

神戸大学工学部 学生員 ○石井 倫生

神戸大学大学院工学研究科 正会員 内山 雄介

1. 研究背景及び目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波により、東京電力福島第一原子力発電所（以下、1F）が損傷し、水素爆発が生じた。3月12日以降、炉心や燃料棒を冷却するために淡水や海水の注入作業が営々と行われている。しかしながら、注入された水は放射性物質を含む汚染水となって1F施設内に留まり続け、汚染水再循環システムの稼働以前、4月1日以降から約1ヶ月間にわたって断続的な汚染水の海洋への漏洩が発生した。4月1日～6日に2号機から4700 TBq、同4日～10日に低レベル汚染水の計画的放出により150 GBq、翌5月10日～11日に3号機より20 TBq（いずれも推計値）の放射性物質が海洋へ放出されたと報告されているが、現在もその正確な量は判明していない。

電力中央研究所・JAMSTEC/文部科学省・仏SIROCCOによる海洋モデルを用いたアセスメントによると、放出された放射性物質の分散は速やかに行われ、その大半は黒潮の続流に乗って北太平洋上中緯度方向へ輸送されることが示唆されている。しかし、沿岸域では河川による密度流、海底地形等の影響を受けた複雑な流れ場が形成されているため、放射性物質の分布も沖合の準地衡流的な流動によるものとは異なる可能性がある。また、特に半減期30年の ^{137}Cs は沿岸部の底質に吸着されることにより長期間にわたって海洋汚染を引き起こす可能性も否定できない。そこで本研究では、領域海洋循環モデルROMSをベースとした3段階のネスティングによって水平解像度約1 kmまでダウンスケーリングする高解像度数値実験を行い、沿岸域での放射性物質の分散特性の定量的な把握を試みた。本稿では、 ^{137}Cs 濃度の再現性の確認と、その出現特性およびフラックス収支解析を行った結果について述べる。

2. 海洋モデル

データ同化を用いた日本近海の海況再解析・予報

システムJCOPE2 (Miyazawa *et al.*, 2009, 水平解像度約10 km)を境界条件とし、オフライン・ネスティングによりL1(水平解像度3 km)→L2(1 km)へダウンスケーリングを行い、東北・北関東太平洋沿岸域の高解像度モデリングを実施した(図-1)。海上風にはJMA GPV-MSMの毎時値、海底地形にはJEGG500をSRTM30で補完したものを、各種海面フラックスにはCOADS05の月平均値、一級河川流量には雨量・流量データベースから求めた1994年～2003年の10年間の月平均流量を与えた。漏洩モデルにはTsumune *et al.* (2011)と同様の方法を適用した。なお、本研究では漏洩した放射性物質の中でも ^{137}Cs (半減期約30年)を解析対象とし、半減期による質量減少は考慮しない。L2の計算期間は2011年1月1日から10月末の約10か月間であり、本稿ではL2の解析結果について以下に述べる。

