

福島第一原子力発電所事故後の福島県川俣町 における近畿大学原子力研究所の支援活動

近畿大学原子力研究所 講師 若林 源一郎

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴い、福島第一原子力発電所でわが国の原子力史上最も深刻な事故が発生し、放射性物質が周辺環境中に飛散する事態となった。その結果、事故直後の気象条件により、降雨や降雪とともに放射性物質が地表に降下、沈着した地域が広範囲に発生した。4月下旬に日本政府は、福島第一原子力発電所から半径20 km以内の地域を「警戒区域」として立ち入りを禁止し、さらに警戒区域の外であっても、事故発生から1年間の被ばく線量が20 mSvを超えるおそれのある地域を「計画的避難区域」として住民に避難を求めた。

今回の事故で一部が計画的避難区域となった福島県伊達郡川俣町は、福島第一原子力発電所から北西に約40 km、阿武隈山地の西側丘陵地帯にある。人口は約15,000人で、歴史的には「絹の里」として知られた自然豊かな美しい町である。特産品は絹製品の他に、川俣シャモ、葉タバコ、米などがあり、近年は電子部品、自動車部品の工場立地も進んでいる。東日本大震災では、津波による被害こそ無かったが、地震により町役場の建物が損壊して使用できなくなるなど大きな被害を受けた。原発事故発生直後には、自らも地震被災者でありながら、原発から20 km圏内にある浪江町方面からの避難者を受け入れて支援を行っていた。そのような中で、4月下旬に町内の山木屋地区（人口1,188人）が計画的避難区域に指定されることになり、1か月以内に住民が避難することとなった。図1に川俣町の位置と福島第一原発事故後の放射線量分布を示す。

一方、近畿大学では、震災直後に全教職員の賞与の一部を原資として約2億円の義援金を準備し、医療

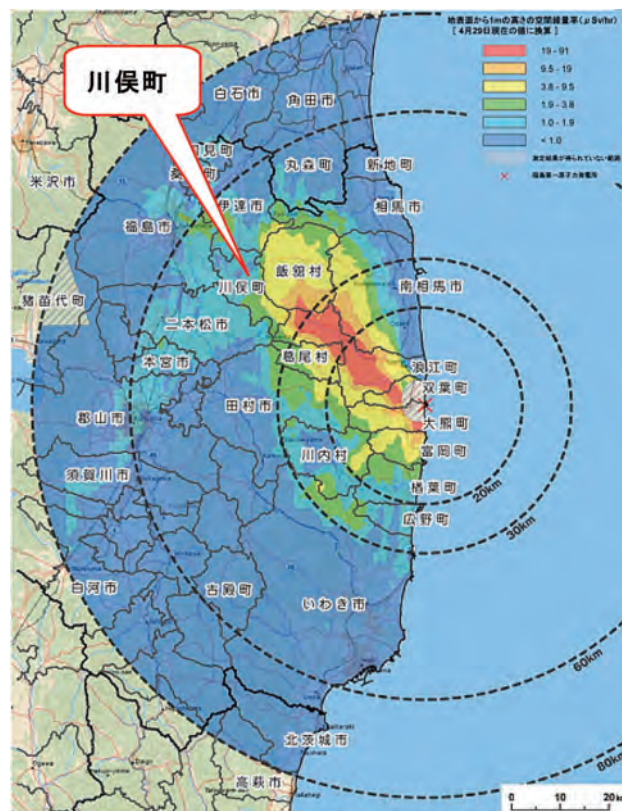


図1 川俣町の位置と福島第一原発事故後の放射線量分布²⁾

チームを派遣するなどの被災地支援活動を開始した。

また、教育用原子炉を所有する大学として、学内の原子力研究所が窓口となって放射線に関する不安に応える電話相談（相談件数約700件）を実施した¹⁾。さらに4月下旬からは、原子力研究所が原子力災害の被災地にある川俣町の支援を行うことになった。

多くの被災自治体の中から特に川俣町の支援を行うことになった理由としては、事故直後に所員の1人が政府のアドバイザーとして各地で説明を行っていた際に、川俣町が専門家のアドバイスを求めていることが伝わっていたこと、また全村・全町避難と

