

森林火災による放射性物質の飛散*

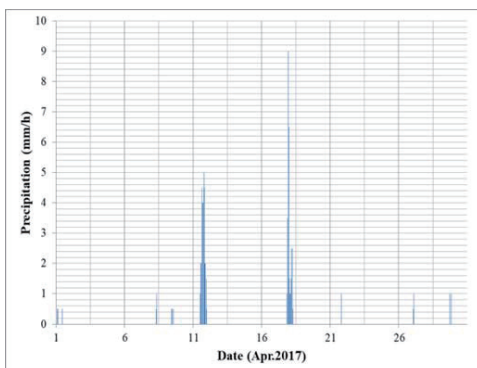
福島大学 渡邊 明

1. はじめに

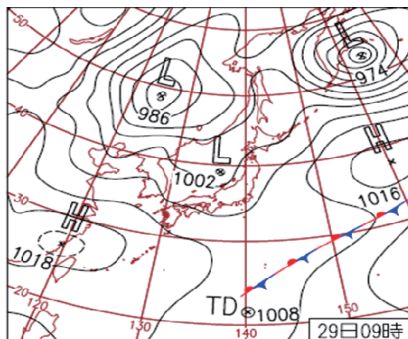
東京電力福島第一原子力発電所事故で一般環境中に放出され、森林に沈着した多くの放射性物質は、その多くが litter 層や土壌に移行して(林野庁, 2015)堆積している。一方、森林火災の可燃物の主体は、この litter 層で、森林火災のたびに空間線量率の増加が問題になっている。しかし、日々の空間線量率は ^{222}Rn の土壌中からの放出や降雨で極めて多くの変動があり、森林火災の影響を正確に評価することが困難である。ここでは、2017 年 4 月 29 日 16 時 24 分に森林火災を覚知し、5 月 10 日 15 時 05 分に鎮火を確認した双葉郡浪江町で 75ha の森林を消失した時に発生した線量率変動と、鎮火確認後大気中濃度放射性 Cs が 100 倍にも増加した要因について検討する。

2. 森林火災発生の総観場

東京電力福島第一原子力発電所事故後、高線量率域の森林整備は 6 年 9 ヶ月が過ぎても入



第1図 2017年4月の浪江の1時間降水量 (mm)



第2図 2017年4月29日の地上天気図

山ができず放置された状況にある。また、森林火災が発生した福島県浜通り地方は、昨年 10 月から降水量が少なく、火災が発生した 2017 年 4 月末までの降水量は平年値の 65%程度となっている。特に、冬季の浜通り地方は降水量が少ないにもかかわらず、2月が 25%, 3月が 94%, 4月が 57%と山林火災発生前 3 ヶ月は冬季としても降水量が少なかった。第 1 図は森林火災発生地域に最も近いアメダス観測地点である浪江の 2017 年 4 月の 1 時間降水量の変動を示したものである。4 月に入り 11 日に 33 mm, 17 日から 18

日にかけて 30.5 mm の雨量を観測したものの、その後は 1 mm 前後の降水が 2 回あっただけで、火災発生時に至っている。火災発生時も雷雨で 2 mm 程度の降水しか観測されていない。長期にわたる少雨が litter 層の乾燥を進めていったと考えられる。

第 2 図は火災発生時の 4 月 29 日 9 時の地上天気図である。これを見ると本州全体が気圧の谷に位置しており、日本海の低気圧が北東進している。この低気圧には前線が解析されていないが、第 3 図に示した

