

福島第一原発事故によるセシウム汚染範囲の特定

沢野伸浩

(要旨)

2011年3月11日に発生した東日本大震災と引き続き発生した津波より福島第一原子力発電所が被災し、炉心溶融を含む深刻な事故が発生した。この事故により放出された放射性物質は風とともに拡散し、関東圏を含む東日本一帯の地域が放射性物質により汚染される結果となった。今後、長期にわたり汚染のモニタリング調査が必須となるが、その指標物質として、半減期が30.1年と比較的長いセシウム137が上げられる。セシウム137の土壌沈着量は、米国エネルギー省が事故直後の2011年3月17日より計測を開始し、詳細なデータを同年10月21日より公開している。このデータをDisjunctive Krigingの内挿法で汚染範囲を特定し、1986年4月に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故の際のデータと比較したところ、汚染範囲で比較した場合、約10分の1であることが明らかとなった。

(キーワード) 東日本大震災、放射能汚染、セシウム137、土壌沈着量、
内挿

Great East Japan Earthquake, Radio Active Contamination,
Cesium-137, Soil Surface Contamination, Interpolation

1. 米国エネルギー省 (DOE) による計測の詳細

米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy) は、福島第一発電所で異常が生じた直後からモニタリング調査の準備を開始し、米国時間2011年3月14日に33名の専門家と1トン弱の専用機材を積載したC-17専用機を派遣し、同機は日本時間で16日午前1時55分に横田基地に到着し、17日から福島第一原子力発電所 (以下、「福島第一」) 上空を含む計測を開始した (Lyons & Colton, 2012)。

DOEによる福島第一に関連した調査は、航空機モニタリングによる地表面のセシウム沈着量だけではなく、以下に示す広範に及ぶ計測が3月17日 (一部、日本国内の基地周辺は3月11日より) から5月下旬まで以下の5項目で実施されている (Musolino, et al., 2012)。

- ・米国によりヘリコプターと固定翼航空機測定 (日本の文部科学省も調査に協力)

- ・現地ガンマ線計測による地上の値との照合調査 (In-situ ground truth gamma spectrometry survey)
- ・大気サンプリング
- ・携行型装置による被曝量
- ・土壌サンプリング

2. データの日本政府へ公開

測定されたデータは、Lyons & Colton (2012) によれば、事故から 8 日後の 3 月 19 日の段階で福島第一を中心に 30 km 圏内について、詳細なデータが作られ日本政府を含めて提供が行われたことが 2012 年 7 月 10 日に行われた参議院予算委員会で明らかとなった。

予算院会の議事録によれば、佐藤正久議員の米国から提供された航空機モニタリングの計測結果は、どのように提供されどのような扱いになったのかとの質問に対し、枝野幸男経済産業大臣は、以下のように答弁している。

エネルギー省のモニタリングの結果については、外務省から原子力災害対策本部の事務局を担う原子力安全・保安院に対して、昨年 3 月 17 日の結果が翌 18 日に、19 日の結果が 20 日に、20 日の結果が 23 日にそれぞれ送付をされました。また、文部科学省に対しては、17 日及び 19 日の結果が 20 日に送付をされ、20 日の結果は 23 日に送付をされているところでございます。

これらのモニタリング結果については、政府が受領した当初は、これはアメリカ側が対外公表を前提として提供をされたものではなかったことから、これを公表するよう米国にも要請し、3 月 23 日に米国より公表をされているところであります。

この答弁の中に一番最初のデータは「17 日の結果が 18 日に提供された」とあることから、Lyons & Colton (2012) の報告と矛盾はなく、また、その測定結果が上の答弁の通り、日本政府に直ちに提供されていたことがわかる。しかし、米国側から提供されたデータは避難や使われることはなかった。この点に関して、枝野国務大臣は、以下の通り陳謝の答弁を行っている。

現在、原子力災害対策本部事務局が活用、公表しなかった事情、状況について調べているところでございますし、また、政府事故調においても調査をされているものと思いますが、現時点では、はっきりしておりますことは、原子力災害対策本部事務局又は原子力安全・保安院が官邸や当時の経済産業省政務三役に報告したという事実は確認されていないこと、そして、結果的に適切に公表、活用されていなかったということとございまして、その間の具体的な詳細については残念ながら明らかではござい