なった他の自治体と異なり、川俣町は町の一部のみが計画的避難区域に指定されたため、町役場の機能が町内に残っており、原子力研究所の少ないマンパワー（所員 8 人）でも町役場をサポートしながら継続的に支援ができるのではないかと考えたことなどがある。4 月下旬に初めて川俣町を訪問して調査を行った後、6 月に町の正式な震災復興アドバイザーに委嘱され、これまで月に 1～2 回のペースで町を訪問し、支援活動を行ってきた。

本報告では、これまで約 1 年間の間に川俣町で行った近畿大学原子力研究所の支援活動の内容について述べる。

2. 町内の放射線量分布調査

第 1 回目の訪問調査は、4 月 30 日から 5 月 1 日にかけて行った。その際、最初に必要な情報は町内の放射線量が実際のところどの程度で、どのように分布しているか、ということであった。そこでまず、町内の 6 か所で空間線量率の測定を行った。測定場所は、計画的避難区域内の山木屋中学校、山木屋小学校、体験農園の 3 か所、計画的避難区域外では農村広場、川俣南小学校、飯坂小学校の 3 か所とした。図 2 に測定場所と各場所で得られた当時の空間線量率を示す。

また、小中学校では歩行サーベイシステムを用いて校内の空間線量率の詳細な分布を調査した。使用した歩行サーベイシステムは、NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータ（アロカ社 TCS-171）に GPS 機能を組み合わせたものであり、あらかじめ設定した時間間隔で空間線量率の測定値と位置情報を記録し、Google Map 上に表示するものである³⁾。図 3 に、歩行サーベイシステムによる山木屋小学校校庭での測定結果を示す。

これらの調査の結果、同じ町内でも地域によって空間線量率が大きく異なることが確認され、その測定値は計画的避難区域内では 3.2～4.8 $\mu\text{Sv/h}$ 、計画的避難区域外では 1.5～2.6 $\mu\text{Sv/h}$ であった。また小中学校での歩行サーベイシステムによる測定結果から、空間線量率は学校校庭においてはほぼ一様

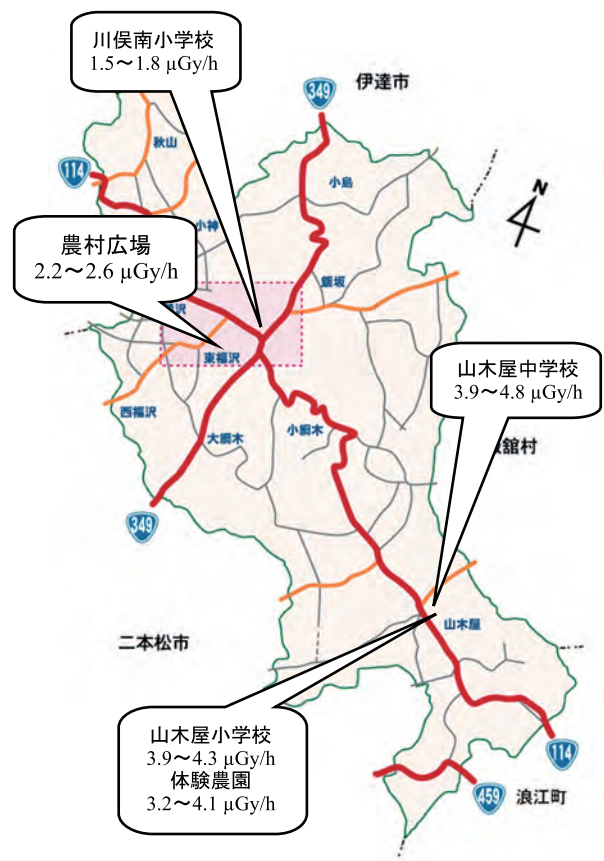


図 2 川俣町内各地の空間線量率
(2011 年 4 月 30 日～5 月 1 日)
(地図の出典：川俣町ホームページ)



図 3 歩行サーベイシステムによって測定した山木屋小学校校内の空間線量率分布

な分布となっているが、敷地境界などの草地では大きな値を示すことが分かった。これは、放射性物質が局所的にはほぼ一様に降下したが、草地では放射性物質が付着する表面積が大きいことが影響しているものと考えられる。また、日よけや雨よけのための庇がある部分では空間線量率が下がることが分かった。原発事故直後の天候から、放射性物質のブルームが通過した際に降雪とともに放射性物質が降下したと考えられている。そのため当時降雪に曝された部分の地表に多くの放射性物質が付着していることが示唆された。

