

北極海における核種(Pu239,Cs137)拡散解析

日本大学大学院 学生会員 ○千吉良 孝
日本大学大学院 正会員 和田 明

1. はじめに

昨今、地球規模としてだけでなく、局地規模においても環境問題が叫ばれている。

そんな種々の環境問題の一項目に「放射能問題」がある。北極海は過去に原子力潜水艦を14基以上投棄した事例があるので、海洋における放射能核種汚染は深刻である。投棄された海底は比較的浅い海域であり、陸地に近いことから、海洋、周辺地域への影響が懸念されていた。

そこで本研究は、北極海全域を対象領域とし、沈降拡散モデルを用いて核種濃度解析を行い、環境への影響を調査することを目的とする。

2. 北極海の概要

北極海の定義は幾つかあるが、最も広く定義されているのはグリーンランド・アイスランド・スコットランドを結ぶグリーンランド・スコットランド海嶺より北の海を指し、その面積は $14 \times 10^6 \text{ km}^2$ 、体積 $17 \times 10^6 \text{ km}^3$ である。本研究では図-1に示す海域を対象とする。北極海の大きな特徴は気温が -50°C にも達する寒冷な気候であること、周囲を大陸に囲まれ海域が閉鎖的であること、大規模な大陸棚が存在し水深が比較的浅いこと、世界の河川流量の10%が北極海に流入することなどがある。

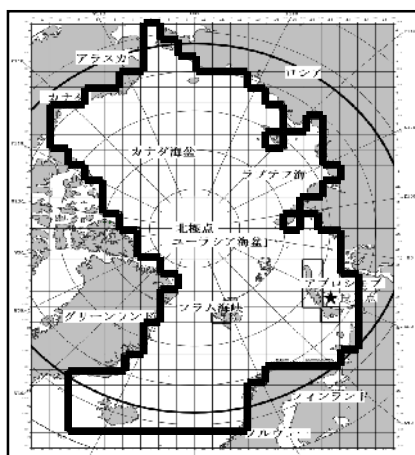


図-1 対象海域

3. 流動解析の概略

本研究における北極海の流動解析ではボックスモデル法を用いた。これは、対象海域を水平方向に最大 $222\text{km} \times 222\text{km}$ のメッシュに区切り、鉛直方向は全5層（1～50m, 50～100m, 100～200m, 200～500m, 500～4250m）に分けボックス分割する。水温・塩分・密度」をパラメータとして用い、「熱量・塩分濃度・質量」の保存方程式により流動を求めるものである。

4. スキャベンジングモデルの概略

核種の沈降解析については、S.L.Clegg and MichelWhitfield が作成したスキャベンジングモデルを用いて行った。モデル概略図を図-2に、このモデルにおける拡散方程式を式1-1～1-3に示す。

<<溶存態変化量>>

$$\frac{\partial C_d}{\partial t} + u \frac{\partial C_d}{\partial x} + v \frac{\partial C_d}{\partial y} + w \frac{\partial C_d}{\partial z} = C_s k_1 - C_d k_1' + (C_l + C_s) \gamma + K_x \frac{\partial^2 C_d}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C_d}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C_d}{\partial z^2} + P \quad (1-1)$$

<<小粒子吸着態変化量>>

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} + u \frac{\partial C_s}{\partial x} + v \frac{\partial C_s}{\partial y} + w \frac{\partial C_s}{\partial z} = C_d k_1' + C_l r_1 - C_s (k_1 + \gamma + r_1) + K_x \frac{\partial^2 C_s}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C_s}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C_s}{\partial z^2} \quad (1-2)$$

<<大粒子吸着態変化量>>

$$\frac{\partial C_l}{\partial t} + u \frac{\partial C_l}{\partial x} + v \frac{\partial C_l}{\partial y} + w \frac{\partial C_l}{\partial z} = C_s r_1 - C_l (\gamma + r_1) + K_x \frac{\partial^2 C_l}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C_l}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C_l}{\partial z^2} - S_v \frac{\partial C_l}{\partial z} \quad (1-3)$$

ここで

Cd:溶存態濃度	x,y,z:座標軸(z方向は水深)
Cs:小粒子吸着態濃度	u,v,w: x,y,z 方向の流速
Cl:大粒子吸着態濃度	Kx,Ky,Kz:渦動拡散係数
K ₁ :吸着速度	γ:核種の崩壊速度
K ₁ :脱着速度	P:放射性核種放出量
r ₁ :凝集速度	Sv:沈降速度
r ₁ :崩壊速度	

