

土壌中のガンマ線放出核種分析による福島周辺放射線マップ

岐阜大学教育学部物理 藤原 守

1. はじめに

2011年3月11日に太平洋三陸沖を震源として発生した東北地方太平洋沖大地震は東北地方一帯に甚大な被害をもたらした。約2万人の死者・行方不明者を出し、2011年6月の内閣府発表によれば地震だけで16兆円から25兆円の被害総額になっている。しかし、この被害総額試算には、福島第一原子力発電所の事故による、原子力発電所自身の被害総額、周辺地域に降下した環境放射能対策による被害総額が加算されていない。1999年に発生した東海村でのJOC臨界事故で生じた150億円の賠償責任金額に福島県地方の面積を乗ずるといった単純試算でも約50兆円の被害総額になり、福島原発そのものの事故収拾、除染のための費用（10兆円―20兆円）を上乗せすると、総被害総額は100兆円以上の規模に達する。日本は、これから長期に渡って、赤字国債への償還金を差し引いた日本の国家予算のほぼ2倍に達する負債を背負って行かなければならない。福島第一原発事故後、2012年夏まで、日本政府と東京電力の努力により新たに大きな原発周辺の事故拡大もなく経過している。一方、環境放射能による風評被害は福島周辺の人々に大きな経済的、精神的苦痛、ストレスによる健康被害、地域社会の破壊を与え続けている。

このような現状の中で、多くの方々から、我々、核物理学者が、福島周辺の降下放射能測定のために何をしてきたかを記述することが歴史的価値となることを強調され報告書作成を薦めていただいた。初めに断っておかなければならないが、私が大阪大学核物理研究センターを退職し、岐阜大学教育学部物理に世話になる2012年3月末まで、私を中心にしての活動で知りうる以上の事、私が考えた以上の事は書けないという厳然とした事実がある。このことは、ご理解いただいた上で、この報告書をお読みいただきたい。また、文章の中で、ところどころ、氏名の敬称・職名を削除している。お許し願いたい。

2. 東日本大震災後に引き続いた福島原発事故後どのようなことが起こったか？

2011年3月11日の東日本大地震の後に発生した津波の状況はオンラインでテレビ放映され、全国民、世界の注視に晒されることになった。この大災害の現実が映画を見ているような絵空事であるかのように津波が港の堤防をやすやすと乗り越えて、港湾の町に入り、さまざまな家屋を飲み込み流して行く様子が映し出された。津波は川に沿って遡上

し、海岸から数kmの町も飲み込んでいった。多くの人々は2004年12月にM9.1のスマトラ沖地震におき、死者・行方不明者約22万人を出した事が記憶に生々しく残っており、テレビに映し出される東北の津波テレビ映像に、何もできないもどかしさを感じつつ、見入っていた。

しかし、さらに国家予算に匹敵する50兆円もの大きな被害を出す原子力発電所事故が起ころうとは、一部の関係者以外、誰も夢想しなかった。翌日3月12日午後には福島第一原子力発電所1号機建屋が水素爆発したニュースが飛び込んできた。想定外の大きさの津波により、原子力建屋に海水が浸水し、非常用電源喪失、かつ、地震による送電線喪失、すなわち全電源喪失という事態になり、核燃料の冷却が出来なかったというのが、後に知った非常事態状況である。2日後、3月14日には3号炉建屋でさらに大きな水素爆発が起こり、その直後から核物理のネットワーク ml-np@rcnp.osaka-u.ac.jp にさまざまなメールが飛びかうようになった。

3月15日 午前3時52分のKEKでの屋外モニターでも放射能レベル毎時1.3 μ SVなどに上昇したことが報告。また、この時には東海村JAEAでは、毎時5 μ SVになっていた。原発周辺では、深刻な放射能漏れが起こっていることがネット上で議論されていた。また、原子炉をいかにして緊急に冷却するのか、原子炉の崩壊熱は緊急停止3日後でも毎時、水5トン程度が蒸発していく熱量であり、ヘリコプターでの放水、消防車による、茶番的な少量の水での冷却では十分な冷却効果が得られないことも議論されていた。

原子力エネルギー問題と深く関係している研究を行っている核物理グループとして、この非常事態は放置して置けなかった。東京、東北地区の核物理グループは地震の被害で動きが取れない状況だった。大阪で、福島第一原発から広範囲にばらまかれた放射能に関する緊急会議を持ってほしいとの議論が湧き上がった。3月16日真夜中2時ごろに、理研・延与センター長から東日本大地震のため福島第一原発事故があり交通網も大変な状況になっている、関東での緊急会合が開催出来ないの、関西で会合をもって核物理グループができることを相談してくれとのメールがあった。徳島大学の中山教授からも同じ趣旨の連絡を受けていた。それに答えて藤原から、16日の真夜中2時ごろに、16日午後には大阪大学・核物理研究センターに緊急集合してほしいとの会合連絡メールを流した。

同じころには、原子炉中の核分裂反応は止まっているのか、メルトダウン可能性について

での議論が沸き起こっていた。東京電力から塩素38が検出されたとの発表があった。海水を注入したものの再臨界によって中性子を塩素37が吸収し、塩素38が検出されたと解釈であった。もし、そのようなことがあるならば、ナトリウム24もできている筈で、これは東電からの間違った報告であろうとの話なども出ていた。その後、放射線測定結果について東電からは、いろいろな間違い報告があった。東電に緊急事態に対応できる経験豊かな高いレベルの高い科学者がいないというのが問題であったのであろう。

