

液体金属を利用した海水淡水化技術に関する基礎的研究 Fundamental study on seawater desalination technology with liquid metal

堀川虎之介¹, 近藤正聡¹, Horikawa Toranosuke¹, Kondo Masatoshi¹¹東工大, ¹Tokyo Tech

1. 緒言 持続的発展可能な社会の実現を目指す上で深刻化する水不足の課題を解決する事が重要である。海水淡水化技術は水不足を解決する技術として期待されているが、既存技術はエネルギーの大量消費に加え濃縮塩水の排出などの環境課題がある。一方で鉱物資源の需要も増加しており、豊富な天然鉱物を低濃度で含有する海洋は新しい供給源となりうる。そこで本研究では、原子力分野で応用されている液体金属流体を応用し、海水の淡水化と海水に含まれる有価資源の回収を同時に行える革新的な手法を提案する。本研究の目的は、液体金属直接接触式プラントの概念設計を行い、プラントの成立性を左右する海水と液体金属の化学的反応機構を明らかにすることである。

2. プラントの概念設計 液体金属直接接触式淡水化プラントの概念図を図1に示す。熱源として太陽熱システムを使用する場合、太陽熱の集光にはディッシュ型コレクタを選定し、液体金属冷媒には毒性の低い錫 (Sn: 融点232 °C) を選定した。集光型太陽熱システムにより加熱した液体金属へ海水を大気中で直接接触させて蒸留することで淡水を得る。同時に海水中に含まれる有価資源を液体金属中に溶解させる。液体金属中における元素の溶解度が温度依存性を持つことを利用し、高温部で溶解させた元素を低温部で析出させる。これにより、濃縮塩水の排出を阻止しながら、資源の分離回収を同時に行う。本プラントの設置候補地域は水不足が深刻で日射量が豊富なエジプト等のアフリカ諸国やインドである。図2にプラント運転のシミュレーション結果を示す。ディッシュ型コレクタの直径を15 m、熱効率を0.6、錫のインベントリを1,200 Lとして計算した。日中におけるディッシュ型コレクタの出力は108 kW、高温部は430 °C、生成水量は1,100 kg/d、有価資源回収量は39 kg/dである。表1にコストの概算評価を示す。水と有価資源の総利益が2~7年分で建設費を超えるため、採算を取るにはそれ以上の年数の運用が必要となる。熱源として出力0.1 GWの核融合炉を用いる事ができれば、造水量は 3.3×10^7 kg/dであり、リチウム回収量は2,200 kg/yである。

3. 実験方法・結果・考察 大気中における液体金属Snの酸化挙動を、300 °C, 400 °C, 500 °Cの温度下で調べた。加熱温度によって液体金属Snの質量増加は、

500 °Cで0.081 mg/m²sと顕著になることがわかった。500 °C付近の高温条件下では、酸化被膜の発生により海水と液体金属Snの接触が阻害される可能性がある。加えて液体金属Snと海水の反応性を調べるため、液体金属Snに人工海水及び蒸留水を滴下させ、表面状態をXRD及びSEM/EDXを用いて分析する滴下実験も行った。液体金属Snの温度は300 °C、滴下速度は2 mL/15 min、人工海水の合計滴下量は10 mLである。固化したSnの表面には塩化ナトリウム (NaCl) や金属マグネシウム (Mg) が検出された。

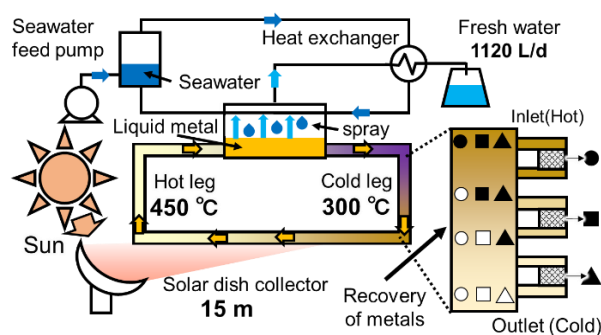


図1 液体金属直接接触式淡水化プラントの概念図

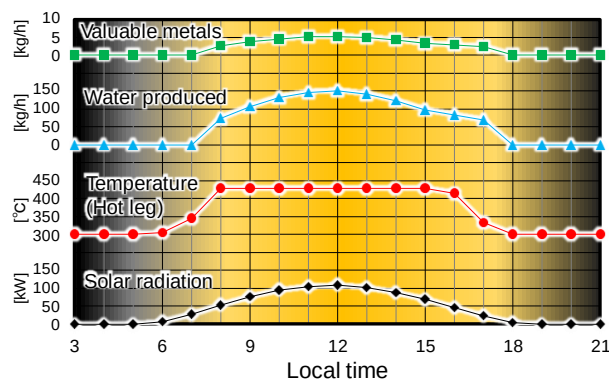


図2 液体金属直接接触式淡水化プラントの運転シミュレーション(場所: エジプト)

表1 液体金属直接接触式淡水化プラントのコスト評価

Parameter	Value
Mass of water produced [kg/year]	360,000
Profit from valuable metals [\$ /year]	8,600
Profit from water [\$ /year]	850~22,000
Construction costs [\$]	64,000