

大気中浮遊物質に含まれる放射性同位元素と安定元素の関係

袁 軍¹、世良耕一郎²、高辻俊宏¹

¹長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科
852-8151 長崎県長崎市文教町1-14

²岩手医科大学サイクロترونセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢宇留が森348-58

1 はじめに

本研究は、大気中浮遊物の中に含んでいる天然放射性同位元素の²¹⁰Pb、⁷Beと安定元素との関係を探ることで、大気中浮遊物の挙動を解明することが目的である。また、長崎市に検出された¹³⁴Csと¹³⁷Csなど元素の由来を解明するのも目的である。

前回の報告¹⁾では長崎市にある長崎大学環境棟の屋上と県民の森で観測であった。そこで得た試料に含まれる各元素の放射能を測定したり、エアロゾルの総質量を測定したりした。長崎大学屋上とながさき県民の森に検出された¹³⁴Csと¹³⁷Csなど元素は福島第一原子力発電所の由来か検討した。

2 方法

2.1 試料採取

エアロゾル採取には、ハイボリュームエアサンプラー柴田科学製AH600-Fとアドバンテック QR-100 シリカ繊維濾紙203×254mmを用いた。試料採取は、2011年7月～2013年3月にかけて行った。また、試料は1週間に渡って採取した。そして、図2.1、2.2に示すような採取したサンプルを切り分け、切り分けたサンプルの4分の3をガンマエックス型ゲルマニウム半導体検出器に使用し、放射性同位元素と放射能を測定した。そして、残りの4分の1のうち、一部(3cm×3cm)をPIXE分析用に使用した。



図2.1 吸着前の濾紙

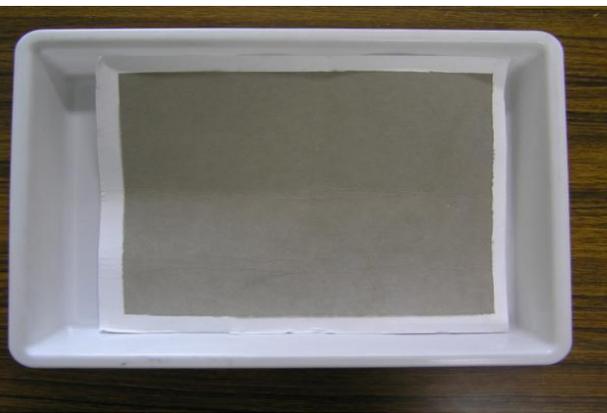


図2.2 吸着後の濾紙

2.2 測定方法



図2.3 環境科学部とながさき県民の森の位置関係

濾紙は、吸湿性があるため、エアロゾルの質量測定には、除湿機能付きのデシケーター（サンプラテックオードデシケーターAM-3型）を用いた。

放射能の測定には、濾紙をポリエチレンラップに包み、金型に入れてからプレス器で円盤状に成形したのち軟膏容器に入れ、Ortec社GMXシリーズゲルマニウム半導体検出器を用いて行った。元素の測定は、日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター(NMCC)においてPIXEにより行った。

3 結果と考察

3.1 エアロゾルの質量と空気量の比

図3.1、3.2は長崎に採取したエアロゾルの質量と空気量の比である（縦軸には対数を取っている）。長大屋上と県民の森はともに、毎年3月に上昇する傾向がわかったが、今年3月は特に高いピーク値を示した。中国国内の黄砂の影響が原因と見られている。県民の森の20110804、20111015、20120811には雷のせいで、空気量が不明になって、データがなかった。

図3.3と3.4は県民の森と長崎大学屋上で検出された放射性Csの比較、20120725-0801の放射能が大変高かった。そして、20120725-0801に長崎大学屋上と県民の森は同時に放射性Csが検出された。

図3.5はCs-137、134が検出された週のエアロゾルの質量を空気量で割ったものを示している。質量は約1-1.5倍の差があるので、Csの濃度としては、20120725-0801は20130123-0130の約4-6倍ぐらいになっている。県民の森では、20121023-1031は質量が小さかったのに、放射能が一番高かった。Csの濃度はかなり濃縮していると考えている。