大阪大学・核物理研究センターでの緊急会合は16日15時から開かれ約50名の核物理研究者が集まった。丁度、オランダのTV局が突然、震災関係の報道のためにと午後に核物理研究センター・藤原を訪問し、この会合の様態を映像収録した。まず、大阪を訪問した理由は、成田空港は事故後のゴタゴタで、オランダ・スキポール空港からのKLMが発着できなかった。また、グローニンゲン大学文学部のRien Segers教授が、まずは、大阪大学・核物理研究センターに行って、藤原の様子を聞くのが良いだろうと薦めてくれたというのがオランダ・テレビ局大阪大学訪問の理由であった。北京航天大学の客員教授として出張していた谷畑も、急遽、出張期間を切り上げて、北京空港から関西空港経由で帰阪し、この緊急会合に参加した。

会合では、核物理チームとして出来る事として、福島原発事故によって福島県周辺に降下した土壌放射能測定を緊急に行うべきこと、核物理グループとして原発事故拡大防止のために何かできることはないのか、などの課題が挙げられた。1986年のチェルノブイリ事故では土壌放射能測定が実施されたのは事故後3年も経過した後であった。共産国ソ連崩壊に瀕していたロシアが新生ロシアとなったのは1989年の事であり、チェルノブイリ周辺住民にとって、この3年間の空白が不幸な放射線による健康被害にもつながったことはよく知られていた。集まった研究者は科学先進国・日本としては、同じような事態だけは繰り返してはならないとの共通認識であった。

会議には、東京から核物理研究センターに江尻宏泰・大阪大学名誉教授が参加していた。文科省のトップとの知り合いのある江尻先生に、核物理グループが何か出来る事について相談してほしいとの要望を行った。江尻先生は、翌朝3月17日に早速、文科省・清水次官に連絡をとり、核物理チームとして、この緊急事態に出来る事は何かについて相談を行った。清水次官は藤木局長とこの緊急事態に対しての対策を検討した。藤木局長は福島原発事故対策の責任者となった合田局長に相談した。合田局長からは対策本部の齋藤課長に

土壌放射能調査に関しての相談をするようにとの指示が出された。

文科省対策本部としては土壌放射能測定についてはまだ予算措置もなく、実施には時間がかかる。したがって、まずは、緊急事態対応として福島県の医療班の要請を受けた形で大阪大学・核物理研究センターが中心となり福島原発周辺から避難しつつある人々の放射線被ばく低減のためのスクリーニングの作業に協力するようにとの要請があった。この協力要請は文科省研究開発局 原子力課 課長補佐 池田氏からも核物理研究センター・藤原、谷畑にメール発信されている。このあたりの折衝は谷畑が行った。実は、この時点で京都大学原子炉実験所や広島大学原爆研究所、放射線医学研究所、電気事業連合会、その他、いろいろな機関にはすでに避難民のためのスクリーニング要員派遣要請が来て福島への派遣開始準備が行われていた。すでに1999年のJOC事故後に、原子力事故発生の緊急時には上記機関の協力が行われるという協定が結ばれており、システムとして機能していたようだ。

合田局長からは、スクリーニングについての協力は、核物理研究センターだけの判断では、支援活動を開始するには不十分で大阪大学本部との合意も必要であるという指摘があった。早速、このスクリーニング活動開始について大阪大学・副学長・評価リスク担当理事・土井教授に相談をした。このあたりの決定スピードの速さは驚くべきものであった。

3月17日夕刻、吹田キャンパス大阪大学本部に核物理研究センター側からは、岸本センター長、谷畑、藤原が、大学本部側としては土井教授、安全衛生管理センター・山本仁教授などが集まり、事態進展を諮るため、大阪大学がスクリーニングに如何に協力できるかを、文科省・合田局長との電話会談を交えながら議論した。

地震発生直後、阪大医学部から被災者の緊急援助のためのヘリコプターが出動し、福島上空を通過し、東北に向かい、その後に医学部病院屋上に帰って来た。ヘリコプターに放射性物質の付着があり、このために、大阪大学は「大学本部と連絡を取らずに勝手に支援作業を行ってはならない」との本部通達とを出していた。この本部通達のことを文科省は知っていて、合田局長の頭の中には、まず、阪大が支援活動に乗り出すには、大学全体の了解・合意が必要との認識があった。システム運営に熟達した事務官僚の正鵠を得た指摘であった。

翌日、3月18日、大阪大学では、文科省との合意のもとで「阪大は、大学全体として震災復興に関して出来ることはなんでもやる」との趣旨の理事会支援決議が行われた。驚田大阪大学総長はじめ、理事方々の未曾有の事故に対する非常事態協力宣言であった。未曾有の原子力事故に対する緊急事態の中での迅速・適切な理事会決議には頭の下がる思いである。また、スクリーニング等の活動については学部の枠を超えて、本部直轄の安全衛生管理部の全面支援を持って行うことも決定された。この決定を受けて、核物理研究センターから全国の核物理関連の研究者に対して、福島でのスクリーニング支援参加者打診が開始された。この活動は、原子核物理学者のみならず、放射化学、医療物理分野の人々の参加へと広がっていった。

放射線測定の特任専門家集団としての原子核物理学者の具体的参加の実行戦略を立てるための連絡は、3月19日に公式な形で「文科省のプログラムとしてのスクリーニング作業への参加可能性に関する連絡」として核物理研究センターから流された。3月20日午後から核物理研究センターにおいてスクリーニング派遣に関しての具体的行動計画についての相談が行われた。支援実行は3月21日より行う事とし、新潟大学からは新原が参加し、阪大などの関西からの参加者は民井をリーダーとしてガイガー・カウンター、NaIガンマ線測定器などを持ち込み、一旦、和光市の理化学研究所に集合した。理化学研究所・延与センター長らは、理化学研究所職員も合流させる決定をしており、理化学研究所の公用車を用いて福島市まで出向いてくれた。このあたりの理化学研究所の迅速な決定もみごとであった。参加した全員は、3月21日から協力を開始し、毎朝7時半には福島県庁横にある自治会館4階に設けられた本部に集まり、前日作業の報告・反省点を話し合い、その後、本部が指示した福島県の各市町村に車で出向くという形でスクリーニング作業に従事した。当初、阪大を始め、東大、理化学研究所など20名近くの原子核物理学者が緊急参加し、また、京大原子炉研究所、各自治体からの支援者、長崎大学、広島大学原爆研究所、電事連の人たちの総計100人程度の人々の参加で現地の人たちに付着した放射性物質検査(スクリーニング)を開始した。第2陣の現地入りは3月23日であった。

