

## 基調論文

福島第一原発事故と放射能汚染  
飯舘村調査の7年間を振り返りながら

今中哲二（いまなか・てつじ）

京都大学複合原子力科学研究所研究員。専門は原子力工学。研究者としては、原子力を進めるためではなく原子力利用にともなうデメリットを明らかにするための研究に従事。福島原発事故後は、放射能汚染の調査や周辺住民の被曝量評価などを行っている。

関連HP <http://www.rrl.kyoto-u.ac.jp/NSRG/>

## はじめに

**福** 島原発事故が起きるまでの私は、「日本にも五四基の原発が動いているんだから、チェルノブイリのような事故がいつ日本

で起きても不思議はありません」と警告めいたことを言っていた。良かった。二〇一一年三月、地震・津波をきっかけに原発事故が始まり、「福島がチェルノブイリのようになってしまった」と私が確信したのは、三月十五日午前十一時の記者会見のテレビ中継を見ていたとき、当時の菅首相と枝野官房長官が「四号機で水素爆発があり、二号機でも格納容器が破壊された模様だ」と発表したときだった。定期検査中で原子炉内に燃料のないはずの四号機での水素爆発とは、燃料プールが干上がって使用済み燃料が高温になり水素が発生して爆発に至ったものと思われ、メルトダウンが心配されていた二号機の格納容器破壊は、大量の放射能が遮るものなく大気中に放出される事態を意味していた。テレビ中継を見ながら私は、「これはどこかでみた情景だ……そうだが、いまの私は前に見た映画の中にいるんだ」という気分になられた。あれから七年がたち、福島原発



在りし日の東京電力福島第1原子力発電所。手前から、4号機、3号機、2号機、1号機。少しおいて5号機、6号機。四角い建物が原子炉建屋で、長細いのがタービン建屋。非常用ディーゼル発電機はタービン建屋の地下に設置されていた 写真：東京電力ホームページより

事故をめぐっていろいろなことがあった。私をはじめ飯舘村に入っただのは二〇一一年三月二十八日で、それから何十回飯舘村に行っただ

ろう。全村避難が行われた飯舘村は、二〇一七年三月三十一日に長泥地区を除いて避難指示が解除された。事故を起こした福島第一原発

では懸命の廃炉作業が行われているが、メルトダウンしてしまった

三つの原子炉では、中の様子を調べる「現場検証」がようやく緒に付いたに過ぎない。「四〇年で廃炉を完了」というのが希望的目標に過ぎないことは担当者が一番承知しているはずである。一方で、「世界で一番厳しい新規制基準に合格した」といった怪しげなスローガンの下に、一時は全部止まっていた原発の再稼働が進められている。

この機会に、七年前を振り返りながら、原発事故と放射能汚染、飯舘村で私たちがやってきた調査について報告しておきたい。

福島第一原発で  
七年前に起きたこと

福島第一原発は東京電力が最初に建設した原子力発電所で六基の原発があった（一号機四六万キロワット、二〜五号機七八・四万キロワット、六号機一一〇万キロワット）。二〇一一年三月一日、地震・津波が起きたとき、一〜三号

機が運転中で、四〜六号機は定期検査で停止中だった。

一四時四六分、東北太平洋沖地震が発生した。原子炉の運転に携わる者にとって緊急時のスローガンは、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の三つである。福島第一原発では、地震計が揺れを感知して自動的に制御棒が炉心に挿入され、運転中の三つの原子炉はいずれも核分裂連鎖反応が停止した。「止める」は上手くいった。

しかし、地震にともなう送電塔の倒壊などによる外部電源の喪失、さらには津波の来襲・浸水により非常用ディーゼル発電機が停止してしまい、全交流電源の喪失に至って「冷やす」がピンチになった。電源に頼らない緊急冷却システムは備えてはいたものの、もともと長期間にわたる冷却は想定されておらず、ひとつ又ひとつと冷却機能を失い、「冷やす」に失敗して行く。

冷やすことに失敗した炉心はメルトダウン（炉心溶融）、さらには

分厚い鋼鉄製の原子炉圧力容器をメルトスルー（溶融貫通）してしまふ。燃料棒被覆管の材料であるジルコニウムは高温になると水や蒸気と反応して水素ガスを発生する。こんな事態のときに、放射能の環境への放出を遮る最後の壁として「閉じ込める」役割を期待されているのが格納容器である。

一号機では、緊急冷却系が機能せず、三月一日夜には早々とメルトダウン・メルトスルーに至った。深夜には格納容器圧力が設計耐圧の二倍に達した。格納容器が破裂したら「チェルノブイリ」である。次善の策として、格納容器破壊を回避するためのガス抜きであるベントを試みられたが手間取ってしまった。ベントになんとか成功したのは三月一二日一四時三〇分だった。そして一五時三六分、一号機建屋最上階で水素爆発が発生し、屋根と壁が崩壊した。設計耐

