

太平洋流動モデルを使用した核種濃度の数値解析

日本大学大学院生産工学研究科	学生員	○松田	和久
日本大学生産工学部	正会員	和田	明
日本大学大学院生産工学研究科	学生員	長谷川	一幸
日本大学大学院生産工学研究科	学生員	佐野	匡利

1. はじめに

本研究では放射性核種の性質(1.人工的に作られたものなので自然界には元々存在しない。2.生物が取り込んだとしても変化しにくいいため消失量を考慮する必要性が少ない。3.大気圏核実験や原子力施設など特定の場所でしか発生せず、観測が比較的容易かつ継続的に行われている。)を踏まえ、核実験・原子力発電所事故に起因するフォールアウトに着目し、太平洋流動モデルによって求められた流動場を基に海洋中核種(Cs-137, Sr-90)の濃度計算を行った。そして気象研がとりまとめた観測結果(HAM データベース)と数値解析で求められた濃度解析結果を比較し、太平洋における人類にとって有害な放射性核種の分布を検証する。

2. フォールアウト量の設定手法

フォールアウトは全体の約90%以上が湿着沈降によって地球に投入されるため降雨量との相関が高い。またフォールアウト量は北半球で多く、南半球では少ない。本研究ではこれらの特性を考慮し、メッシュ毎(緯度 $2^\circ \times$ 経度 2°)のフォールアウト投入量を式-1からフォールアウト量を算出した。

$$F(\lambda, \phi, t) = F_0(t) \frac{P(\lambda, \phi)}{P_0(t)} \varepsilon(\phi) \dots \text{(式-1)}$$

ここで、 $F(\lambda, \phi, t)$:メッシュ毎の年間フォールアウト量(Bq/m^2), $F_0(t)$:気象研所在地で観測された年間フォールアウト観測量(Bq/m^2), $P(\lambda, \phi)$:人工衛星(MSU)による全海洋上降雨量の平均値(mm/year), $P_0(t)$:気象研所在地で観測された年間降雨量(mm/year), $\varepsilon(\phi)$:緯度方向濃度比の重み付け係数

2.1 フォールアウト修正式

本研究では Monetti et al. によって観測されている緯度別フォールアウト分布(図-1)を基に重み付け係数比 $\varepsilon(\phi)$ を設定し、降雨量分布を修正した。しかしこれだけでは本研究での計算対象領域が太平洋全域であるため、Playford et al. (1992)によって推定される全球フォールアウト量とは比較の対象にならない。そこで式-2のように求められた年間フォールアウト量 $F(\lambda, \phi, t)$ に Playford の修正係数 $\gamma(t)$ を掛ける事により算出した。

$$F'(\lambda, \phi, t) = F(\lambda, \phi, t) \gamma(t) \dots \text{(式-2)}$$

ここで、 $F'(\lambda, \phi, t)$:海洋表層における年間フォールアウト推定量(Bq/m^2)の修正後総量, $F(\lambda, \phi, t)$:海洋表層における年間フォールアウト推定量(Bq/m^2)の修正前総量, $\gamma(t)$:Playford

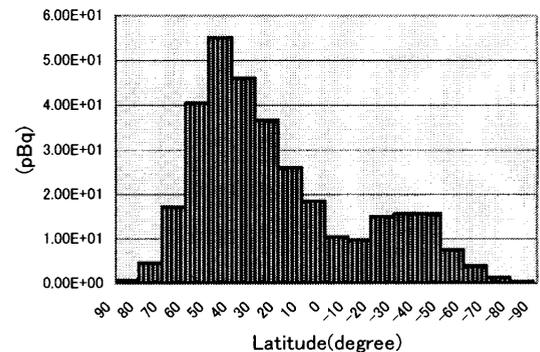


図-1: Sr-90の全球におけるフォールアウト量の緯度別分布(Monetti・1996)

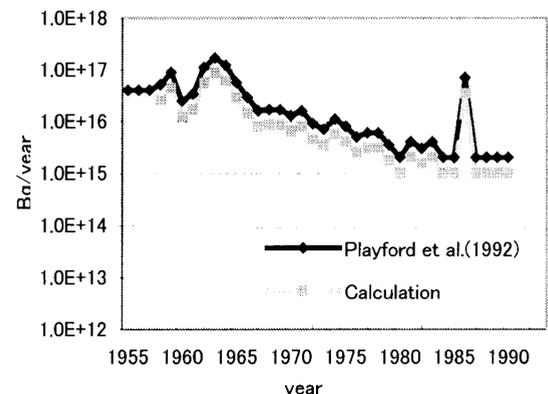


図-2: Cs-137に対する全球推定積分値と計算結果

キーワード: 放射性核種、フォールアウト

連絡先: 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL:047-474-2420

et al.によって算出されたフォールアウト量推定値から定めた修正係数である。

Playfordによる推定積分値は全球であるのに対して、本研究の計算領域は太平洋全域(全海洋の約50%)であるため、式-1によって算出されるフォールアウト量に対して50%になるように修正係数 $\gamma(t)$ を設定した。その結果、総フォールアウト量のグラフ(図-2)を見ると年代が進んできても全球推定積分値と比較して妥当な値を取っていることがわかる。

