

原発事故に伴う東北地方太平洋側地域の大気および地表の汚染状況（速報）

尾方隆幸（琉球大学教育学部）

2011年6月1日

はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東京電力福島第一原子力発電所の炉心溶融と水素爆発が発生した。これに伴い、放射性物質（Cs-137, I-131 など）が大気中に放出され、風によって拡散し、地表面に降下した。地表付近の汚染状況には地形や気象の影響があることは多くのメディアで報じられているところであり、地理学者によるデータの検討が不可欠である。

事故の影響が長引くにつれ次第にデータが公表されるようになってきたが、福島県外のデータ、とりわけ地表面の汚染データは限られる。福島県内においても、地形を十分に考慮した観測がなされているとは言い難い。さらに、地点間の比較を行う上で、観測状況や機器の統一が図られていない場合も少なからずあると考えられ、地域的な汚染状況の比較を統一した基準で行うためには、まだ資料が不足している。そこで今回、同一の観測基準の下、同一の機器を用いた移動観測を試みた。

まず岩手県～宮城県～福島県の海岸地域を中心に、大気中と地表面の放射線計数率を、GM 計数管を用いて測定した。これは広域の汚染状況を調べ、地理的に、また大気と地表でデータを比較するためである。続いて、特に汚染の激しい福島県の阿武隈高地北部において、線量の地理的分布と地表物質による汚染程度の違いを明らかにする目的で、GM 計数管と電離箱を併用した測定を実施した。とくに、放射性物質の拡散に及ぼす地形の影響を調べるため、小流域（小盆地）単位で移動観測を行った。

このレポートでは、得られたデータのうち、50 地点における大気中および地表面の汚染状況を速報する。線量と原発からの距離との相関、線量の地理的分布に強く影響している地形的条件については、データを解析したうえで改めて議論することとし、今回はデータの一覧の公表と、簡潔な記述にとどめる。この原発災害は今まさに進行中の事象であり、報告するデータにはきわめて緊急性の高いものも含まれている。地形単位ごとに測定されたデータをもとに、地理学（地形学）の立場からの警告も行う。

調査地と測定方法

広域での観測点を図1に、狭域での観測点を図2に示す。広域調査は、原発からの距離にしたがって、大気および地表の汚染が地理的にどのように減衰するかを調べるために行った。狭域調査は、大気および地表の汚染に地形がどのような影響を及ぼすかを明らかにするために行った。大気中では、地表面から1 m の高さで、遮蔽物がない方向に検出器を向けて測定した。地表面では、検出器を地表面に垂直に向け、地表面から約3 cm 離して測定した。地表面の状態は観測点によりさまざまであったので、地点によっては地表物質の粒径や植生ごとに測定し、放射性物質の吸着の度合いを比較した。しかしその詳しい検討には時間を要するので、ここでは、地表面の測定値のうち最も高かったものだけを速報する。

測定に用いた検出器は、日立アロカメディカル社の TGS-146（GM 計数管）および ICS-321（電離箱）である。いずれもガンマ線とベータ線を測定することができるが、対象物と測定器の間に遮蔽物を挟んでチェックしたところ、測定時点ではガンマ線はほとんど放出されていないと推察された。今回の事故で放出された放射性物質のうち、半減期がやや長く、土壌に吸着しやすい Cs-137 はベータ壊変する核種のため、ベータ線の測定でほぼ汚染状況を評価できると考えられる。

