

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06966

研究課題名（和文）全海洋観測を促進する耐圧容器レス現場化学センサの開発

研究課題名（英文）Development of in-situ chemical sensor without pressure housing for open ocean observation

研究代表者

岡村 慶（Okamura, Kei）

高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・教授

研究者番号：70324697

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では従来、耐圧容器を必要としていた電装部についても油漬け容器内に配し、耐圧容器レス化することで、ペイロードスペースが律速となり搭載不可能であった物理・化学・生物センサを小型軽量化し、全海洋における物資循環解明に資する観測システムを構築した。センサ感応部と電装部の接続方法は、樹脂モールドでも可能ではあるが、取り外しの容易を考慮すると耐圧水中コネクタが良いことが分かったため、それぞれを分離した形でセンサの政策を行った。耐圧試験を行った結果良好に作動した。実海域試験を伊東沖の海丘で行った結果、良好に作動し、海中データの計測に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、油漬けや真空パックによる被圧化が進めば、耐圧容器無しでの簡便な取扱が可能なセンサ開発に道筋が立つ。また、耐圧容器レス化により、pHや溶存酸素といった水中化学センサの小型化が進み、また安価に提供出来るようになる。これらのセンサを自動昇降ブイや小型の水中HDビデオロボットに搭載可能となることで、海洋観測における網羅的な化学センシングが可能となるであろう。この点が本研究の特色であり、独創的な点である。

研究成果の概要（英文）：In the present study, the electrical components that previously required a pressure-resistant container were also placed in an oil-immersed container, and the pressure-resistant container was eliminated. We have constructed an observation system that is lightweight and contributes to clarifying material circulation in the entire ocean. Although it is possible to use a resin mold to connect the sensor-sensitive part and the electrical component part, it was found that a pressure-resistant underwater connector is preferable in consideration of ease of removal, so the sensor policy was implemented separately. As a result of a pressure resistance test, it operated well. As a result of conducting the actual sea area test in the sea hills off Ito, it worked well and succeeded in measuring the underwater data.

研究分野：分析・地球化学

キーワード：海中センサ 被圧容器

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化や海洋酸性化など全地球規模の環境変動に対する理解、ならびに将来予測には、大気と陸域、海洋における熱・物質循環を把握する必要がある。特に温室効果ガスであり、海洋酸性化の原因となる二酸化炭素の物質循環観測システムの開発は、喫緊の課題として取り上げられている(例えば IPCC, 2007)。近年、衛星による観測手法の開発が進み、大気および陸域の二酸化炭素濃度分布、ならびに海洋表層のクロロフィル濃度分布の観測が可能になった。一方、海洋表層から深層における二酸化炭素の動態観測は、船舶からのCTD鉛直観測やトライトンブイなど係留ブイ観測に限られる。船舶による観測は、多深度センサ観測および採水試料による高精度観測が可能であるが長期連続観測は難しい。他方で、係留ブイ観測は長期センサ観測が可能であるが、深度固定で空間分解能が低い。これらの技術的困難が海中の情報不足の原因となっている。

近年、高い時空間観測を担うプラットフォームとして、アルゴフロート等の自動昇降ブイの利用が進んでいる。現在では3900を超えるアルゴフロートが世界中の海洋に展開され、CTDデータを基に海洋循環等の海洋物理学的研究が実施されている。加えて、最近になり、pHや溶存酸素、クロロフィルや硝酸イオンなどを計測するセンサを搭載したアルゴフロートの運用実験が米国やフランスを中心に開始され始めた。化学・生物センサを搭載したアルゴフロートによる網羅的観測が実施されるようになれば、地球化学および生物学的な物質循環および動態解明に資する観測結果が得られるようになるであろう。その一方で、アルゴフロートに搭載する化学・生物センサの搭載可否は、搭載可能なペイロードスペースに束縛されるため、センサの小型・軽量化が必要となる。

申請者らは、海底熱水鉱床の探査に向けた化学センサの開発を実施しており、pHや溶存マンガン、硫化水素などの現場計測技術を開発してきた。特にCTD採水器やROV(Remote Operated Vehicle)で運用してきた計測装置を、全長1mクラスのAUV(Autonomous Underwater Vehicle)に搭載可能とするため、小型・軽量化に取り組んできた。その過程で、駆動部を油漬けすることにより、耐圧容器を必要としないセンサを開発するに至った。ただし、小なりとはいえ、水圧による水・油の圧縮比が生じるため、ゴム膜等による圧力補償機構(コンペンセーター)を必要とする。油漬け容器の一部に軟質プラスチックを採用することで、圧力補償機能を追加可能であると考えた。本研究では従来、耐圧容器を必要としていた電装部についても油漬け容器内に配し、耐圧容器レス化することで、ペイロードスペースが律速となり搭載不可能であった物理・化学・生物センサを小型軽量化し、全海洋における物質循環解明に資する観測システムを構築することとした。

