

宇都宮工業高校 正会員 桑川高德

宇都宮工業高校 正会員 熊倉浩司

Eco life

鶴岡 登

1. はじめに

河川流域管理や地下水管理などでは、河川水などに含まれる溶存イオン等が重要な指標となっている。水質イオンを分析するには、イオンクロマトグラフ、ICP、質量分析計などが用いられるが分析機器は高価で固定設備となり、現場サイドでの簡便で即時性の分析をする場合に無理がある場合が多い⁽¹⁾。また、ハンディ型の簡易水質計もあるが、これらの場合には精度と観測項目の数で制限がある。この研究では、今回開発した磁気共鳴法を用いて、水質イオンの定量的な測定の可能性について検討し、その可能性を明らかにすることとする。

2. 磁気共鳴について

磁気共鳴法の原理は、物質にはそれぞれ固有の振動数があり、同じ振動数にはそれぞれが共鳴するという原理を用いている。今回は、電磁気を用いて共鳴を得ることとした。図1にLC並列共振回路(サーキット回路)を示す⁽¹⁾。

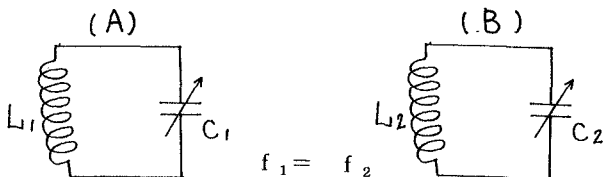


図1 LC並列共振回路

この図から、A,Bのそれぞれの固有振動数は次式で示される。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{ここで、L:インダクタンス、C:コンデンサーの容量}$$

図1のAでの固有振動数 f_1 がBで回路で周波数 f_2 と同じ場合にこの回路は共振または共鳴する。これは、音さが振動によって共鳴を起こすことと同じ原理である。しかし、今回用いた方法は電気導体を用いるために、Aで電気が流れると同時に磁気が発生し、この電磁波がBに伝わり、Bの回路で共鳴を起こすものである。こうした現象は、電磁波として考えると説明がつく。電子レベルで考える。原子の回りに電子が配置している。この模式図を図2に示す⁽²⁾⁽³⁾。

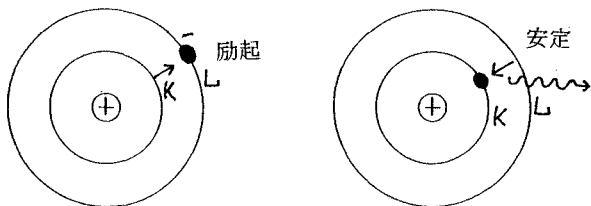


図2 原子の模型

この電子の軌道には、K殻、L殻、M殻などと呼ばれる軌道があり、それぞれ、電子を最大で、2個、8個、16個まで配置することができる。そして、電子はこの軌道間を移動することができる。例えば、水素元素の場合には、

キーワード：磁気共鳴 LC回路 水質測定 O-リングテスト

連絡先：宇都宮市京町9-25 宇都宮工業高校土木科

電子が K 殻に 1 個電子がある。しかし、この同位体である重水素 H^2 は n 軌道に 2 個の電子をもっている。そして、n 軌道は 2 個の場合が安定で、1 個の場合にはさらに 1 個を入れることができる。この物質にエネルギーが外界から与えられ、K 殻から励起し、L 殻に電子の移動が起きる。しかし、電子は長くそこに留まらず、基底状態の K 殻に戻ろうとする。このときに電磁波が生じる。この電磁波が空間を伝わり共鳴を起こすことが考えられる。また、分子でも同じことが起こり、このときには、マイクロ波を放出する。電磁波は波と光子を持った 2 つの面があることを指摘しており、光もこうした電磁波の 1 種であることを示している。したがって、今回の電磁波による磁気共鳴はイメージとして振動数によって共鳴すると捉えられるが、光子量による影響も考えられるがはっきりしたことは分からない。

3. 測定結果の検証

今回開発した測定法は、2 で述べた原理を用い、検出（未知）物質と既知の物質質量を用いて、定量的に比較することから定量する方法である。今回の測定結果に関しての検証には O-リングテスト⁽⁴⁾を用いた。この手法は、大村恵昭によって開発されたテスト法で、医学では診断法に広く利用されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。O-リングテストそのものは非常に簡単な方法で、精度よい結果が医学で得られている。薬物や細菌の質的判定ばかりでなく、病気の適薬量の判定にも用いられている。今回用いた測定法は、著者らが開発した方法を用いた。この方法では、前もって、既知の物質質量と同じ共鳴周波数を取得し、それを照射することにより、O-リングテストにより判定した。実験は質的な取得は行わず、イオン物質が既知であるとした。まず、既知なイオン濃度の量的な共鳴周波数を取得する。次に、サンプルに対して、O-リングテストを用い、取得した周波数と同じ共鳴周波数を走査し決定する。最後にこうした得られた周波数から、量を決定する。今回検証に用いたサンプルはナトリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンである。前もって取得するために用いた標準イオン量は、1000mg/l, 100mg/l, 10mg/l の 3 種類を用いた。検証用には、3 種類について適当な濃度を適当に作成した。イオンクロマトグラフを用いて適量した結果、Na: 4.1mg/l, 22.0mg/l, Ca: 6.9mg/l, 21.0mg/l, Mg: 8.5mg/l, 19.0mg/l であった。磁気共鳴法を用いて測定した結果、Na: 4.0mg/l, 22.0mg/l Ca: 7.0mg/l, 21.0mg/l Mg: 9mg/l, 19.0mg/l であった。精度としてはほぼ満足するものであった。

4. まとめ

この研究では、電磁波共鳴原理を用いた水質測定法を開発し、その可能性について検討した。水質測定の量的な取得に関しては、用いたサンプルがナトリウム、カルシウム、マグネシウムの 3 種類であったが、その結果は精度的に十分に実用的に可能なものであった。今後、いろいろなイオン物質に関して検討を加えて、適用範囲を拡大する必要がある。また、この電磁気共鳴法の適用の限界や原理についても物理的に明らかにする必要があると思われる。さらに、この方法は多用途に適用することが可能であることから、こうした適用例と検証を行う必要もあろう。

参考文献

- (1) 斉藤秀晴：水質をはかる、土木学会誌、Vol84、1999、12
- (2) 二間瀬敏史・麻生修：電磁波、ナツメ社、1999.3
- (3) 佐藤健二：量子力学、ナツメ社、1999.
- (4) Omura, Y.: "Bi-Digital O-Ring Test Molecular Identification and Localization Method" and its application in imaging organs and malignant tumors as well as identification and localization of neurotransmitters and micro-organisms – Part 1, Acupuncture & Electro – Therapeutics Research, The International Journal, Vol.11, pp65-100, 1986
- (5) 小玉浩憲：未来医療 O-リングテスト、医道の日本社、1997.4
- (6) 大村恵昭他：バイ・デジタル O-リングテストの実習（第 5 版）、医道の日本社、1998.5