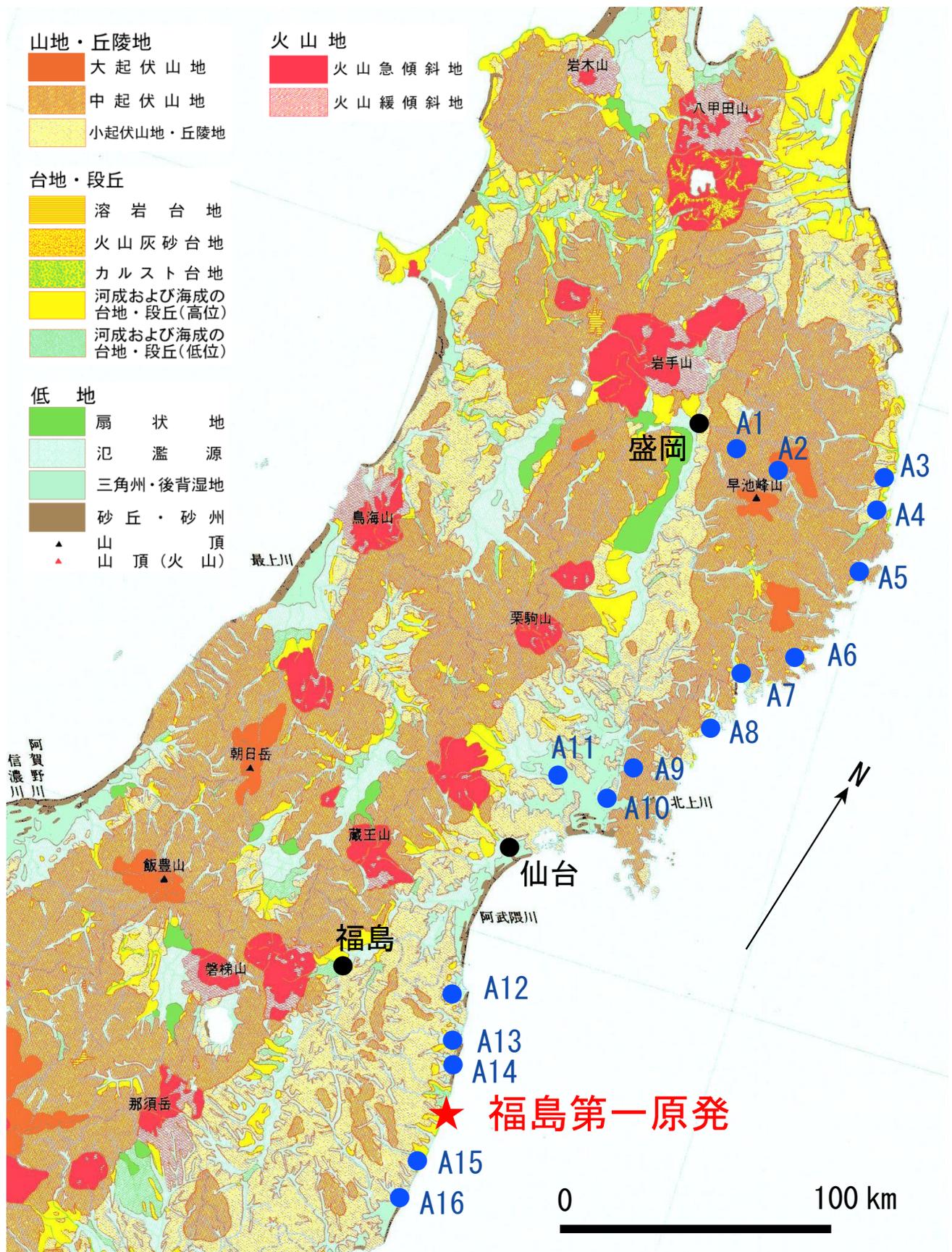


図1 岩手・宮城・福島県の太平洋側地域の観測地点（基図は「日本国勢地図」の地形分類図）

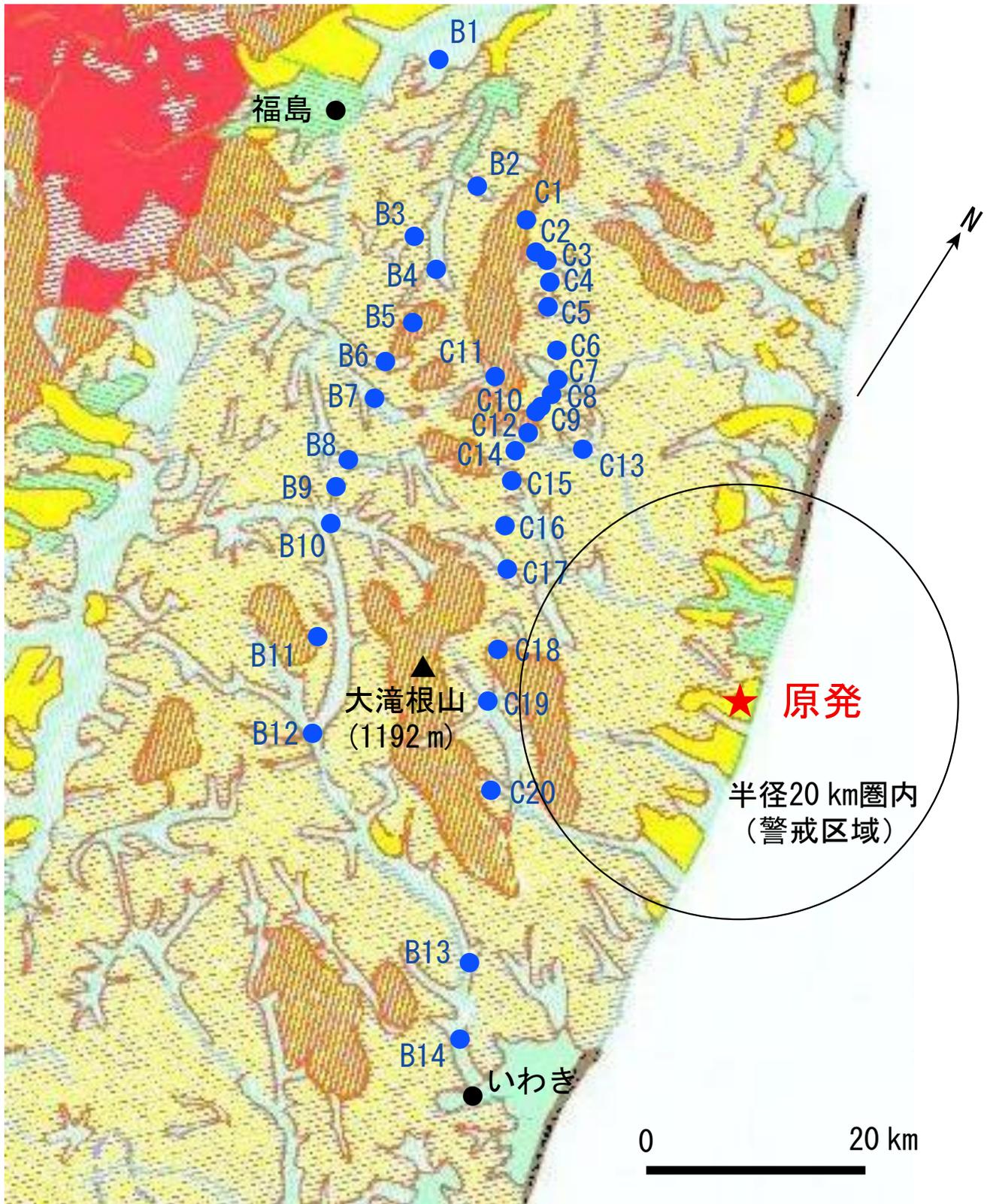


図2 阿武隈高地北部の観測地点 (基図は「日本国勢地図」の地形分類図. 凡例は図1と同一)

調査結果

表 1 岩手・宮城・福島県域における放射線の計数率(cpm)

地点	距離 (km)	大気 (cpm)	地表 (cpm)	観測日時
A1(宮古市)	271	102	135	2011/5/15 12:00
A2(宮古市)	269	84	121	2011/5/15 12:50
A3(宮古市)	287	108	129	2011/5/15 14:40
A4(宮古市)	274	75	116	2011/5/15 15:45
A5(山田町)	253	111	184	2011/5/15 16:35
A6(大船渡市)	212	117	153	2011/5/15 18:20
A7(陸前高田市)	196	109	182	2011/5/15 19:10
A8(気仙沼市)	173	115	241	2011/5/17 15:55
A9(登米市)	147	118	192	2011/5/16 18:20
A10(石巻市)	131	114	251	2011/5/16 17:20
A11(大崎市)	133	116	208	2011/5/17 23:15
A12(相馬市)	46	388	1090	2011/5/18 13:10
A13(南相馬市)	28	433	1660	2011/5/18 13:55
A14(南相馬市)	20	270	592	2011/5/18 14:30
A15(檜葉町)	20	547	1900	2011/5/27 21:50
A16(いわき市)	35	172	434	2011/5/27 21:20

表 1 に岩手県から福島県にかけての観測結果の一覧を示す。岩手県域 (A1～A7) では、大気中の値は 75～117 cpm で、場所による違いは小さい。地表面の値は 116～184 cpm で、大気中より高く、原発に近い南部 (A5～A7) では北部 (A1～A4) より高かった。また、場所による値の違いが大気中よりやや大きい。大気中と地表面の値の差は 21～73 cpm で、南部のほうが高い傾向にあった。