キーワード 北極海, 核種, スキャベンジング, ボックスモデル,

連絡先 〒102-8251 東京都千代田区五番町 12-5 日本大学大学院総合科学研究科 TEL 090-4175-4074

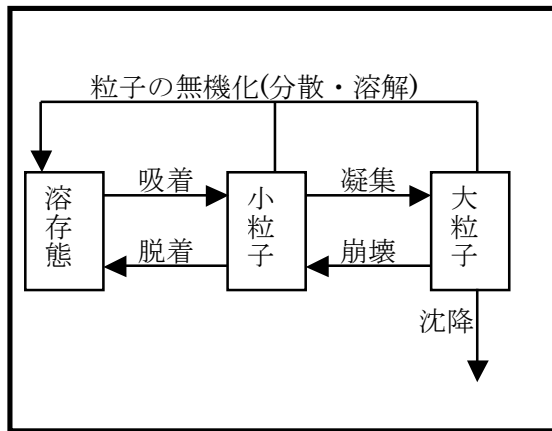


図-2 S.L.Clegg and Michel Whitfield
モデル概略図

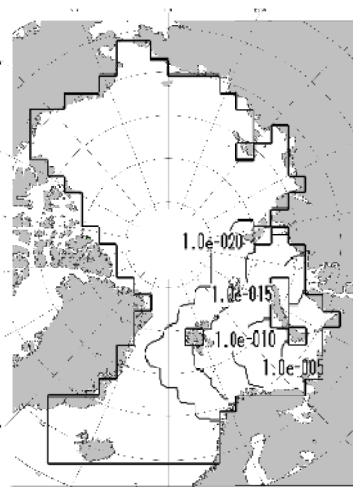


図-3 核種（Cs137）投入後
1ヵ月後1層

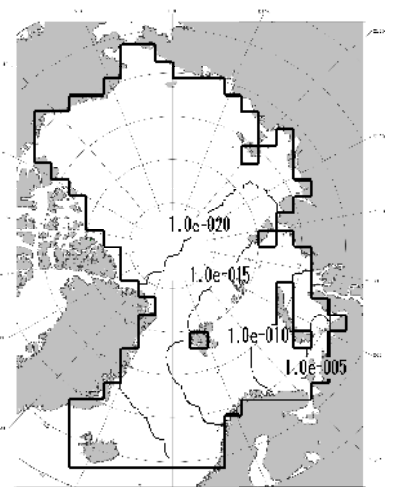


図-4 核種（Cs137）投入後
12ヶ月後1層

5. 濃度解析結果

本研究で解析対象とする核種は Cs^{137} と Pu^{239} であり、投入点は図-1 に示すアプロシモフ ベイとしている。 Cs^{137} の解析を行った結果を図-3,4 に示す。

また、SS 濃度を通常では $2.5\text{g}/\text{m}^3$ であるが、これを $1/100$ にした場合での核種の海中残存量結果を表-1,2 に示す。図-3, 4 を見ると核種濃度は経年変化に伴い広域に拡散していく結果となった。投入点付近の濃度は高く、一年後においてもその濃度は変わらないことが結果として読み取れる。

表-1 Cs^{137} の海中残存量経年変化

Cs^{137} 通常の SS 濃度(KBq)		Cs^{137} 1/100 の SS 濃度(KBq)	
	海中残存量		海中残存量
投入開始時	1.00×10^9	投入開始時	1.00×10^9
1 ヶ月後	1.32×10^8	1 ヶ月後	1.87×10^8
6 ヶ月後	2.51×10^6	6 ヶ月後	3.79×10^6
12 ヶ月後	2.31×10^6	12 ヶ月後	2.68×10^6

表-2 Pu^{239} の海中残存量経年変化

Pu^{239} 通常の SS 濃度(KBq)		Pu^{239} 1/100 の SS 濃度(KBq)	
	海中残存量		海中残存量
投入開始時	1.00×10^9	投入開始時	1.00×10^9
1 ヶ月後	1.31×10^9	1 ヶ月後	1.33×10^8
6 ヶ月後	2.50×10^6	6 ヶ月後	2.51×10^6
12 ヶ月後	2.31×10^6	12 ヶ月後	2.31×10^6

表-1, 2 を見ると通常の SS 濃度の場合、 Cs^{137} と Pu^{239} の数値に殆ど違いは無いが通常の $1/100$ の場合と比較すると Cs^{137} は $1/100$ になると海中の核種量が増加するが、 Pu^{239} では変化が見られない。この

要因としては Pu^{239} の分配係数が Cs^{137} に比べ高いことが考えられる。また、両核種とも 12 ヶ月後の海中核種残存量が 0.03% 程になっている。この要因としては投入点付近の水深が 200m と浅く沈降量が多くなっていると考えられる。

6. まとめ

核種濃度の広がり方は 12 ヶ月に渡り広域に拡散して結果となったが、海中残存量は両核種共に非常に少なくなっていることが分かった。またこの場合、SS 濃度の変化における結果の差が無いことも読み取れる結果となった。その要因として投入点の水深にあると推測される。水深が浅かったことで、海底に沈降する核種量が多くなるのではないかの影響が大きかったと考察される。今後は、海底層の影響を考慮した解析を行い、またその上で長期間の解析を行うことで、核種半減期の違いなどからも研究を行う必要がある。

参考文献

- 1)水落貞晴：北極海における放射性物質の濃度解析,日本大学大学院生産工学研究科平成 15 年度修士論文,PP86～96,2003.
- 2)S. L. Clegg and Michel Whitfield:

A generalized model for the scavenging of trace metals in the open ocean - II.Thorium scavenging, Deep-Sea Research.,Vol.38, pp.1.91-120, 1990