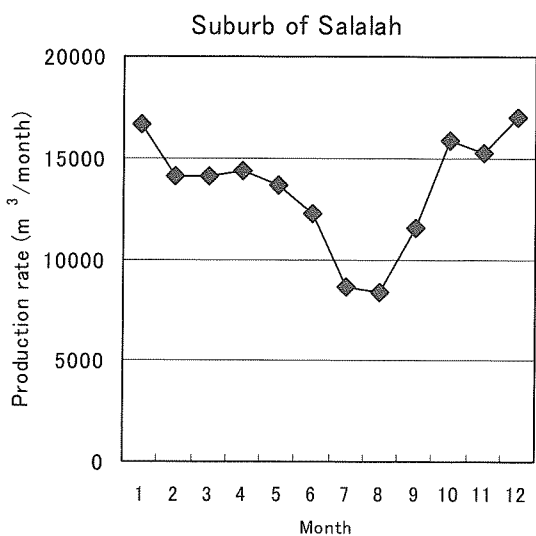
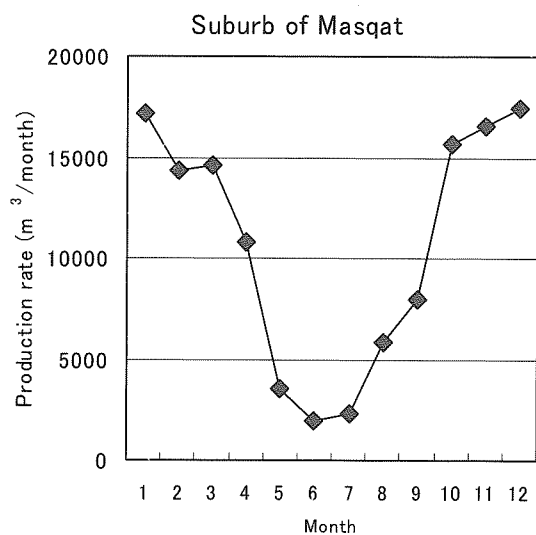
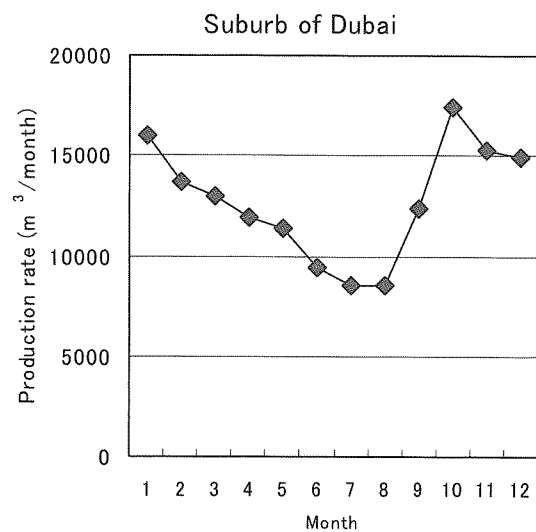


Fig. 3 Monthly production rate per a transport part

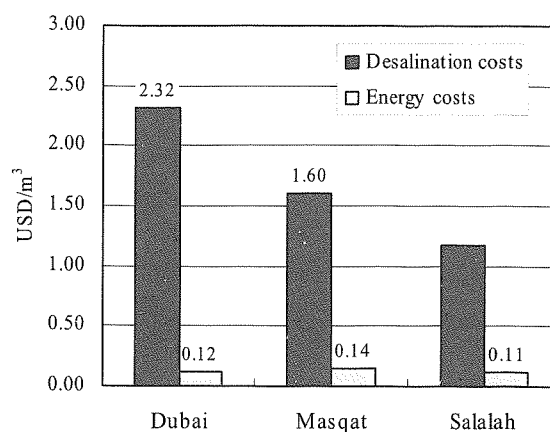


Fig. 4 Desalination costs (@ 0.1 USD/kWh)

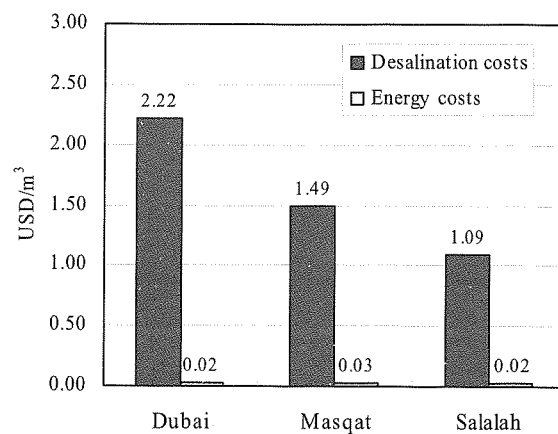


Fig. 5 Desalination costs (@ 0.02 USD/kWh)