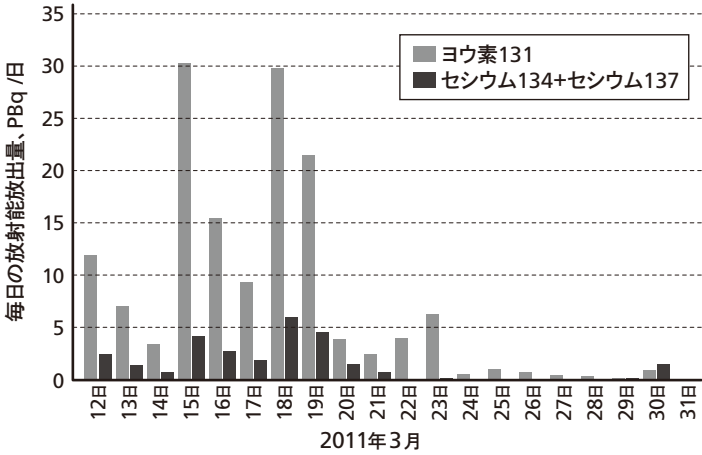
圧を越えた格納容器のフランジや繋ぎ目から水素、水蒸気、ガス状・揮発性放射能が漏洩し、最上階

の天井に溜まって爆発に至ったと考えられている。

三号機では、緊急冷却系によって一日半ほど炉心冷却が継続されていた。三月十三日未明、最近設置された消火配管経由炉心注入ラインを使って消防車ポンプからの海水注入に切り替えようとしたが、バルブが開かず約七時間にわたって冷却水が途切れてしまった。この間にメルトダウン・メルトスルーが始まったと考えられている。格納容器の圧力が上昇したので、一日にはベントが四回行われた。一日四時一分、三号機でも建屋最上階で水素爆発が発生し、屋根と壁が崩壊した。

二号機の緊急冷却系は三日間近く動いて、一日一三時二五分に機能停止に至った。消防車ポンプによる海水注入に切り替えようとしたものの、注水ラインの準備に手間取ったりバルブが開かなかったりして、海水注入が始まったのは二〇時前だった。この間、二号機でもメルトダウン・メルトスルー

図1 2011年3月の福島第1原発からの大気中放出放射能



2011年3月  
堅田元喜らの論文 (Katata, Atmos Chem Phys, 2015) より作成

表1 福島事故とチェルノブイリ事故での主な放射能の大気中放出量の比較

| 核種      | 半減期 | 放出量 (PBq) |           |
|---------|-----|-----------|-----------|
|         |     | 福島事故      | チェルノブイリ事故 |
| ヨウ素131  | 8日  | 300       | 1,760     |
| テルル132  | 3日  | 310       | 1150      |
| セシウム134 | 2年  | 15        | 47        |
| セシウム137 | 30年 | 15        | 85        |

単位：PBq (ペタベクレル) = 10<sup>15</sup> Bq=1000兆ベクレル

表1は、福島原発事故によって大気中に放出された主な核種の放出量をチェルノブイリ事故と比べたものである。福島では、メルtdown炉心から逸散したガス状や揮発性の核種が中心であった。表には入っていないが、炉心そのもので爆発の起きたチェルノブイリの場合、ストロンチウム90やプルトリウムといった不揮発性核種の放出も多かった。

ヨウ素131は体内に取り込まれると甲状腺に集まり、甲状腺ガンを引き起こすことで知られているが、半減期は八日なので三か月もすれば物理的に消えてしまう。長期的な環境影響として問題になる核種は二つの放射性セシウムで、なかでもセシウム137の方である。セシウム134の半減期は二年なので事故から七年経ったいまでは一〇分の一になっているが、セシウム137の半減期三〇年なので七年間では一五パーセント減っただけである。図2は、文科省による二〇一二年の航空機サー

を組み合わせて、放出量を逆算するという手法により大気中への放出量が逆算されている。図1は、原子力開発機構の堅田らの報告から、主な放出核種であるヨウ素131とセシウム134+セシウム137について、二〇一一年三月の毎日の放出量をプロットしたものである。主な放射能放出時期は、三月一五日からの約一週間だったことが分かる。

三月一五日の放射性プルーム(放射能を含む大気塊)は、午前中は南向きの風により、茨城県、千葉県を通じて東京都に達した。都内では一〇時から一一時にかけて、普段の一〇〜二〇倍に相当する毎時〇・五〜一・〇マイクロシーベルトの放射線量が記録された。午後からは風向きが変わり、放射性プルームは次第に西の方に向かい、一五夕方方から翌朝にかけて北西方向、つまり浪江町、飯館村、福島市の方向に流れた。北西方向の人々にとって不運にも、このとき雨や雪と放射性プルームが重なっ