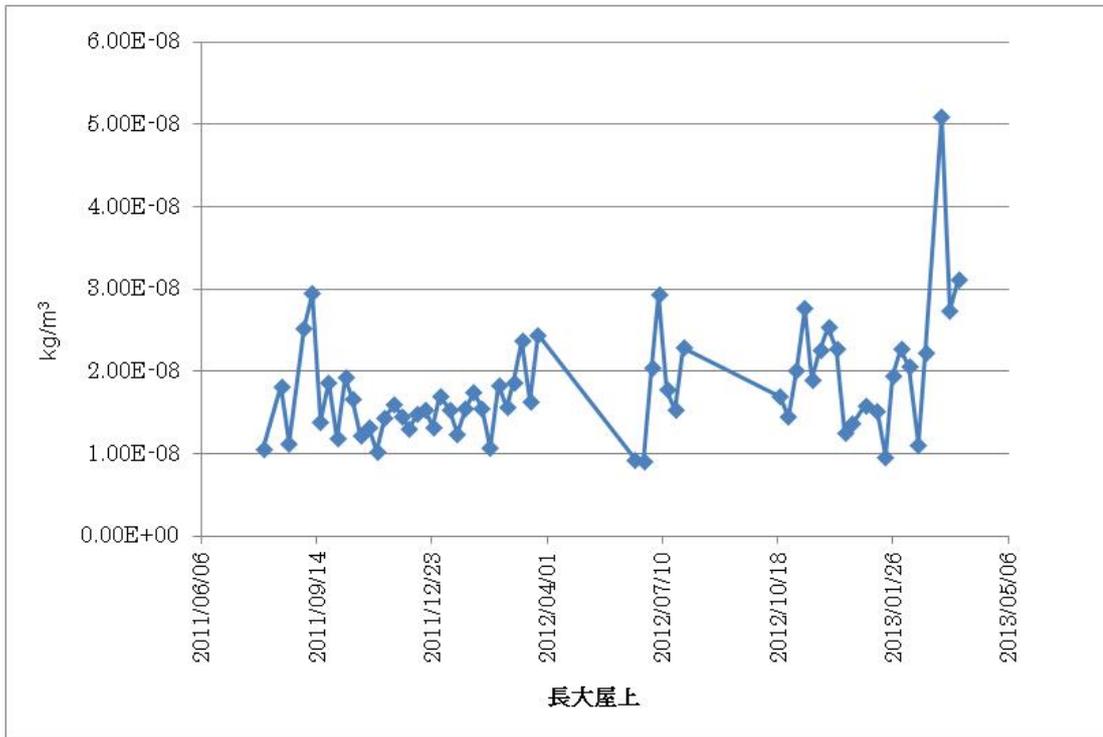


図3.1 長崎大学環境科学学部屋上（長大屋上）でエアロゾルの質量と空気量の比

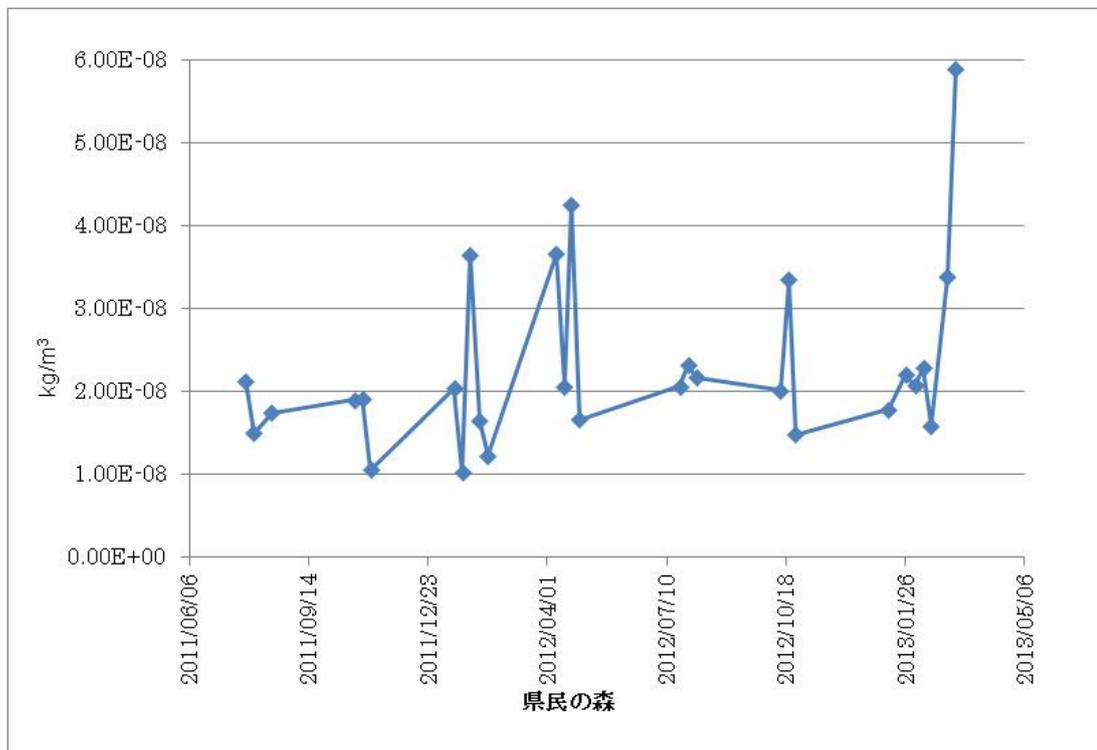


図3.2 県民の森でエアロゾルの質量と空気量の比

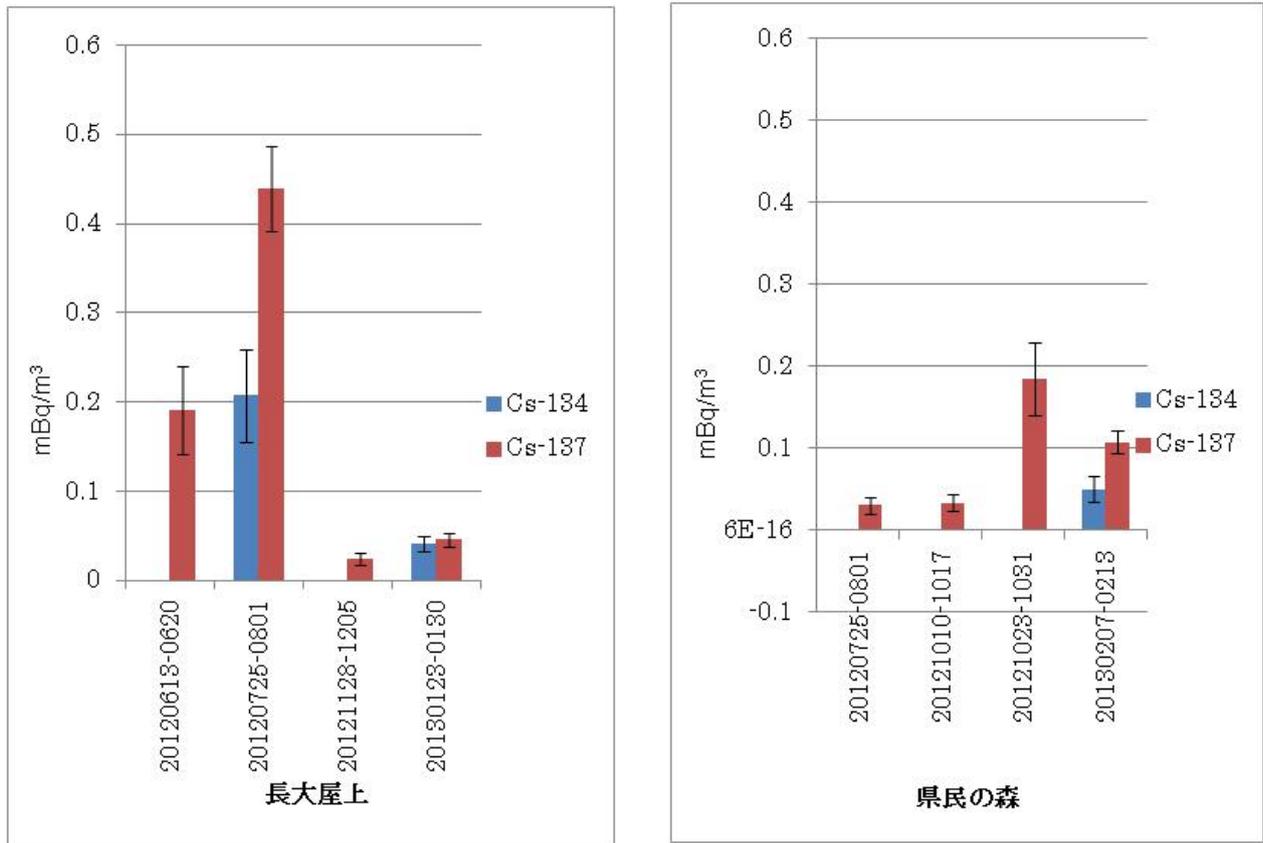


図3.3 県民の森と長崎大学屋上に検出されたCsの比較

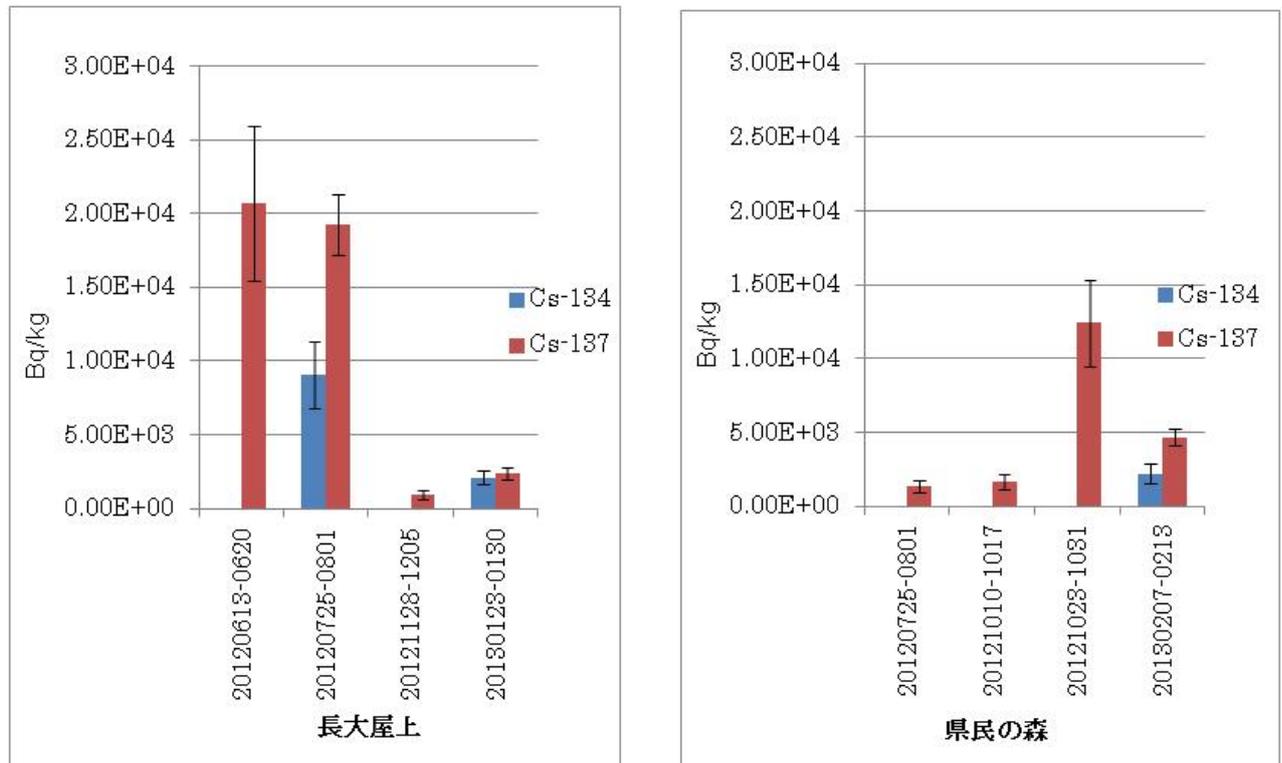


図3.4 エアロゾルの放射能と質量の割ったものの比較

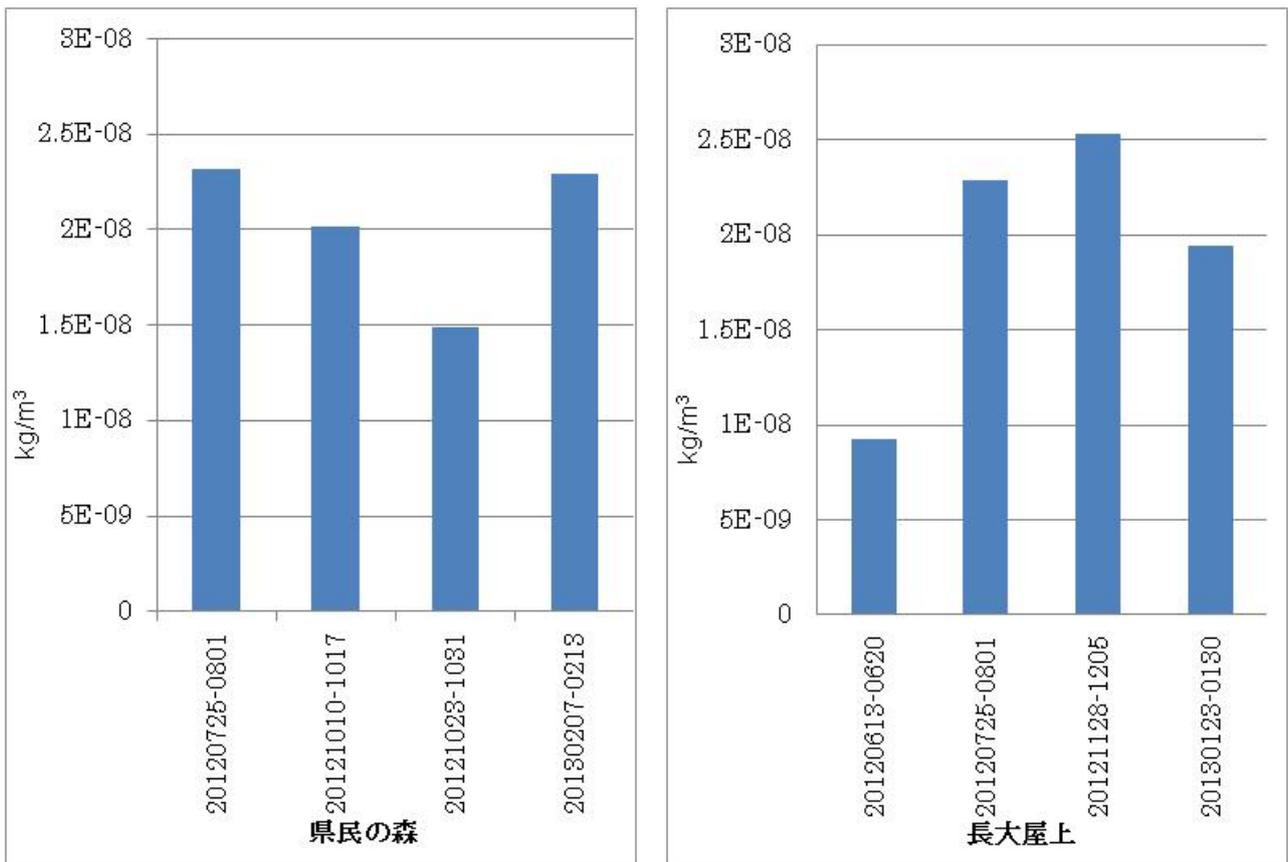


図3.5 エアロゾルの質量と空気量の割ったものの比較

3.2 長崎県民の森と長崎大学環境棟屋上のPb-210の比較

図3.6は2011年7月から2013年3月まで採取したサンプルのPb-210の放射能/空気量の変化図を示している。長崎市には、冬場になると、Pb-210の放射能は高くなる傾向があるが、夏場になると、少なくなる傾向があるとみられる。県民の森で、Pb-210は大きくなったり、少なくなったりばらつく傾向を示した。(データなしの所は点がない)

図3.7はPb-210の放射能/質量の図である。長崎大学屋上には、2011/07/30～2011/11/30の間には大きくなる傾向があった。6月、7月には、少ない方であった。県民の森には、採取したサンプルの結果はばらつきがあった。

