

海水電池の原理を利用した海水流動測定法について

浜田 篤信・岩崎 順

沿岸の環境や生物生産を論ずる場合に、海水の流動は、欠くことの出来ない要因であり最近では測定機器の進歩により観測やデータの解析が活発に行われるようになって来ている。しかし、生物生産との関係で流動を取り上げようとする場合には、対象となる生物の生態との関係から流動の内容を吟味しなければならないように思われる。例えばある種の大量発生 of 機構を検討しようとするれば、その種の分布や生活と対応した流動を問題とする必要がある。こうした場合には、計測器械による詳細な情報を得ると同時に、対象種の分布に対応する空間的広がりを把握出来る情報や生活圏に密着した情報が必要である。ここではZn-Cu電極の海水電池による流動測定法について報告する。

測定原理

2種類の金属、例えばZnとCuを海水中に浸すとその間に電流が流れる。このような海水電池の電極間に生じる e^- の移動速度は電極周辺に起こる海水の乱流拡散によって支配される。従って乱流拡散の大きさは両極間に生じる電流または電圧を測定することによって求めることが出来る。

測定及び実験の方法

ZnとCu電極は、学研社理科実験教材用の銅及び亜鉛板をそのまま、又は15x4mmに切り出して研磨したものを使用した。電極間の距離は4mmとした。電圧の測定は、電圧計を用いて直接計測するか、必要な場合には図1の増幅器によって適宜増幅し測定した。ゼロ合わせは図1中の可変抵抗(VR3)で、感度調整は可変抵抗(VR1)でおこなった。

流速と電圧との関係を求める実験は、幅25cm、水深10cm、長さ10mのコンクリート製水路に茨城県水産試験場地先の海水を汲み上げておこなった。実験期間中の水温は18-22°C、塩分は25-32%であった。又、水温、塩分との関係は実験室内の水槽(40x60, 20cm)中で攪拌機を用いて流動を起こしながら行った。

溶存酸素量との関係を検討する実験では、亜硫酸ナトリウム飽和溶液を含むポリエチレン製袋水槽中に浸して酸素を取り除き海水中の酸素を取り除いた後、曝気することによって変化させた。

鉄板減量を測定する方法では、15x4cmの鉄板と銅板を1cmの幅を利用してビニールテープで縦長の状態に繋ぎ垂下した。

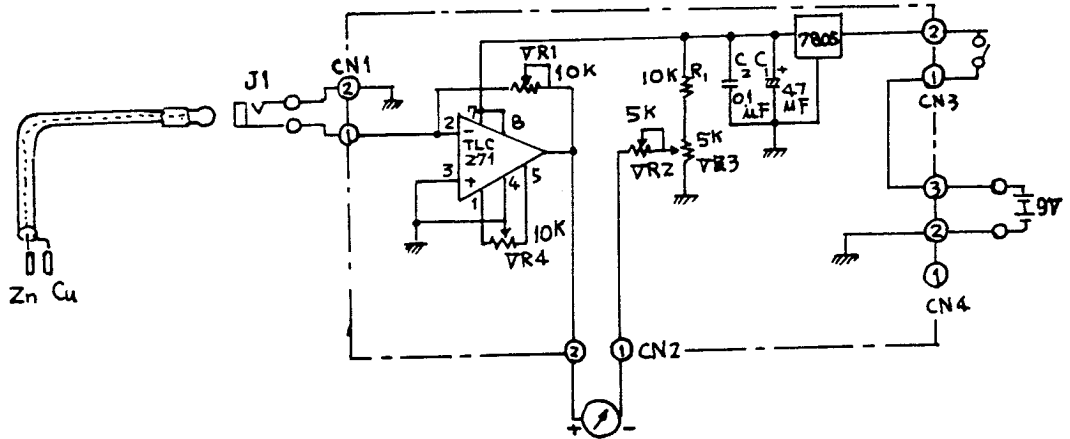


図1 Zn-Cu電極海水電池を利用した海水流動計

結果と考察

(1) 流速と電流または電圧の関係

乱流状態での流速と電圧の関係について実験をおこない図2の結果をえた。実験は、直接電流を

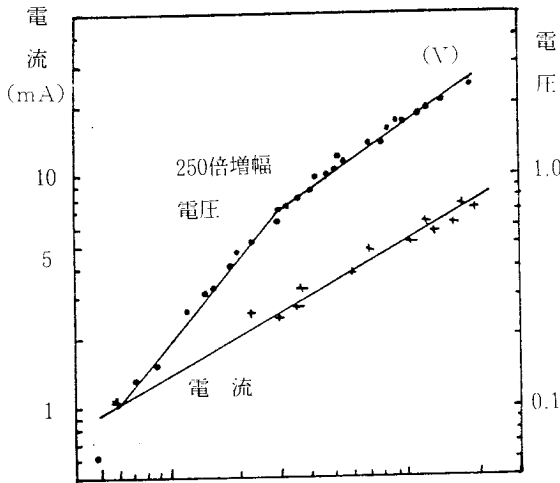


図2 流速 (U) 電流・電圧との関係

電流計を測定したものである。直接測定したものでは、 $5 \sim 200 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ の間で高い相関関係を示し流速 (U, $\text{cm} \cdot \text{sec}$) と電流 (I, mA) と間にか次式の関係が成り立っていた。