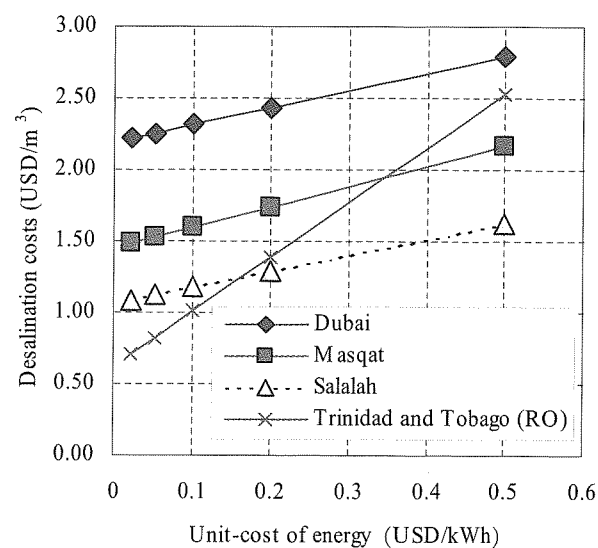


Fig. 6 Relationship between desalination costs and unit-cost of energy

Fig. 6 に示すように、今後のエネルギー価格の動向次第では、既往技術に対して、コスト面でも明らかな優位性を発揮しうる可能性も十分あり得る。さらに、今回設定した対象地では、造水パイプラインにより標高 1,000 m の地点で淡水を得られることから、供給地の標高が低い場合は淡水輸送の動力が不要となる。そのため、淡水の精製から供給地への給水までを視野に入れた場合、コスト面での優位性はさらに増すことは明らかである。また、動力費が低いのみならず、逆浸透法で発生する使用済みの膜等の廃棄物も発生しない。

以上の検討結果から、造水パイプラインは適した場所に建設すれば、環境負荷に関しても既往技術よりも格段に優れた技術であると言える。

ただし、今回算出した造水単価は極めて大まかな試算結果のため、実際には急傾斜地での建設作業による建設単価の上昇やパイプラインの維持管理による維持費の上昇などコスト増の要因を抱えていることは否めない。また一方で建設費の参考に用いた GMRP に含まれる付帯工事の費用による建設費の過大評価やパイプライン敷設が沿岸近傍に集中している造水パイプラインと比較すると GMRP のパイプライン敷設は広範囲にわたっているため生じる管材輸送費の過大評価が造水単価算出に用いた造水パイプラインの建設費に含まれる可能性もある。したがって、今回の試算結果のみに基づいて費用対効果の決定的評価を下すことは困難であり、詳細検討には別途建設対象地の現地調査に基づいた費用対効果の見積もりが必要不可欠であると言わざるを得ない。しかしながら、造水パイプラインの既往モデルでは明らかに費用対効果の面で非現実的と言わざるを得なかったが、今回の経済評価により、建設対象地の条件によっては既存技術に対して費用対効果の面でも優位性を十分発揮しうる可能性が高いことを明らかにすることができ、実現に向けての大きな一歩を踏み出したことは間違いない。

6. まとめ

本報(その2)では、前報(その1)で求めた造水単価算出方法および費用対効果の面で実現可能性を見出せる建設対象地の条件に基づき、具体的な建設対象地において経済性評価を行った。検討結果をまとめると以下の通りであ

る。

- ・ 費用対効果の面で実現可能性の見出せる建設対象地は実在する。
- ・ 今回の試算結果に関する限り、GMRP の phase 1 と同等の初期投資を行った場合、アフリカの生活用水使用量平均である $23\text{m}^3/\text{yr}\cdot\text{capita}$ ⁷⁾を基準とすると、造水パイプラインにより 2,650,000 人~7,000,000 人分の生活用水に相当する量の淡水を得ることが可能である。
- ・ 今回の計算結果では、造水コストは $1.09\sim 2.22\text{ USD}/\text{m}^3$ であり、最も効率の良いサラール近郊を対象地とした場合に関しては、2004 年現在稼働中の海水淡水化プラントの中で最も低コスト運転を実現している施設には若干及ばないものの、今後のエネルギー資源価格の動向次第では費用対効果の面でも造水パイプラインは既存技術に対して十分優位性を発揮しうる事が明らかとなった。

参考文献

- 1) M.Abu-Zeid and A.Hamdy, eds., Water Vision for the Twenty-first Century in Arab World, Tecnomack digital print, Bari, 2002.
- 2) K. Inoue, Y. Abe, M. Murakami and T. Mori, Feasibility study of desalination technology utilizing temperature difference between seawater and inland atmosphere, Desalination, 197 (2006) 137-153.
- 3) 井上兼人、安部征雄、村上正秀、森忠保、海水と内陸部との温度差を利用した脱塩淡水化技術の実現可能性の検討、ヒートパイプ技術、No. 1 (2007) 74-88.
- 4) 大島耕一、松下正、村上正秀、ヒートパイプ工学、朝倉書店、東京、1979 年
- 5) <http://weather.jp.msn.com/>
- 6) http://www.emc.ncep.noaa.gov/research/cmb/sst_analysis/
- 7) 国土交通省土地・水資源局水資源部、日本の水資源(平成 16 年版)、国立印刷局、東京、2004 年
- 8) 造水技術ハンドブック編集企画委員会、造水技術ハンドブック 2004、財団法人造水促進センター、東京、2004 年
- 9) <http://www.gmmra.org/>