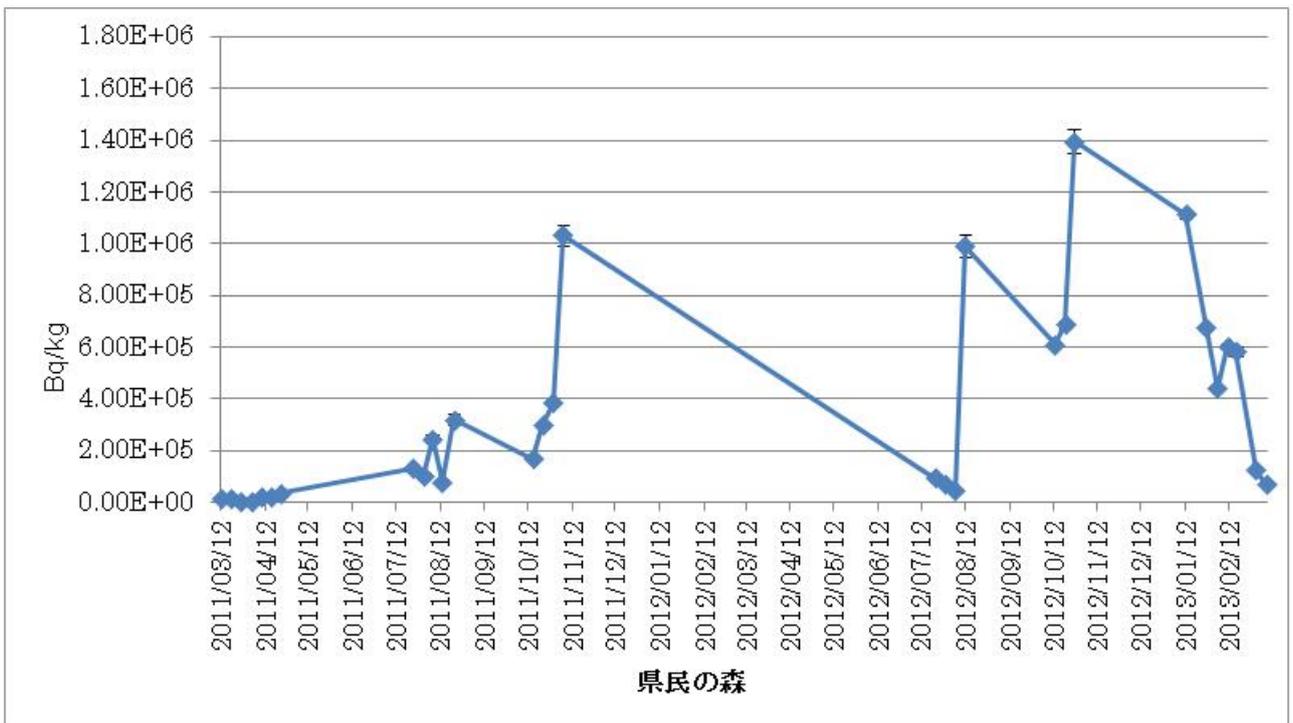
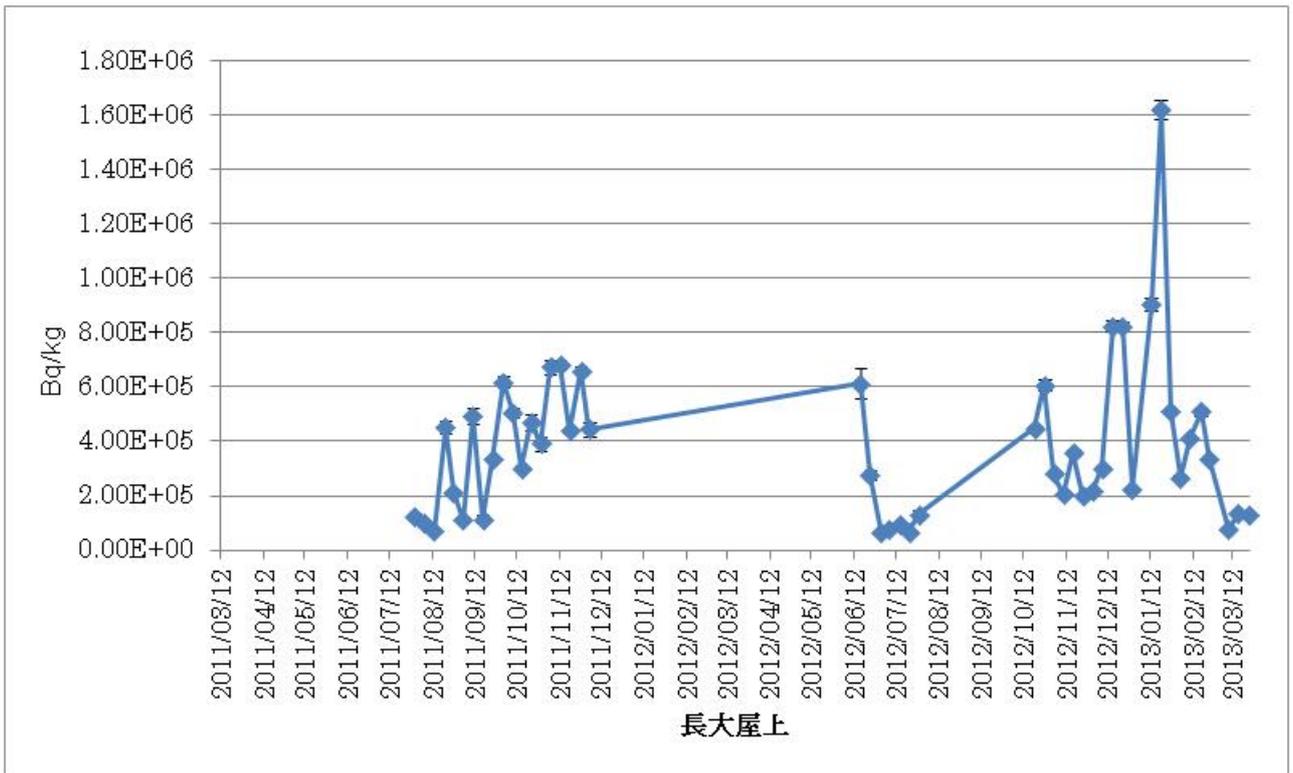