ません。

しかし、結果的に公表、活用していなかったことは、特に被害を受けられた皆さんに対しては大変申し訳ないことであるというふうに思っております。モニタリングの分析、評価に関する関係機関の連携及び共有が不十分であったこと、また、住民の安全を重視する立場に立って情報を公表すべきであるという意識が希薄であったこと等を反省をしなければならないというふうに思っているところでございます。

この委員会の一連の答弁からだけでは、データの提供自体がどのような形で行われたのか、それ自体は明らかにされていない。Lyons & Colton (2012) には、以下の図1に示した地図を17日～19日の計測結果として「公開」したと書かれているが、実際にこのような「図」が供されたものか、あるいは測定されたデータそのものが提供されたのか、その場合のデータ形式等は明らかとなっていない。しかし、「脱ってみる」というホームページ¹⁾に、文部科学省の伊藤審議官(名前は不明)に対するインタビュー記事が掲載されており、そこに「画像データ」を意味する回答が見られるため、地図そのものをスキャンしたデータあるいは、Google Earthなどで「重ねあわせ画像」として利用可能なKMZないしKML形式で提供された可能性が高い。しかし、いずれにしてもこれらのデータは当時の事故政府担当責任者の目に直接触れることはなく、特に事故直後の避難活動等に極めて有益であったと考えられるものであったが、実質上、無視される結果となった。

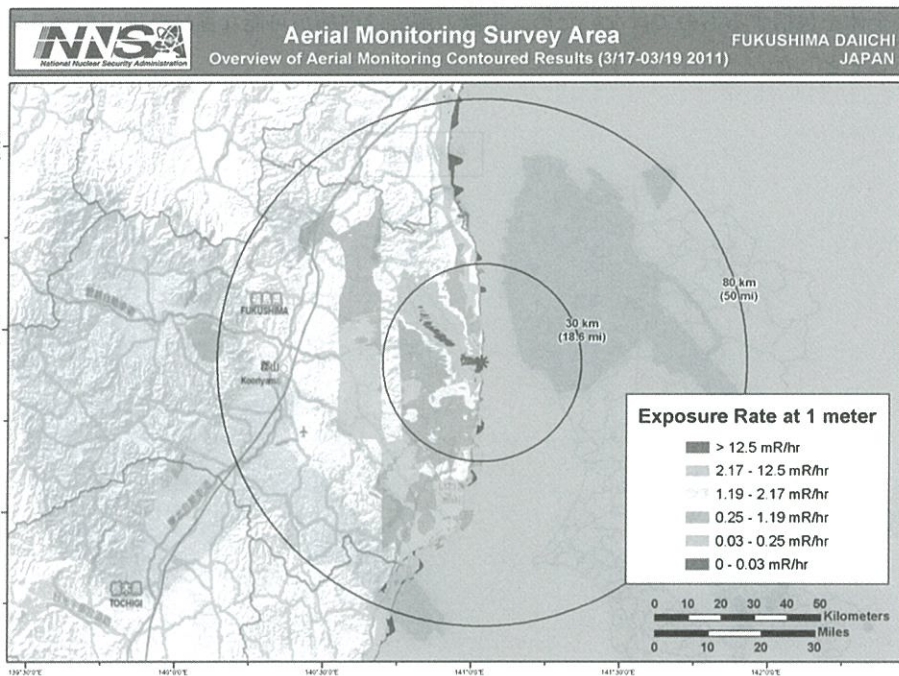


図1 2011年3月17～19日の計測結果 (Lyons & Colton, 2012)

3. データの一般公開

このような経緯がある中、DOE は2011年10月21日より、測定されたデータを全く処理しないほとんど「生の状態」のまま、2011年10月21日より国家核安全保障局（NNSA: National Nuclear Security Administration）のウェブサイトから公開した²⁾。さらに、2012年7月6日からは、利用者の個人情報の登録と利用を「学術目的」に限るといったクレジット付きながら、さらに詳細なデータ（例えば、航空機測定データは従来、福島県と一部宮城県・茨城県を含んでいたものが、東京都含めて関東地方全体を網羅したものになるなど）の公開が行われるようになっている³⁾。