* Scatter of radioactive materials by forest fire
by Akira Watanabe

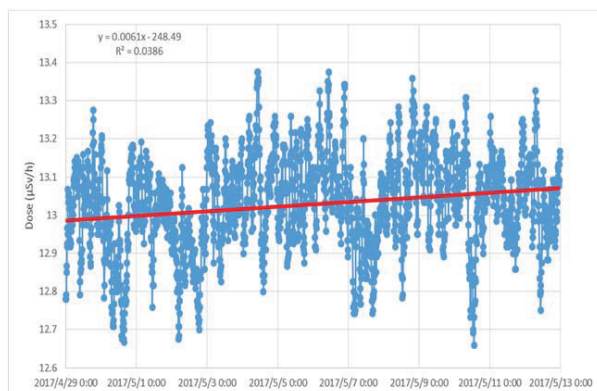


第3図 2017年4月29日16時3分の落雷状況 白色域が落雷地域を示す。

南から南東風になっている。これらの風向は基本的に太平洋沿岸地域に森林火災の燃焼煙や燃焼灰を輸送する風向にはなっていない。

3. 線量率変化

福島大学では、事故後の2012年2月から自治体職員の監視時の被ばく低減のため高線量域に立ち入ることなく線量率監視ができるように、線量率計と気象計を携帯電話で監視できるシステムを開発し、双葉郡浪江町に3点、大熊町に2点、2017年7月まで設置した。その中で、今回火災現場に近い浪江町大字井手字大高倉では、地上1mの線量率と気象要素を10分間毎に計測していた。4月29日から5月13日の降水で減少するまでの空間線量率変動を第5図に示す。5月13日の降水が観測された17時ごろから線量率が減少するまで、直線回帰式で近似すると、 $0.067 \mu\text{Sv/h}$ の上昇が認められた。これは規制庁

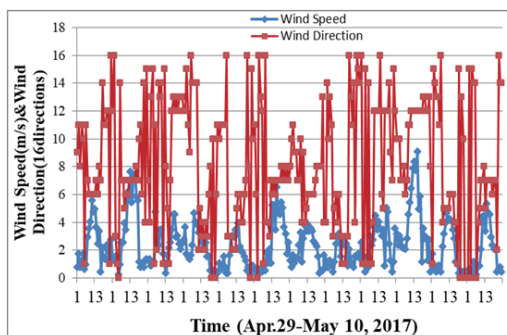


第5図 浪江町大字井手字大高倉における線量率の変動 4月29日から5月13日までの10分毎の観測値を示す。

向は認められない。相対的には 270° から 315° の風向でやや上昇する傾向が認められるが、森

落雷発生位置関係から推定すると日本海に中心を持つ低気圧の気圧の谷が本州南岸に延びており、対流不安定となっており、雷が発生しているものと考えられる。

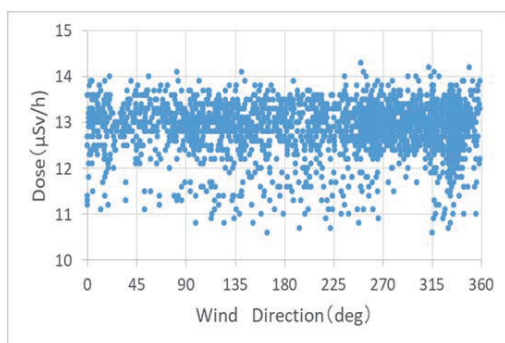
第4図は森林火災が発生した2017年4月29日から鎮火した5月10日までの浪江における風向(16方位)・風速を示したものである。この間、夜間は約 1m/s の弱風であるが、日中を中心に 5m/s から 9m/s 程度の風速が出現している。特に、強風出現時の風向は5月8日の西風



第4図 2017年4月29日から5月10日までの浪江の風向・風速変動

が計測している双葉郡山田で約 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ の線量率増加よりも少ない。しかも、これらは山林火災で litter 層が燃焼し、燃焼煙が plume として通過することによって線量率が上昇するというのではなく、放射性物質が徐々に沈着することで空間線量率が次第に増加している変化である。第6図は同地点で観測した空間線

