湖水の電気伝導度の温度依存性について

○辻井育子・遠藤修一・川嶋宗継（滋賀大・教育）

【研究目的】

本学では、古くからびわ湖の湖流、水温、濁度、電気伝導度、ｐＨ、風向風速等の観測が継続され、様々な角度からびわ湖の環境に関する研究が行われている。しかし、びわ湖にはまだまだ未解明な部分も多く、これからも継続して観測を行い解析していく必要があり、その為にはより精度の高い測定が望まれる。本研究では水質の重要な指標である電気伝導度を取りあげ、その測定と解析の見直しを行った。

【研究概要】

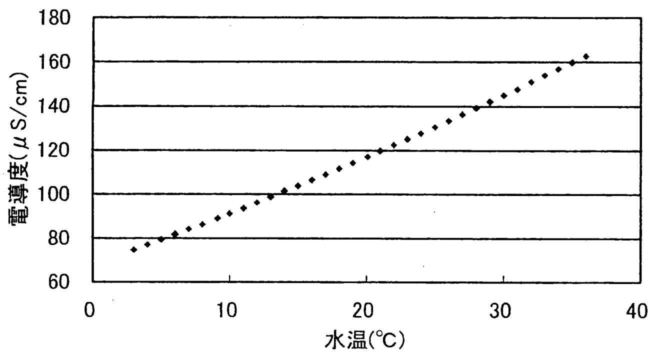
電気伝導度とは、水中に溶存しているイオンのおおよその量を知るための指標であり、水質調査において電気伝導度の測定意義は大きい。例えば、河口付近では河川水と湖水の混合状況の程度を知るのに有効である。電気伝導度は、１℃の水温上昇に対して値が約２％増加すると言われている。その為、観測値の相互の比較をするために、一定の水温（通常１８℃や２５℃）に換算する必要がある。すなわち、

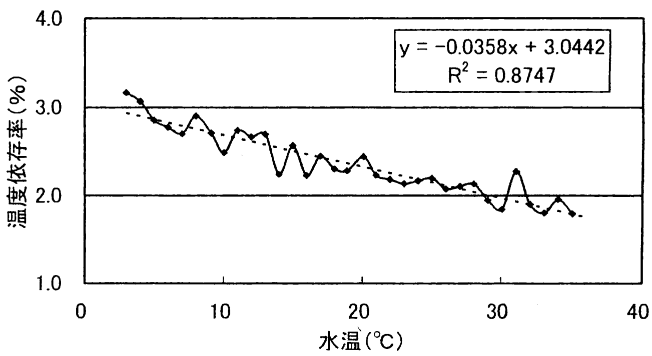
$$EC_{25} = EC_t / \{ 1+\alpha(t-25)\}$$ ※２５℃換算

従来は、温度係数αを一定として、上記の式で、電気伝導度の補正を行ってきたが、本研究では、びわ湖の水を用いて、まずαの値を求めることから始めた。

$\boxed{\text{実験}}$ 試水（びわ湖北湖の表層水と深層水）を３℃から３５℃まで、約１℃ずつ水温を上げていき、電気伝導度を測定した。そのデータより、電気伝導度の温度依存率（％）を求めた。

びわ湖北湖深層水(06.11.25)





【研究結果】

水温の上昇に伴い、電気伝導度の温度依存率が３％から２％へと、徐々に移り変わっていくのが分かる。つまり、電気伝導度は、１℃の水温上昇に伴い、一定の割合で値が上昇するのではなく、温度依存率は水温によって変化する。それを示しているのが上のグラフと回帰式である。

これをもとに、２５℃の値に換算するための式を求めた。すなわち、

$$EC_{25}=EC_t \times \exp\{ 0.5a(25^2-t^2)+ b(25-t) \}$$ $(a=-3.58\times10^{-4}, b=3.04\times10^{-2})$

あるいは実用的には、

$$y=0.000575\,t^2-0.0502\,t+1.89$$ （ただし、ｙは補正係数、ｔは温度）

下の表に、各水温に対応する補正係数（倍数）を表す。

℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	**1.90**	**1.85**	**1.79**	**1.74**	**1.69**	**1.65**	**1.60**	**1.56**	**1.51**	**1.47**
10	**1.43**	**1.40**	**1.36**	**1.33**	**1.29**	**1.26**	**1.23**	**1.20**	**1.17**	**1.14**
20	**1.12**	**1.09**	**1.07**	**1.04**	**1.02**	**1.00**	**0.98**	**0.96**	**0.94**	**0.92**
30	**0.90**	**0.88**	**0.87**	**0.85**	**0.84**	**0.82**				

【考察】

一般に，電気伝導度の温度依存を表す式は次のように書くことができる。

$$dEC/dt = \alpha(t)\cdot EC \qquad \cdots\cdots\cdots (1)$$

ただし，EC は電気伝導度，　t は水温，$\alpha(t)$は温度係数（水温の関数）である。
この式を t で積分すれば，

$$\ln EC = \int_t \alpha(t)\cdot dt + c \qquad \cdots\cdots\cdots (2)$$

となる。ただし c は定数。これより，25℃における電気伝導度 EC_{25} に対する比を求めると，

$$\ln(EC_{25}/EC_t) = \int_t^{25} \alpha(t)\cdot dt$$

$$\therefore EC_{25} = EC_t \times \exp(\int_t^{25} \alpha(t)\cdot dt) \qquad \cdots\cdots\cdots (3)$$

と表される。実験より温度係数 $\alpha(t)$が水温の一次式で近似されることから，

$$\alpha(t) = at + b$$

$$a = -3.58\times10^{-4}, \qquad b = 3.04\times10^{-2}$$

とおくと，

$$EC_{25} = EC_t \times \exp(\int_t^{25} (at+b)\cdot dt)$$

$$\therefore EC_{25} = EC_t \times \exp\left\{0.5a(25^2 - t^2) + b(25-t)\right\} \qquad \cdots (4)$$

となる。したがって，(4)式によって，25℃に換算された電気伝導度を求めることができる。

【参考】

温度係数 α が一定の場合には，(1)式より，

$$\ln EC = \alpha\cdot t + c$$

$$\therefore EC_{25} = EC_t \times \exp\left\{\alpha(25-t)\right\} \qquad \cdots\cdots\cdots (5)$$

となる。$\alpha(25\text{-}t)$が 1 よりも充分小さい場合には，$\exp(x) \fallingdotseq 1+x$ の近似により通常使用される式，

$$EC_{25} = EC_t / \left\{1 + \alpha(t-25)\ \right\} \qquad \cdots\cdots\cdots (6)$$

が導かれるが，α =0.02，t =0 とすれば，$\alpha(25\text{-}t)$=0.5 となり，これは 1 よりも十分小さいとは言えず，(6)式の近似そのものがすでに相当に荒いものと言うべきである。