基本的に新たに公開されたデータも2011年10月以来開されているデータも、沢野(2012)に報告したものの同様、データ形式等が大きく異なるものではない。しかし、従来までのCSV形式、KMZ形式にあらたにExcel形式が加えられたため、データの単位換算等は格段にやりやすいものとなっている。

4. データ解析

1) 内挿

ここでは、2012年7月6日からパスワード付で公開されている航空機モニタリングデータを用いた解析結果を報告する。データの公開範囲は、図2に示すとおり関東の一部を含むが全体を包括するものではないため、実際の解析は内挿が可能な福島県周辺のエリアに限ることとした。

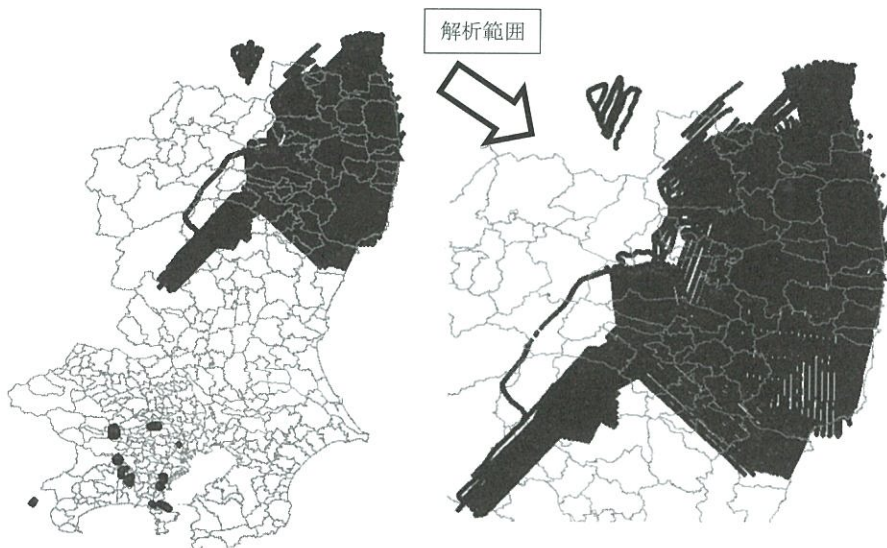


図2 公開されたデータの計測範囲（ヘリコプターと航空機計測をあわせたもの）

前報（沢野，2012）では、計測データを逆距離重力法（IDW）により内挿を行ったが、新たにパスワード付きで公開されたデータの場合、データの取得密度が福島県内でも西部と東部で一様でないこと、取得されたデータのレンジが大きいこと等の理由により IDW による内挿では、内挿結果を基に汚染レベルごとの範囲特定（例えば、148 万 Bq/m² 以上の範囲というような）を行う場合、低い値ほど形状のひずみが増大し、利用不可能なことが明らかとなった。そこで、チェルノブイリ原発事故後の地図作成に利用実績のある Disjunctive Kriging を用いて内挿を行うこととした（Krivoruchko^{4, 5}）。

図 3 は、セシウム 137 の測定値を常用対数に変換し、多い値ほど明るく（白く）なるように色分けた（▲は福島第一の位置）。また、図 2 に①148 万 Bq/m² 以上、②55.5 万 Bq/m² 以上 148 万 Bq/m² 未満、③18.5 万 Bq/m² 以上 55.5 万 Bq/m² 未満の範囲を示した。これらの値の分類は、チェルノブイリ原発事故の際、汚染を受けた各国の被災者救済法に基づくもので、ロシア・ベラルーシ・ウクライナ 3 国はいずれも、①の範囲を「避難ゾーン」、②を移住義務ゾーン、③を「希望すれば移住が認められるゾーン」としている（今中，1998）。さらに、この基準には、3.7 万 Bq/m² 以上の 18.5 万 Bq/m² 未満のエリアを「放射線管理ゾーン」と定められているが、今回、DOE が公開したデータからではこの値の範囲を同定することは不可能で、3.7 万 Bq/m² の 3 倍の 11.1 万 Bq/m² の範囲の同定が限度だった。参考のため、この範囲を合わせて、それぞれの範囲を図 4 に示した。