た。プルーム中の放射能が一挙に地表沈着を起こして高濃度汚染地域が形成された。

三月一七日からの三日間の放射能はもっぱら太平洋側に流れている。関東地方に再びプルームが流れたのは二日から二日である。一五日の時にくらべ濃度は低かつ

たものの雨が重なって地表沈着を起こした。東京都周辺に現在も残っている放射性セシウム汚染はこのときに生じた。三月二日に葛飾区金町浄水場で一リットル当り二一〇ベクレルのヨウ素131が検出され大騒ぎになったことを覚えている方も多いであろう。

表1は、福島原発事故によって大気中に放出された主な核種の放出量をチェルノブイリ事故と比べたものである。福島では、メルtdown炉心から逸散したガス状や揮発性の核種が中心であった。表には入っていないが、炉心そのもので爆発の起きたチェルノブイリの場合、ストロンチウム90やプルトリウムといった不揮発性核種の放出も多かった。

ヨウ素131は体内に取り込まれると甲状腺に集まり、甲状腺ガンを引き起こすことで知られているが、半減期は八日なので三か月もすれば物理的に消えてしまう。長期的な環境影響として問題になる核種は二つの放射性セシウムで、なかでもセシウム137の方である。セシウム134の半減期は二年なので事故から七年経ったいまでは一〇分の一になっているが、セシウム137の半減期三〇年なので七年間では一五パーセント減っただけである。図2は、文科省による二〇一二年の航空機サー

を組み合わせて、放出量を逆算するという手法により大気中への放出量が逆算されている。図1は、原子力開発機構の堅田らの報告から、主な放出核種であるヨウ素131とセシウム134+セシウム137について、二〇一一年三月の毎日の放出量をプロットしたものである。主な放射能放出時期は、三月一五日からの約一週間だったことが分かる。

三月一五日の放射性プルーム(放射能を含む大気塊)は、午前中は南向きの風により、茨城県、千葉県を通じて東京都に達した。都内では一〇時から一一時にかけて、普段の一〇〜二〇倍に相当する毎時〇・五〜一・〇マイクロシーベルトの放射線量が記録された。午後からは風向きが変わり、放射性プルームは次第に西の方に向かい、一五夕方方から翌朝にかけて北西方向、つまり浪江町、飯館村、福島市の方向に流れた。北西方向の人々にとって不運にも、このとき雨や雪と放射性プルームが重なっ

ーが進行した。格納容器の圧力が上昇し、ベントが試みられたが上手く行かず、設計耐圧の二倍の圧力が一晩続いた。

三月一五日午前六時、新たな爆発が発生した。免震重要棟の緊急対策室にいた吉田昌郎所長らは、二号機で爆発が起きたものと判断し、緊急要員以外の作業員を退避させた。ところが、四号機建屋で屋根と壁が崩壊し、周辺にガレキが散乱していた。

二号機格納容器圧力は、一五日前七時に約七気圧だったが、しばらく運転員不在の後、午前一一時の次の測定では約一・五気圧に低下していた。この間に格納容器のどこかで大きな破損が生じて大量の放射能放出が始まったと考えられている。二号機建屋では水素爆発は起きていなかった。二号機が水素爆発に至らなかったのは、一二日の一号機爆発の際の衝撃で外壁のパネルが外れたため建屋内に水素が蓄積するのを免れたためだった。

四号機建屋の水素爆発は当初、最上階の燃料プールが干上がり使用済み燃料が高温となって水素を発生したものと推測された。その場合、燃料プールには遮蔽構造物が無いので、原子炉メルtdown以上の惨事となる。米国政府が、福島第一原発から八〇キロメートル内の自国民に避難勧告を出したのもそうした判断からだった。ところが、一六日午後、自衛隊のヘリコプターが四号機に接近し、目視により四号機プールに水が残っているのを確認した。四号機建屋爆発の水素は、後に判明したところでは、三号機ベントの際、四号機と共用している排気筒配管を水素が逆流して四号機建屋に溜まったものと考えられている。

以上、三月一日に地震が発生してから、三月一五日の放射能大量放出に至るまでのイベントを見てきた。三月一六日以降の炉心冷却は、一〜三号機いずれも消防車による海水注入のみであった。しかし、後の分析でも明らかになっ

ているが、消火系ラインから炉心注入までの配管にはいくつかのバイパス経路があり、十分な量の水が炉心に届いておらず、高温状態の炉心からの放射能放出が続いた。二〇日過ぎになって注水ラインが改善されて放出量は減少しはじめた。外部電源も回復し、三月末になって仮設の電動ポンプによる炉心冷却がはじまり、ようやく、「さらなる悪化は免れそうだ」と感じられる状況に至った。