宮城県域 (A8～A11) では、大気中の値は 114～118 cpm で、場所による違いはほとんどなく、岩手県域との違いも顕著ではなかった。地表面の値は 192～251 cpm で、岩手県域と同様、大気中より違いが大きくなった。大気中と地表面の差は 74～137 cpm で、岩手県域より高かった。岩手～宮城の地理的スケールでは、5 月中旬の時点では大気中の放射性物質はほとんど変わらなくなっているが、原発から近くなるにしたがい、放射性物質の地表面への沈着量が多くなっている。これは爆発・放出イベント時の降水量が南ほど多かったことを示唆する。

福島県域 (A12～A16) に入ると、値は大きく跳ね上がる。大気中の値は 172～547 cpm、地表面の値は 434～1900 cpm で、地表面への放射性物質の沈着が激しいことがわかる。しかし、この地理的スケールになると、距離による減衰は不明瞭になる。原発の南側では、20 km 警戒区域南限の A15 の値が、原発から 35 km の A16 より高かったが、原発の北側では、20 km 警戒区域北限の A14 の値は、原発から 28 km の A13 より低かった。

表 2 阿武隈山地北部における放射線の計数率(cpm)および線量率(μ Sv/h)

地点	地形	距離 (km)	大気 (cpm)	大気 (μ Sv/h)	地表 (cpm)	地表 (μ Sv/h)	観測日時
B1(伊達市伊達町)	谷底	66	536	0.5	2,470	4.6	2011/5/27 11:10
B2(伊達市月舘町)	谷底	54	742	0.8	3,660	5.7	2011/5/27 12:00
B3(伊達郡川俣町)	谷底	52	531	0.6	3,180	6.1	2011/5/28 14:40
B4(伊達郡川俣町)	谷底	49	701	0.7	3,270	6.0	2011/5/28 13:10
B5(川俣町・東和町)	分水界	46	574	0.3	2,460	4.2	2011/5/28 12:50
B6(田村市東和町)	谷底	45	842	0.8	3,310	6.2	2011/5/28 12:30
B7(田村市東和町)	谷底	44	427	0.2	1,490	2.7	2011/5/28 12:10
B8(田村市船引町)	谷底	42	280	0.0	1,930	3.6	2011/5/28 11:40
B9(田村市船引町)	分水界	42	232	0.0	804	1.1	2011/5/28 11:10
B10(田村市船引町)	谷底	41	167	0.0	467	0.5	2011/5/28 10:40
B11(船引町・小野町)	分水界	39	197	0.0	281	0.1	2011/5/28 10:10
B12(田村郡小野町)	谷底	39	140	0.0	583	0.9	2011/5/28 9:40
B13(いわき市)	谷底	35	165	0.0	797	0.9	2011/5/27 20:10
B14(いわき市)	谷底	40	163	0.0	414	0.3	2011/5/27 20:40
C1(月舘町・飯舘村)	分水界	49	1,190	2.2	6,380	12.4	2011/5/27 12:30
C2(相馬郡飯舘村)	谷底	46	1,540	3.3	10,200	23.3	2011/5/27 12:50
C3(相馬郡飯舘村)	谷底	44	2,060	5.2	28,300	56.6	2011/5/27 13:10
C4(相馬郡飯舘村)	分水界	42	1,720	3.5	16,000	38.2	2011/5/27 13:40
C5(相馬郡飯舘村)	谷底	41	2,750	5.7	23,300	54.8	2011/5/27 14:00
C6(相馬郡飯舘村)	分水界	37	6,980	16.4	21,500	55.1	2011/5/27 14:50
C7(相馬郡飯舘村)	谷底	32	5,870	18.4	47,000	126.0	2011/5/27 15:10
C8(飯舘村・浪江町)	分水界	33	7,300	17.8	16,700	51.2	2011/5/27 15:30
C9(双葉郡浪江町)	谷底	33	10,800	30.1	37,600	108.0	2011/5/27 15:50
C10(双葉郡浪江町)	分水界	32	11,800	30.2	52,400	214.0	2011/5/27 16:10
C11(川俣町・浪江町)	分水界	37	4,380	8.8	34,000	79.1	2011/5/28 13:40
C12(双葉郡浪江町)	谷底	32	4,070	12.3	25,500	66.4	2011/5/27 16:30
C13(双葉郡浪江町)	谷底	28	5,550	18.8	48,800	186.0	2011/5/28 14:00
C14(浪江町・葛尾村)	分水界	31	1,010	1.5	5,890	16.3	2011/5/27 16:50
C15(双葉郡葛尾村)	谷底	29	1,020	1.6	6,570	14.8	2011/5/27 17:10
C16(葛尾村・都路村)	分水界	27	792	1.3	3,810	7.5	2011/5/27 17:30
C17(田村市都路村)	谷底	25	313	0.1	1,520	3.1	2011/5/27 17:50
C18(都路村・川内村)	分水界	23	372	0.4	1,440	2.8	2011/5/27 18:20
C19(双葉郡川内村)	谷底	23	192	0.0	927	1.3	2011/5/27 18:40
C20(川内村・いわき市)	分水界	24	493	0.7	1,720	3.2	2011/5/27 19:20