$$I = 0.411 U^{0.56} \quad (1)$$

250 倍に増幅しておこなった測定でも電圧 (V) との間に極めて高い相関関係が認められており、両者の間は、次式で表すことができる。

$$V = 0.232 U^2 - 5.88 \times 10^{-4} \cdot U^{0.115} \quad (2)$$

以上のように、Zn-Cuを電極とする海水電池の電流、又は電圧を測定することによって海水流動を測定することが出来ることが分かる。

(2) 鉄板減量を測定する方法

前報¹⁾では鉄板のみを使用した。この場合には一日の減量が250mgと比較的小さく、又流速が 20 cm/sec 程度に上昇すると減量が飽和状態となり正確な測定が困難であった。この点を解消する目的で鉄板と銅板を電極として利用し電圧を高めることによって減量を大きくしより大きな流れへの対応を図った。方法の項の中で述べたように流速に木製の水路の中にポンプで汲み上げた海水を注入するようにしたものであり限られた条件のもとでの結果であるが流速と鉄板減量との関係は図3のとおりであり、流速と鉄板減量との間に相関関係が成り立っている ($L (\text{mg/h}) = 5.15 U^{0.370}$, $r = 0.951$)。鉄板単独の減量では流速 25 cm 以上では 240 mg となり一定となるが、銅板との

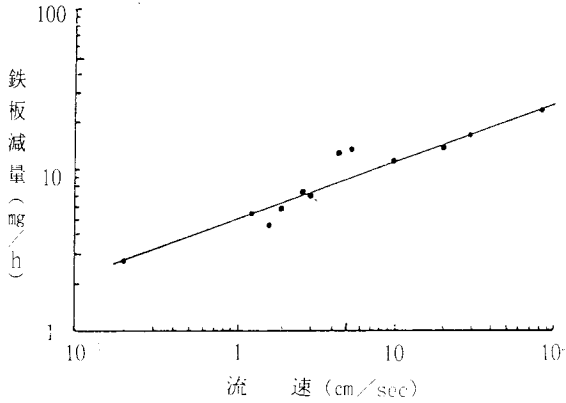


図3 流速と鉄板減量の関係

組合せでは、100cm以上でも上記の関係が成り立っている。又、減量大きく最近のバランス精度の向上を考えると、時間単位の測定や小型のものを利用したミクロの観測への応用も可能と考えられる。

(3) 塩分との関係

海水を媒介としてZn-Cu間に生じる電圧は海水の流動によって大きく支配されているが、他にも塩分が関係するものと考えられる。そこで、これらの要因と電圧との関係について検討をおこない図4の結果を得た。電圧は、塩分は15%以上であればほぼ一定の値を示しており、通常の海域で測定を行う場合には、問題はない。又、15%以下であっても3%までは、80%以上の電圧を示しているところから、汽水域での使用も可能であろう。

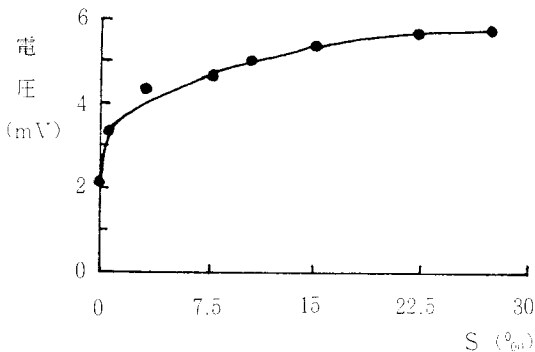


図4 塩分が電圧へ及ぶ影響

(4) 水温の影響

水槽中で水温の変化をさせながら試作した流速計を使用して水温と電圧との関係を検討し図5の結果を得た。電圧は20°Cの値を基準とした相対値で表してあるが、5~25°Cの間で電圧の対数值と水温の間に直接関係が認められ水温が10°C上昇するごとに電圧は1.44倍に上昇する ($Q_{10} = 1.44$)。従って、電流計で測定を行う場合には水温の補正が必要で上記の値を利用し同一水温条件下に換算する必要がある。