町内の空間線量率は、その後町内の53か所で毎日測定されるようになり、その結果は仮の町役場として使用されている中央公民館に掲示されるほか、町のホームページにも掲載されている⁴⁾。また、歩行サーベイシステムはその後改良が加えられ、カーボン(車載型)測定システムとして町内の空間線量率分布測定に利用されている⁵⁾。

3. 土壌及び植物に付着した放射性物質の調査

原発事故後に飛散した放射性物質は、降雨・降雪とともに地表に降下したため、そのほとんどは地表近くの土壌に付着して留まっていることが予想された。そこで、町内の数か所で土壌の採取を行い、深さ方向の放射能濃度の測定を行った。

土壌の採取は、地表からの深さが0~0.5 cm, 0.5~1 cm, 1~3.5 cm, 3.5~6 cmの4段階に分けて行った。採取の方法は、深さ1 cmまでの浅い部分については30



図4 土壌採取器による採取の様子

cm×30 cmの範囲内の土壌をスコップで採取し、より深い部分では専用の土壌採取器を用いた。

図4に土壌採取器による採取の様子を示す。採取した土壌は近畿大学に持ち帰り、高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性物質の定量を行った。

図5に山木屋小学校で採取した土壌中のCs-137放射能濃度の深さ方向分布を示す。測定の結果、地表から1 cmまでの深さに放射性セシウムの90%以上が存在し、時間の経過とともに濃度が減少していることが分かった。この結果は、放射線量の低減のための表土除去において、あまり深くまで除去しても意味がないことを示しており、その後の効率的な除染作業と汚染土壌の減量という点で役立てることができた。

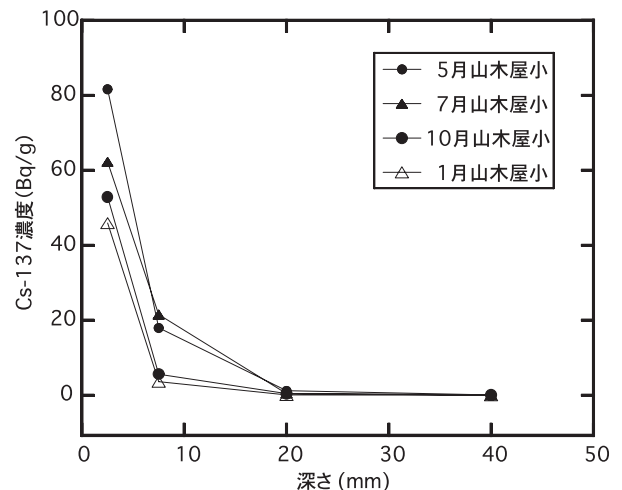


図5 土壌中のCs-137放射能濃度の深さ方向の分布

さらに、採取した土壌をふるい分けすることにより、土壌粒子の粒度別の放射性セシウム濃度を測定した。図6に山木屋小学校で採取した土壌の粒度別Cs-137放射能濃度を示す。その結果、粒径の小さな土壌粒子ほど高濃度の値を示すことが分かった。これは、粒径の小さな粒子から成る土壌ほど放射性セシウムが付着する表面積が大きくなることが原因であると考えられる。また、試料重量の約40%を占める粒径1 mm以下の土壌に、放射性セシウムの約80%が付着していることが分かった。このことは今後の除染作業で発生する汚染廃棄土壌の減容に利用できる可能性がある。

5月1日の調査の際に計画的避難区域内の体験農園で菜の花を採取し、押し花としてイメージングプレート（富士写真フィルム BAS-MS）上に固定し、厚さ5 cmの鉛遮蔽体の中で約1か月半露出した。イメージングプレートに記録された潜像を読み出した画像を図7に示す。放射性物質が降下した時期にこの菜の花がどの程度成長していたかは不明であるが、葉によって放射能濃度が大きいものがあることから、表面に付着している放射性物質の量を反映しているものと考えられる。