### 放射能放出量と放射能汚染

原発事故の規模を表すのは、第一に環境への放射能放出量である。しかし、壊れた原子炉からどれくらい放射能が放出されたかを見積もるのは容易ではない。放出源での測定値がないので、間接的な方法で推定することになる。福島原発事故の場合、各地で得られた空気中放射能濃度のような測定値と、放出源からの大気拡散シミュレーションで得られる計算結果と



小澤氏は、日本大学の糸長浩司教授らと一緒に長らく飯館村の村興しに協力してきた。放射能汚染の知らせを受けて「飯館村後方支援チーム」を結成したが、放射能・放射線についての経験はないのでいろいろ教えてほしい、という

「連中、隠す気だな！」という考えが私の頭によぎったのは、原発事故が始まってから三日目くらい

クレルのセシウム137が出た。県内で最も高いレベルだ。京都大原子炉実験所の今中哲二助教（原子力工学）によると、一平方メートルあたりに換算して三二六万ベクレルになるという。チェルノブイリ事故では、一平方メートルあたり五五万ベクレル以上のセシウムが検出された地域は強制移住の対象となった。チェルノブイリで強制移住の対象となった地域の約六倍の汚染度になる計算だ。今中さんは「飯館村は避難が必要な汚染レベル。チェルノブイリの放射能放出は事故から一〇日ほどおさまったが、福島第一原発では放射能が出続けており、汚染度の高い地域はチェルノブイリ級と言っているだろう」と指摘した」

内容だった。「渡りに船」とはこんなときのためのコトバであろう。

### 三月二九日の調査

小澤氏から電話があった三日後の三月二八日午後、私たち調査チームの四人（今中、広島大・遠藤、國學院大・菅井、小澤）は飯館村の役場に到着していた。役場周辺の放射線量は毎時五マイクロシーベルトだった。自然の放射線量は、場所によって変動はあるものの、

翌日、役場からワゴン車を出してもらい、村内の主要道路を走りながら、ここかしこで停車し車内

の放射線レベルを測定した。車内の放射線量を道路上に換算し、その時の飯館村全体の放射線量をマップにしたものが図3である。南へ行くほど、つまり福島第一原発に近づくほど放射線量が上がって、広大な地域に汚染が広がっていることは明らかだった。図4は、後に入手した米国NASA（核安全保障局）の航空機サーベイデータを基に作成したセシウム137の汚染マップである。

このときの調査で最大の放射線

図3 2011年3月29日の飯館村全域の放射線量。色分け単位はマイクロシーベルト／時で、黒点は測定点。

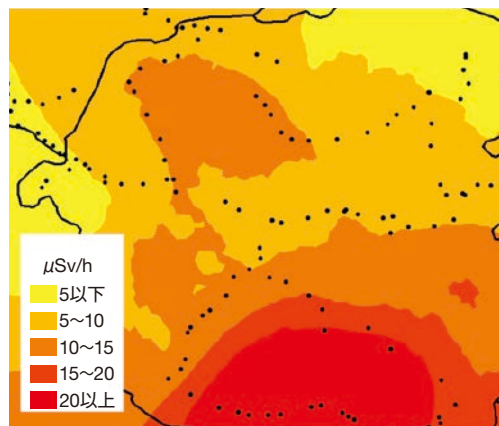


図4 福島第1原発(1F)から北西方向へ形成された高レベル汚染地域

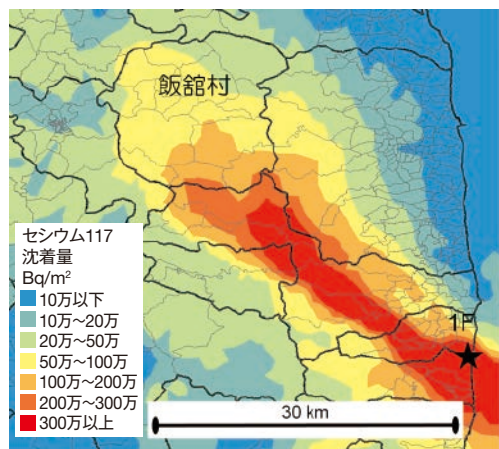
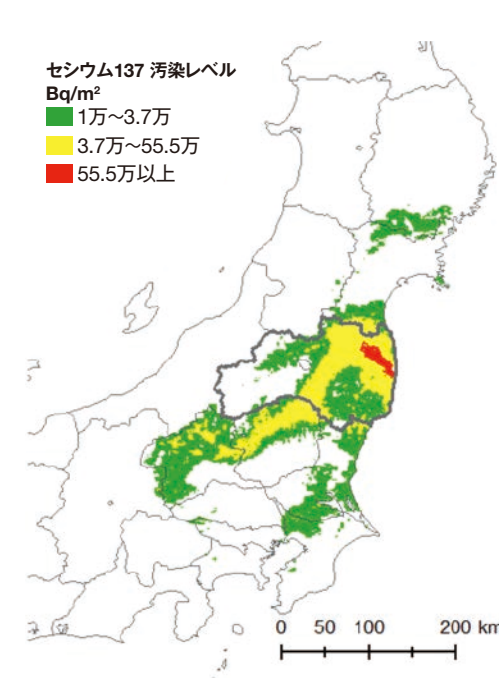


