

中性子線源による感潮河川水中塩素の定量

堀口 泰裕* 中島 澄* 田伏 勝義*

Application of Radio Isotope for Measurement of Chlorine Ion Content in Tidal River.

Yasuhiro Horiguchi, Sumi Nakajima and Katsuyoshi Tabuse

1. 目的

都市における水質汚濁についてはかなり以前より各方面で問題が生じ、早急な解決が要望されている。しかし、感潮汚濁河川においては海水の干満の流入・流出による影響を大きく受けるため汚濁物の流下・希釈・拡散などの現象は極めて明確にしがたい。

すなわち、感潮河川自体の流況は潮の影響により一定ではなく流下・逆流・滞溜の現象をくり返し、これも時間・場所によりかなりの変化を生ずる。これに伴ない、汚濁物も流下・逆流・滞溜をくり返して希釈されていくがこの希釈率は通常の河川での浄化にくらべかなりおそいものと判断される。

このような感潮河川での汚濁防止をおこなうためにはきめこまかな流況の調査が必要で、これに従って汚濁物の流入規制などをおこなう必要がある。このため現在では都内主要感潮河川の塩素濃度の測定・流速測定などが定期的におこなわれている。

しかし、前述のごとく汚濁防止のためによりきめこまかな測定を行なうためには現在の測定方法にくらべより一層簡便でかつ省力化され連続的測定が可能な方法が望まれる。

このため、本研究では中性子線源を利用した水中塩素濃度の測定についての可能性を研究室内および隅田川において検討した。

2. 測定の原理

現在では小型の中性子線源としては α -線を放出する

放射性元素 ^{241}Am (アメリシウム-241) と Be (ベリリウム) を混合したものをアルミニウムカプセルで包んだものが広く用いられている。この線源からは 11Mev (11 ミリオンエレクトロンボルト) までのエネルギーを持つ速い中性子が放出される。

この速い中性子は水素原子と衝突するとエネルギーを失ない 0.25eV 程度のおそい熱中性子となる。

従って、一定の大きさの中性子線源と熱中性子の数を測定するための測定器 (BF_3 計数管) を一緒に水中に浸漬すると線源からの速中性子は水中 (H_2O) の水素により一定数の熱中性子となりこの熱中性子の数は BF_3 計数管により数えることが可能となる。

しかし、水中で生じた熱中性子は塩素原子 (Cl) に衝突すると核反応を生じて吸収される性質がある。このため、水中に塩素濃度が増大すると熱中性子の吸収される割合は高くなり BF_3 計数管に入る熱中性子の数は減少して来る。

すなわち、水中に前記線源と計数管を浸漬しておき、海水などの塩素を含んだ水が増加すると計数器の数える熱中性子の数は減少して来ることとなる。このことから河川水中の塩分は計測することが可能となる。

中性子線源による塩素濃度の他の一つの測定方法として γ (ガンマ) 線により測定する方法がある。

前述のごとく速中性子は水素原子によって熱中性子となり、この熱中性子は塩素原子が水中に存在すると核反応を生じ吸収されるが、この反応を生ずる際には γ -線 (この γ -線を捕獲 γ -線という) を放出する。

* 都立アイソトープ研究所応用物理部

すなわち水中に塩素が多ければその存在量に従って成生する捕獲 γ -線は増加する。

このため、中性子線源と γ -線検出のためのシンチレーション計数器を共に水中に浸漬して γ -線の変化を測定すれば塩素濃度の測定は可能である。

3. 実 験

線源には $^{241}\text{Am}-\text{Be}$ 100mCi (ミリキュリー)を使用し、測定器には熱中性子測定のための BF_3 計数管(14cm長さ \times 2.5cm ϕ)、およびNaIシンチレーション水中測定器(1 $\frac{1}{2}$ ' \times 1 $\frac{3}{4}$ ')を捕獲 γ -線測定のために使用した。