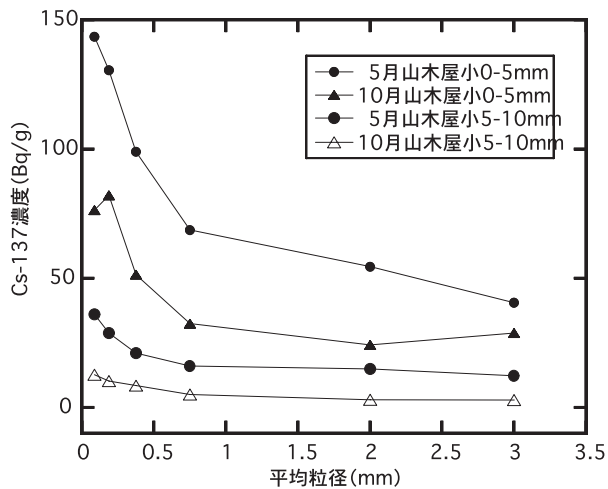


図6 土壤粒子の粒度別Cs-137放射能濃度分布



図7 イメージングプレートによって得られた菜の花の放射能分布画像（5月1日に採取したもの）

また、葉脈や茎の部分が高濃度を示していることから、放射性物質が植物体内にも取り込まれていることが分かる。

4. 表土除去による放射線量の低減

4月30日～5月1日に、計画的避難区域内の山木屋中学校校庭と区域外の農村広場サブグラウンドで、表土除去による空間線量率の低減効果を調べた。空間線量率は、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ（アロカ社 TCS-166）を用い、地表から1 mの高さにおいて測定を行った。まず表土を除去する前に空間線量率を測定し、地表から約5 mmまでの表土を除去した後に再び同じ条件で測定して結果を比較した。山木屋中学校校庭では、測定点から半径2 m及び5 mの円内の表土を除去したところ、それぞれ空間線量率は除去前の86%及び79%に減少した。また農村広場では、半径2.4 mの表土を除去したところ、空間線量率は除去前の70%に減少した。図8に山木屋中学校における表土除去の様子を示す。



図8 山木屋中学校における表土除去の様子

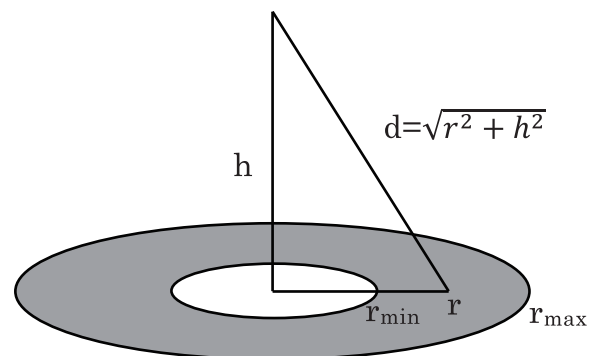


図9 表土除去による放射線量の低減効果の概算に用いた計算体系。（ $h = 1 \text{ m}$, $r_{\text{max}} = 500 \text{ m}$ ）

また、表土除去による放射線量の低減効果の概算を行った。地表から1 mの高さにおける空間線量率を相対値で比較するため、地表の放射能濃度を1 Bq/m²とし、土壌による放射線の減衰は考慮しないこととした。計算に用いた体系を図9に示す。

IAEA-TECDOC-1162に示されている、点状線源から特定の距離における線量率を求める式⁶⁾を拡張し、以下のような積分計算によって空間線量率を求めた。

$$\dot{D} = \int_{r_{min}}^{r_{max}} \frac{A CF_7 (0.5)^{\frac{d}{d_1}}}{d^2} 2\pi r dr$$

ここで、 \dot{D} は線量率(mGy/h)、Aは線源の放射能(=1 Bq/m²)、CF₇は線源から1mの距離における換算係数(mGy/h/kBq)、dは遮蔽厚(cm)、d_{1/2}は半価層(cm)である。Cs-137とCs-134の濃度比は当時の実測値(Cs-137 : Cs-134 = 0.531 : 0.469)を用いた。その結果、測定点から半径2 mの表土を除去したときの線量率は除去前の81%、半径5 mの表土を除去した場合は除去前の61%となった。

また、同じ条件による計算から、地表から1 mの高さにおける空間線量率に対して、測定点から半径50 m以内の領域による寄与が86.0%、半径50 ~ 100 mの領域からの寄与が8.5%、半径100 ~ 200 mの領域からの寄与が4.3%、200 m以遠からの寄与が1.2%であることが分かった。

