

独立行政法人 放射線医学総合研究所  
日下部 正志 (masashi@nirs.go.jp)

### 1. 研究の目的

海洋に吸収された二酸化炭素は植物プランクトンの光合成により有機物となり、その一部は海洋深部に粒子として運ばれ、一部は分解して再び無機の炭素になる。これら一連のプロセスは単に生物学的な過程のみならず、化学的、物理的な過程の影響も受けている。関連する過程として、・大気/海洋ガス交換、・光合成による炭素の固定、・生物起源粒子の沈降、・沈降粒子の分解、・粒子の凝集/破砕、・栄養塩の表層への供給及び水平移動等がある。これらの諸過程が相互に関連しながら最終的な結果としてその海域での炭素の収支を決める。本研究の目的はこれらの諸過程（ガス交換を除く）の相互の関係を定量的かつ総合的に把握することである。すなわち、各々の過程で行動を共にすると考えられる放射性核種の存在量、移動量を見積もることにより、その過程に時間軸を与え、炭素を中心とした物質の定量的な移動、変質過程の見積もりを行う。

### 2. 研究の方法

海水中の放射性核種（リン、ベリリウム、トリウム、ラジウム）をその存在形態別に濃縮・捕集する方法を確立する。同時に、採取した核種の分離、精製、定量法を確立する。

#### 2.1 現場型超大容量海水濾過装置の製作

海水中に濾過器をおろし、目的深度で海水を濾過、同時に溶存核種を濃縮する現場型超大容量海水濾過装置を設計、製作、テストする。

#### 2.2 吸着剤の検討

上記濾過装置により溶存物質を吸着濃縮する吸着剤の検討を行い、定量的に目的の溶存放射性核種を捕集濃縮するシステムを製作する。

#### 2.3 分離、定量法の確立

粒状物試料及び吸着剤より効率よくかつ迅速に多種類の放射性核種を分離精製し、定量する方法を確立する

#### 2.4 海域テスト及び観測

開発した機器及び分析法を実際の海域でテストする。さらに、本格的な観測を行う。

### 3. 研究の成果

#### 3.1 現場型超大容量海水濾過装置の製作

製作した現場型超大容量海水濾過装置（以下

「濾過装置」）はケーブルに固定し、目的深度まで海水中を降下させ、その現場水深で大容量の海水を濾過する。「濾過装置本体」は、大容量（数トン）の海水を濾過して粒子成分の捕集を行い、同時に濾過海水中の溶存微量成分を濃縮する吸着剤を有するメインシステムと、比較的少量（数百リッター）の海水を濾過し、目的成分を濃縮するサブシステムから成る。メインフィルターには孔径の異なる2種類の濾紙を使用し、大粒子（粒径 > 70 μm）と小粒子（1 - 70 μm）の分別捕集を行った。メインフィルターを通過した濾過海水はメインの吸着材を通る。この吸着材には、放射性リン（<sup>32</sup>P、<sup>33</sup>P）と放射性ベリリウム（<sup>7</sup>Be）が濃縮する鉄コーティングフィルターを用いた。サブシステムでは、海水は孔径 1 μm のサブフィルターを通過した後、マンガンコーティングフィルターを通り、溶存態のトリウム同位体やラジウム同位体等の濃縮を行った。

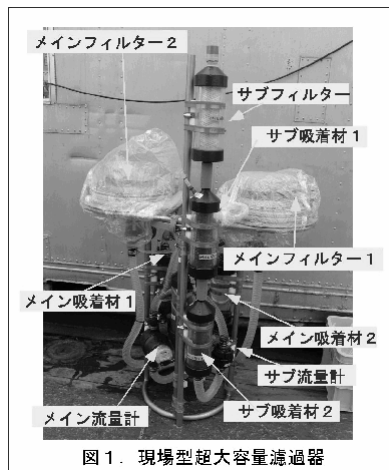


図1. 現場型超大容量濾過器

#### 3.2 吸着剤の検討

上記濾過装置の高流速条件下で溶存態リンを吸着濃縮する吸着剤の検討を行なった。試験に用いた吸着剤は活性アルミナと水酸化鉄である。アルミナは粒径 1~2mm の粒状アルミナを使用した。均質な吸着剤を作成するため、水酸化鉄をポリプロピレンカートリッジフィルターの母材に付着させて使用した。また、水酸化鉄を付着させた活性アルミナについても試験した。

表1 溶存態リンの吸着試験

吸着剤	吸着率(%)
鉄付着 CF (孔径 0.5 μm)	92.3
鉄付着 CF (孔径 5 μm)	68.4
鉄付着 CF (孔径 25 μm)	55.6
鉄付着活性アルミナ	21.5
活性アルミナ	18.6

CF: カートリッジフィルター

室内試験結果を表1に示す。（流速）×（平均吸着率）の値が最も高い孔径 5 μm の鉄付着フィルターを最適条件とみなし、「濾過装置」の吸着剤と

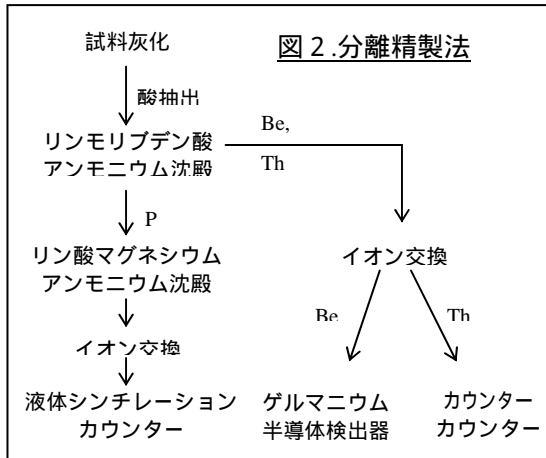
して使用することにした。同吸着剤にはベリリウムもよく吸着した（平均吸着率：95.8%）。