文部科学省、厚生省からは、この福島支援本部でのスクリーニング活動の指揮を執り行うための陣営が送り込まれ、また、東京の対策本部との緊密な連絡のための、支援部隊も送り込まれていた。福島原発事故後、毎日時々刻々と事態が変化する予測がつかない状況で、100人もの人々の指揮をとる福島支援本部職員の大変な努力でスクリーニング活動が継続されていた。国や福島県からの個々の人々の大変な努力に関しては敬意を払わざる

を得ない。一方、福島第一原発周辺20km圏内の市町村や飯館村から避難してきていた人々のスクリーニングを行う中で、避難開始当初の大変な状況について、いくつかの話も断片的に伺うことができた。原発からの放射能の大規模拡散という状況で、住民の人々、また、スクリーニング放射能測定をする係員ともども、大きな恐怖を感じながら、パニック状態寸前の避難活動をしていたのが現状である。我々、原子核物理学実験屋は、日常の研究室での実験で数マイクロシーベルトの放射能環境中で1時間以上も長期滞在する経験はほとんどない。若い原子核物理実験研究者は、こういった未経験の中で、少なからず放射能被曝への恐怖を感じていたのが実態である。「放射線がいっぱい」という未知体験に晒された福島県の人々の恐怖感はずさまじいものであったであろう。スクリーニング作業での被ばく放射線量は、各人が持参したポケット電離放射線計測器でモニターされていた。作業参加中の被ばく放射線総量は概略、一日の作業で最大30マイクロシーベルト程度であった。

話は少しそれる。放射線測定の専門家がスクリーニング作業に参加したことで、現地の人々からの信頼性を勝ち得たことは事実である。飯館村から避難してこられた方が、3月15日、16日ごろの避難スクリーニング作業では、電気事業連合会（電事連）の人たちも作業に参加されていたようである。放射線モニターを持って作業している電事連の若い人たちも経験豊かではなく、「俺たちも怖い」などと漏らして作業してしたなどと聞くにつけ、こういった放射線事故において正しく理解して作業に当たれる対応作業チームの必要性が感じられる。

たとえば、フランスでは原子力安全・放射線防護の支援組織としての放射線防護原子力安全研究所 **IRSN**（半官半民の組織で年予算600億円）が設置されている。アメリカでも同様なチームがNRCに設置され緊急時に対応できるようになっている。日本では、日本原子力研究開発機構(**JAEA**)がこれにあたるのであろうが、「原子力安全神話」の名のもとに、こういった緊急時対応組織は不要として議論が行われ、予算削減のもとに切って落とされた。日本は経済大国と呼べるだろうが、文化国家としての自覚はまだ遠いようだ。

結果として、東京電力福島第一原子力発電所事故により、国家予算に匹敵する被害を出すことになったが、この未曾有の事故にあたって事故緊急体制が機能しなかったことが大きな批判に晒されている。我が国の縦割り組織も見直す必要があるだろう。住友グループの社訓として「浮利を追わず」の有名な言葉がある。国として、社会として、会社として、

小さな損失を渋って大損を蒙るという典型的失敗を犯したことは心に留めておく必要がある。文化国家、科学立国としての日本の未熟さの結果だろう。

話をスクリーニング活動に戻そう。福島県主体のスクリーニング活動指揮で緊急に子供の甲状腺に溜まっているかも知れない¹³¹Iの測定を行ってほしいとの要請が、核物理グループにあった。放射能レベルの高い地域では、バックグラウンドに隠れて測定は困難であろうということが予想されたが、SPEEDYの予測結果なども示され、北東の飯館村や南方向のいわき市に¹³¹Iが流れた可能性があった。緊急に子供たちの咽喉にNaIサーベーターを用いての測定が開始された。当初、川俣町山木屋地区の公民館などを用いて測定を行ったが、バックグラウンドが毎時2-3マイクロシーベルトもある中での測定は困難であった。このような状況を改善するため、コンクリート建屋の中で外部からコンクリート壁でガンマ線が良く遮蔽されている毎時0.1-0.4マイクロシーベルトの部屋で測定を行う事に変更された。子供たちへの有意な甲状腺への放射能蓄積としては毎時0.1マイクロシーベルト以上の放射線被ばくは見られなかったもののそれ以下でのレベルの被ばくについては分からなかった。半減期8日の¹³¹Iの甲状腺測定は3月30日まで継続されたが、2半減期を経過し、これ以降の有意な被ばくの検出は困難との判断で子供の甲状腺被ばく測定は打ち切られた。3月30日までの甲状腺被ばく検査は890人にも及んだ。スクリーニング活動は当初は毎日100人規模の人々を福島県内10ヶ所程度の場所に派遣するという大規模なものであった。日本人は常日頃、海藻などを食し、甲状腺にはヨードが常に蓄積されていることを考え併せると、子供たちへの放射線被ばく量の推定値から、子供たちに甲状腺異常が起こる確率は非常に低いと確信させる値であった。

3月21日から4月9日までに行われた一般人へのスクリーニングの人数は約6、100人に達している。その後、徐々に規模が小さくなった。原子核グループとしては、派遣人数も先細りしてきたために2011年8月20日ごろに派遣支援は打ち切りとした。