表2に阿武隈高地北部における観測結果の一覧を示す。阿武隈高地北部には、最高峰の大滝根山（1192 m）をはじめとする比較的高い山地を挟んで、数多くの小規模な平地が分布する（図2）。西側は大きく、大滝根川や広瀬川など阿武隈川支流の流域と、夏井川とその支流の流域に分けられ、比較的広い谷底平野が形成される。東側は、新田川や木戸川など、太平洋に流れる複数の河川の流域で、上流に侵食盆地が形成される。これらの谷底平野や侵食盆地に、集落が形成されている。西側（阿武隈川流域～夏井川流域）の観測点をB1～B14、東側の観測点をC1～C20とした。

山地の西側と東側を比べると、汚染状況にきわめて大きな違いがある。山地西側の線量は相対的に高くないが（大気で $0.8\mu\text{Sv/h}$ 以下、地表で $6.8\mu\text{Sv/h}$ 以下）、田村市東和町付近を境に、北の方でやや高くなる。山地東側の汚染状況には地域的な違いが激しく、飯舘村から浪江町にかけて著しく線量の高いホットスポットが認められる。そして、山地西側の比較的線量が高い地域（B1～B6）と、山地東側のホットスポット（C6～C13）は、ほぼ同緯度にある。この地域で山地の両側の線量をみると、分水界付近（C11）でもかなり高線量になっている。この分水界には放射性物質の抜け道が形成されているのかもしれない。

また、山地東側のホットスポットの分布限界をみると、飯舘村側（C5以北）では緩やかに線量が減衰するのに対し、浪江町側（C14以南）では急激に線量が落ち込んでいる。葛尾村から都路村にかけては、原発からの距離が近くなるにつれて線量が下がるという逆転現象が認められる。一方、阿武隈川に沿った福島市や郡山市で線量が高いことは盛んに報道されていることであるが、飯舘村から伊達市にかけても、放射性物質の抜け道が形成されているのであろう。原発から66 km離れた伊達町の線量が、原発から23 kmの川内村の線量よりも高いという事実は、地形に沿った放射性物質の挙動を如実に示している。さらに、山地の西側と東側で線量が大きく変わることは、放射性物質の拡散にあたり、標高1,000 m前後の山地が大きな障壁になっていることを意味している。モニタリングや数値シミュレーションにおいては、あらかじめ地形の影響を組み込んでおくことがきわめて大切である。

おわりに

原発に近い阿武隈高地北部の大気中の線量は、最高で $30\mu\text{Sv/h}$ に達している。1年間の被曝許容量には議論のあるところであるが、仮に100 mSvとすると138.75日、20 mSvとすると27.75日、1 mSvとするとわずか33.3時間で到達する値である。さらに、ホットスポット周辺では地表面の線量が $50\mu\text{Sv/h}$ を超える地点が多く、最も高いところでは $214\mu\text{Sv/h}$ に達していた。汚染源の主体になっていると思われるCs-137の半減期が約30年であること、住民の多くが農民であることを考えると、土壤粒子を吸い込むことによる内部被曝を十分に考慮した避難計画が必要である。

地表面の汚染に対して、土壤を上下に入れ替えるという方法が一部で提案されている。しかしながら、地表物質は移動するという事実を、十分に考えなければならない。地表面の汚染は、学校の校庭や耕地に限った問題ではない。森林土壌や河川堆積物などにも放射性物質は吸着している。それらは侵食・運搬・堆積という地形学的プロセスを通して活発に移動することを忘れてはならない。

現地の皆様からは、未曾有の災害という有事にも関わらず、現地住民にしかわからない被災状況について様々なお話を聞くことができた。琉球大学名誉教授の矢ヶ崎克馬先生には、福島調査のきっかけを与えていただいた。日立アロカメディアカル（株）の山本晃生氏には、測定にあたり多面にわたるご協力を得た。北海道大学の小野有五先生には、何度も励ましのお言葉をいただいた。以上の皆様に記してお礼を申し上げる。