

TSUBAME 共同利用 平成 26 年度 学術利用 成果報告書

利用課題名 福島原発事故由来の硫黄放射性同位体モデルを用いた硫酸塩エアロゾルの動態の解明
 英文: A study of sulfate aerosol dynamics by using a global transport model including the radioactive ^{35}S emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

利用課題責任者 吉川 知里
 First name Surname Chisato Yoshikawa

所属 独立行政法人海洋研究開発機構
 Affiliation Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
 URL <http://www.jamstec.go.jp>

邦文抄録

本研究では、福島原発事故により放出された硫黄放射性同位体 (^{35}S) の循環を導入した、全球 3 次元大気輸送モデルを開発し、 ^{35}S のモデルと観測との比較から、福島原発事故により放出された ^{35}S の放出量の見積もりと硫酸塩エアロゾルの動態についての考察を行った。今年度は、領域ラグランジュモデルを用いた計算を行い、前年度に行った全球オイラーモデルの結果との比較を行った。その結果、領域ラグランジュモデルによる放出推定量は、オイラー全球モデルの 1/100~1/1000 と見積もられた。また、福島県内の観測値とモデルの大気中濃度、沈着量との比較から、福島県内に沈着した ^{35}S の 0.2~9.9% が再飛散していた可能性が示唆された。

英文抄録

A global transport model including the radioactive ^{35}S emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant was developed. By comparison between model sensitivity experiments and observed ^{35}S concentrations, the ^{35}S emission fluxes were estimated and the sulfate aerosol dynamics was analyzed. The estimated ^{35}S emission flux by a newly developed regional-Lagrangian model was 1/100 to 1/1000 of the flux by a global-Euler model. The relationship between ^{35}S observed concentrations in Fukushima and simulated ^{35}S concentrations and deposition fluxes suggested that the amount of re-entrainment of ^{35}S is 0.2 to 9.9% of ^{35}S deposition flux.

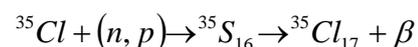
Keywords: 福島原発事故、硫黄放射性同位体、硫酸塩エアロゾル、SPRINTARS、CCSR/NIES AGCM

背景と目的

2011 年 3 月 11 日にマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震が発生し、東京電力福島第一原子力発電所が緊急停止した。すぐに非常用ディーゼル発電機が起動したが、この地震で発生した津波によって非常用ディーゼル発電機は海水に浸かって故障し、電気設備、ポンプ、燃料タンク、非常用バッテリーなどの設備も損傷・流出してしまったため、原子炉内部が十分冷却されず、中性子や核分裂生成物が大気中に放出された(原子力災害対策本部, 2011)。

Priyadarshi et al. (2011)は、東日本大震災から 8 日後にカリフォルニア大学スクリプス海洋研究所 (117.25°W, 32.87°N, La Jolla) で高濃度の硫黄放射性同位体 (^{35}S) からなる硫酸塩エアロゾル (1501 atoms m^{-3}) および二酸化硫黄 (120 atoms m^{-3}) を観測した。大気中の硫酸塩エアロゾルと二酸化硫黄の自然起源の ^{35}S 存在量は、それぞれ 180~475 atoms m^{-3} 、30~40 atoms m^{-3} である。このため、La Jolla で観測された

高濃度の ^{35}S は、福島原発に海水を注入した際に、海水中の ^{35}Cl が中性子を捕獲したことによって生成したものであると考えられている(下式)。



そしてこの生成した ^{35}S は、大気化学反応により数秒で二酸化硫黄 ($^{35}\text{SO}_2$) に酸化され、その後、硫酸塩エアロゾル ($^{35}\text{SO}_4^{2-}$) への酸化や、乾性・湿性沈着、放射性崩壊(半減期: 87 日) を起こしながら La Jolla まで輸送されたと考えられている (Priyadarshi et al., 2011)。

前年度は、Danielache et al. (2012) による SPRINTARS に硫黄放射性同位体の崩壊過程を組み込まれた全球オイラーモデルと、Priyadarshi et al. (2013) による福島県内の観測結果を用いて、 ^{35}S は輸送過程及び福島原発からの ^{35}S の放出量を見積もった。今年度は、より正確に放出量を見積もるため、またより詳細に福島県内の再飛散を考察するため、新たに領域ラグランジュモデルを構築した。

概要

平成 25-26 年度(2013-2014 年度) 新学術領域研究(研究領域提案型)公募研究の研究課題「福島原発事故由来の硫黄放射性同位体モデルを用いた硫酸塩エアロゾルの動態の解明」の一環として、TSUBAME を用いて、硫黄放射性同位体(³⁵S)の循環を導入した全球・領域 3 次元大気輸送モデルを開発し、福島原発事故により放出された放射性セシウムの輸送媒体としての硫酸塩エアロゾルの動態の解明を行った。

結果および考察

本研究では、福島原発事故由来のセシウムの動態解明を目的として開発された、気象研究所の領域ラグランジュモデルへ、³⁵S を新たに導入したモデルを構築した。同モデルを用いて、2011 年 3 月 12 日から 2011 年 9 月 30 日までの間、JAEA 放出シナリオの放出量変化パターンを用いて、5 種類の実験を行った(図1)。