図2 文科省第4次航空機サーベイデータを基に作成したセシウム137地表汚染マップ



染面積は一三〇一七倍となっている。これは、福島では放出された放射能の多くが太平洋の側に流れただけである。また、面積比に比べ住民数比が小さいのは、人口密度の違いを反映している。

### 飯館村調査のきつかけ

「連中、隠す気だな！」という考えが私の頭によぎったのは、原発事故が始まってから三日目くらい

だ。一号機の水素爆発が起きた三月一二日の夕方、避難区域は周辺二〇キロメートルに拡大された。現地に入ったフリージャーナリストからは、線量計が振り切れたというメールが回ってきた。原発周辺で大変な放射能汚染が起きているのは明らかだったが、汚染についての当局からの発表はまったくと言っていいほどなかった。隠す気だなと思った伏線は、一九九九年九月に起きた東海村の

表2 福島事故とチェルノブイリ事故:セシウム137汚染面積と住民数の比較

|             | セシウム137地表汚染レベル |       |                 |        |
|-------------|----------------|-------|-----------------|--------|
|             | 1平方m当り3.7万Bq以上 |       | 1平方m当り55.5万Bq以上 |        |
|             | 面積             | 住民数   | 面積              | 住民数    |
| 福島事故        | 8400平方km       | 159万人 | 767平方km         | 8.2万人  |
| チェルノブイリ事故   | 14.5万平方km      | 591万人 | 1.03万平方km       | 38.4万人 |
| チェルノブイリ対福島比 | 17.2           | 3.7   | 13.4            | 4.7    |

沢野伸浩の論文（『科学』2017年3月号）より作成

の法律が出来た一九九九年十二月、政府の高官が、「JCO事故では情報がバラバラに発表されてまじかった。今後は新しく設置されるオフサイトセンターで情報は一元的に管理する」と述べるのを聞いて、「次のときはまずい情報は出さないということかいな」と思ったのが頭の隅に残っていたからである。

実は、地震・津波が起きた三月十一日の午前、私はウクライナからのゲストを関西空港に迎えた。チェルノブイリ二五年の公開セミナーを一七日に予定していたからである。なんとかセミナーを終え二〇日に彼を送り出した。おっとり刀で福島現地調査の準備にかかっていた二五日、東京の小澤祥司氏から電話が入った。朝日新聞に出た以下のような私のコメントを見たからだ。

「原発から北西に約四〇キロ離れた福島県飯館村では二〇日、土壌一キログラムあたり一六万三千ベ



図5 放射能汚染が起きてから避難するまでの  
飯館村民の外部被曝量分布

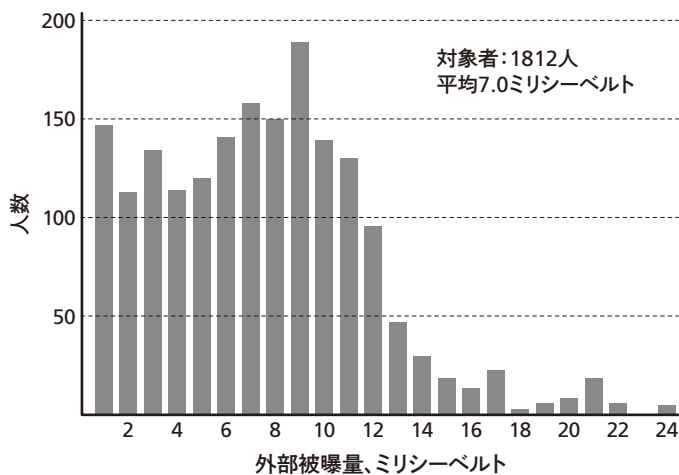
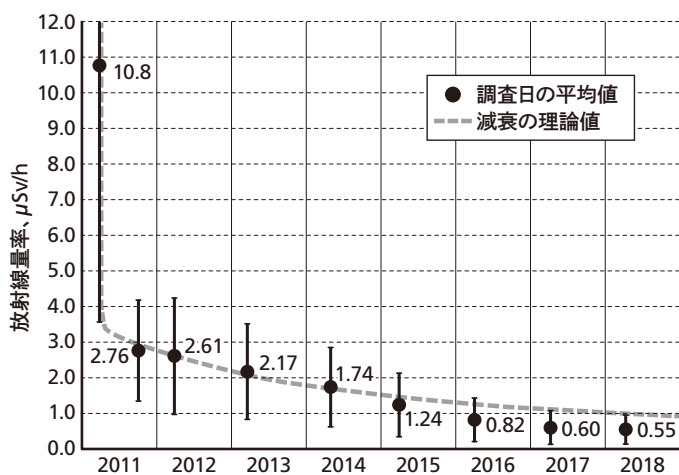