図3.7 Pb-210の放射能/質量

3.3 長崎県民の森と長崎大学環境棟屋上のエアロゾルのPIXE分析

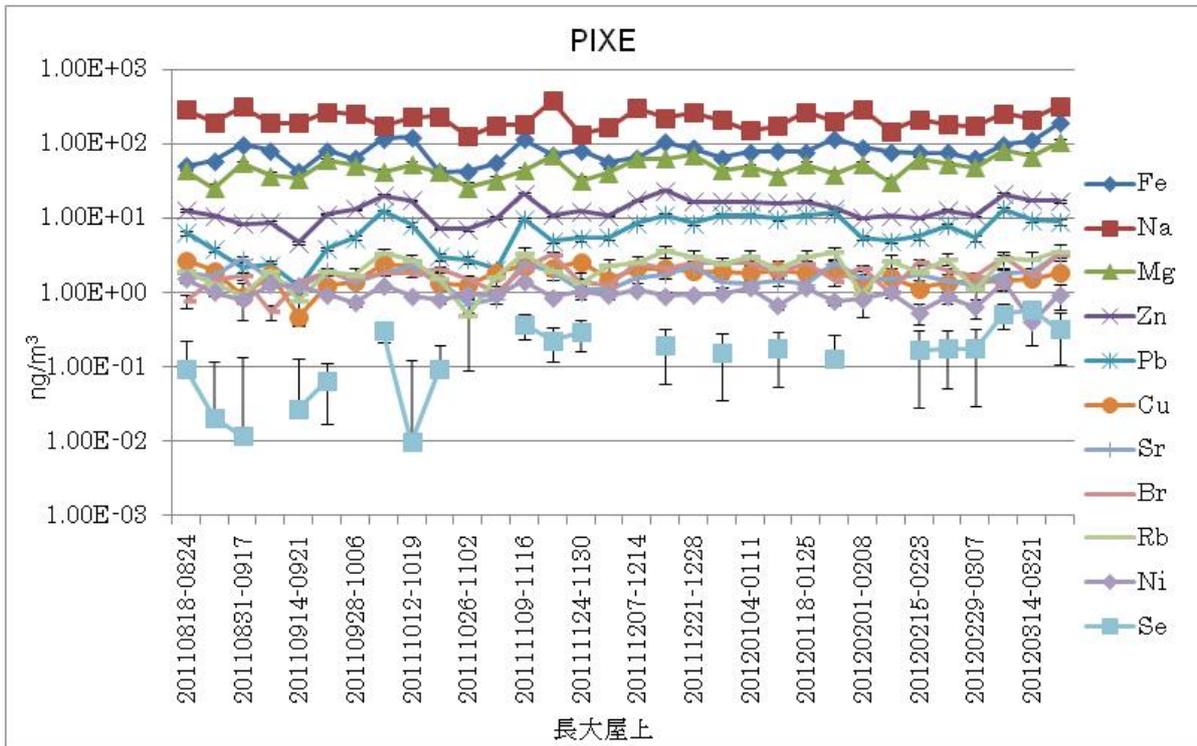


図3.8 長崎大学環境棟屋上のエアロゾルのPIXE分析

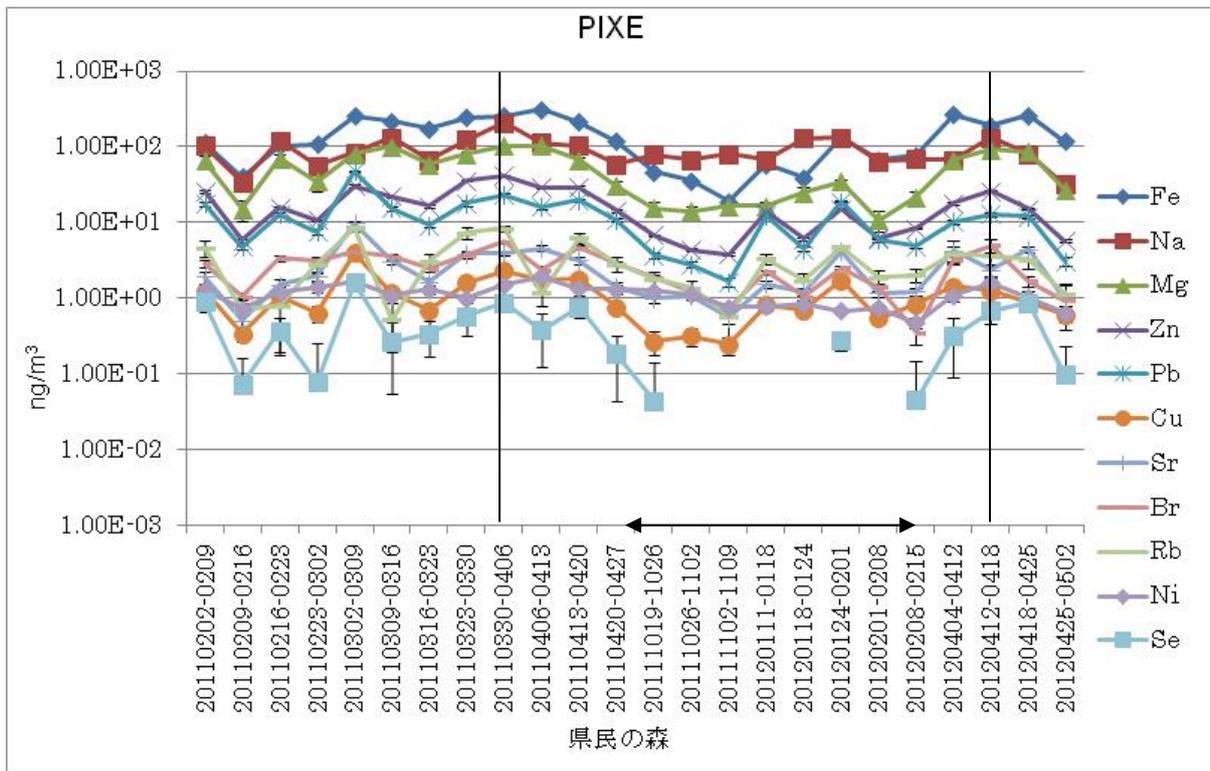


図3.9 県民の森のエアロゾルのPIXE分析

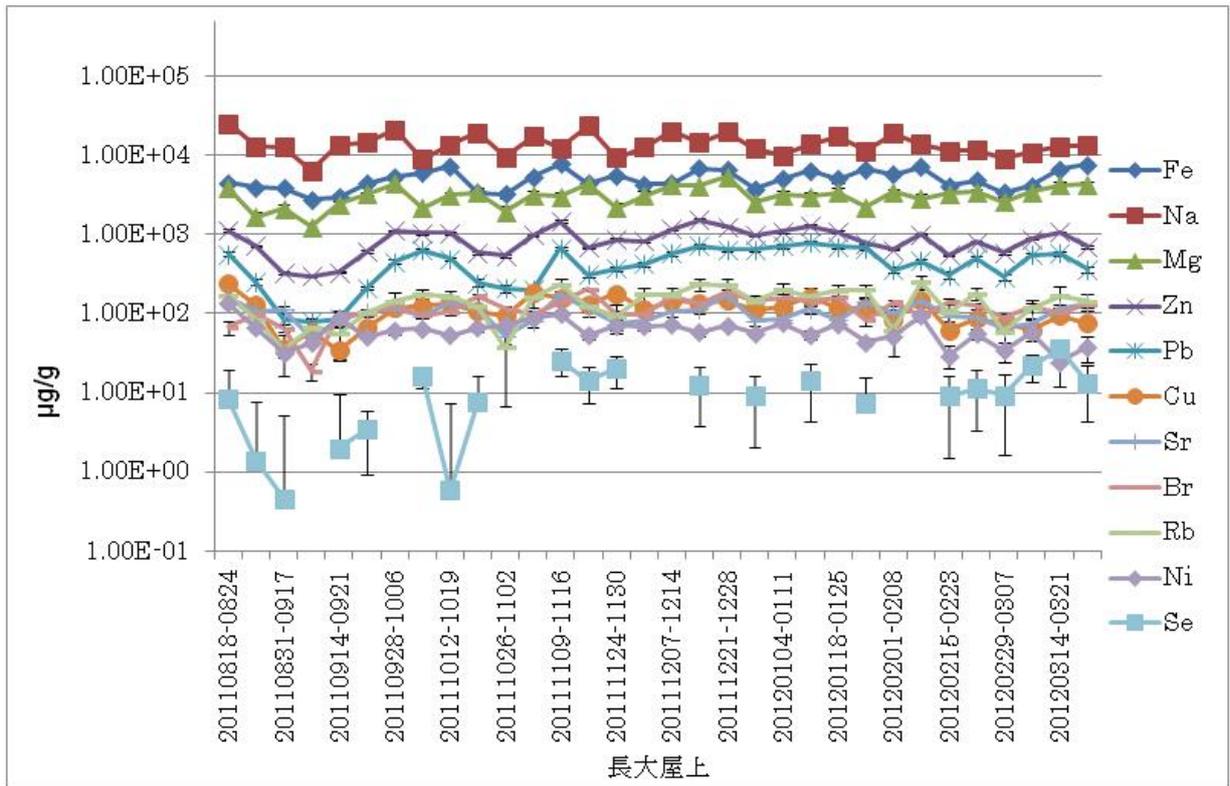


図3.10 PIXEにより長大屋上に質量当たりの各元素の質量

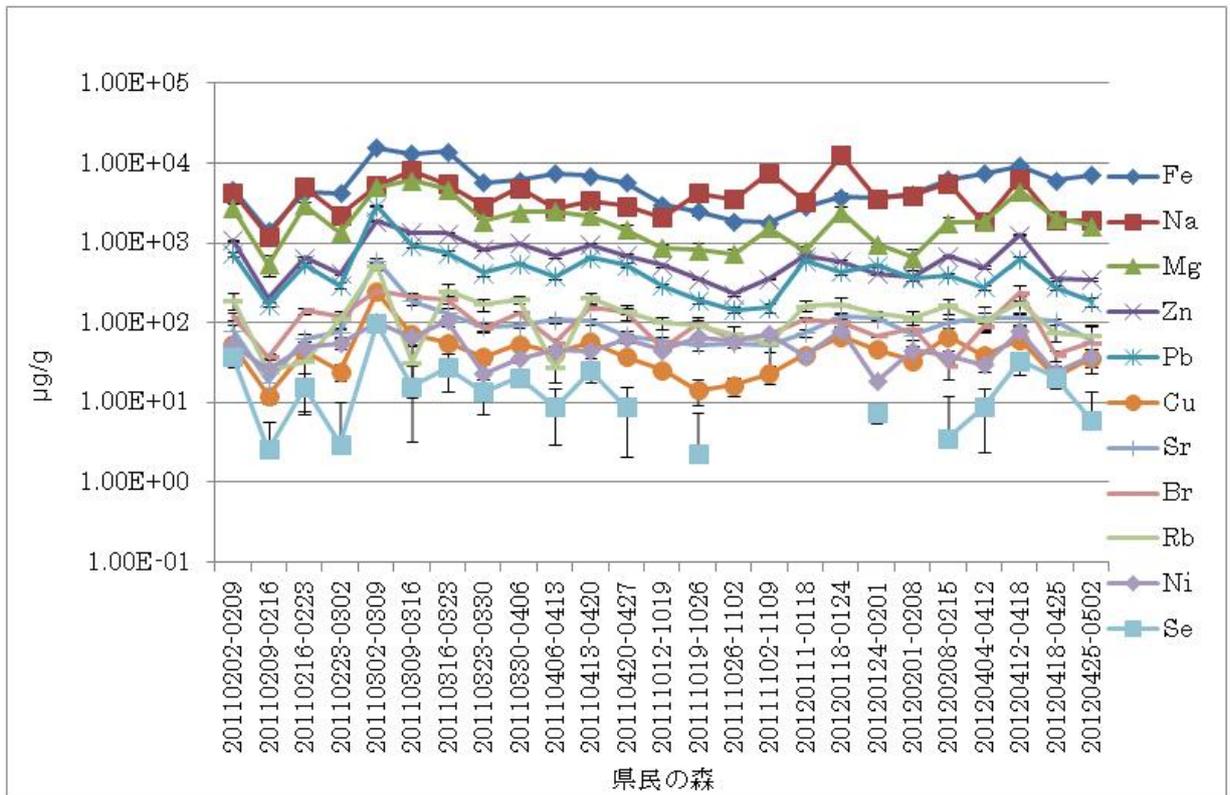


図3.11 PIXEにより県民の森に質量当たりの各元素の質量

県民の森は、多くの元素で毎年3、4月の量が多くなったが、他の時期の量はあまり変わらない。県民の森は、長大屋上より変化が大きい。周囲が森のため、エアロゾルが再浮遊しにくく、遠方から飛来したものの影響を受けやすいためと考えられる。20110323-20110427の期間にCsが検出されたが、この期間の各元素の濃度はこの期間以降の他（Cs未検出）のサンプルの濃度より大きいと分かった。地震に伴う津波により、海底堆積物が地上にうちあげられている影響かもしれない。（線が引いてある所は放射能Csが検出された週間である。）