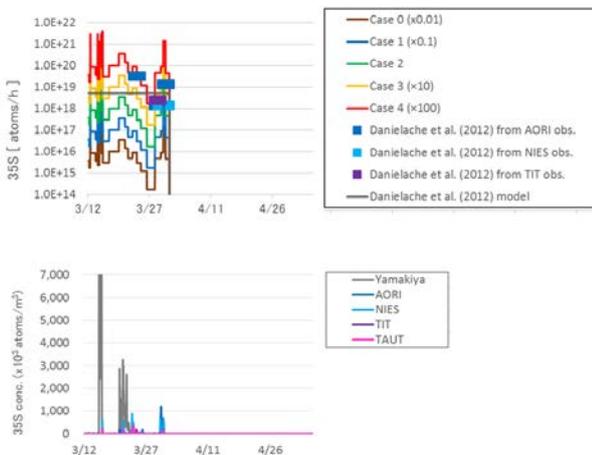


図1:モデルに与えた ³⁵S 放出シナリオとモデルで計算された各観測地点の地表面付近の ³⁵S 濃度。

観測と計算結果の比較から、³⁵S 放出量は、Case0 と Case1 の実験の間である場合、観測値を再現できることが明らかになった(図2)。つまり、領域ラグランジュモデルによる放出推定量は、Danielache et al. (2012) の全球オイラーモデルによる放出推定量の 1/100~1/1000 と見積もられた。

また、福島県内山木屋地区で観測された ³⁵S 濃度と、同モデルの山木屋地区を含むグリッドへの ³⁵S 沈着量を比較した結果、二次飛散率は沈着量の 0.2~9.9%を

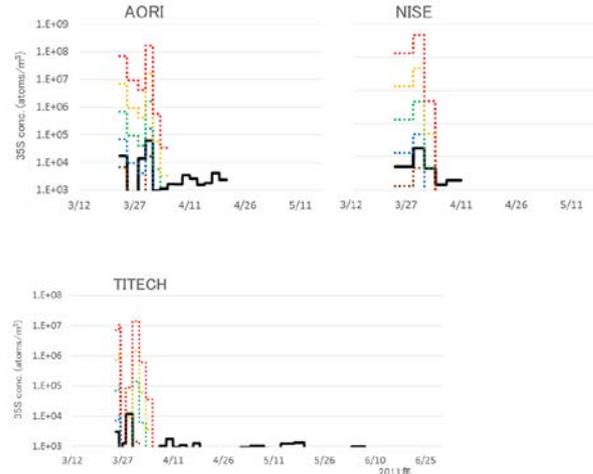


図2:5 種類の実験で計算された AORI(東大大気海洋研: 35.90° N, 139.94° E)、NISE(国環研: 36.05° N, 140.12° E)、TITECH(東工大: 35.52° N, 139.48° E)の地表面付近の ³⁵S 濃度(点線)と観測値(実線)。

占めることが示唆された(表1)。この結果は、前年度に推定した全球オイラーモデルによる二次飛散率(41~47%)よりもかなり低い見積もり結果となった。

表1:福島県山木屋地区における観測、モデル、二次飛散率

観測日	観測濃度 (atoms/m ³)	沈着量 (*10 ⁶ atoms/m ²)		二次飛散率 (%)	
		Case0	Case1	Case0	Case1
2011/07/09 - 07/17	92,200	158	1,584	5.8	0.6
2011/07/18 - 07/24	25,390	149	1,486	1.7	0.2
2011/07/25 - 08/07	86,130	137	1,367	6.3	0.6
2011/08/08 - 08/14	124,240	126	1,257	9.9	1.0
2011/08/15 - 08/23	41,510	118	1,180	3.5	0.4
2011/08/24 - 08/29	45,850	111	1,111	4.1	0.4
2011/08/30 - 09/15	21,880	101	1,014	2.2	0.2

まとめ、今後の課題

今年度は、点源放出の見積りに適しているラグランジュモデルを使用するとともに、領域モデルへ移行することで高解像度化を行った(56 km→11 km)。また、放出シナリオも一定から、JAEA 放出シナリオと同期させ、より現実的なシナリオとした。

この結果、本研究で行った領域ラグランジュモデルによる放出推定量は、Danielache et al. (2012)の全球オイラーモデルによる放出推定量の 1/100~1/1000 と見積もられた。

同モデルの ³⁵S 沈着量をもとに、福島県内で観測された非常に高い ³⁵S 濃度の考察を行った結果、再浮遊が沈着した量の 0.2~47%を占めることが示唆された。

今後、放出形態を硫酸エアロゾルではなく、SO₂ とした実験を行うため、現在、同モデルへ SO₂ から硫酸エアロゾルが生成される過程を導入している。

引用文献

Danielache et al. (2012) *Geochemical Journal* 46.4 (2012): 335

Priyadarshi et al. (2011) *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108.35 (2011): 14422-14425

Priyadarshi et al. (2013) *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (2013).

原子力災害対策本部 (2011) 原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書 ー東京電力福島原子力発電所の事故についてー