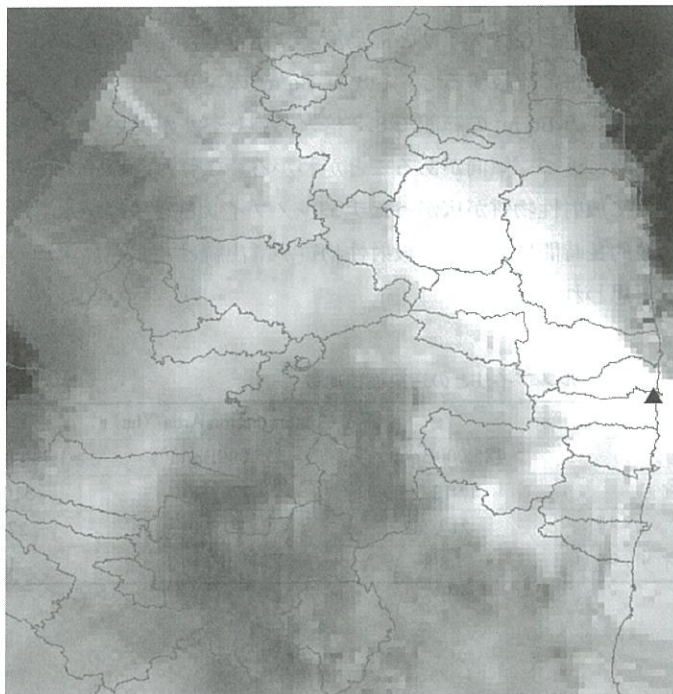


図 3 内挿結果

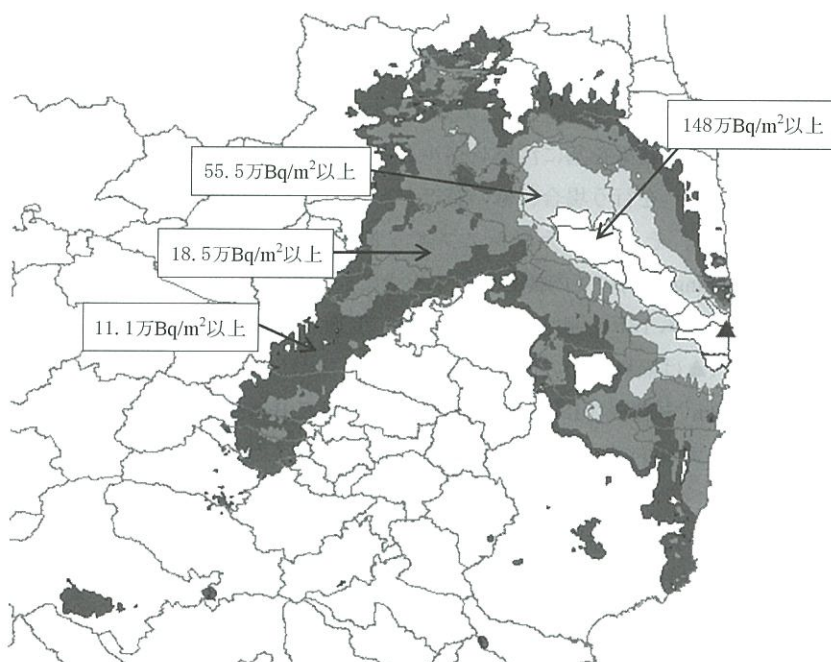


図4 汚染範囲

2) 汚染面積の比較

汚染範囲毎の面積をチェルノブイリと福島第一で比較した結果を表1に示した。また汚染面積を各汚染レベル毎に比較すると、148万 Bq/m²のエリアで11.4倍、55.5万 Bq/m²の範囲で9.4倍、18.5万 Bq/m²の範囲で8.8倍と汚染レベルが低いエリアほどチェルノブイリと福島は面積的に近づく傾向があることがわかる。これは、原子力発電所が爆発により高温状態で一気に放射性物質が広がったチェルノブイリと建屋等が水素爆発によって失われ、さらに比較的長時間にわたり、放射性物質が「出続けた」福島第一の事故の形態の違いによるものと思われる。