次に銅板と鉄板の組合せによる減量については、水槽中で2×1cmのものを使用して実験を行い同図上方の結果を得た。鉄板減量の場合には電圧を測定した場合よりも、勾配が大きく水温15~25°Cの範囲では水温が10°C上がると2.1倍に上昇 ($Q_{10} = 2.1$) している。従って、この数値を用いて観測値を補正する必要がある。

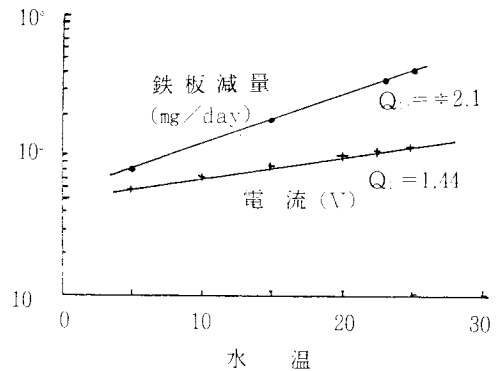


図5 水温と電流・鉄板減量の関係

(5) 溶存酸素量

溶存酸素量と鉄板減量の間には正の相関関係が成り立つことが分かっている。⁴⁾ 海域で調査を行う場合、酸素条件はほぼ飽和状態にあることが多く補正の必要はないように思われるが、その変動が大きい場合には補正が必要となる。

ここでは、Zn-Cu電極間に起こる電圧と溶存酸素量の関係を検討し図6の結果を得た。両者の

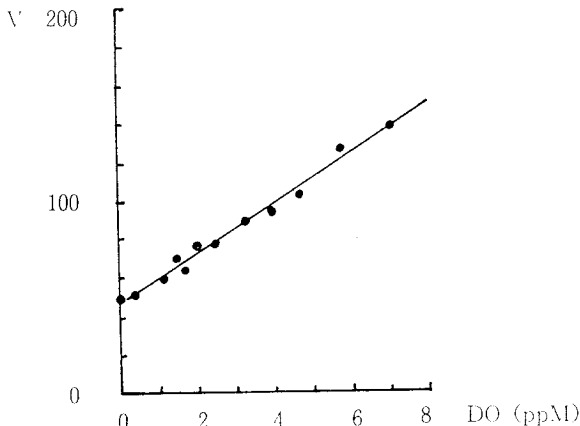


図6 溶存酸素量と電極間電圧の関係 (20°C, 250倍増幅)

間には高い相関が見られ、電圧も溶存酸素量に比例して変動することが分かる。従って、調査海域の溶存酸素量に変動が見られる場合には、溶存酸素量による補正が必要となる。

以上、先に報告した、鉄板腐蝕減量による海水の流動測定の方法を拡大して、Zn-Cu電極海水電池による海水流動測定法を検討したが、微流速から $1\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ 以上の流速まで広範囲の測定が可能である。この測定器は、電極が極めて小さく、例えば二枚貝の生息する海底面直上の流速や二枚貝の取り込む海水の層の厚み等の測定や記録計による連続測定も可能である。又、電極をFe-Cuの組み合わせ等を勘案すれば、腐蝕減量が鉄板単独の場合よりも大きくなることから短時間の測定が可能となり、使用電極の大きさを小さくすることによって目的に見合った利用が可能となる。相対値でなく、絶対値を取りあげようとする場合に

は、水温20°C、塩分33‰、酸素条件飽和等に補正して 100 cm^2 あたりに換算して表現する必要がある。

要 約

海水を介してZnとCu間に生じる電流や電圧が電極間周辺の乱流拡散に支配される現象を利用して、海水の流動測定法を検討した。

- 1 海水流動と両極間に生じる電流との間には極めて高い相関関係が認められ、流速 U と電流 I の間には、 $I\text{ (mA)} = 0.411 U^{0.546}$ の関係が成り立つ。この関係は、塩分は15%以上の水域で使用可能である。
- 2 銅板と鉄板 (15×4 cm, 25g) を1 cm 縦に重ねて連結し垂下した場合の鉄板減量 (L) と流速 (U) の間には、 $L\text{ (mg/h)} = 5.15 U^{0.370}$ ($\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$) の関係がある。
- 3 水温の補正は電流又は電圧を測定する場合には $Q_{10} = 1.44$ 鉄板減量を測定する場合には $Q_{10} = 2.1$ で補正する必要がある。
- 4 電極間に流れる電流や電圧は溶存酸素量に比例する。従って、溶存酸素量の変動のある領域の調査ではその補正を必要とする。

文 献

- 1) 松平近義・浜田篤信 (1966) 鉄板腐蝕減量による海水の流動の簡易測定法. うみ (日仏海洋学会誌), 4 (1), 8-13.