量率と風向の関係を示したものであるが、空間線量率増加に一定の風

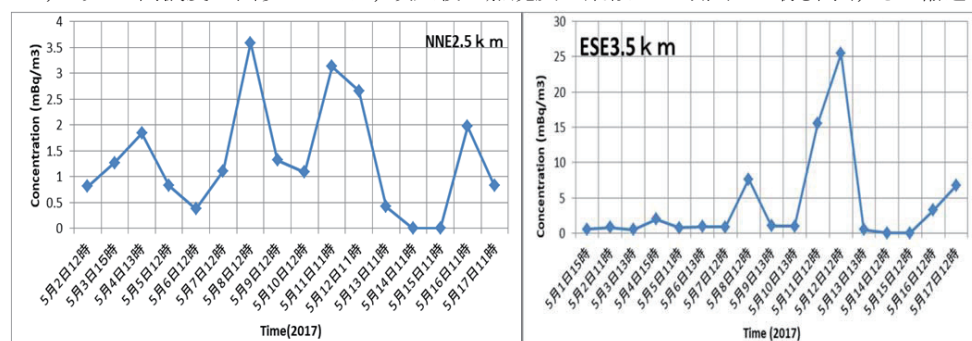


第6図 線量率と風向の関係 他は第5図と同じ。

林火災の現場から、この観測地点は北東に位置し、 225° 付近で高濃度を示さない限り、地上風による直接輸送の可能性は低い。むしろ、空間線量率の変動と併せて考えると、徐々に放射性物質の沈着で空間線量率が増加した可能性が高い。

3. 放射性物質の大気中濃度変化

福島県(2017)は、この山林火災に伴い 5 月 1 日より火災域の周辺で放射性物質の大気中濃度をダストサンプラーでおよそ 10 時



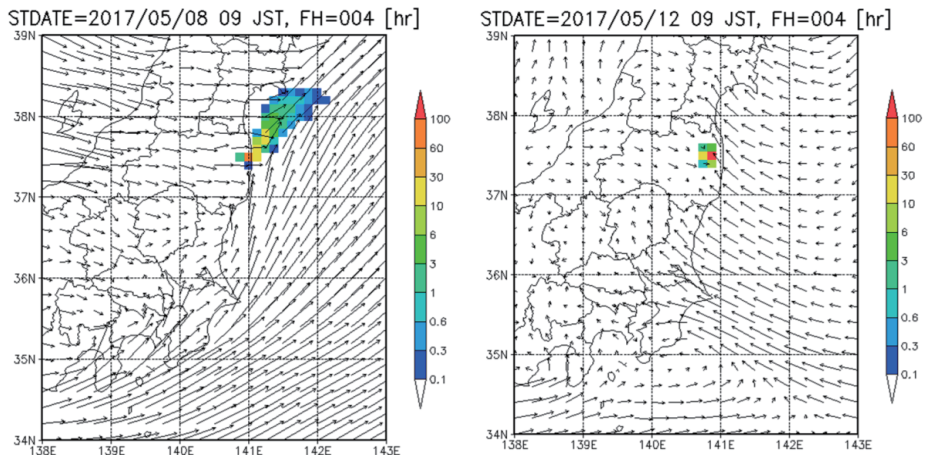
第7図 放射性 ^{137}Cs の大気中濃度変化 (左図は北北東 2.5 km の地点、右図が東南東 3.5 km 地点の測定結果を示す。)

拡散の可能性を解明する必要がある。また、前述で述べた線量率変化も、高線量のプルームが通過して、プルームの通過時間のみピークが出現しているという状況は確認できず、燃焼灰が大気中に拡散し、輸送され、徐々に沈着することにより線量率が増加した変動を示している。

4. 放射性物質拡散と Meso 循環

相対的に ^{137}Cs が高濃度を示した 5 月 8 日と 12 日を対象に、拡散実験を行った。このモデルは気象庁のメソ解析データ(GPV-MSM)を大気環境場として使用し、高度 1km 以下で拡散係数を $50\text{m}^2/\text{s}$ 、1 km 以上で $1\text{m}^2/\text{s}$ と固定し、かつ乾性沈着速度を $1\text{mm}/\text{s}$ とし、降水による粒子の補足効率を 0.05 と一定にしている。排出量は定量で $1\text{TBq}/\text{h}$ を仮定したものである。

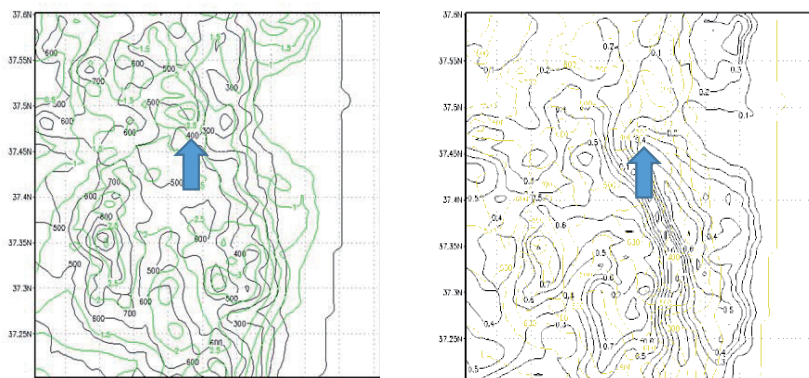
第8図は火災現場で大気中濃度を観測している中央の時刻の拡散状況を示したものである。前述の大気中放射性 ^{137}Cs 濃度の観測値と比較すると、8 日は北東方向に拡散しており、12 日は拡散領域が小さくなっている。このため近隣の放射性物質濃度は、8 日が $30\text{Bq}/\text{m}^3$ 程度に対して、12