3. 解析結果

東京電力による ^{137}Cs 濃度のモニタリング結果を計算結果と比較したところ、良好な再現性が確認された。また、河川を考慮した場合の方がモニタリング結果と

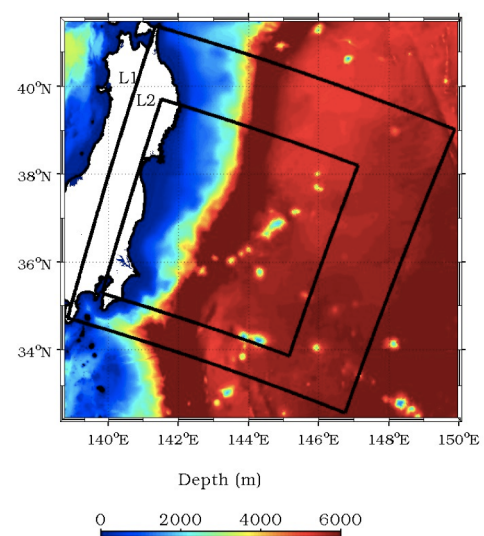


図-1：多段階ネスティングによるROMS計算領域(L1：解像度約3 km, L2：同1 km)。

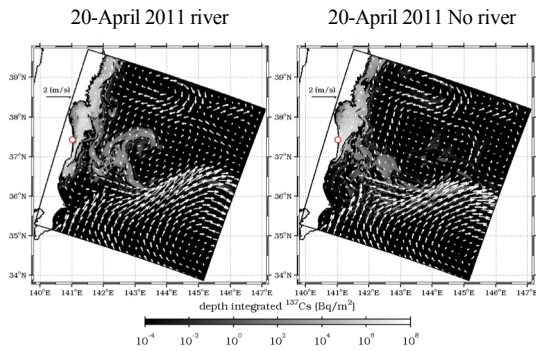


図-2: 4月20日の ^{137}Cs 濃度の水深積分値 (グレースケール) と海表面流速 (ベクトル) . (左) 河川あり, (右) 河川なし

の整合性が高くなることから、河川的重要性が示唆された。黒潮の続流、親潮の流況と大局的な ^{137}Cs 濃度の分散パターン (図-2) から、沿岸域、特に 1F 北側に高濃度の汚染水が輸送されていることが分かる。そこで最も岸に近いグリッドにおける水深積分された ^{137}Cs 濃度の出現確率密度 (PDF) を 1F からの距離と ^{137}Cs 濃度の関数として求めた (図-3) . 1F 南側では PDF ピーク濃度が 1F から離れるほど減少しているのに対し、1F 北側では牡鹿半島 ($y_r = 100$ km) に至るまで PDF ピーク濃度の明確な減少は見られない。また、牡鹿半島以北三陸海岸沿いでは、リアス式海岸の影響を受けて PDF ピーク濃度が不均一に分布し、例えば 1F から 200 km 離れた地点であっても牡鹿半島以南より高い PDF ピーク濃度をとる箇所が点在している。従って、三陸海岸沿いに ^{137}Cs のホットスポットが形成されている可能性があることが示唆される。

次に、1F を中心に南北 100 km の平均的な海岸線を考え、これを一辺に持つ南北 100 km 東西 100 km の検査領域内の ^{137}Cs 濃度フラックス収支の時間積分値を調べた (図-4) . 沖合方向への輸送量と比較して沿岸方向への総輸送量は極めて大きく、しかも 1F 北側で高い PDF ピーク濃度が出現した結果とは反対に、南方向への総輸送量が最大になっている。この 1F 南北における輸送量の差を考えるために、沿岸方向への輸送量を長周期成分と乱流成分に分解した。具体的には、バターワース周波数フィルタを用いて各断面における濃度と流速をそれぞれ分解し、相関を取って断面積分することにより、濃度フラックスを長周期成分と乱流成分に成分分離した。なお、濃度は約 120 日を 1 周期として変動していたため、周期 120 日以上

を長周期成分として除き、残差を乱流成分と定義した (図-5) . その結果、南側方向への輸送は長周期成分、乱流成分とも領域外への流出に寄与していたのに対し、北側方向への輸送は長周期成分が流出に寄与し、乱流成分は殆ど寄与していない事が判明した。

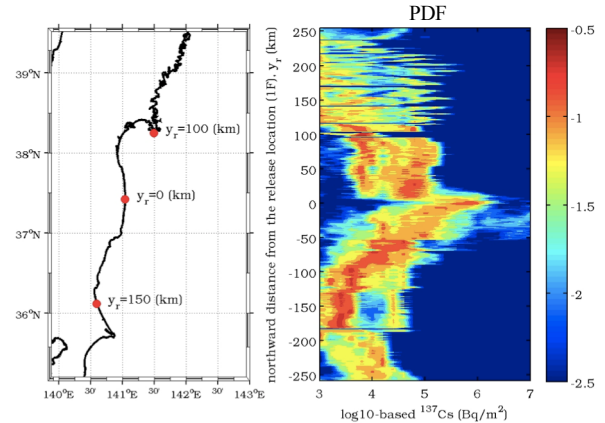


図-3: 沿岸浅海域における ^{137}Cs 濃度 (水深積分値) の出現確率密度 (PDF) .

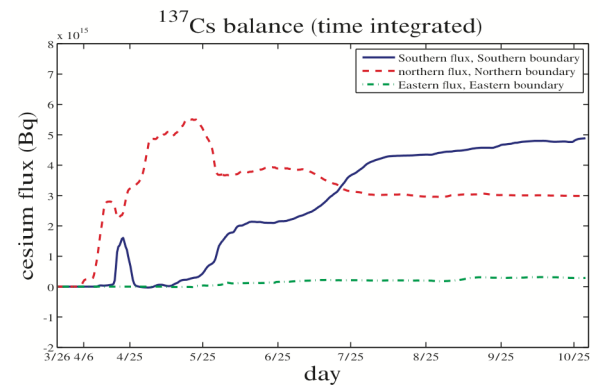


図-4: 各境界からの輸送量 (時間積分値) . (実線) 南側境界での流出量, (破線) 北側での流出量, (一点鎖線) 沖合での流出量

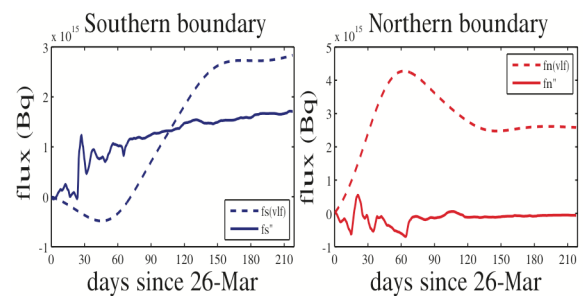


図-5: 沿岸方向の輸送量の長周期成分と乱流成分の寄与. (左) 南側境界, (右) 北側境界, (実線) 乱流成分, (点線) 長周期成分

参考文献

Tumune *et al.* (2011), *CRIEPI Research Report V11002*.
Miyazawa *et al.* (2009), *Journal of Oceanography*, Vol. 65, pp. 737 – 756.