

# 福島第一原子力発電所からの放射性汚染水拡散予測

## および影響評価

日大生産工 ○中村 倫明

日大生産工 落合 実

日大名誉教授 和田 明

### 1 まえがき

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災に伴い、東京電力(株)福島第一原子力発電所(以下、福島第一原発)から放出される放射性物質が環境へ与える影響について、3 年経った現在でも十分な評価がなされておらず、避難住民や帰宅する住民に不安が広がっている。特に、海洋へ放出された放射性物質は、海洋生物や海底生物に蓄積され、やがて人へも影響を及ぼす可能性があることから、地場産業でもある漁業への影響が懸念されている。

本研究では、2011年の福島第一原発における一時的な海洋への放射性物質の漏洩ではなく、継続的、かつ中長期的に評価を要する汚染水に対し、海水に放出された放射性物質が懸濁粒子に吸着し沈降する過程(スキヤベンジング)を考慮した数理モデルを展開し、5年後の放射性物質拡散分布の把握および国際放射線防護委員会(ICRP)の評価手法による人への影響評価を行うことを目的とする。

### 2 太平洋における数理モデルの概要

本計算は著者ら<sup>1)</sup>の既往の研究成果を基に、太平洋における3次元力学モデルをネスティングによる計算格子の詳細化(福島前面海域)したものによって実施した。図-1に流動計算によって得られた福島前面海域における水平及び鉛直の流速ベクトル図を示す。海岸近くでは地形に沿った流れとなり、流速が小さい傾向になった。また、この海域では黒潮の影響を受け東側に向く流れが強いことが分かる。

拡散モデルは、放射性物質が海洋中の移流・拡散のほかに、核種毎に特有の崩壊が生ずること、核種が海洋中の懸濁物質に吸着し沈殿除去される現象(スキヤベンジング)の影響を受けるところから、この機構を考慮している。海洋中

の放射性核種濃度拡散解析の基礎式を次式で表す。太平洋全域に対し座標系は球面座標( $\lambda$ ,  $\phi$ ,  $Z$ )を採用し、 $\lambda$ は緯度、 $\phi$ は経度、 $Z$ は鉛直上向き正とする。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + L(C) = R(A_h, A_v, C) - D(\lambda_n, C) - S(K_d, \rho_s, w_s, C)$$

・移流項

$$L(C) = \frac{1}{r \cos \phi} \left\{ \frac{\partial}{\partial \lambda} (u C) + \frac{\partial}{\partial \phi} (v \cos \phi C) \right\} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial (w r^2 C)}{\partial r}$$

・拡散項

$$R(A_h, A_v, C) = A_h \cdot \frac{1}{r \cos \phi} \left\{ \frac{1}{r \cos \phi} \frac{\partial^2 C}{\partial \lambda^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \phi} \left( \cos \phi \frac{\partial C}{\partial \phi} \right) \right\} + A_v \cdot \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial C}{\partial r} \right)$$

・崩壊項

$$D(\lambda_n, C) = \lambda_n \cdot C$$

・スキヤベンジング項

$$S(K_d, \rho_s, w_s, C) = K_d \cdot \rho_s(z) \cdot w_s \cdot \frac{1}{r^2} \frac{\partial (r^2 C)}{\partial r}$$

ここで、 $C$ : 放射性核種濃度 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )、 $t$ : 時間 (s)、 $A_h$ : 水平拡散係数 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )、 $A_v$ : 鉛直拡散係数 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )、 $\lambda_n$ : 放射性核種の崩壊定数 (1/s)、 $K_d$ : 放射性核種の分配係数 ( $\text{m}^3/\text{g}$ )、 $\rho_s$ : 海洋中の懸濁物質の濃度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )、 $w_s$ : 懸濁物質の沈降速度 (m/s) である。

### 3 汚染水における放射性物質濃度解析

山や河川などをから福島第一原発敷地内に流入した地下水は、敷地内の高濃度放射性物質によって汚染水と化している。福島第一原発は海に面していることから、汚染水は何れ海域へと漏洩すると考えられる。ここでは、福島第一原発内で観測され、プルトニウム等の核分裂により生成される<sup>90</sup>Srを想定した。放出時間及び計算時間は1年及び5年とした。

Environmental Impact Assessment of Radioactive Contamination Water  
Release from FUKUSHIMA-DAIICHI PAWER PLANT

Tomoaki NAKAMURA, Minoru OCHIAI, and Akira WADA

図-2 に 5 年後における  $^{90}\text{Sr}$  の濃度計算結果を示す。これによれば、福島第一原発近傍での濃度上昇が見られるものの、範囲は限定的(50km×50km)になっている。 $^{90}\text{Sr}$  の最大濃度上昇は 288.45Bq/m<sup>3</sup>、で福島第一原発前面が最大濃度上昇地点であった。なお、1 年後における濃度計算結果は、5 年後の計算結果と比較し大きな変化は見られなかったため、ここでは図面を省略した。このことから、汚染水の拡散は 1 年後までにほぼ収束していることが分かった。