3月25日頃、福島でのスクリーニング活動に参加していた星（広島大）と藤原（核物理）で「福島原子力発電所調査および処理計画書素案」の原稿作成について検討が開始された。星はチェルノブイリでの事故後の対応に直接関与し経験豊富なロシアのMedical Radiological Research Center (MRRC) 所長のValeriy F. Stepanenkoに直接にe-mailで連絡し、素案策定についての要点を相談した。その返事は2-3日後に帰って来た。星・藤原は英文文書で送られてきた骨子をもとに福島状況にマッチするように変更した。3

月29日に完成した文書が別紙として添付されている。

並行して、3月末には、大阪大学・西尾章治郎理事から谷畑に日本学術会議、文科省に土壤調査に対する重要性について話し合いに行くので資料を用意してほしいのとの要望があった。星・藤原で作成した文書は、谷畑らのチェックを受けたのちに、文書の簡素化・簡明化と図示が行われた。3月31日に西尾理事に送られた文書は、さらに簡素化され「福島土壤調査の提案書」という形で4月4日に西尾理事から文科省・合田局長に説明があり、また同日開催された日本学術会議に配布された。こういった活動があり、2011年4月4日の日本学術会議の「福島第一発電所事故後の放射線量調査の必要性について」という東日本大震災に対応する第2次緊急提言が発表された。この日本学術会議・提言作成については、4月2日に柴田徳思委員からも学術会議に土壤放射能測定についての提案をしたいとの話があった。阪大で作成した資料は柴田氏によって測定点が大幅に増やされ日本学術会議からの提言として発表された模様である。

3月末には大阪大学には文科省・合田局長より、福島土壤放射物質測定実行についての内々の実施打診があった。この話を受けて、大阪大学としても、安全衛生管理センターと核物理研究センターが資材準備に協力体制を取り、実際に、5月連休中の実施に向けて様々な資材調達を開始した。東北地方、関東地方が大震災で機能マヒの状態に陥っている中で、12000サンプルもの多地点測定を行うための資材を調達し、かつ麻痺状態の東京から福島の交通網の中で物資を福島に送付可能かどうかの懸念があった。全国の核物理研究者へのスクリーニング活動への参加旅費支援は文部科学省の了解のもとで大阪大学・核物理研究センターが行う事が決定されていた。大阪大学理事会は、大学財務部を通じて、福島土壤放射物質測定のための機材調達については、1000万円を目途に、安全衛生管理センターを通じて使用可能という措置を取ってくれた。大阪大学の東日本大震災後の復旧支援活動については、予算がなければ何もしないという日本の悪弊である「お役所仕事」とは異なり、「これが日本の大学の社会貢献だ」という感じをいだかせる素晴らしい思いであった。ともあれ、この決定により、多数の土壤放射能浸透分布測定のための鉄パイプ、降下放射能測定のためのU8容器、手袋、ナプキン、GPS装置、ビニール袋などが購入可能となり5月連休には開始できる体制が整えられるように動きが加速されて行く。

4月初旬、東京大学は独自に文科省に特別研究費予算をねん出するように要求した。しかし、この提案は却下された。文科省の判断としては大学の独自行動では予算確保が出来

ないと判断されたようである。こういった状況で、4月14日、理学部原子核科学研究センター(CNS)・大塚孝治教授の呼びかけで、東京大学本郷理学部にて、核物理、放射化学、大気海洋、農業環境、生物資源、地球環境などの関連研究者を集めて、土壌放射能測定の具体的実施に向けての相談が行われた。この会議では、国土交通省に接触した筑波大学・恩田教授が河川などは福島県各市町村の首長の承諾がなくても土壌採取が可能であるとの内諾を受けて、5月連休前のパイロットプログラム開始で合意した。CNSは福島から採取した土壌サンプルの集積とサンプル放射能測定のための配布を行う。大阪大学核物理研究センターはサンプル採取のための宿舎の確保、全国からの参加の確保ということで合意が得られた。この基本プログラムで全日本の研究者が協力することで一致した。また、パイロットプログラムは連休前に実施し、その結果をもとに星・恩田がサンプル採取のプロトコールを作成することとした。

この会議決定を受けて4月20日には、東大理学部において緊急核物理委員会が開催され、核物理グループが、この未曾有の大プロジェクトに如何に協力するかとの熱い議論が戦わされた。また4月25日には福島県庁西庁舎301号会議室において、福島県庁の小山課長なども交えて、福島県の協力を要請するための会議が開催されている。大学関係者の参加者は恩田裕一（筑波大学声明環境科学研究科声明共存科学専攻）、藤原守（大阪大学核物理研究センター）、谷畑勇夫（大阪大学核物理研究センター）、山本仁（大阪大学安全衛生管理部リスク管理推進本部副部長）、中島映至（東京大学大気海洋研究所）、鶴田治雄（東京大学大気海洋研究所）、吉田尚弘（東京工業大学大学院総合理工学研究科・化学環境専攻）、大塚孝治（東京大学原子核研究センター・センター長）、星正治（広島大学原爆放射線医学研究所）であった。

チェルノブイリ事故の場合、ソビエト連邦が崩壊の危機にあった1986年に発生し、実際に本格的調査が行われたのは、1989年のロシア革命の後のIAEA主導のもとで各国が協力し3年後に初めて確定的測定がなされた。しかし、重要な¹³¹Iのデータは完全に失われた。この轍を科学先進国、日本が踏んではならない。土壌採取に関しての早急な活動が必要というようなことで参加者の意気は高揚していた。