東海村沖海域のテストでは、海水約5トンを通り、吸着率は35～53%であった。流速が室内実験に比べて速かったため軒並み吸着率が落ちたが、それでもなお、水深0～50mで検出可能な放射性リンを採取することができた。

### 3.3 分離、定量法の確立

#### (1) 分離法の検討

液体シンチレーションカウンターで海水中の放射性リンを定量するためには、線を出す他の核種をあらかじめ除去しなくてはならない。また、他の測定核種である放射性ベリリウムやトリウム同位体を定量分析するために分画する必要がある。粒状物からはベリリウムとトリウム、吸着剤の水酸化鉄付着カートリッジフィルターからはベリリウムを分画する。検討の結果、分離精製の方法は以下の手順に従った（図2）。



#### (2) 放射性リンの測定法の検討

低レベルの放射性リン（<sup>32</sup>P、<sup>33</sup>P）を同時に定量するため、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンターによる測定条件の最適化を行った。

・シンチレーションバイアルについては、ガラス製20ml、テフロン製7ml、ポリエチレン製6mlバイアルのうち、バックグラウンドが一番低いポリエチレン製バイアルを採用することにした。

・DBB (Delay Before Burst) の設定時間を検討し、最も測定感度が高くなるDBBを設定した。

・2核種（<sup>32</sup>P、<sup>33</sup>P）同時定量条件の最適化を行うために、測定エネルギー範囲の最適化を行った。

最適化の結果、<sup>32</sup>P及び<sup>33</sup>Pの検出限界は、5時間測定で各々0.28、0.22dpm、10時間測定で0.20、0.16dpmまで下げることができた。さらに繰り返し測定を行なうことで0.10dpm以下にすることができる。このことは、報告例のある海水中最低レベルの放射性リン（～0.02dpm/トン）について数トンの海水での高精度測定を可能にした。

#### 3.4 観測結果

本年3月に茨城県東海村沖において、濾過器の試験を行った。また、7-8月には、海洋観測船

「白鳳丸」に乗船し、北部北太平洋において、試料採取を行った。

#### (1) 東海村沖テスト航海

システム全体では4時間のテストで7トン以上の海水を濾過することができた。メインシステムのろ過量はシステム全体の濾過量の6割以上を占めており、サブシステムの吸入口の調整によりメインとサブの海水濾過量の割合を調整できることも実証できた。

溶存態の放射性リンは表層～水深50mで検出され、<sup>32</sup>Pと<sup>33</sup>Pはそれぞれ0.03-2.35と0.05-3.68dpm/m<sup>3</sup>の濃度範囲であり、<sup>33</sup>P/<sup>32</sup>P比は1.57-1.73の範囲であった。水深が深くなるにつれて濃度は低くなり、<sup>33</sup>P/<sup>32</sup>P比は高くなった。粒状物の放射性リンは表層のみで検出され、<sup>32</sup>Pと<sup>33</sup>Pはそれぞれ0.09と0.12dpm/m<sup>3</sup>、<sup>33</sup>P/<sup>32</sup>P比は1.38であった。溶存態の放射性ベリリウム（<sup>7</sup>Be）は表層～水深150mにおいて55.3-88.2dpm/m<sup>3</sup>の濃度範囲であった。

Th同位体の中でも海洋表層中で濃度が最も高い<sup>234</sup>Thについて、現在結果が得られている。>70μmおよび1-70μm粒子画分中において<sup>234</sup>Thは、それぞれ0.27-0.78と0.2-2.0dpm/mgの濃度範囲であった。海水濃度に換算すると、0.01dpm/l (>70μm)および0.06-0.15dpm/l (1-70μm)である。

#### (2) 白鳳丸航海

「西部亜寒帯太平洋における鉄濃度調節に対する生物地球化学的応答の研究」の一環として、プランクトンの人工増殖による放射性核種の変動過程を解明するため、「濾過装置」を用いて試料を採取した。サブシステムの開口面積を調整した結果、メインシステムでは4時間で10トン以上の海水を濾過できた。

放射性リンは溶存態は表層～水深60m、粒状物は表層で検出された。鉄散布前には1以上あった表層の<sup>33</sup>P/<sup>32</sup>P比は、散布後低下して、4日目には0.6を下回った。その後再び1以上に回復した。Th同位体と<sup>7</sup>Beについては現在測定中である。

### 4. 今後の課題

「濾過装置」を使った試料採取法に関しては、本邦においては過去に例がなく、かつ海外でも一例が有るのみである。現時点で、性能的には満足できるものができたが、今後は使い勝手に関して更なる改良を行う必要がある。

採取した試料中の短寿命核種に関しては、測定は終わっているものの、他の長寿命核種に関しては、ほとんどが未だ試料処理中又は、測定中である。一刻も早く実験を終了し、データ解析を行いたい。同時に、異なった海域において更なる試料の収集に努める。