5. 子供たちへのガラスバッジ線量計の配布

現存被ばく環境下における個人の被ばく線量は、個人の行動パターンや生活パターンによって大きく異なることが予想される。特に放射線への感受性が高いといわれている子供たちに対して、放射線への不安に応えるための対策や相談をシミュレーション計算による推定値や平均値ではなく、一人ひとりの実測値に基づいて行いたいとの考えから、川俣町では他の市町村に先駆けて町内の全ての幼稚園児、小中学生約1,500人にガラスバッジ線量計を配布し、1年間にわたる個人線量管理を開始した(図10)。使用するガラスバッジ線量計は(株)千代田テクノ

の協力を得て、近畿大学が川俣町に寄贈することとなった。着用方法は、専用のケースに入れたガラスバッジをひもで首から掛けてもらう方法とした。

個人線量測定は、3か月間の測定を4回行う予定であり、現在までに3回の着用期間が終了し、2回目までの測定結果が得られている。得られた測定データは川俣町のものであり、町からの依頼によって近畿大学がデータ分析をサポートするという立場をとっている。また、測定結果を子供たちと保護者に返却する際は、まず測定結果についての説明会を学校関係者向けに実施して内容を十分理解していただき、保護者向けに測定値の意味を解説する説明資料を作成して、資料とともに返却した。さらに返却後に測定結果についての保護者向け説明会を行い、近畿大学付属病院の医師による個人健康相談の機会も設けるなど、測定結果が無用な不安を生むことがないように努めた。

第1回目の着用期間(6月22日~9月30日)における平均値は0.39 mSv、第2回目の着用期間(10月1日~平成24年1月11日)における平均値は0.32 mSvであり、第1回目比べて第2回目の平均値は減少していた。



図10 川俣町の子供たちを対象とした個人線量測定の開始を伝える福島民友新聞の記事(平成23年6月22日)

これは、短寿命の放射性核種の崩壊（主に Cs-134）が進んだこと、学校校庭の表土除去が夏休み中に実施されたことが影響している。また、約 6 か月間の平均値は 0.71 mSv であり、健康に影響を与えるおそれのないレベルであることが確認できた。ガラスバッジのこれまでの回収率はほぼ 100% である。

6. その他の支援活動

本節では、これまでに述べた活動の他にを行った様々な支援について紹介する。

① 学校生活における不安に応える

夏が近づいてくると、教室の窓を開けてよいかどうか問題となった。また似たような問題として、屋外でマスクを着用すべきか、気温が上がっても長袖を着続けるべきか、といったことがあったが、これらの背景にあるのは、空気中に浮遊している放射性物質が体表面に付着したり、吸入して体内に入り込んだりするのではないかという不安である。町の教育委員会は、窓の開閉によって教室内の放射線量が変化しないことを測定によって確認していたが、さらに近畿大学が川俣南小学校の校庭で空気中ダストを捕集し、GM サーベイメータで測定するデモンストレーションを保護者の前で行った。測定結果から、天然の放射性物質であるラドン娘核種しか検出されないことを説明し、教室の窓の開放に問題がないことを理解していただくことができた。

また、警戒区域である浪江町方面からの車両が通る道路沿いの学校では、放射性物質が付着した塵埃が巻き上げられているのではないかという不安があったが、これについても同様にダストを捕集して測定した結果、放射性セシウムは不検出であった。

プールの水については、放射性セシウム濃度が基準値以下であることを確認して排水した。また、放射線への不安から多くの自治体や学校で夏の屋外プール利用が中止された中で、川俣町では放射能測定の結果に基づき夏の屋外プールの利用を実施した。

② 野菜、井戸水、ため池の水の放射能測定

町民からの要望に応じて、様々な試料中の放射能測定を行った。野菜については、にんじん、じゃが

いも、玉ねぎなどの測定を行ったが、検出された放射性セシウム濃度は最大でも 20 Bq/kg 程度で、当時の暫定基準値(500 Bq/kg)を大きく下回るものであった。また、町内 37 か所の井戸水、6 か所のため池の水を採取して測定したところ、いずれも放射性セシウムは不検出であった。

③ 放射線についての町民向け講演会の支援

川俣町は、原発の立地自治体でもなければ隣接自治体でもなく、今回の事故で放射性物質だけが降下して原子力災害の被災地となった。町民の方々が放射線のリスクと向かい合う中で、放射線に関する基礎知識、健康影響への考え方や測定法などを学ぶため、様々な機会にこれらをテーマとする講演会やセミナーが開催されることとなり、公民館や集会所、学校等で開催されたこれらの講演会の講師を依頼に応じて引き受け、放射線の知識普及に対して支援を行った。