長大屋上には、Naの量が多いので、海水由来のものが多いのではないかと考えられる。

県民の森に矢印がある所は長大屋上と比較したら、長大屋上の方のほぼ全ての元素の濃度は県民の森より大きいとわかった。市街地で発生するエアロゾルの影響かもしれない。長大屋上には一番多い元素はNaであったが、県民の森には一番多い元素はFeであった。矢印の間には、Naが多い時もあった。

3.4 福島第一原発からの空気の軌跡

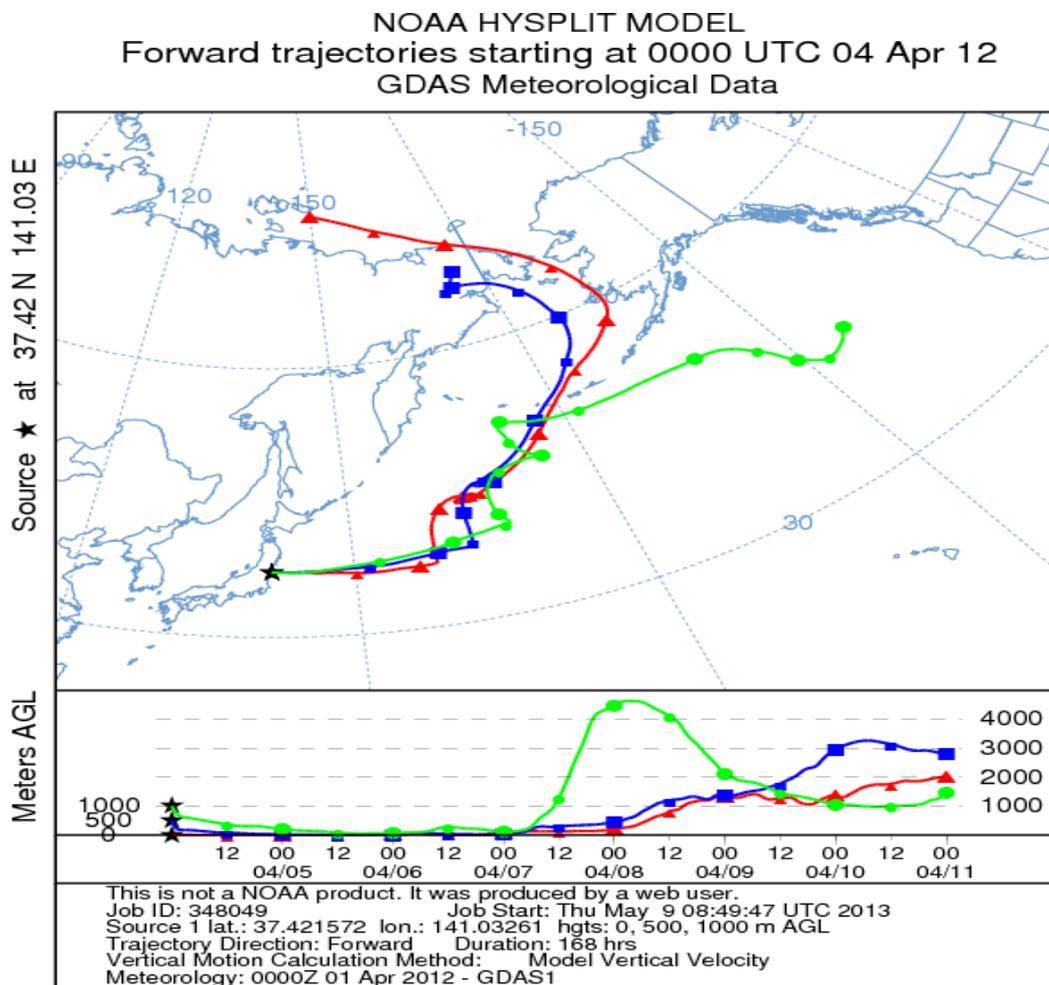
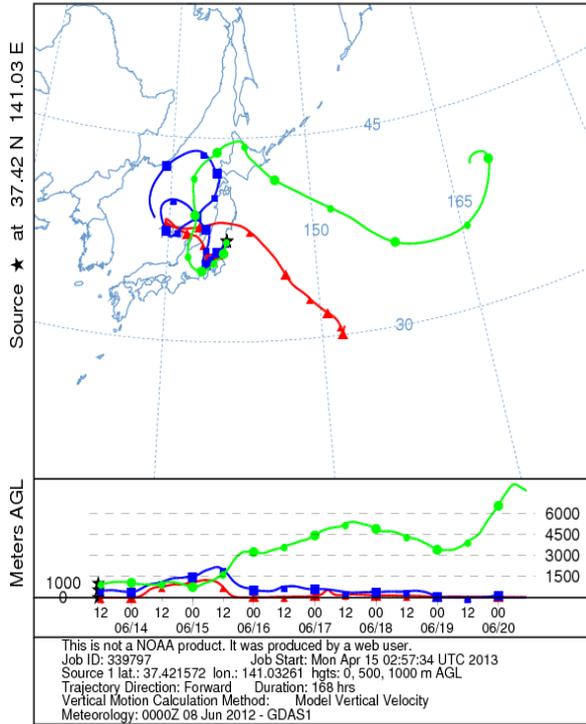


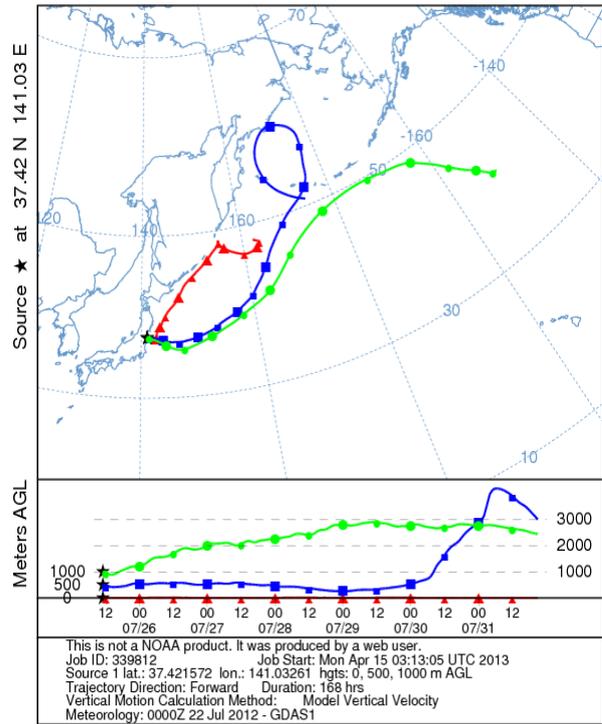
図3.12 20120404から一週間の福島上空空気の軌跡

前回の報告書により、県民の森では、20110406-0413に高い濃度の放射能が検出されたことが分かった。そして、20110406-0413の一週間の福島上空の空気の軌跡により、長崎に飛んできたことも分かった。PIXE分析により、この一週間のFe、Mgの濃度は高いことが分かったが、一年後の20120404-0412と比較することにした。比較した結果は、同時期にもFe、Mgの濃度も高かった。上図3.12は20120404から一週間の福島上空空気の軌跡であり、西に向かってはいない。この一週間にCsも検出されていない。