また、大阪大学では、

1. 土壌採取機器の調達活動は3月28日からスタートし、土壌採取用鉄パイプを10,000本用意した。5月の連休後には用意が完了した。
2. 土壌採取機器購入などのために1,000万円を阪大が支援。

3. ゲルマニウム検出器調達の目処は、放射化学学会 30 台、核物理側 40 台程度とし、様々な研究機関に測定参加を呼び掛けた。
 4. 振興調整費については、すでに 4 月 15 日の時点で合田局長から予算要求せよと言われ、福島へのサンプル採取のための人員派遣のための予算要求も行ってた
 5. 土壌データは五トントラック 2 台分程度になるであろうと予測し、保管スペースは、阪大に準備出来そうであるとの話で用意が進んでいた。候補としては枚方に、空き施設がある(通産省→文科省に譲り受けた FEL 施設)もしくは豊中サイクロトロン施設。今後の話し合いが必要である。
- などの覚悟で動き出していた。

並行して、文部省では 4 月 22 日あたりには「放射性物質の沈着状況等調査委員会」が発足し、JAEA が予算執行の責任を負うという形で、この大規模なプログラムを実施しようとの動きも加速されていた。大阪大学のメンバーがどうして委員に入らなかったのかについては、いまだに疑問が残った。ともあれ、こういった政府側の動きとは独立して、結果として、4 月連休中に福島でのパイロットプログラムが実施された。5 月 5 日にはパイロットプログラム実施後の検討による修正を経て最終実施提案書が文科省の「放射性物質の沈着状況等調査委員会」に提出された。

一方、土壌サンプル採取のための資材搬送も大変であった。大地震直後に、大阪から福島に荷物を搬送してくれるトラック運転手を探すのも一苦労した。まず、放射線のある福島に大阪の運転手が行ってくれない、東京から福島への道が閉鎖されているなどの理由だった。次に、福島で U8 容器、鉄パイプなど資材を保管して置ける倉庫が見つからない。福島県庁の小山課長などにも福島市近くで倉庫を探していただくように依頼したが、震災の影響でどこも見つからない。最後に、5 月 6 日に阪大・安全衛生管理センターの山本先生が個人的なつながりを持っていた三進金属工業の社長さんに依頼し、即座に、福島県平田村、福島空港の近くの工場倉庫をお借りすることを決定していただいた。

大阪から平田村・三進金属工業福島工場への最初の鉄パイプ資材は 5 月 10 日に兵庫県の堀口鉄工を出発し、5 月 11 日に納入された。その後、三進金属工業のご親切で、U8 容器、手袋など様々な資材を受け入れていただいた。大阪で発足した三進金属工業が、福島県のためにひと肌脱ぎまじょうと、即座に協力を決定いただいたことは本当に助かった。土壌サンプル採取中の 6 月 8 日には、社員や平田村周辺の人々への放射能についての説明会を行っている。

文科省、財務省の予算実施の技術的問題がクリアされた後、土壌サンプル採取実施は 6 月 3 日からとなった。実施本部を福島県二本松市「あだたらふれあいセンター」に置き、

その周辺のホテルに全国から参加してくれた協力研究者が集まるという形でサンプル採取作業が開始された。最大で100人も的人数を収容してくれるホテル・旅館は福島市、郡山市のような大きな町では見つからず、地震のために閉鎖状態であった安達太良温泉の「あずま館」を、急遽、開店してもらっての土壌放射能測定チームの行動開始であった。文科省は福島の子べての市町村の了解を取り付ける役割を担った。文科省対策本部は作業実施中に並行して、福島県、宮城県、山県県の各、市町村の首長さんからの最終的的了解を取り付けて行った。このあたりの毎日の不屈な努力は驚嘆すべきものであった。斉藤公明氏を中心とした JAEA グループは各市町村の合意に基づき、毎日の土壌採取地点の決定、必要人員の決定とタクシーの手配を行い、毎日集まってくる採取土壌サンプルを東京大学 CNS に送るという役割を果たした。大阪大学、安全衛生管理部、核物理研究センターは資材の供給と人員の配置を担当し実施した。具体的な測定地点の決定は毎日、夜半になることが多く、それからの人員配置を決定するという具体的作業は、阪大・安全衛生管理部の斉藤敬氏の献身的な貢献によるところが多かった。当時の記憶を呼び起こすため、2011年6月の作業風景の写真を掲載しておく。



Figure 1 : 二本松市・安達太良ふれあいセンターでの参加者集合による説明会風景。



Figure 2 : 6月末にサンプル採取が一段落した。この時、安達太良ふれあいセンターで仕事をして協力いただいた学生と本部詰の参加者。

最終的に東大核科学研究センター・下浦教授は全国の研究機関からの測定データの信頼性などをチェックするなどの大変な役目を果たした。プログラム全体としては、未曾有の大規模測定が最前を尽くしてまとめあげられたと言えよう。各々の測定は、我々、原子核物理実験屋がいうところの最先端技術を駆使した測定ではなくて、ゲルマニウム検出器を領した、多測定データを集積した結果である。このための主導的役割を貫徹した、文部科学省災害対策チーム、JAEA・斉藤公明氏を中心とするチームに敬意を表したい。

我々の活動を後方支援してくれるために、核物理研究センター事務長・阪口章、神田成児、西村義伸、伊東尚造、辻尊博、竹下美加子、松田真由美、西崎敦子、川口美恵、大松千陽、石山愛、安全衛生管理センター・岩井智紀の各氏が、資材購入、福島での土壌サンプル採取の旅費支払い、また、サンプル採取後のゲルマニウム検出器でのガンマ線測定のためのアルバイト学生の雇用費用の支払いで奮闘してくれることになった。大阪大学での通常の事務業務を平行して行いながら協力していただいた。

