

平成22年6月30日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20760565

研究課題名（和文） バイオセンサモジュールを用いた小型塩分センサの開発

研究課題名（英文） Development of small salinity sensor using SPR module

研究代表者

植木 巖 (UEKI IWA0)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号：60371712

研究成果の概要（和文）：

小型・軽量・高精度の塩分センサ開発に向け、バイオセンサとしての利用が進んでいる表面プラズモン共鳴技術（SPR）を応用したシステムを試作し、その評価と実用への検討を進めてきた。SPRモジュールは光の反射強度を計測し、それは容易に屈折率に変換できる。モジュール単体では屈折率単位で 10^{-5} オーダーの計測精度で、これは気候変動に関わる表層塩分変動を計測可能と言える。設計の工夫と経験式の確立の結果、システム化後の精度も上記の精度を維持するに至った。

研究成果の概要（英文）：

In order to develop small, light-weight and high-precision salinity sensor, a new system, applied a Surface Plasmon Resonance (SPR) module, has been manufactured, and its evaluation and application have been examined. A SPR module measures reflective index of light, and the RI can easily convert into water density. The accuracy of module itself is in the order of 10^{-5} , which corresponds to acceptable value of salinity measurement for climate study. The accuracy of total system is almost same as that for module itself, after redesigning of system and applying new generated empirical equation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋工学・海洋科学・計測工学・塩分センサ・SPR

1. 研究開始当初の背景

大規模な気候変動現象の一つであるエルニーニョ現象の研究が進むにつれ、その発生終息メカニズムには海洋の塩分変動が重要であるという認識が得られるようになってきたが、塩分変動の詳細を捉えるための観測システムの発展に関しては不十分と言わざるを得ないのが現状である。特に大気とのやりとりの窓口である海洋の極表層（～1m 程

度）での水温・塩分の計測はほとんど行われておらず、実は観測の空白域となっている。

その原因の一つとして、新技術の適用をはじめとする塩分センサに対する革新が十分に進んでいないことが挙げられる。気候変動現象を対象とした観測システムを考えた場合、広域あるいは長期ということが必要となってくるが、現場観測でその要件を満たすシ

システムとしては係留ブイや漂流ブイといったものを想定する必要がある。それらのブイ観測においては高精度観測という基本条件と共に小型化・軽量化・耐久性の向上といった要素がセンサに要求される。中でも小型化は場を乱さずに微細な海洋表層の構造を捉える上で重要な要素と言える。

現在広く利用されている塩分センサの種類は電気伝導度を測るタイプである。このタイプのセンサはガラス管に埋め込まれた電極で、あるサンプル体積における海水の電気伝導度を測るものである。電気伝導度は比較的単純な回路的で測定でき、また、容易に塩分に変換できるため現在の塩分の定義でも利用される物理量である。そのため、現場観測のための測器としての開発も盛んに行われてきた。電気伝導度計測は測定自身は容易であるが、センサの安定度に問題があり、長期の係留ではセンサ特性の経時変化に対する補正や浅海域における生物付着への対応の必要性が生じるといった欠点も併せ持っており、この点が長期係留観測に対するボトルネックとなっている。

電気伝導度とは別の、比較的簡単に測定できる物理量を対象とした塩分センサとしては屈折率を測るタイプのものである。このタイプの塩分計は 1970 年代から長期に渡り研究が進められてきているが、原理としては光学センサを用いることで海水の密度によって変化する屈折率を測るものである。屈折率は容易に密度に変換されるが、塩分に換算するには経験式を用いる必要があるという複雑さをもっている。しかしながら、電気伝導度タイプに比べて長期安定性があり浅海域でみられる生物付着による影響を受けにくいという特徴を持っている。このタイプの塩分計はこれまでは光学センサ部の小型化が難しく係留観測には向かないとされてきた。しかしながら、近年において、生化学や医療分野での技術革新の結果、海洋測器にも流用が可能と考えられる劇的に小型化された光学センサモジュールが開発されるという状況に至った。

そのような背景をふまえて、本研究課題では表面プラズモン共鳴 (SPR) センサモジュールを利用した小型塩分センサの開発と評価ならびに実用への検討を行うこととした。

小型で高精度の塩分センサは、地球環境観測システムの中に組み込まれている係留ブイ観測やアルゴフロートをはじめとする漂流ブイ観測に使用される汎用ツールとして強く要求されているものの一つでもあり、実用化後の用途は広いと考えられる。

2. 研究の目的

本研究計画では我々の生活に深く関係するエルニーニョ現象のような大規模な気候変動現象の理解のための現場観測ツールとして、小型・軽量・高精度の塩分センサの開発を目指す。具体的には生化学や医学分野でバイオセンサとして開発され、利用が促進されている SPR 技術を応用した小型塩分センサシステムを開発し、その評価ならびに実用への検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 初年度は小型塩分センサシステムの基本設計および電子回路作成と実験室での評価を行った。