3. 濃度解析基礎式

海洋に溶け込んだ放射性核種は、海流によって移流し、拡散する。さらに、核種崩壊とスクャベンギング現象(核種が海洋中の懸濁物質に吸着し、沈降すること)の影響を受ける。これらを考慮した海洋中の放射性核種濃度評価の基礎式を式-3に示す。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + L(C) = R(K_H, K_V, C) - \lambda_n C + K_d \rho_s(z) w_s \frac{\partial C}{\partial Z} + F(\lambda, \phi, t) \dots \text{(式-3)}$$

C: 放射性核種濃度(Bp/m³)、L(C): 移流項、R(K_H, K_V, C): 拡散項、 λ_n : 放射性核種の崩壊定数=(1/半減期)(1/s)、Z: 鉛直上向きを正とする座標、K_H: 水平方向拡散係数=1.0×10²(m²/s)、K_V: 鉛直方向拡散係数=1.0×10⁻³(m²/s)、K_d: 放射性核種の分配係数(m²/s)、 $\rho_s(z)$: 海洋中の懸濁物質の濃度(Bp/m³)、W_s: 懸濁物質の沈降速度(m/s)、F(λ, ϕ, t): 年間フォールアウト量(m²/s)ここで、左辺第一項は濃度の時間変化、第2項は移流項を示す。また、右辺第一項は各参考、第二項は核種の崩壊、第三項はスクャベンギング項である。

ただし、座標系は球面座標($\lambda \cdot \phi \cdot Z$)を採用し、 λ は緯度、 ϕ は経度、Zは鉛直上向きを正とする座標、tは時間を表している。

4. 結果及び考察

本研究では時間格子幅を216000sと設定し、濃度解析を行った。図-3は太平洋におけるCs-137の水平濃度分布図である。北半球が高濃度をしめしていることがわかる。理由としては北半球では核実験や原子力施設の事故が発生していることが考えられる。さらに、高緯度付近では濃度分布が西から東へ移動しており、北太平洋海流の影響を受けている様子が表れた。次に図-4は東経137度・北緯32度におけるSr-90の鉛直濃度分布図だが、全体的に過大評価になっているが中層付近で増加する点などにおいて形状が良く表現されている。これは、核種の崩壊状況や、海洋中核種濃度の計算に特有の核種が海洋中の懸濁物質に吸着し、沈殿除去されるスクャベンギング効果をモデルに正確に反映することができたためだと考えられる。また、全体的には過大評価となったが、これはフォールアウト量を設定する際に全球積分値の50%が太平洋上全域に降り、地上に降り注いだ分の放射性物質は、減少することなく大気に巻き上げられ再び海洋上に降り注ぐと仮定したために過大評価となったと考えられる。

今後の課題としては、中深層の計算結果が過大となったことから、フォールアウト修正式を用いた濃度比設定における中深層の拡散係数や、スクャベンギング効果を支配するK_d値を改良するなどの修正が必要になると思われる。

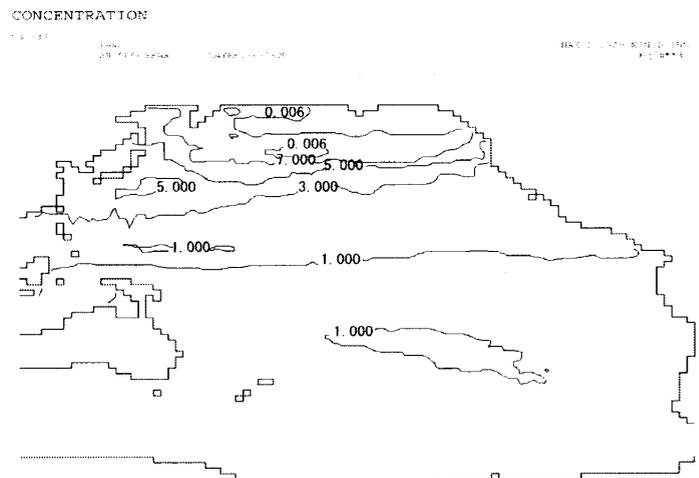


図-3 Cs-137 水平濃度分布図

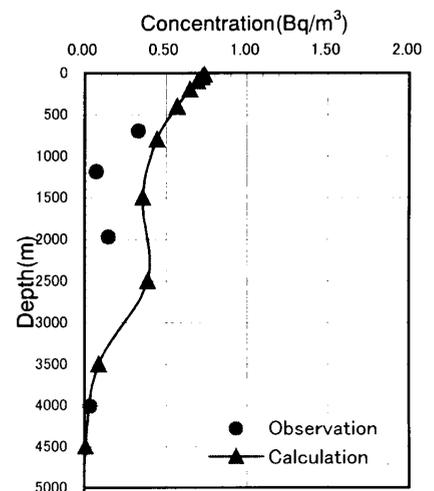


図-4: 1979年におけるSr-90の鉛直濃度分布図(東経137度・北緯32度)