第8図 5月8日13時と12日13時の拡散状況 排出量1TBq/hを仮定して、高度200mにおける濃度分布 単位はBq/m³

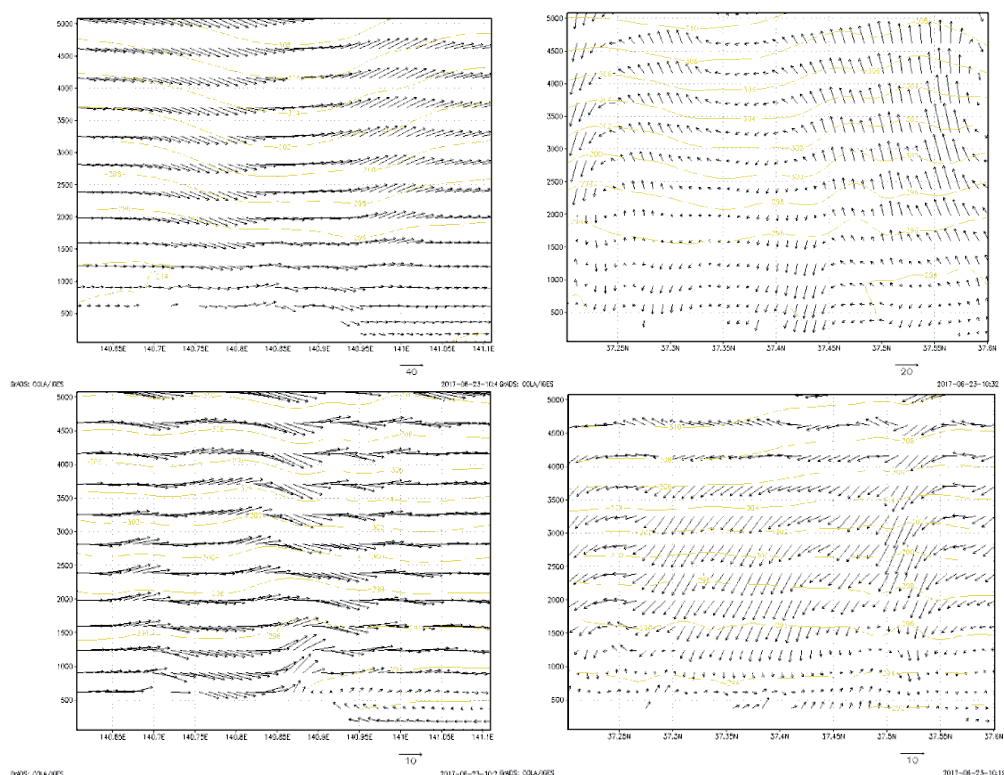
日は60Bq/m³と倍程度の濃度になり、しかも、火災現場の北東側は数Bq/m³と相対的に少ない領域となっている。この分布形態は福島県(2017)の観測値と定性的に一致している。この拡散modelから推察される放射性物質の放出量は、森林火災現場から10⁹Bq/h程度を考えると観測値と一致する。また、Yoschenko et al.(2006)はChernobylの原発事故で汚染した森林で5000m²程度の比較的一様な森林を燃焼することによって実験的に飛散量を計測し、¹³⁷Csや⁹⁰Srがlitter層の4%程度が放出すること、および²³⁹⁺²⁴⁰Puではlitter層の1%程度が放出されることを指摘している。従って、森林火災時に福島県が観測した最大濃度(25.47mBq/m³)とすると、litter層の放射性物質放出濃度は約0.1Bq/m³程度の放出があれば可能になるわけで、特別不自然な量ではない。しかし、このLagrange modelだけでは、輸送システムが不明で、輸送システムを検討するため、さらにCRESSによる数値simulationを行い、輸送の可能性を検討した。