図6 飯館村走行サーベイによる平均放射線量の推移



を推定した結果が図5である。平均の外部被曝量は七ミリシーベルトとなった。福島県がやっている県民健康調査での飯館村の平均外部被曝量は三・六ミリシーベルトなので、私たちの値は約二倍となった。普通の人からすれば大きな違いかも知れないが、私からすれ

ばどちらも誤差の大きな調査なので、違っているというよりほどほどに合っていると考えている(プロジェクトの当初の思惑では、ヨウ素131の取り込みにもなう甲状腺被曝量の推定も試みるつもりでいたが、外部被曝に比べ内部被曝は不確定要因が大きく、報

告できるような結果が得られなかった。私としては、いまでも残された宿題と思っている。

### その後の飯館村調査

二〇一一年三月に行った飯館村全域の放射線量調査は、半年後、一年後、二年後……と継続し、今年三月三十一日に丸七年の調査を行った。この七 year 間に平均放射線量が減って行く様子をプロットしたものが図6である。今年の測定値の平均は毎時〇・五五マイクロシーベルトで、七年前の毎時一〇・八マイクロシーベルトに比べ約二〇分の一に減少した。図の破線は、放射線の物理的な減衰だけを考慮した理論値である。最初の三年間は測定値と理論値の減り方はほぼ一緒であるが、二〇一五年からは測定値の方が小さくなり、昨年と今年は理論値の約半分である。こうした違いは、二〇一四年から本格的に始まった除染の効果と思われる。つまり、二〇分の一に減ったうち、自然減衰で一〇分の一となり、さらに除染効果でその二分の一となったと考えてよい。

避難指示解除を前にした一昨年、私たちのグループは、飯館村に戻った際の被曝量を見積もっておくために、地元の方の協力を得て、除染が行われた家屋周辺の放射線



2011年3月29日朝、「までいな家」の前で。左から遠藤、今中、菅井、役場職員、小澤

量を記録したのは、長泥地区のたんぼの真ん中で毎時三〇マイクロシーベルトだった。私の職場には小さな研究用原子炉(京大炉、最大熱出力五〇〇キロワット)があり、管理や実験で私も管理区域に入ることがある。その管理区域内で毎時二〇マイクロシーベルトを超える場所には、放射線管理部が「高放射線量率区域」という標識を出している。私のような普通の放射線作業者はむやみに立ち入るな、という注意書きである。三月二十九日の飯館村には、そのよう

な汚染環境の中で、子供やお年寄りを含め人々はまだ普通の生活を続けていた。私たちは毎時三〇マイクロシーベルトの場所の土壌をサンプリングし、持ち帰って放射能の分析を行った。どんな放射性核種がどれくらい含まれていたかが分かると、飯館村で汚染が起きた三月一五日夜の放射線量を推定することができる。三月一五日夜のその場所の放射線量は毎時一五〇(二〇〇マイクロシーベルト)となった。後に私たちは、飯館村の人々を対象に聞き取り調査を行ったが、長泥地区の方から、「三月一五日の夜にね、白装束の人たちが車でやってきて放射線を測って行ったけど、数字を教えてくださいなかった」と聞かされた。その数字はどこに報告され、誰がどう判断したのでろう。当時の原子力安全委員会関係者に会う機会があつて、「あんたら、あのとき一体何をしていたんだ」と聞くと、「今中さん、あのときはまったく情報が回って

こなかった」との答えだった。「情報を隠したな!」というより、「三つの原子炉と同じく、日本の原子力防災システムもメルトダウンしてしまった」というのが私の今の判断である。

### 飯館村初期被曝評価プロジェクト

飯館村が「概ね一か月を目処に避難しなさい」という計画的避難区域に指定されたのは、四月二二日だった。飯館村は畜牛が盛んで牛の世話や処分に手間取ったりして、だいたいの村民の避難が終わったのは七月末頃だった。水素爆発のあとに早々と避難指示が出された原発周辺と違って、飯館村など計画的避難区域の人々は、大変な汚染の中で数か月生活を続け、かなりの被曝を受けたはずだった。飯館村の汚染データの分析から、人々が避難するまでの毎日の居場所情報が分かれば村民ひとりひとりの被曝線量を見積もることができると私は考えていた。