しかし、実施時期の、1月の遅れは、半減期8日のヨウ素 ^{131}I の降下放射能マップ作成において十分な精度のデータが得られなかったという未解決の課題を残した。我々も、反省が残る。コンプトン抑制型のゲルマニウム検出器、数台を配置しておけば、低エネルギー領域でコンプトンバックグラウンドの上に乗っている、 ^{131}I のガンマ線ピークが測定可能だったのではないかという忸怩たる思いである。しかし、事故後数か月で ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、その他の土壌放射能マップが未曾有の多数の研究者の参加・協力で完成したことは、誇れることであろう。

3. 福島第一事故後のこれから

福島原子力発電所事故での降下放射性物質による汚染は、通常の化学物質（鉛、ヒ素、フッ素、カドミウムなど）による汚染とは全く異なるタイプの汚染であることを正しく理解する必要がある。例えば、 ^{137}Cs 放射性物質のガンマ線は空気中 100 メートルを飛んで 40% に減少する。空気中 200 メートルを走って 16% に減衰する。この点は化学物質汚染とは全くことなる。空気中での酸素、窒素によるコンプトン散乱もあり、いわゆる Sky Shine 効果によって、地面に降下している放射性を直接に見ることが無くても、空中から 14% 程度のガンマ線がやってくる。

フランス IRSN の研究者は、除染効果を計算するために、均一に汚染された 1 km の半径の大平原の中で、10 m 半径の完全な除染を行った場合に外部からどれだけの放射能が来るかの試算を行った。この計算結果によれば、放射能被ばくは 35% 程度に減少するがそれ以下には決してならないことを示している。大平原ではなく、山谷がある福島では除染効果はさらに大幅に低下すると見積もれる。2011 年末の JAEA での報告でも同じような計算結果となっている。

政府はあたかも化学物質と同じような土壌汚染除去を安易に考えていたのではないのか？ 化学物質による汚染はトンのレベルの物質汚染である。放射能汚染は福島全体に渡って 1 グラム以下の汚染である。数万トンの中から 1 グラムの放射性汚染物質を取り出せる化学的手法はない。除染に関しての、このあたりの再考が必要であろう。小さな地域を除染しても、周りが除染されていないければ、長期間後にはエントロピー増大の法則に従って、放射能は必ずや、周囲と同じレベルまで増大するのが、自然の成り行きである。2011 年 12 月に国際協力で IRSN の研究者数人とともに郡山市での土壌サンプル採取に参加した。広い農地の中での放射能レベルは毎時 1 マイクロ・シーベルトであった。冬の木枯らしがビューーと吹くとこの放射能レベルは 10% 上昇した。土壌表面の放射性物質が風に舞い上げられているのだと考えた。大地が緑の草木で覆われている春、夏、秋には、風に煽れて放射性物質が空中に舞うことはないであろうが、除染効果は確実に薄められる。狭い一定区域での化学物質の除染とは根本的に異なる側面である。

福島の山林では杉やヒノキの常緑樹が植樹されている。これらの常緑樹の葉が生えて、後に茶色になって、地面に落下するサイクルは 2-3 年である。したがって、原発事故で撒き散らされた $^{134}, ^{137}\text{Cs}$ 放射性物質は事故後常緑樹に付着し、付着放射性物質は未だに地面に落下していないと考えるのが素直である。降下した落ち葉は地面に落ちるが、しばらく

は、リター層という放射性物質を含む薄い落ち葉だけの層を形成する。リター層がバクテリア、風化などによって土に帰るのはまだ10年以上もの長い年月が必要である。こういったわけで、山林の除染は事実上、きわめて困難となる。

地面に落ちた降下放射能は土壌と強く結合し、放射能を帯びたコロイド状の泥が風雨に流されて、河川に流れていく。行先は、湖底または海底である。川から池に行った放射能を含むコロイド状の泥は湖底に沈み、トラップされる。湖底生物・微生物による放射能循環の始まりである。湖底の除染も考えないと、湖の魚を採取して生計を立てている人に大きな経済的打撃を与えることになる。放射能に汚染されたコロイド状土壌を無理やりNHKの調査では、福島第一原発周辺の海底は汚染されていて、海底に生息するヒラメ、アイナメなどの魚が汚染されているとの結果である。ある程度、深くなると海底土は、容易に移動しないことが知られていて、今後、30年以上に渡って、汚染された海底土は固定されたままになる。漁業関係者にとっては、つらい長期間の操業停止である。

20km圏内は、今や動物の天国である。人間という天敵のいなくなったこの地域では、動物が放射性物質を食すことによる汚染の循環、拡散過程が始まっている。動物による汚染拡散について研究することはフランスIRSNの研究者たちが興味を示している。筑波大学・福島大学の研究者グループとの強力な国際協力研究推進を願いたい。

放射能除染という困難な総合的科学的な課題を考え、今後、30年以上の長い期間を経たのちに、福島が若者の集まらない廃墟にしないように福島再生の道を探っていかなければならない。今、ここにある我々の責務は、短期的視野で巨額の除染ビジネスに奔走することなく、今後30年に渡る着実で無駄のない長期戦略を立案し、福島再生の道を考えていくことであろう。

別紙 1.

