

微粒子分散系の浸透圧を利用した吸水装置の 高効率化に関する研究

IIJIMA, Rika / 飯島, 理化

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026313>

微粒子分散系の浸透圧を利用した吸水装置の 高効率化に関する研究

IMPROVEING OF THE EFFICIENCY OF WATER SUCKING DEVICE BY USING OSMOTIC PRESSURE FOR
FINE PARTICLES DISPERSION SYSTEM

飯島理化

Rika IIJIMA

指導教員 森隆昌

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程

In our previous research, it was shown that the dense fine particles slurry generated a comparatively high osmotic pressure and suck water for a long time. However, the initial slurry height in the water sucking device must be limited because of increasing the pumping up head difference. Thus, in this research, we tried to develop a multi-stage water sucking device to pump up water much higher. We prepared a reservoir tank filled with separated water from the slurry after sucking deionized water and then another slurry was made to contact with the reservoir tank, simulating a two-stage water sucking device. It was found that the separated water from the slurry after sucking deionized water had a different pH and total ion concentration compared to deionized water, resulting in no sucking water. This result indicates that a slurry in which metal elution hardly occur from fine particles should be needed for developing the multi-stage water sucking device.

Key Words : Slurry, Osmotic pump, Electric double layer

1. 緒言

浸透圧ポンプは水力発電、DDSなどに利用されている。例えば、海水を利用した水力発電では、膜モジュールを隔て、海水と淡水を接触させ、浸透圧差により、海水が淡水を吸い上げ、タービンを回すことで発電している[1]。

一方、微粒子分散系（スラリー）では、粒子同士の電気二重層が重なり、浸透圧が発生することが知られており、過去の我々の研究から、膜を隔ててスラリーと水源を接触させることで、上記の水溶液と同様に吸水が起こることが分かっている[2]。微粒子スラリーは溶液と異なり粒子が自重で沈降できるため、①微粒子が濃縮層を形成し比較的大きな浸透圧が発生する、②吸水速度が粒子の沈降速度よりも大きくなり、粒子層が膨張する、③膨張により粒子濃度が低下すると吸水速度が低下する、④粒子の沈降速度が吸水速度より大きくなり、再び濃縮層が形成される、という濃縮層の形成・膨張のサイクルを繰り返し、長期間の吸水が可能になると考えられる。

一方で、吸水装置に投入するスラリーの初期高さが増加すると、吸水ヘッド差が大きくなるため吸水流速の低下が起こることも分かっている[3]。吸水できるヘッド差を増加させることは本装置の応用上極めて重要な課題である。そこで本研究では、吸水装置を多段化することで、吸水可能

なトータルの吸水ヘッド差を大きくすることを試みた。また、吸水ヘッド差と同様に、高い吸水速度を維持できる期間を増加させることができるかについても検討した。

2. 実験方法

(1) スラリー調製

試料粉体にはTiO₂粒子（酸化チタン TA300, $d_{50} = 0.52 \mu\text{m}$, 富士チタン工業）、分散媒にイオン交換水を用いた。粒子濃度は40 vol%に調整し、1hボールミル混合した。その後、スラリーとアルミナボールを分離し、取り出したスラリーを10 min真空脱泡した。

(2) 水源収集

二段の吸水装置を模擬するために、水源の水は実際にスラリーを使って1段の吸水を行い、吸水した水を分離することで用意した。イオン交換水をステンレス製のバット（縦10 cm × 横12.5 cm × 高さ6.2 cm）に高さ5.6 cmまで投入し、その上に内径40 mmの亚克力円筒の装置を設置し、調製したスラリーを高さ20 mmまで投入した。その後、約5日静置し、スポイトを用いて高さ20 mmより上部にあるスラリーを収集した(図1)。収集したスラリーを遠心分離器（多目的冷却遠心機, CAX-571, TOMY）で遠心加速度13,510 rpmで1.5 h遠心分離することで微粒子を

取り除いた。得られた上澄みを回収し、孔径 $0.1\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルター (ADVANTEC, MIXCED CELLULOSE ESTER) にて、ろ過し、水源とした (吸水遠心とする)。また、調製したスラリーそのものを同様に遠心分離、ろ過し水源とした (スラリー遠心とする)。