(2) 始めにセンサモジュール単体の評価を実験室にてシリンジを用いて行うことで塩分計測としてのモジュールの基本能力を確認した。

(3) その後検定バスを用いた小型塩分センサシステムの精度評価を行った。

(4) また、計測された屈折率を塩分へと変換するアルゴリズムに関して過去の経験式を対象とした検討を行った。

(5) 2年目はまず始めに初年度に明らかとなった計測の安定性に関する再検討を行い、システムの再設計を行った。

(6) 新たなシステムを用いて検定バスを使用した検定をおこない、計測の安定性を含めた精度の評価を実施した。

(7) 屈折率標準溶液での計測を含む検定結果を用いて、計測された屈折率を塩分へと変換するアルゴリズムを開発した。

4. 研究成果

(1) 本研究ではバイオセンサとしての利用が進んでいる SPR 技術を応用した小型・軽量・高精度の塩分計測システムを試作し、その評価と実用への検討を行うことを目的としている。

(2) SPR とは金属と誘導体の境界面を伝播する電荷の粗密波であるプラズモンの、光学プリズムを用いて発生させたエバネッセント波による共鳴のことである (図 1)。

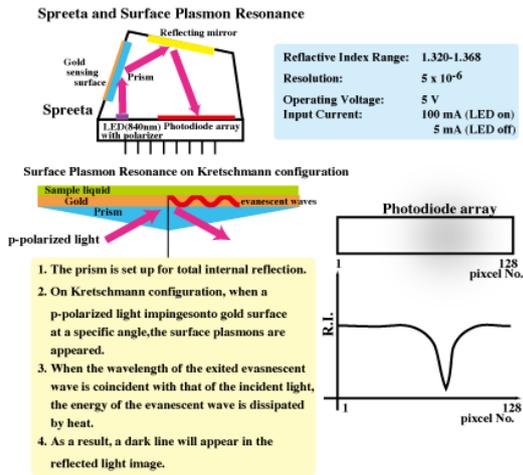


図1 SPRの概念図

(3) SPR モジュールは光の反射強度を計測し、それは容易に屈折率に変換できるため、適切な水温計測が成されれば、塩分への変換も可能である。

(4) 初年度は小型塩分センサのシステム設計と共に、センサモジュール単体 (Texas Instrument Inc. 製の Spreeta : 図2) の評価を中心に行ったが、机上でのシリンジを用いたモジュール単体の評価では屈折率単位で 10^{-5} のオーダー (水温計測精度が 0.01°C の場合の塩分 0.02 程度の計測精度) の計測が可能であることが確認された。これは気候変動現象に関わる表層塩分変動を計測するのに十分な値と言え、目標とする計測精度を満たしている。

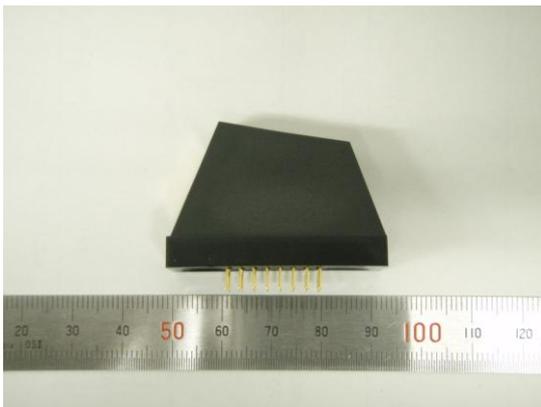


図2 Spreeta 概観

(5) しかしながら、独立行政法人海洋研究開発機構むつ研究所にある検定精度が既知の検定バス (図3) を用いた精度評価ではフローセルの形状に依存した流路の安定性とセンシング部の温度依存性の問題から計測の安定性が保てないという状況が発生した。



図3 検定バス設備

(6) 温度依存性に関してはシステムのデザインを変更することで影響を低減させることができたが、フローセルの問題に関してはサンプルの導入方法に関してはシステムデザインの大幅な変更が必要となった。

(7) 計測した屈折率から塩分を導出するためのアルゴリズムに対し、Quan and Fry (1995) の経験式を対象に検討を行ったところ本センサモジュールの仕様である波長 840nm の光源への適用には誤差が大きく、新たな経験式の作成が必要なが判明した。

(8) 初年度の結果を踏まえ、2 年目は現場計測時における計測の安定性に対する再検討を行い、検定バスを用いた計測安定性の評価と制度評価に重点を置いた実験を行った。

(9) 再検討したシステムデザインではフローセルの導入を廃止し、センシング部に直接海水を接触させる方式をとり、リファレンス計測のための暗室空間を確保するカバーを工夫した。

(10) 結果として、初年度に明らかとなったモジュール単体の精度 (水温計測精度が 0.01°C の場合の塩分 0.02 程度の計測精度) をセンサユニットとして維持することが可能であることを確認した。

(11) また、検定バスによる実験からは本センサモジュールに対する、計測した屈折率から塩分を導出するための経験式を作成することができた (より精度の高い経験式への改良のためにはさらなる検定が必要である)。

(12) 今回採用したバイオセンサモジュールは小型・軽量・安価なものであるが、本研究から現場での塩分計測センサとしての利用

が十分可能であることが確認できた。しかしながら、本来それほど強度が無いのに加え、計測精度維持のためにフローセル導入を取りやめた結果、装置としての強度が低くなり、その利用が水圧の低い表層付近に限られるという欠点が存在する。

(13) 現在、同様な機能を持つ国産モジュールを製作しているメーカーと協議を進めており、高強度のモジュール製作とその機能評価に向けた検討を始めている。その開発の際には本研究の成果が十分活用されると言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計0件)

〔学会発表〕 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

植木 巖 (UEKI IWAO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・研究員

研究者番号：60371712

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者