福島原子力発電所事故後の被ばく線量調査と対策

2011. 3. 28

はじめに

東北関東大震災が2011年3月11日昼に発生した。青森、岩手、宮城、福岡、茨木、千葉、東京の広域にわたる東北関東地方の数十万人が被災し。死亡者は三万人にのぼる。規模がM9.0の世界最大規模の超大型地震であり、関東地域と東北地方全域が被災し、大津波が沿岸地方を襲い、リアス海岸に面する市町村の場所によっては20m程度の高さの波に曝され多くの街が一瞬にして消滅し、人が波にさらわれるという大惨事をもたらした。

浪江町にある福島原子力発電所は、地震による大きな揺れに曝され、一部の施設損傷に至った。その後の10mを超す津波は想定外の大きな被害をもたらすことになった。海岸近くに設置していた燃料タンクが破壊され、かつ緊急用ディーゼルエンジンが作動しないという事態に陥り電力供給がストップした。非常時対策としての緊急燃料冷却が行われない事態に至った事で致命的事故につながった。冷却水系が作動しないという事態が発生し原子炉燃料の上部が高温になり原子炉燃料を覆うジルコン合金でできた被服一部が熔融し燃料ペレットからの放射能が漏れ出したと推測される。また、冷却系が停止した事で保管用プールの使用済み核燃料の発熱で水の蒸発が起こり、燃料ペレット状部が高温になり、水蒸気発生につながった。その結果、6機ある原子力発電所の内1, 2, 3, 4号機で水素爆発などが起こり建物や内部が破壊され原子炉内の放射能が放出された。

地震、津波の直後ということによる対応の不利もあり、チェルノブイリ規模の放射線が原子力発電所周辺に放出される事故に拡大したことは人災ともいえる。関係者は必至に事態収束のために結束に向けて作業しているとは言え、必ずしも迅速かつ適切な対応がとられていない側面もある。

原子炉事故の収束、それに伴う周辺住民への適切な対応方策が、まだ正確に推定できない状況下であるが、地域住民の上に降下した放射能による影響や農作物への影響を調べ、その対策をとるため、どのような種類の放射能が、どのくらいの量、どれだけの地域で、どのような分布をしているかの早急な調査が必要とされる。

この提案では、日本の核物理グループが中心となって今後の緊急調査研究推進の基本的方針を提示している。提案に基づく科学的資料を作成し、総合的判断により早急に対策を実行することが四十万人以上に上る福島原発事故による被害者を救う道である。本提案に記載の調査研究の早急な実施を要請する。

この内容はチェルノブイリ事故時に、放射線の土壌調査、被爆調査を中心的に行ったロシア研究者の意見を聴取した後、経験に基づく現場からの貴重な意見を考慮し、福島の地勢を考慮したうえで作成した提案である。

調査においては各自治体や被災者の理解と協力を得る必要があり、調査を具体的に実行するには、関係者との密接な協議と最善手順を検討する必要がある。

調査内容は

1. 地表の表面汚染調査
2. 人々の被曝量調査

に主に分けることができる。

調査に基づき、その後の対策も提案の段階であるが検討したい。

1. 地表の表面汚染調査

a) 汚染地図の作成

1. 広域の汚染図(20, 30km 圏だけでなく隣接県も含む)を作成し、詳細なホットスポットを含めた汚染地図を作成する。放射線汚染の検査には、世界的に認められた手法で行う必要があり、科学的経験の蓄積されたチームを結成して行う。
2. 広域の汚染計測にはGPSを用いた位置情報を利用し、ヘリコプターや航空機による広域放射線測定が必須である。そのためには自衛隊などの測定装置を持っている機関に協力を求め、調査の具体的実施についての検討が必要である。チェルノブイリ事故の経験では、放射線の集中的降下も報告されている。車に測定器を積んでの放射線計測や、狭い地域で極端な変化のある場合は人による綿密な測定が必要となる。
3. 調査結果に基づき、より綿密な避難地域の設定などに役立つ。避難地域については時間的に急を要する場合は暫定地域を先に設定する事もある。

b) 土壌のサンプリング

調査区域は沿岸部100キロメートル、内陸部50kmにわたって、2kmメッシュで行う。平野部であれば、 $50 \times 25 = 1250$ のメッシュ点となるが、山間部を除けば600メッシュ点となるであろう。

1. 土壌のサンプリングは主に平らな場所で行う。特に人の居住する地域を主とする。たとえば、畑や田んぼの境界、家屋や学校などの開かれた場所を選定する。ただし、森はなるべくさけ、軒下や木の下はさける。
2. 現在は、放射能が表層から5cm以上深くは浸透していないであろう。したがって、通常は10cm、30cmまでの土壌サンプル測定をしなければならないが、早期に行う場合は5cmまでのサンプル採取測定で十分であろう。土壌サンプル取得器具は統一する。たとえば直径5cmまたは直径10cmのパイプを標準として使用する。
3. 土壌は乾燥前重量を記録し、乾燥させた後、乾燥重量を測定する。
4. すべての、採取地はGPSのデータを記録する。その地名を記録する。土壌の採取地点はそれぞれの居住地やその境界で最低15カ所は集める。但し、より多くの地点で採取されることがのぞまれる。特に地域内の汚染の状況が変化に富む場合である。
5. それぞれの地点でのSv単位での線量測定を行う。高さは1mとし線量率を測定する。

また、地表表面に密着させた線量測定も記録する。この場合、泥などの付着を防ぐようにサララップなどを測定機ヘッドに被せ測定後に交換廃棄する。
それぞれのサンプルはビニール袋に入れ封をし、ラベルを付しコード、対応地点、GPS記録、写真などとの対応が可能な必要事項を記録する。