#### 4 放射性物質汚染水による人類への影響評価

放射性物質の負荷によって、懸念されることは魚類などに濃縮した放射性物質を間接的に体内に取り込むことである。そこで、国際放射線防護委員会(ICRP)による計算式を用いて、今回の汚染水の放出が人体に影響を与えるかについて検討を行った。

$$D_i = 365H_{ik}W_jCF_{kj}C_k$$

ここで、 $D_i$ : 海洋生産物(i)を 1 年間摂取したことによる線量(Sv/y)、 $H_{ik}$ : Cs(k)1Bq を経口摂取したときの預託実効線量当量(Sv/Bq)、 $W_j$ : 海洋生産物を 1 年間摂取する量(g/day)、 $CF_{kj}$ :  $^{137}\text{Cs}$  に対する魚の濃縮係数(g/cm<sup>3</sup>)、 $C_k$ : 海水濃度(Bq/cm<sup>3</sup>)である。

今回の放射性物質の計算結果によれば、5 年後の  $^{90}\text{Sr}$  は海水の最大濃度で 288.45 × 10<sup>3</sup>Bq/L である。この値から算出された線量は 4.3 × 10<sup>-4</sup>mSv/y、2.3 × 10<sup>-2</sup>mSv/y である。これは ICRP が定めた限界値(1mSv/y)より相当小さい値となっている。

#### 5 まとめ

本研究では、東日本大震災の影響に伴う福島第一原子力発電所の放射性汚染水がもたらす海洋への中期的な影響について検討を行った。このモデルを用いて実施した放射性汚染水の計算結果及び影響評価については、以下に示すとおりである。

- (1) 汚染水の拡散は連続的に放出しても、1 年以内に収束すると想定される。
- (2)  $^{90}\text{Sr}$  の汚染水濃度は、福島第一原子力発電所前面海域周辺に限定され、最大濃度上昇は 288.45Bq/m<sup>3</sup> 程度である。

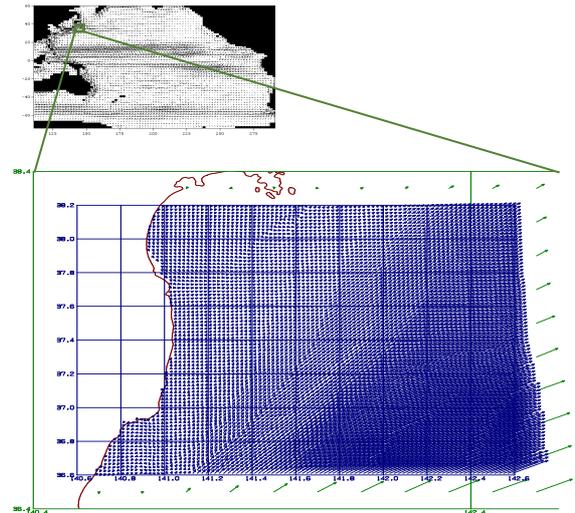


図-1 福島前面海域の流動場(表層)

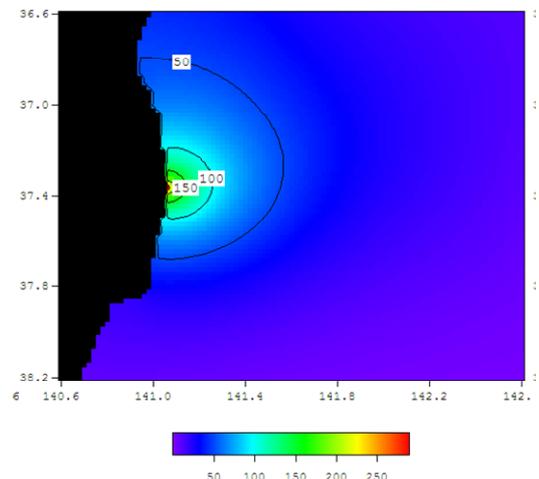


図-1 5 年後の  $^{90}\text{Sr}$  の濃度計算結果(表層)

- (3) 5 年程度では崩壊・スキャベンジング効果は小さい。
- (4)  $^{90}\text{Sr}$  の人体への影響はほぼないと考えられる。

今後は、他の核種についての漏洩を想定した検討する必要がある。また、恒常的な海域への放出の解析として河川からの負荷に対する拡散解析の検討が必要であると考えられる。

#### 「参考文献」

- 1) 中村倫明, 和田明, 長谷川一幸, 落合実: 数値モデルを用いた日本近海における CO<sub>2</sub> 海洋隔離による CO<sub>2</sub> 濃度影響評価, 海洋調査技術学会誌, Vol.42, 2009.