二〇一二年の秋、環境省から「放射線の健康影響に係わる研究調査事業」という研究公募があり、「飯館村の初期放射線被曝評価」というテーマで今中を代表として応募したところ採択され、飯館村初期被曝評価プロジェクトを立ち上げた。二〇一三年七月からはJRF福島駅前にプロジェクト事務所を出して、地震が起きてから避難するまでの村民の行動を聞き取るインタビュー調査を始めた。一〇月末までに四九六家族一八二二人分の情報が集まった。飯館村民の約三割に相当している。そのデータを基に避難するまでの外部被曝量



2011年3月29日放射線量最大値毎時30マイクロシーベルト(μSv)を記録した長泥地区の田んぼでの測定。2018年3月31日の調査では、同じ場所で毎時4μSvだった

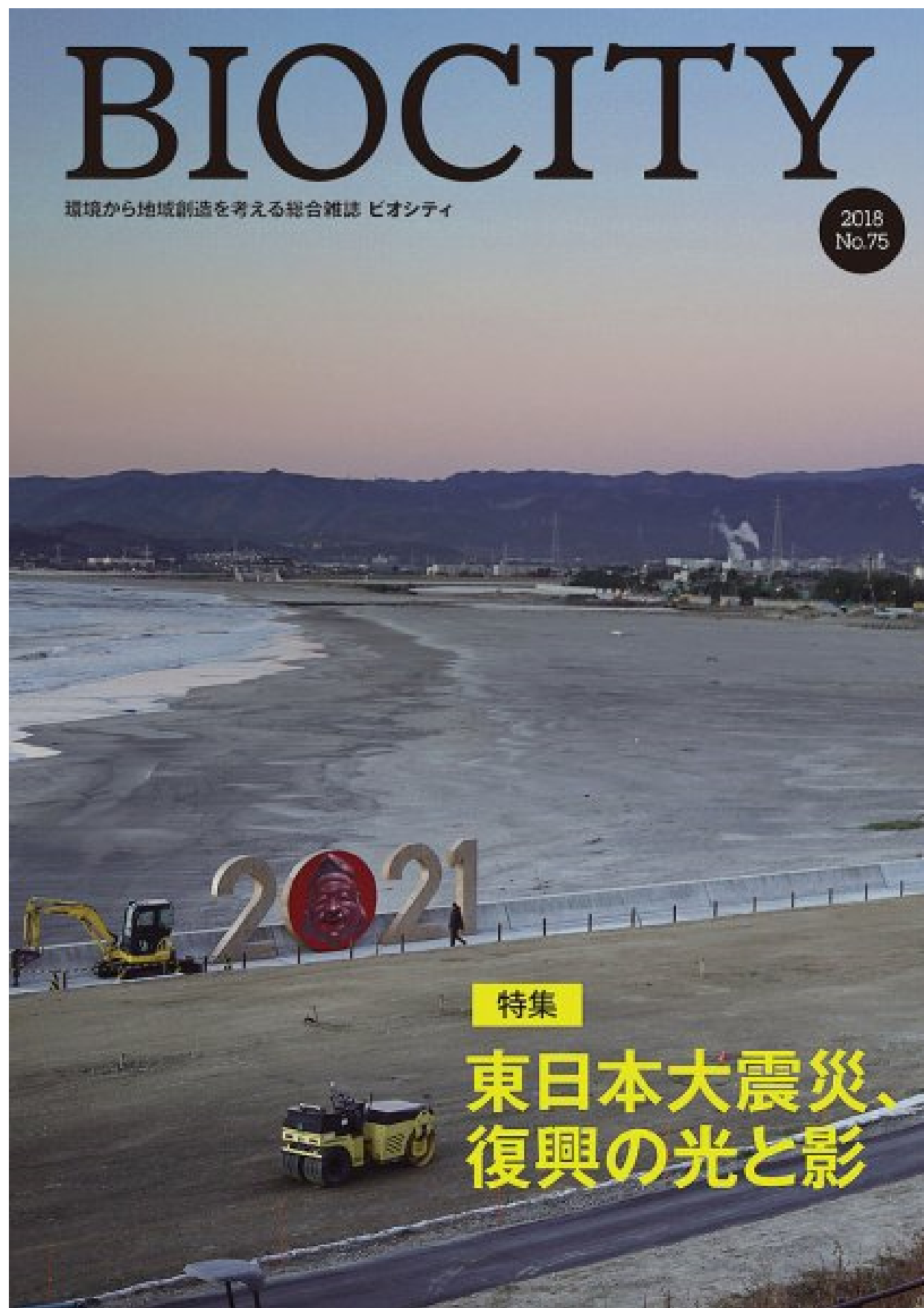
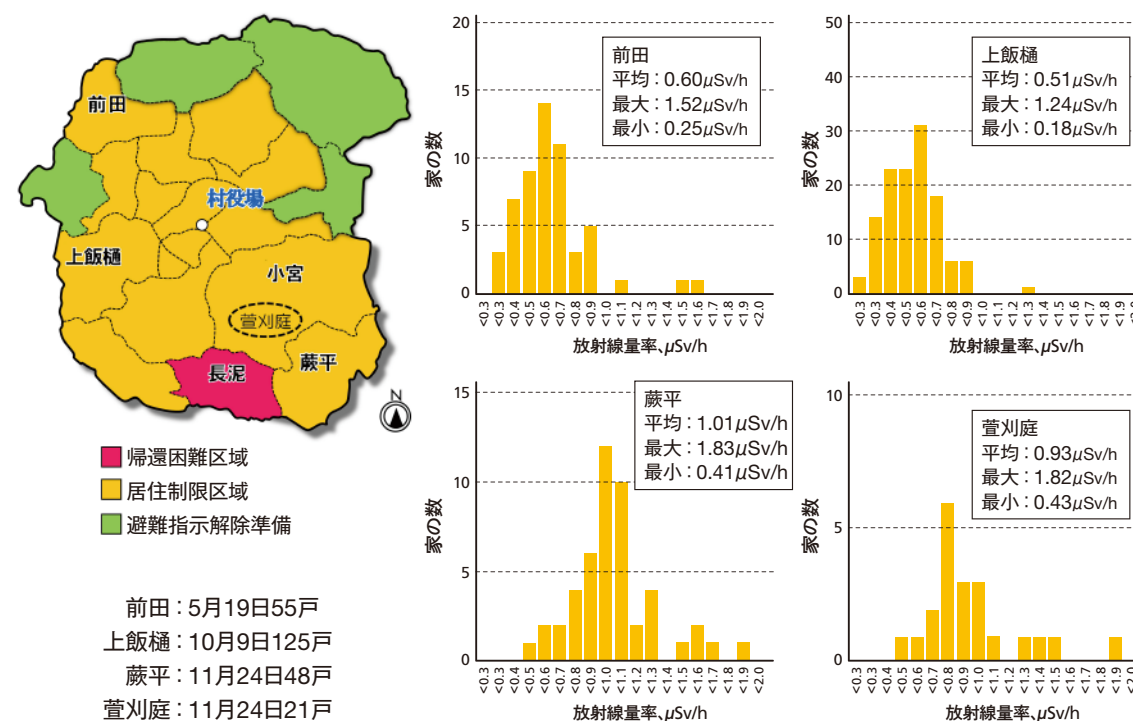