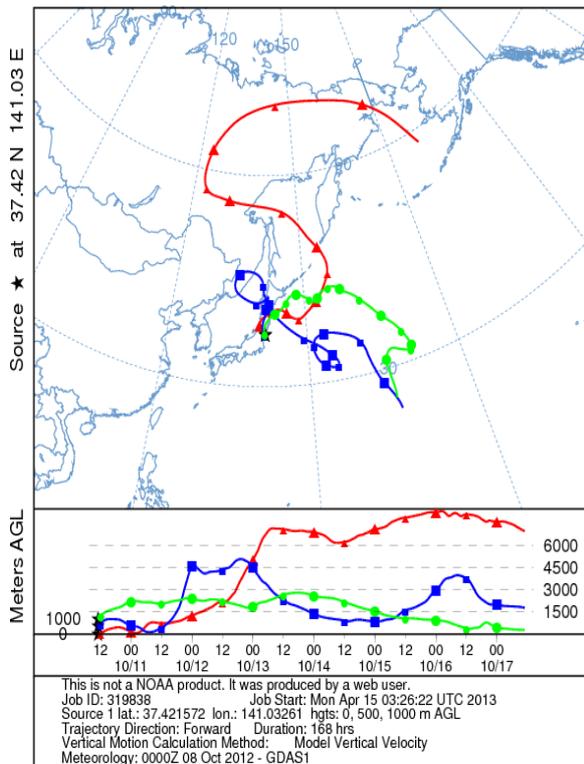
NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 1100 UTC 13 Jun 12
GDAS Meteorological Data



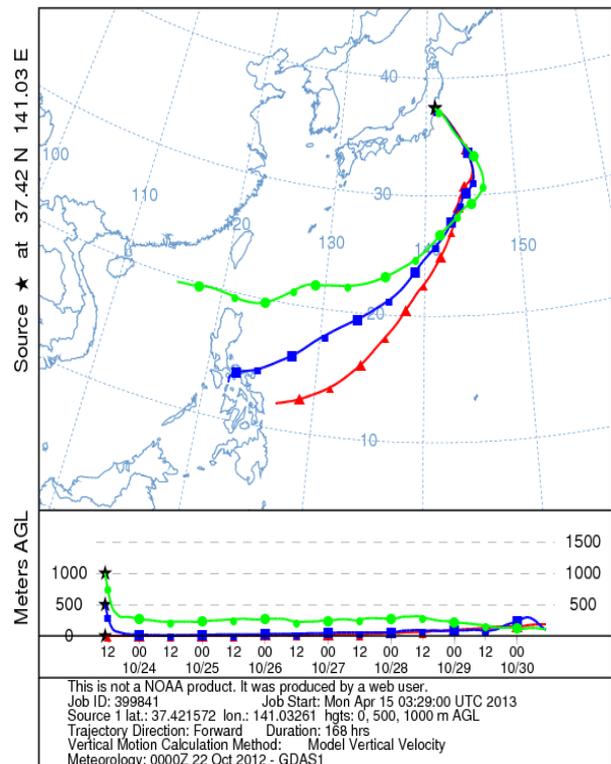
NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 1100 UTC 25 Jul 12
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 1100 UTC 10 Oct 12
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 1100 UTC 23 Oct 12
GDAS Meteorological Data



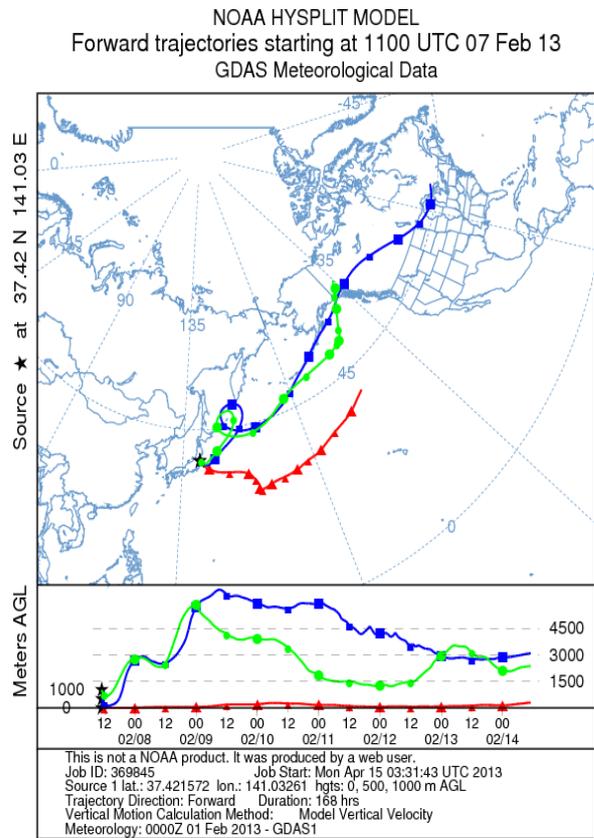
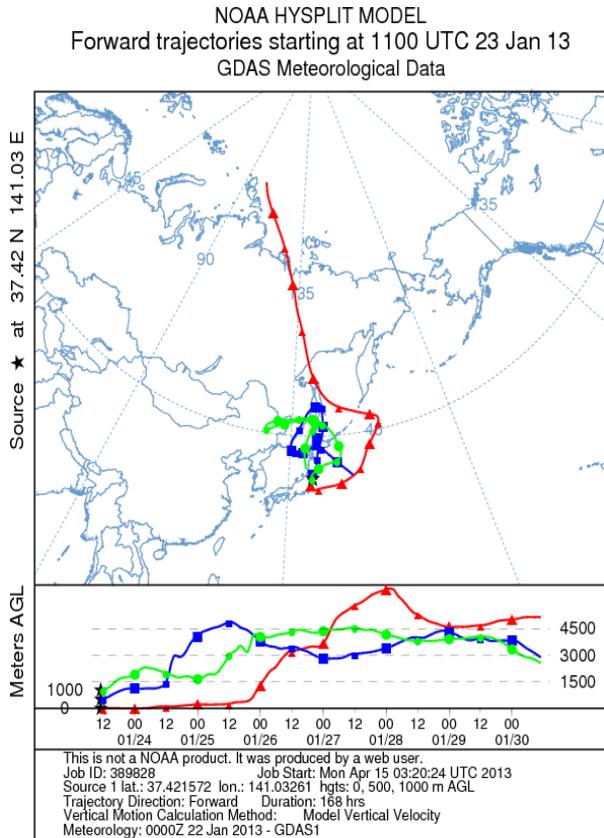
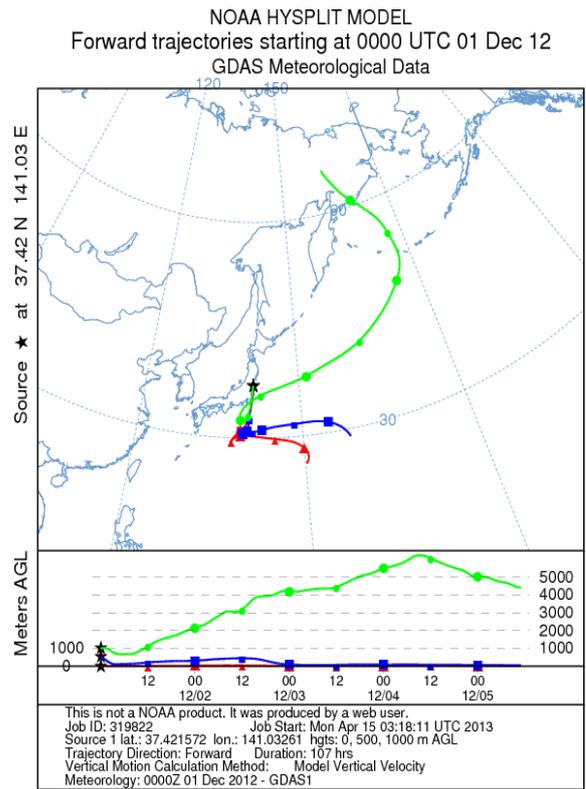
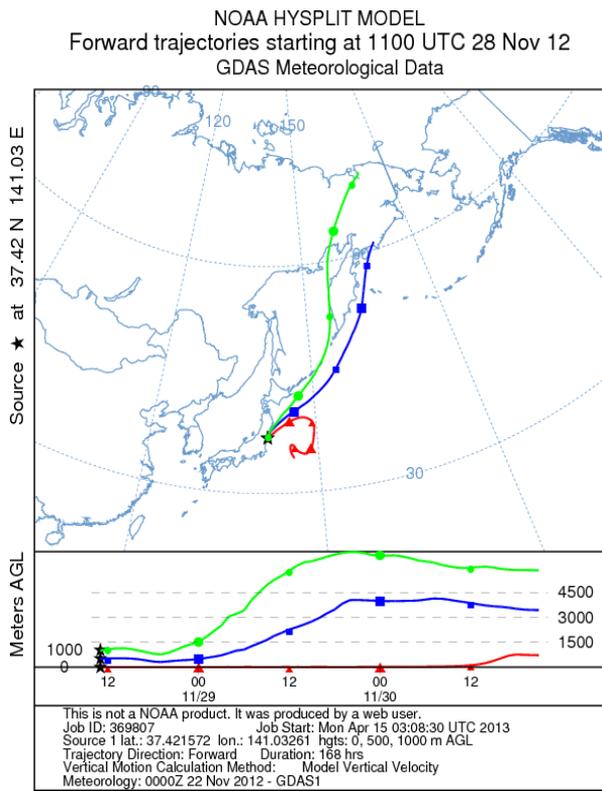