第9図はCRESSによる5月8日と12日の13時の地上の鉛直fluxの2乗平均値の分布を示したものである。山林火災域では、5月8日が2.5N/m²、12日が0.4N/m²となっており、燃焼灰なら



第9図 5月8日13時(左図)と12日13時(右図)の地上10mにおける鉛直fluxの2乗平均値の分布 単位はN/m²、矢印は森林火災エリアを示す。

十分拡散できる値になっている。また、同時刻の大気運動の様子を第 10 図に示す。これは北緯 37.45° における森林火災域の東西-鉛直風と相当温位の高度-東西断面と東経 140.9° における南北-鉛直風と相当温位の高度-南北断面である。5 月 8 日 13 時の大気循環では、西風が下降流



第 10 図 5 月 8 日 13 時の東西 - 鉛直流（上左図）、南北 - 鉛直流（上右図）分布と 12 日 13 時の東西 - 鉛直流（下左図）、南北 - 鉛直流分布 黄色い線は相当温位を示す。

を伴って火災領域で卓越していることが分かる。また、この下降流は北成分を伴っている。しかも、294K の相当温位は北緯 35.7° 付近で下降しており、火災領域で飛散した燃焼灰が風下である浜通り地方に飛散する可能性が高いことが分かる。一方、5 月 12 日 13 時の大気運動では、8 日と逆に、火災領域は上昇流になっており、領域を挟んで西部で西風、東部で東風になっている。構造的には海陸風のヘッドが火災領域に出現しており、高度 500m 以下の太平洋岸では東風が吹いているが、それより上層では西風（反流）になっている。相当温位の下降は顕在化していないので、一定の重力落下が可能な燃焼灰を想定する必要がある。火災発生域の上昇流域で拡散し、500m 以上の西風で東に輸送されながら重力沈降し、500m 以下の東風で観測地点に沈着したと考えると、十分に地上風では風上に当たる観測地点でも放射性物質の濃度が高くなる可能性が推察できる。

5. まとめ

東京電力福島第一原子力発電所事故により一般環境中に放出された放射性物質は、その半減

期により次第に減少しているものの、高線量域では依然様々な課題を抱えている。中でも森林除染が計画されていないため、森林からの再飛散など新たな課題も生じている。中でも毎年発生する春先の森林火災は、その典型的な事象の一つである。ここでは線量率が火災発生中に徐々に上昇し、燃焼煙によって高線量の汚染物質が輸送・拡散した状況は確認されなかったが、放射性物質が徐々に沈着し、線量率を上昇させたと思われる現象が確認された。特に、地上風のみでその風下に影響するという放射性物質の輸送・拡散ではなく、浜通り地方では比較的海陸風循環が顕著で、海風前線の重力流ヘッドで再飛散が発生し、その反流で風下(海)側に輸送され、さらに、重力沈降することによって下層の海(東)風で内陸域に輸送され、放射性物質の汚染が発生する可能性が明らかになった。

また、今回の事象を拡散係数から推測すると、森林火災で放出される放射性物質は凡そ 10^9Bq/h と考えられること、また、litter 層の放射性物質放出濃度は約 0.1Bq/m^3 程度の放出があったと推定され、今回福島県(2017)が観測した大気中濃度を説明できることが明らかになった。

なお、この研究の一部は公益財団法人住友財団基礎科学研究助成を受けて実施したものである。

引用文献

福島県, 2017: 浪江町井手地区の林野火災現場周辺の環境放射線モニタリング状況等について(第12報), 1-4.

林野庁, 2015: 放射性物質の現状と森林・林業の再生, 1-147.

Yoschenko, V.I., Kashparov, V.A., Protsak, V.P., Lundin, S.M., Levchuk, S.E., Kadygrib, A.M., Zvarich, S.I., Khomutinin, Yu.V., Maloshtan, I.M., Lanshin, V.P., Kovtun, M.V., Tschiersch, J., 2006: Resuspension and redistribution of radionuclides during grassland and forest fires in the Chernobyl exclusion zone. Part I. Fire experiments, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol.86, 260-278.