上記線源をそれぞれの測定器の測面に接着して室内実験ではタンク水中に、また現場実験では河川水中に浸漬して計数値の変化から水中塩素濃度の定量をおこなった。

なお、測定値を求めるために各測定器にはスクエーラー、レートメーター、スペクトロメーターなどを接続してある。

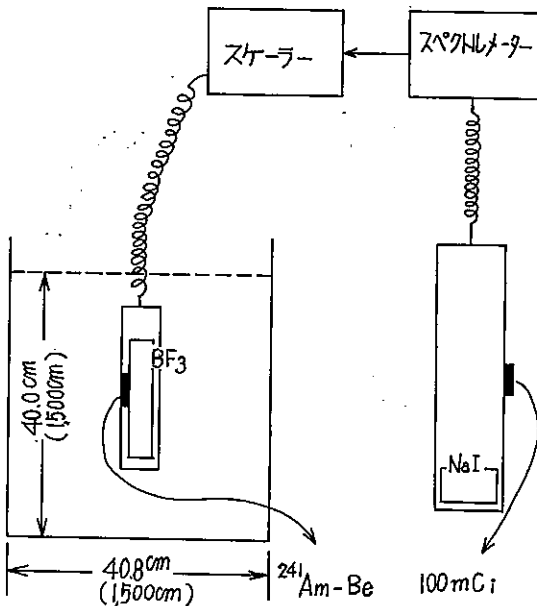


図1 タンクを用いた測定の方法

(1) 室内実験

室内実験は40cm ϕ \times 40cm高さ(50 ℓ)および150cm ϕ \times

150cm高さ(2600 ℓ)のタンクを使用し、タンク中央に線源—測定器を設置して水道水を満たし、食塩を0~3%まで加えて食塩濃度の変化に伴う計数値の変化を測定した。

測定方法の概略を第一図に示す。

この結果、シンチレーション測定器を使用しての γ -線測定では3 MeV以上の γ -線を測定するようにスペクトロメーターを設定した場合がもっとも塩素濃度の増加に対して計数値の増加が高いと判断された。

しかし、この測定方法は線源と測定器の位置関係に極めて鋭敏で再現性に難点があることが見出された。したがって、現在では実際に河川中の塩素濃度の測定を行なうにはまだ改良の余地が多いと思われる。このため、今回はこの方法での現場実験は行なわれなかった。

これに対して BF_3 計数管による熱中性子の測定は良好な結果を示し、再現性の点も極めて良好であった。得られた結果の一部を第二図に示す。この結果から現場実験は BF_3 計数管により測定がおこなわれた。

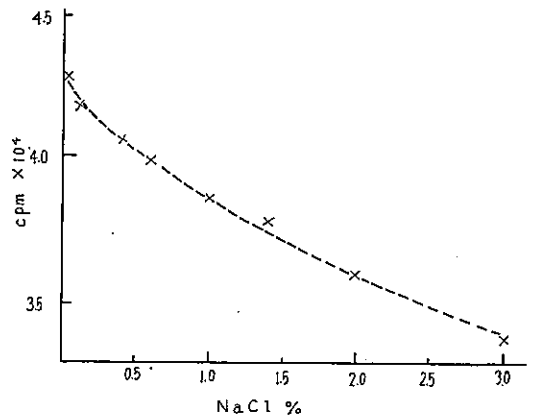


図2 水中食塩濃度と熱中性子の減少率

(2) 現場実験

現場実験は都内隅田川の下流千住大橋—永代橋の区間4地点でおこなわれた。

隅田川は上流は新河岸川につながる典型的汚濁感潮河川で干満の影響により河川に放出された汚濁物は流動しつつ浄化されている。

したがって、現実はこの河川の海水の流入状況の測定

表 1 $^{241}\text{Am}\text{-Be}$ による塩素の測定

測定点	NaCl 含有量 %	
	干潮 11:05 ~12:20	満潮 14:40 ~16:10
永代	1m 0.6	1m 1.9
	2m 0.8	3m 2.5(2.10)
	3m 1.1(0.92)	5m 2.8(2.30)
両国	1m 0.2	1m 1.4
	2m 0.2	3m 1.3(1.36)
	3m 0.3	5m 1.6
白鬚	1m 0.0 _s	1m 0.6
	2m 0.0 _s	3m 0.6(0.50)
	3m 0.0 _s	
千住	1m 0.00	1m 0.0 _s
	2m 0.00	2m 0.0 _s
	3m 0.00	3m 0.0 _s
		5m 0.0 _s (0.050)

註 ()内は化学分析結果

は必要であり、かつ濃度もかなり場所・時間により変動すると考えられるため実用化実験にも最適と思われる。

そこで本実験では隅田川の干潮時・満潮時の2回にわたって、船上より線源—測定器を河川中に浸漬し塩素濃度を定量した。なお、電源にはエンジンジェネレーターを使用して機器類の作動を行なっている。

また各地点で測定時に一部の採水し、採水試料の塩素濃度の化学分析を公害研でおこない中性子線源による測定結果と比較検討した。

得られた結果を表に示す。

むすび

以上の実験結果から、中性子線源による水中塩素濃度の測定は簡便にかつ正確におこない得ることが判明した。

このことから、今後感潮河川の測定にはかなりの利用が考えられる。とくに、必要とする地点における連続測定はこの方法によれば自記記録と併用することにより無人状態で十分行なうことが可能なため、従来の方法に比較してかなり経費の面でまた労力の面で有利なことが考えられる。したがって、この方法は今後より改良を加えることにより実用化を進めることが望まれる。