ローレンツ力を利用した海水・油分離装置内の海水流れと流路断面形状の関係

The relation between the seawater flow and the cross-section shape of duct in the seawater-oil separator using a Lorentz force

○横尾 太郎、赤澤 輝彦、岩本 雄二、梅田 民樹（神戸大）

○Taro Yokoo, Teruhiko Akazawa, Yuji Iwamoto, Tamiki Umeda (Kobe Univ.)

E-mail: kousita1234@yahoo.co.jp

ローレンツ力を利用した海水・油分離装置の開発を本グループは行っている．Fig.1 にこの分離装置の概略図を示す. 海水の流路方向に磁場を印加し, ダクトに取り付けた電極板により, 海水に通電を行う. このとき海水はローレンツ体積力 F_L を受ける．一方，油粒子は不導体であるため F_L が働かない．このため，油は海水より反作用を受け，F_L と逆の方向に移動する．電極板より下流に分離板を設ければ, 油が除去され油濃度が下がった海水の流れ (A)と，油が濃縮された海水の流れ(B)に分けられる．これが海水・油分離装置の原理である．

本研究では, 今まで注目されていなかった流路断面形状が装置内の海水流れに及ぼす影響を調べるために, 断面積が同じで断面形状の異なる流路を持つ分離装置を作製し, 実験計測を行うと共に数値計算実験も行った．

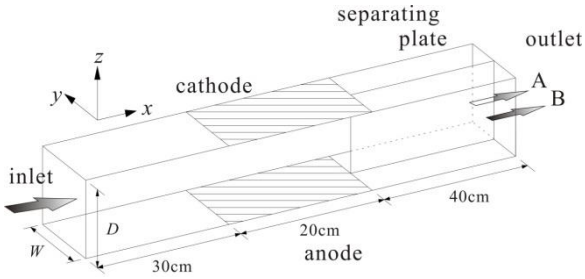

Fig.1. Schematic diagram of the oil-seawater separator.

実際に作製した分離装置は，電極間距離 D = 30mm，電極幅 W = 30mm の正方形流路断面をもつ分離装置（square），D = 23mm，W = 39mm の長方形流路断面をもつ装置（rectangle1），D = 39mm，W = 23mm の長方形流路断面をもつ装置（rectangle2）の 3 つである．これらの 3 つの分離装置は，共通に，海水流路（x）方向の電極板長さ L が 200mm であり，分離空間下流側のダクトには, 流路を 2 等分するように仕切り板を設けている. 磁場は x 軸方向を正の印加方向とし, 分離空間中心と超伝導磁石の磁場中心を一致させた．

実験では，ダクト断面の平均流速 u が 10cm/s となるよう流量計を使って流入する海水量を調整した．海水出口 A, B から排出される海水量 Q_A, Q_B をそれぞれ計測し，排出される海水の偏りを流量比 $R = Q_A/(Q_A+Q_B)$ を用いて評価した．

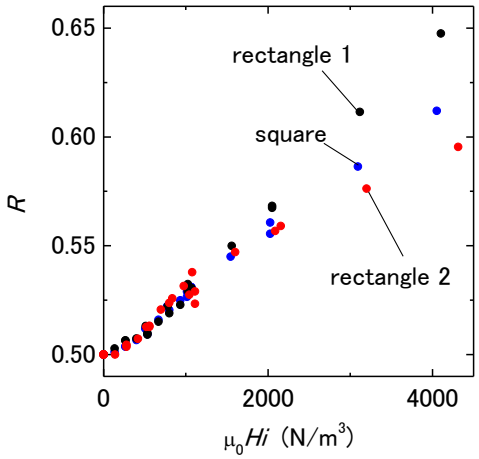

Fig.2. $\mu_0 Hi$ dependencies of R for the square, the rectangle1 and the rectangle2 cells, respectively.

電極間を流れる電流から電極板の面積を用いて平均電流密度 i を計算し，海水に作用するローレンツ体積力$\mu_0 Hi$ を見積もった．作製した3つの分離セルにおいて計測されたRの$\mu_0 Hi$依存性を Fig.2 に示す．全ての分離セルにおいて$\mu_0 Hi$ が増えるに従い，排出される海水の偏り R が単調に大きくなることがわかった．また，$\mu_0 Hi > 2000\mathrm{N/m^3}$ の領域では，$\mu_0 Hi$ が同じ値ならば，W が小さい流路断面形状をしている分離セルの方が R は小さいことがわかった．この結果は，MHD モデルを用いて行った数値シミュレーションの結果と定性的に一致している. これらの実験結果は以下のように解釈される. 分離空間の y 軸方向にローレンツ体積力に起因した圧力勾配が発生するため, 海水が流路内で蛇行し海水排出量に偏りが生じる. 電極幅が短い分離セルほど$\mu_0 Hi$ が同じであれば y 方向に発生する圧力差は小さくなるため, 海水の蛇行現象が抑制される．従って，W が小さな分離セルほど分離能力が高くなることが予想され, 分離装置の性能向上には流路断面形状の最適化が不可欠であることが示唆された．

© 2016年 応用物理学会