図7 飯館村内4地区での除染終了後の庭の放射線量分布(2016年)



量を測定した。図7は調査した四地区の家々の庭の放射線量の分布である。家屋回りの平均的な放射線量は、比較的汚染の低い上飯樋や前田で毎時〇・五マイクロシーベルト、汚染の高い蕨平や萱刈庭で毎時一マイクロシーベルト程度であった。日本家屋の放射線透過係数を〇・四とし、村に戻ったときの外部被曝量を通常のやり方で求めると年間三〜五ミリシーベルトとなる。避難指示が解除された飯館村に戻ると、少なくともこの程度の被曝をガマンせざるを得ない。飯館の人たちが生活圏の一部としてきた山や森は、もともと汚染が大きく除染もされていないので、山や森に入るとその分被曝は大きくなる。昨年三月末に避難指示が解除され、これまでに村に戻った方は一割余りで、ほとんどがお年寄りだそう。

ような問題ではない。これからの汚染の主役が半減期三〇年のセシウム137であることを考えると、政府が除染の目標と言っている年一ミリシーベルト以下に飯館村の汚染が下がるのは、あと五〇年、一〇〇年が必要だろう。ところが、政府や東電は、避難指示解除後の毎月慰謝料や家賃補助を打ち切ったりして、人々をむりやり村に戻そうとしている。そもそも原発事故がなければ、避難などあり得なかったことを考えるなら、被災者がどのような選択をしようと、政府や東電にはその選択を支援する責任があるはずである。

最近の福島では、放射能汚染の問題を話題にすることは憚られるらしい。復興の妨げになるということ、マスコミが放射能汚染をとりあげることも減っているそう

だ。被災地の復興は誰も望むことだが、被災者の切り捨てや分断のない形で復興が進むことを願っている。