## 2. 研究の目的

近年、アルゴフロートなどの自動昇降ブイによる海洋観測が進められているが、ペイロード容量が制限となるため、搭載センサの小型・軽量化が必要である。既存の現場計測機器の多くは、電子回路部を耐圧容器に入れて運用する必要があり、耐圧容器の使用が、機器の小型・軽量化のボトルネックとなっている。本研究では、電子回路部を軟質プラスチック製の油漬け容器に格納することで、耐圧容器を必要としない被圧型現場化学センサを開発し、フロートへの搭載が可能なセンサ開発を実施する。開発センサを内湾から外洋へと展開することで、海水中の物理化学パラメータの多次元観測を可能にし、海洋環境の変動、ならびに、変動に伴う生態系レスポンスの理解・予測に貢献することを目的とした。

### 3. 研究の方法

被圧型現場化学センサの開発として2つの要素技術開発を実施した。

(1) 電装部 (CPU ボード、電源基板、バッテリー) の被圧化：油漬け等の密封方法の検討、電装部の被圧化と性能評価、電装部とセンサ感应部の被圧コネクタの開発

(2) センサ感应部 (pH・溶存酸素) の被圧化：耐圧性能試験、水中での被圧接続手法の開発

その後上記要素技術を組み合わせた pH、溶存酸素の被圧型現場化学センサを試作し高知県沿岸域など実海域での動作試験を実施し、性能評価を行った。

### 4. 研究成果

(1) 電装部 (CPU ボード、電源基板、バッテリー) に関する開発 (岡村担当)

(1-1) 耐圧容器を使用しない、油漬け又は真空パック式密封方法の検討・開発

我々の研究グループでは、先行研究として塩化ビニル製チューブを胴体とし、上下に透明塩化ビニル素材で蓋となるフランジをつけた密閉容器を試作し、容器内にピエゾスタティックポンプをシリコン油に浸し運用する油漬け駆動試験に成功していた。この油漬けポンプ容器の大きさは、直径 3cm 長さ 10cm であったが、本研究で実施する電装部の被圧化に際しては、たとえば Arduino などのカードマイコンの搭載には、短辺が 5cm 程度、長さが 10cm 程度を必要としたため、これに電源基板を積層する場合、厚さが 5cm 程度となった。そのため、被圧容器全体の大きさとしては、最大で外径 10cm、長さ 10cm 程度を想定しており、各種樹脂素材を用いて容器の試作検討を行った。水密構造の確認は、申請者の研究室で所有の小型耐圧試験水槽を用い、水密容器内にシリコン油を充填し、水中で加圧試験を行い確認した。

(1-2) 油漬け可能な CPU ボード、電源基板、バッテリーの選定

特に電源基板上のコンデンサ、バッテリーが油漬けに弱いと想定されるため、20 種類ほどのボードや基板を選定し、油漬けした上で加圧試験を行い、耐圧性能を評価し、良好に作動する基板を選定した。その基盤を用いて、樹脂モールドなどの追加の密閉方式を検討・開発した。

(1-3) 被圧電装部の試作

選定したボードによりし、最適なサイズの密封容器の設計・試作を実施した。

(1-4) 密封電装部とセンサ感应部の接続方法決定

耐圧水中コネクタを使用する場合は、水密容器のフランジ面に規格にあったねじ穴をあけて取り付ける。油漬けコネクタで取り付け可能な場合は、ケーブルを貫通させる穴を樹脂などによるモールドが必要となるため、素材・方法を選定した。

(2) センサ感应部に関する開発 (野口担当)

(2-1) 卓上型電極 (pH・溶存酸素) 密封方法の検討・開発

通常の電極には、空気穴などの空洞部が存在している。この空洞をゲルなどの素材で充填し、水圧下での破壊を防ぐよう加工した。また水中での電磁ノイズの影響を抑えるため、電

磁シールド手法の検討を行うほか、生物付着を防ぐため、例えば銅製保護カバーの搭載も行った。

(2-2)開発感応部の加圧動作試験

既存の耐压容器と耐压水中コネクタを用いて加圧動作試験を実施した。

(2-3) 密封電装部とセンサ感応部の接続方法決定

センサ感応部を電装部の接続方法として、耐压水中コネクタが良いのか、または油漬けコネクタで対応可能なのかを検討した結果、耐压水中コネクタが良いことが分かった。

(3) 被圧型現場化学センサについて(岡村・野口共同)

(3-1)上記電装部と上記感応部を実装した被圧型現場化学センサの組み上げ

(3-2)被圧型現場化学センサの耐压性能試験の実施

組み上げたセンサは、研究室において標準海水試料等を用いて性能評価を実施した。

(3-3)実海域試験の実施

伊東沖の近海において、被圧型現場化学センサの実海域試験を実施し性能評価した結果良好に作動した

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hatta, M., Okamura, K., Noguchi, T.,
2. 発表標題 High-precision measurement method of dissolved manganese concentration in sea water as a tracer of ocean floor hydrothermal exploration,
3. 学会等名 4th ISNPEDADM 2019, Corsica island, France (2019/9/24) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡村慶, & 野口拓郎
2. 発表標題 海底資源探査のための海中化学観測機器開発
3. 学会等名 第27回海洋工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松原由奈、中川正親、則末和宏、小畑元、岡村慶、永石一弥、石川剛志、蒲生俊敬
2. 発表標題 外洋水中鉛の簡便定量分析法の確立と日本海溝における鉛とその安定同位体比の分布
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会第64回年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	野口 拓郎  (Noguchi Takuroh)  (90600643)	高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・准教授    (16401)	