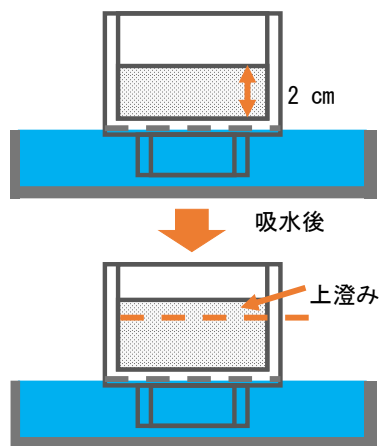


図1 吸水後のスラリーからのサンプリング方法

(3) 吸水実験

図2に吸水装置の概要を示す。(2)で作製した吸水遠心、及びスラリー遠心の水源並びに比較のためにイオン交換水の水源をセットし、その上に(1)で調製したスラリーを高さ20 mmで投入した吸水装置を設置した。

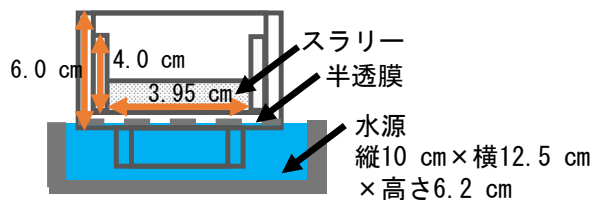


図2 吸水装置の概要

吸水による液面高さの変化を1日ごとにデジタルカメラで撮影した。スラリー及び水源のpHを吸水開始直後、及び3日後に測定した。

3. 結果及び考察

異なる水源を用いた場合の吸水による液面高さの変化を図1に示す。水源が吸水遠心の場合、異なる吸水現象は見られず、液面高さは20 mmのままであった。これは、粒子と水を一度混合した後に再び分離した水の物性が変化したためと考えられる。

異なる水源で吸水を行った場合のスラリー及び水源のpHを表1,表2に示す。スラリーのpHは、6.40~7.09で変化し、すべての水源でスラリーのpHが大きくなっていることがわかった。水源のpHはイオン交換水、スラリー遠心、吸水遠心の順に6.12, 7.01, 8.09と大きくなっていた。さらにICPでチタニウムイオンの濃度を測定したところ、

吸水遠心、スラリー遠心という結果であった。以上のことから、水源の総イオン濃度が吸水遠心、スラリー遠心の順に高くなっていると考えられ、その結果、スラリーと接触させた時に十分な浸透圧(イオン濃度差)が保てず、異なる吸水が見られなかったと考えられる。したがって、二段及び多段の吸水を実現するためには、イオンの溶出が小さい微粒子の分散スラリーを調製することが必要であるとされる。

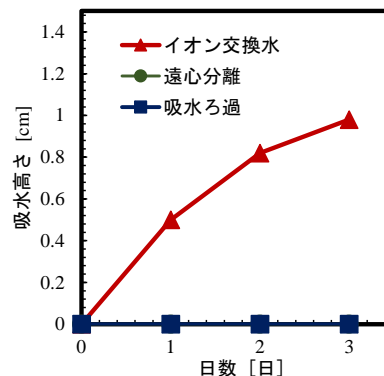


図3 2段目の吸水を模擬した実験

表1 2段目模擬のスラリーpH

	イオン交換水	スラリー遠心	吸水遠心
0 日目	6.59	6.40	6.68
3 日目	6.76	6.87	7.09

表2 2段目模擬の水源 pH

	イオン交換水	スラリー遠心	吸水遠心
0 日目	6.12	8.09	7.01
3 日目	6.63	8.35	7.02

4. 結言

多段の吸水装置を開発するためには吸水後の総イオン濃度変化を抑えることが重要であると考えられる。今後はイオンの溶出が少ない微粒子の分散スラリーを調製することを検討していく。

参考文献

- 1) Piotr Furmański, Sajjad Abdul-Adheem Saleh, Piotr Łapka : Analysis of a hydro-osmotic power plant using a simple mathematical model, *Journal of Power Technologies*, **97**, 395-405, 2017.
- 2) 長縄佳祐: スラリーの負圧・吸水現象の解明, 名古屋大学大学院修士論文, p.3-4, 2012.
- 3) 筒井学: 微粒子沈降濃縮層の浸透圧発生および吸水現象に関する研究, 法政大学大学院修士論文, pp15-16, 2019.