表1 福島第一・チェルノブイリとの汚染面積比較

濃度	Contamination Area (ha)		
	> 185,000Bq/m ²	> 555,000Bq/m ²	> 1,480,000Bq/m ²
チェルノブイリ	1,912,000	720,000	310,000
福島	217,262	76,790	27,243
チェルノブイリ/福島	8.8	9.4	11.4

5. まとめ

DOEが測定されたデータそのものを公開した直前の2011年10月18日より、「文部科学省放射線量等分布マップ拡大サイト」より、セシウム等の「汚染地図」の公開を開始した。また、その後、データの公開範囲は拡大し、2012年3月からは地図そのものだけではなく、測定データの公開も行われるようになっていく。

しかし、現在公開が行われているデータは「測定データ」ではなく、測定データをIDWにより内挿したデータから一定の間隔でデータを読み取ることで再構築された「2次データ」と呼ぶべきものであり、DOEが公開している「生データ」とは根本的に異なるものである。

データを公開した担当者によれば、利用者の便宜を考慮してこのような形態での公開を行った、ということであるがいわゆる「空間情報」はGIS（地理情報システム）を用いなければ、いずれにしても参照はほとんど不可能であり、内挿結果でデータを公開しようが内挿前の状態のデータを公開しようが「利用者の便宜」の観点からはほとんど差がない。むしろ、点としてのデータ数が少ない分、測定状態のデータをそのまま公開した方がデータの扱いが高速に行える分、得が多いとも言える。

データの参照や利用については、無料のソフトで十分に行えること、さらにIDW等の内挿（いわゆる空間補間法）についても既に無料のソフトが利用可能な状態になっており、「利用者の便宜」を考慮するのであれば、これらのソフトの利用方法等の解説を準備する方が「便宜」としての利用価値は高いものと思われる。

汚染範囲については、本論文執筆時点の2012年12月点でも公式的な範囲や十分な解析結果が示されていない。これは、今後の健康影響等の疫学調査について「対象範囲」の特定を著しく困難にすることを意味し、ロシア・ベラルーシ・ウクライナで用いられたものと同様な「標準的な汚染範囲」の特定およびその範囲の公開を早急に行うべきであることは論を待たない。このデータを分散分析等を行う際の「参照データ」として被害者の健康調査を行い、「汚染レベル毎」の健康影響のデータを比較することにより、人体への放射能影響を明らかにできるためである。

（引用文献）

- Lyons, Craig , David Colton: Aerial Measuring System Japan, Health Physics, Vol.102, No.25, pp.509-515, 2012.
- Musolino, Stephen V, Harvey Clark, Thomas McCullough, Wendy Pemberton: Environmental Measurements in an Emergency This is not a Drill, Health Physics, Vol.102, No.25, pp.516-526, 2012.
- 今中哲二（編著）、チェルノブイリ事故による放射能災害 国際共同研究報告書、技術と人間、1998.
- 沢野伸浩、DEMによる表層流予測と放射性物質移動に関する考察、星稜論苑 40号, pp. 19-23. 2012.

(脚注)

- 1) 脱ってみる
<http://www.magazine9.jp/oshidori/111207/>
- 2) 米国核安全保障局ホームページ
<http://explore.data.gov/Geography-and-Environment/US-DOE-NNSA-Response-to-2011-Fukushima-Incident-Fi/kxp6-xc7d>
- 3) パスワード付き米国核安全保障局ホームページ
<http://www.nnsaresponsedata.net>
- 4) Analyzing the Consequences of Chernobyl Using GIS and Spatial Statistics
<http://www.esri.com/news/arcnews/fall03/articles/analyzing.html>
- 5) ESRI Library
<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/chernobyl-consequences.pdf>

(ホームページについては、いずれも2012年12月9日確認)