6. すべてのサンプルは統一的に保管し、測定する。

c) 土壌測定

1. I-131 からのガンマ線を測定する。測定は早ければ早いほど良いが、半減期は 8 日なので 10 半減期以内に行く。実施時期は 6 月 15 日までに行く緊急性がある。
2. Cs-134, Cs-137 からのガンマ線量を測定する。
3. Sr-90 の測定も必要である。Sr-90 は半減期が 30 年なので後でかまわない。
4. Cs-134, Cs-137, Sr-90 については土壌試料採取も後で再度時間をかけて採取し測定ができる。

d) 土壌サンプルのデータベース作成

各サンプルに対して以下の情報を入力する。

1. サンプルのコードナンバー、GPS のデータ、土壌の重量、採取地点の記述(地名や、畑など周りの状況)、
2. 採取日時、各放射性同位元素の測定方法の記述、測定と土壌採取それぞれについての担当研究室名、担当者の名前、
3. 線量率 (1m の高さ) のデータ、
4. I-131, Cs-134, Cs-137, Sr-90 (測定ができたとき) の kBq/平方メートルの値。

e) 煉瓦や屋根瓦のサンプリング、セラミックスなどの採取、

1. 試料についての記述 (たとえばその位置、焼かれた時期など特定できる場合)。
2. 携帯電話など電話の部品から線量測定可能な場合で提供していただける場合、使用者の名前、住所、連絡先など記述。
3. 試料の保管やデータベースの作成。

f) 汚染地域での食品の採取

1. 牛乳、水、タマネギや、サラダにする葉物野菜、などのその季節の作物を中心とする。などの海産物についても同様である。記録を同様に取る。計測のための試料処理や測定は標準とされる方法に従う。
2. 土壌試料同様、測定は I-131 については至急、他は後で測定し、これらのデータベースを作成する。

4. 住民の被ばく線量調査

1. 特に避難者を中心に、協力を依頼し、協力していただける住民の登録。
2. 具体的方法は各自治体との協議をして決定。登録内容は、名前(調査結果に使用時には匿名とする)、年齢、性別、被災地の住所、現在の電話番号やメールアドレスなど連絡先。現在の居住地の住所。
3. その後、専門家チームを組んでポータブルまたは全身カウンターで計測する。甲状腺については I-131 を測定し、Cs-137 については全身カウンターで腹部を測定する。
4. とくに、子供や妊婦が測定の対象となる。測定の前に衣服を着替える。
5. I-131 の測定は特に重要で 10 半減期以内に行う。今からとすると 6 月 15 日まで。
至 急に行う必要がある。
6. 甲状腺などの検診に関する問診票を作成する。
名前、年齢、性別、現住所、電話番号、e-mail アドレス、事故後の居住歴、その後の食事の内容、その食物の産地、一日あたりのそれぞれの食品の量(一日あたりの回数、一日あたりのグラム数)、ヨウ素剤の使用があるか、あれば使用日時、量、期間。
6. そのほかマスクを使用したか、シャワーなどで特別に洗ったかどうか。
事故当時の家の種類、家屋内にいたか家屋外かについて。
一日平均家屋内にいた時間。
対応するデータベースの作成。

3. 事故後の対策

事故後、設定された避難地域以外に人々が戻り、再度事故前の状況を復元する必要がある。その事故後の対策は大規模な事業となる。その考え方など検討し実行する際の指針を作成する。また原子炉についてはチェルノブイリで実行された石棺の作成が必要と考えられる。その点には必要に応じて検討が必要な場面が来る可能性があるが、この計画には含めていない。汚染は雨による場合局地的に起こりやすい。汚染度に応じて、避難地域、除洗して居住する地域、除洗の必要のない地域に分類する必要がある。また、土壌に落下した放射性物質 Cs-137 などは土壌との化学結合が強く、強い風などで空中に舞い上がる。この放射線被害に対応する処置も必要である。

a) 土地の区分

避難地域、除洗して居住する区域を設定する際の汚染度または空間線量の基準を検討する。

- b) 除洗してある程度以上汚染した場合は居住地や農地について、除洗を進める。その際は 10 cm 程度表層土をはがしてその下の新たな表面を使うか、汚染していない土壌をかぶせて使うかなどを経済的な側面も考慮した総合的検討が必要である。
- c) 汚染した土の移動保管場所、今後の時間経過につれて、放射性の同位元素が環境中をどのように移動するか、またその安全性はどう保つかを検討する。
- d) その後の農作物や飲料水の安全性の確保のための測定や方法を検討する。
- e) 人々への影響についての基礎データを提供する。

4. おわりに

東北関東大震災を端緒として津波、原子力発電所の事故による放射能の放出が起こった。長い期間をかけ復興していく努力がはじまっている。関係の方々の、これまでの努力に倍する、今後へのさらに長い努力を期待せざるを得ない。原子核物理を中心とした核物理グループはその専門分野を生かし、現在続けられている、多くの努力を継続し、関係機関との協力のもとで信頼できるデータ資料を整備します。この測定データが福島原発事故により被害を被っている人々が幸福な生活を送れるための、正しい判断基準をもたらし、今後の政策決定に役立てられることを願っています。

5. 調査参加代表者

谷畑勇夫： 大阪大学核物理研究センター（核物理グループ福島原発事故対策チーム代表）
藤原守： 大阪大学核物理研究センター（核物理グループ福島原発事故対策チーム代表）
山本政儀： 金沢大学環日本海域環境研究センター低レベル放射能実験施設
村松康行： 学習院大学
今中哲治： 京都大学原子炉実験所
星正治： 広島大学原爆放射線医科学研究所（核物理グループ土壌サンプル調査責任者）
Valeriy F. Stepanenko： MRRC, ロシア

なおこの計画については、チェルノブイリでの事故後の対応に直接関与された、ロシアの MRRC の A. F. Tsyb 所長の Valeriy F. Stepanenko, Ph. D., Dr. of Science の意見を聞き作成した。今後共同で調査を行う

Stepanenko 氏の肩書きは以下の通り、

Head,

Medical-Ecological Dosimetry and Radiation Safety Dept, Federal State Institution - Medical Radiological Research Center, Ministry of Healthcare and Social Development of Russian Federation (MRRC).

Member, Russian Scientific Commission on Radiation Protection,

ISO Expert (Russia), Associate Member, Health Physics Society (USA).