図3.13 福島第一発電所の上空の空気の軌跡

NOAAのwebsiteを利用して、図3.13を作成した。福島第一発電所の上空の空気の軌跡である。高さは0、500、1000m三つ所を選択した。時間は一週間(168時間)を指定した。以上の空気の動きの図からみると、福島から長崎まで飛んできたことを示さなかった。Csは、広域に広がっているため、それが再浮遊したのではないかと考えた。

4 Cs-134とCs-137の比

日付けと半減期により、2011年3月11日に逆算して、作成したCs-134/Cs-137の図4.1である。この範囲は1に近いということが分かった。福島第一原子発電所事件が発生する時点のCs-134/Cs-137は1に近いことがわかっているから、この3週間は福島第一原発由来の放射性物質が長崎まで飛んできたことを示していると考えられている。

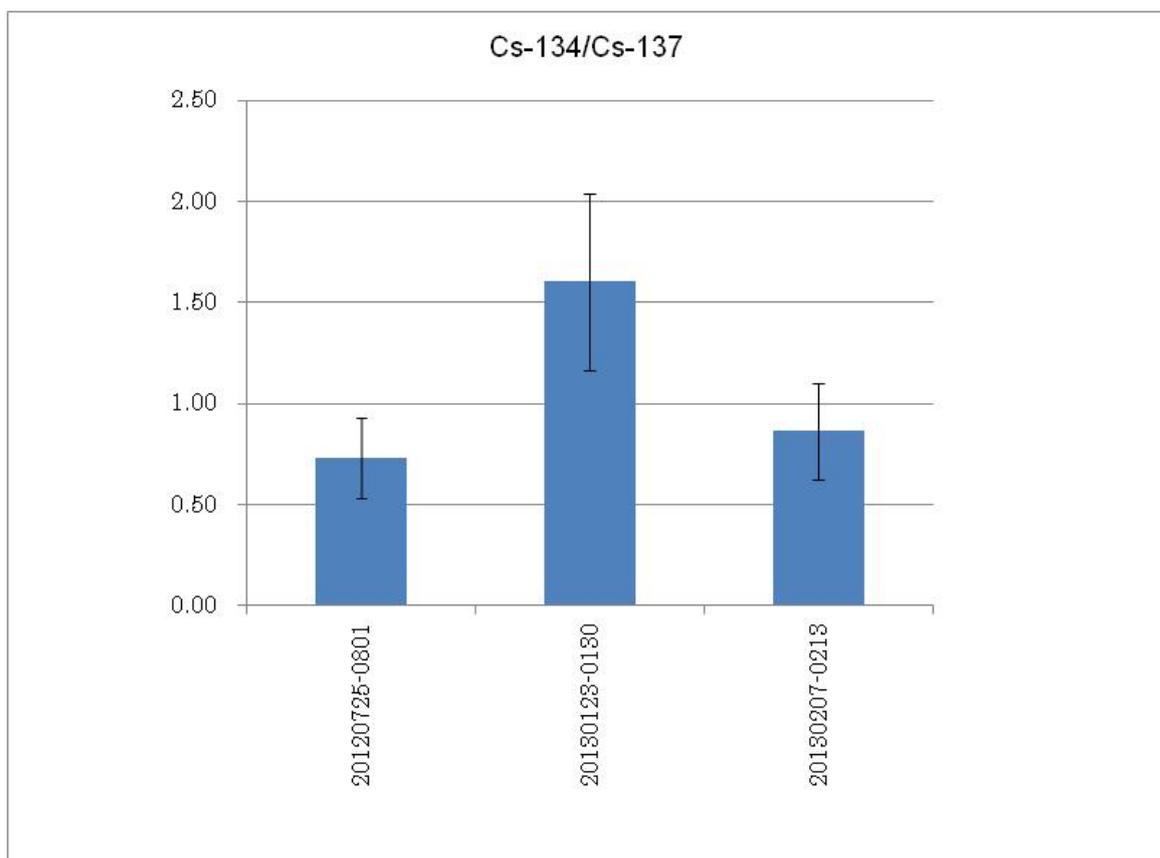


図4.1 Cs-134とCs-137の比

謝辞

この研究を支えてくれた多くの長崎大学環境科学部、長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科の学生や教職員の方々に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 袁軍, 世良耕一郎, 高辻俊宏, 大気中浮遊物質に含まれる放射性同位元素と金属元素の関係
NMCC共同利用研究成果報文集18(2011), P158-168
- 2) <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>

Relationship between radioactive isotopes and stable elements contained in the aerosol

J. Yuan¹, K. Sera² and T. Takatsuji¹

¹Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University
1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan

²Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

Abstract

We have investigated the relationship between Pb-210, natural radioactive isotope, and the stable elements contained in the aerosol. Another purpose of this study is to elucidate the behavior of aerosol and the origin of the artificial radioactive elements. Cs-137 and Cs-134 were detected in Nagasaki City. The samples were collected in Nagasaki Prefectural Forest Park and the Nagasaki City urban district. The samples were analyzed by PIXE and a Ge semiconductor detector. The amount of many elements would have to change much in Mar and Apr each year in Nagasaki Prefectural Forest Park. But it didn't change much in other time. The change in Nagasaki Prefectural Forest Park was greater than Nagasaki City urban district. Because of the amount of Na was higher in Nagasaki City urban district, it was considered coming from sea water. Concentrations of many elements at the urban district were higher in winter. They are suspected to rise from the nearby district. Elements such as Cs-137 and Cs-134 were found in Nagasaki Prefectural Forest Park and Nagasaki City urban district which were proved from the Fukushima Daiichi nuclear power plant.