

放射性物質の大気中濃度・降水量などの長期変動

渡邊 明 (福島大学大学院共生システム理工学研究科)

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、福島大学では2011年5月18日から東京大学大気海洋研究所等の支援を受けて、ハイボリュームサンプラーを設置し、大気中の放射性物質の観測を開始した。事故当初の放射性物質の放出状況は、これまで継続的に観測している酸性雨調査から直径20 cmの受水口に沈着した放射性物質をメンブランフィルター(0.24 μm カット)に沈着した粒子状放射性物質と雨水に含まれる放射性物質に分けて計測し、放射性物質全体の沈着量を測定している。

Nuclide	Precipitation (Bq/m ²)	Filter (Bq/m ²)	Total (Bq/m ²)
I-131	1937686	36861.28	1974547
I-132	0	506964.7	506964.7
Cs-134	51678.76	128681.3	180360.1
Cs-136	10736.72	30006.7	40743.42
Cs-137	55411.78	147132.2	202544
Te-132	1387180	799206.3	2186386
Ba-140	0	8173.609	8173.609
La-140	17059635	39160785	56220420
Total	20502328.26	40817811	61320139

表1 福島大学における2011年3月1日から31日までの放射性核種の沈着量

表1は2011年3月1日から31日の間に沈着した放射性物質を3月15日に放出したものとして補正したものである。Ge検出器で測定できる全放射性物質の沈着量は約6000万Bq/m²でそのうちLaが92%を占めていた。I-131は98%が降水中に含まれているのに対して、Csはいずれの同位体も約30%が降水中に含まれ、70%が0.24 μm 以上の粒子と結びついて沈着していた。

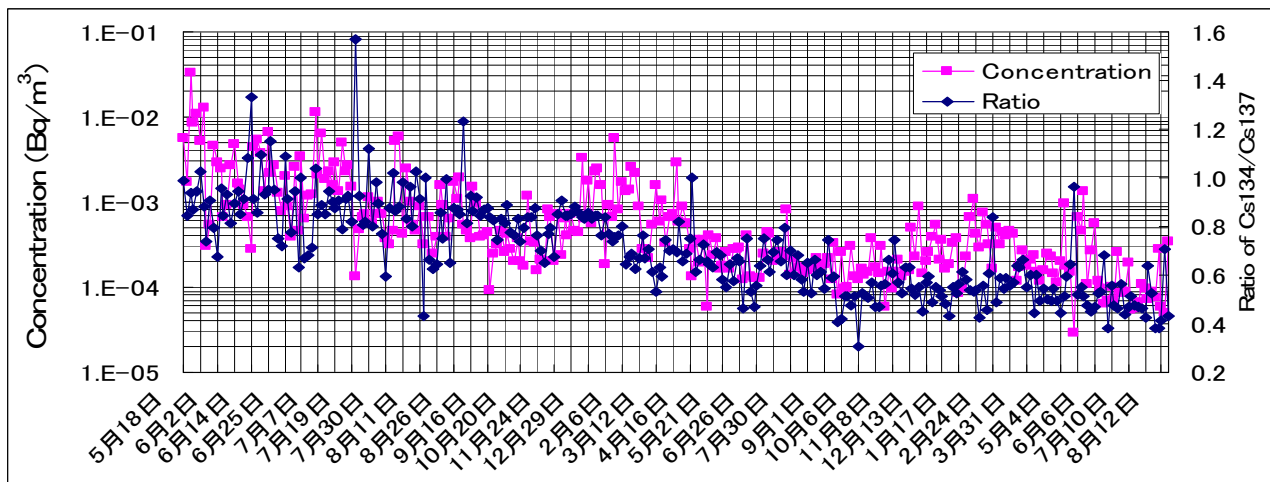
こうして地表に沈着した放射性物質は、水溶性のものは雨水と共に流下し、地下水や河川水に含まれて、海洋へ流出し、粒子状のものは比較的地表にとどまり、乾燥や強風に伴い微粒子となって大気中に再飛散し、

大気中の放射性物質濃度を増加させる要因となる。

2. 大気中濃度の変化

放射物質の大気中への放出は、3月12日の1号機や、3月13日の3号機、そして3月15日の2号機の損傷と4号機の水素爆発等で発生したと考えられるが、水素爆発の影響で計測器が損傷し、その実態は現在も理解されていない。最も大量に陸域に放射性物質が放出されたのは、3月15日となっているが、その後も事故現場からは放射性物質が放出され、現在もなお1000万Bq/時が大気中に放出され続けている(東京電力, 2013)。