④ 川俣物産展の開催

近畿大学原子力研究所では、毎年 11 月初旬に開催される大学祭に合わせて「原子力展」を実施している。昨年度の原子力展では、福島第一原発事故後の放射線への関心の高まりを受け、「放射線を知って、見て、考える」をテーマに放射線に関する展示、説明を行うとともに、川俣町支援の一環として「川俣物産展」を開催した。物産展では、川俣シャモや米を始めとする様々な特産品の試食、販売を行った。当時、全国各地で風評被害や脅迫によって福島県産品の物産



図 11 原子力展における福島県川俣町の特産品販売の様子

展等が中止に追い込まれる事態が発生していたが、川俣物産展では販売する食品の放射能を原子力研究所が測定し、「検査済み」シールを貼って販売した。また、食品中の放射能をどのようにして測定するのかを解説するビデオ上映やパネル展示を一緒に行い、放射線に対する理解を深める場とした。その結果、当初懸念されたトラブルやクレームは一切なく、大変好評のうちに実施することができた。

⑤ 放射線測定器の寄贈

放射線モニタリング等の作業に使用するための放射線測定器として、近畿大学からサーベイメータ4台とポケット線量計50個を寄贈した。また町民の方々が簡単に現在の放射線量を知ることができるようにすることを目的として、(株)千代田テクノルと共同で、放射線量を表示する電光掲示板5セットの寄贈も行った。現在、電光掲示板は町内の5つの幼稚園、保育園に設置されている。

7. まとめ

これまで1年間にわたって行ってきた支援活動について概要を報告した。この間、ときに感情的な議論に陥りがちであった世論や報道とは対照的に、川俣町では科学的根拠に基づいて判断するという確固たる方針が一貫しており、我々は判断の根拠となる科学的データと専門的見地からの助言を提供する役割に徹することができた。

今後は本格的な町内の除染作業が始まる予定であり、除染作業に従事する作業員の個人線量管理や、除去された土壌、廃棄物の保管が重要な課題となる。また、計画的避難区域に指定されている山木屋地区も、今後は年間の被ばく線量が20 mSvを下回ることが予想されるため、避難の解除や帰還へ向けての準備が始まる。農業に関しては、農用地の除染のほか、平成24年度から厳格化された食品の基準値への対応なども必要である。町民の生活環境における放射線量の変化や放射性物質の移行挙動なども今後継続的に監視していく必要があり、長期間にわたって放射線に向き合いながらの生活が続くことを考えると、児童・生徒への放射線教育など、教育面におい

ても我々の持つノウハウを活かしていきたいと考えている。近畿大学原子力研究所は、川俣町の復興支援のためにこれからも引き続き専門知識や技術を活かした支援を続けていく予定である。

本報告の中で紹介した研究は、近畿大学原子力研究所の伊藤哲夫、山西弘城、芳原新也、稲垣昌代、堀口哲男、川俣町町長の古川道郎、放射線医学総合研究所の杉浦紳之、原子力安全研究協会の小島清と著者による共同研究である。

謝辞

調査にご協力いただいた川俣町の神田紀教育長、佐藤光正氏、仲江泰宏氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 堀口哲男, 小島清, 伊藤哲夫: 福島原子力発電所事故後に実施した一般向け電話相談, 近畿大学原子力研究所年報 48 (2011) 23-30.
- 2) 文部科学省及び米国エネルギー省航空機による航空機モニタリングの測定結果について:
http://radioactivity.mext.go.jp/old/ja/1270/2011/05/1305820_20110506.pdf
- 3) 芳原新也, 伊藤眞: 可搬型 GPS 機能搭載環境放射線測定システムの構築とその応用, 近畿大学原子力研究所年報 45 (2008) 1-10.
- 4) 川俣町災害関連情報:
<http://www.town.kawamata.lg.jp/sokuhou/>
- 5) 芳原新也: 可搬型 GPS 機能搭載環境放射線測定システムの改良, 近畿大学原子力研究所年報 48 (2011) 31-36.
- 6) IAEA-TECDOC-1162, "Generic Procedures for Assessment and Response during Radiological Emergency"