第1図は2011年5月18日から2013年8月19日までの福島大学屋上(地上高24m)で



第1図 福島大学における2011年5月18日から2013年8月19日までの大気中放射性Csの濃度変化

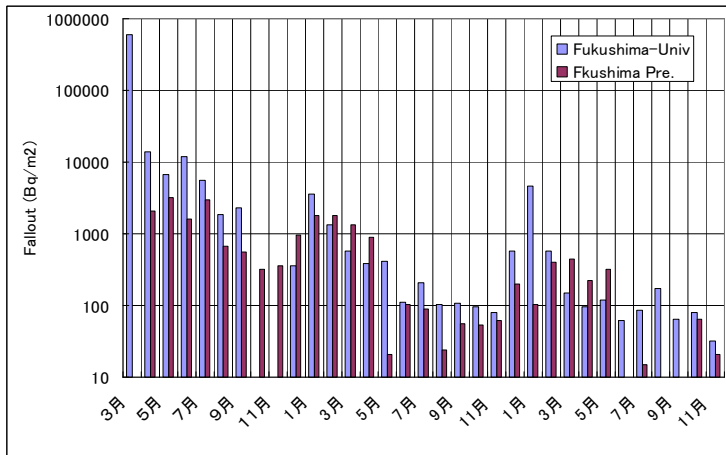
計測した大気中の放射性物質濃度変動を示したものである。年平均値で比較すると、2011年は $2.0 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ だったのに対して2012年は $5.2 \times 10^{-4} \text{Bq/m}^3$ と約1/4に減少した。しかし、2013年のこれまでの平均値は $2.7 \times 10^{-4} \text{Bq/m}^3$ と1/2にしか減少していない。全体的には事故後大気中濃度は減少傾向を示すものの、2012年12月頃から再度上昇し、事故直後と同じような濃度を示すこともあったが、再び減少し、再度2013年1月頃から上昇し、その後減少するといった年変動が顕著に出現している。特に冬季に相対的に高く、夏季に低い季節変動が顕著である。また、同図に示したCs134/Cs137の比を見ると、事故後半年ほどは0.9前後で変動しているが、その後減少し、現在0.5前後となっており、理論的な半減期0.46とほぼ対応し、事故直後に放出されたCsが主体と考えられる。こうした季節変動は濃度変

動の濃淡があっても、全国的に認められる現象で、冬季には $0.39 \mu\text{m}$ 以下の微粒子が、夏季には $2.1 \mu\text{m}$ 以上の相対的に大きい粒子の移動と関連している。

また、こうした季節変動とは別に、2013年5月7日から6月9日にかけての相対的な高濃度期間が認められる。また、作業員被ばく事故があった2013年8月19日では、現場から60km離れている丸森の観測地点で平均値の150倍もの濃度になることを観測している。大気中の高濃度出現は排出量が多くなるか、大気安定度による拡散係数が小さい状態で輸送されるかの2つが考えられるが、1ヶ月以上にわたって高濃度が出現する理由は前者の可能性が高い。こうした観点から、事故現場からの大気中の放出量についてもより適切な管理が必要になっている。

3. 降下量変動

第2図は、2011年3月から2013年11月までの放射性物質の降下量を示したものである。



第2図 2011年3月から2013年11月までの放射性物質の月降下量変動 (Bq/m²)

大気中濃度で示した季節変動に対応し、降下量も顕著な季節変動をしていることが分かる。2012年の福島大学における降下量は $7557.9 \text{Bq/m}^2 \cdot \text{year}$ で、2011年3月の降下量を除くと、2011年の約52%程度になっている。また、2013年8月31日までの降下量は 5915.6Bq/m^2 となっている。この降下量と大気中濃度から求められる年平均沈着速度は 46cm/s となっており、湿性沈着が含まれているとはいえ大きな値になっている。福島県の報告によれば事故初期のCsの沈着量は観測点付近で 10万 Bq/m^2 から 60万 Bq/m^2 となっている。これと比較すると2012年の降下量は初期沈着量の1.3%から7.6%を示す。

また、Hirose et al. (2007)の事故前の月沈着量と事故後福島大学で最小値を記録した2013年11月の 32.3Bq/m^2 と比較しても約1000倍の放射物質が降下している。除染が各地で進む中、再飛散、再放出を含めた大気による沈着量は無視できる量ではない。特に、福島県が公表した2012年1月から6月までの放射性物質(Cs)の降下量でも、事故現場近くでは 55000Bq/m^2 を示し、47km離れた地点でも 20000Bq/m^2 を越えている。除染作業自体の影響などによる再飛散の増加も考えられるが、地上からの飛散だけで説明できる量ではない。渡邊ほか(2012, 2013)は放射性物質の降下量の変動には地球規模での大気運動が関与していることを指摘し、特に、3km以下の大気境界層の運動と関係していることを指摘し、季節変動周期に加えて、約30日周期、7日周期が出現していることを示している。

4. まとめ

放射性物質の大気中濃度は顕著な季節変動をしながら減少しているものの、依然として平均値の10倍から100倍を超える高濃度が検出されることがある。また、降下量も大気中濃度と比例して減少しているものの、事故前の1000倍程度を示し、年間降下量としては無視できる量ではなく、安心を得るためにも事故現場からの放出量を管理・抑制することが重要である。

東京電力, 2013: 「東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議 事務局会議 (第10回)」 【資料3】 「個別の計画毎の検討・実施状況」 より抜粋

http://www.tepco.co.jp/life/custom/faq/images/d131128_06-j.pdf

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, 2007: 50 years records of atmospheric deposition of long-lived anthropogenic radionuclides in Japan, In: International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation, IAEA-CN-145, 95-96.

渡邊明, 桧垣正吾, 篠原厚, 鶴田治雄, 北和之, 吉田尚弘, 2013: 放射性物質降下量の変動特性について, 2013年度春季大会講演予稿集, 日本気象学会, NO.103, 214.

渡邊明, 桧垣正吾, 篠原厚, 鶴田治雄, 北和之, 吉田尚弘, 2012: 福島における放射性物質の降下量の変動, 2012年度春季大会講演予稿集日本気象学会, No.101, 499.