

## 《論文》

## チェルノブイリ被災地の土壤汚染基準と測定法

尾松 亮\*

## 要約

チェルノブイリ被災国では、土壤汚染レベルが3万7000Bq/m<sup>2</sup>以上の地域を法的に被災地と認める。このような土壤汚染基準は、当初チェルノブイリ事故（1986年4月26日）直後に「55万5000Bq/m<sup>2</sup>以上＝嚴重放射線管理区域」として導入され、その後91年に成立したチェルノブイリ法でより汚染度の低い地域も、補償・支援の対象に含まれるようになった。

当初この土壤汚染基準は、定められた被ばく限度を超える内部被ばくを防ぐために設けられた。そして、政府機関が定めた測定ガイドラインに従って広い地域で土壤サンプル調査が行われてきた。森や農地など住居から離れた活動領域も測定対象とし、子どもの活動領域の調査や、ホットスポットの割り出しに力を入れている。測定データは、防護策策定や住宅建設地選定、放射性物質の移行に関する科学調査に用いられている。

原発事故後の日本でも、住民の活動領域・周辺領域も含むリスク把握のための土壤測定が求められる。日本では、山地から川を通じた放射性物質の移動が生じやすいこと、水環境を通じた汚染物質拡散のリスクが高いことも考慮し、独自の土壤・水質汚染調査制度を確立すべきである。

## キーワード

チェルノブイリ、福島、土壤汚染、放射線測定

## 1 はじめに

福島第一原発事故後の日本では、被害を受けた地域における住民の被ばくレベルは主に空間線量からの推計で評価されてきた。

これは地面から一定距離離れた高さでの空間線量をもとにした推計であり、過小評価につながる可能性が指摘されてきた。また一部の地域でガラスバジによる測定も行われてきたが、これについても正面からの放射線を胸の高さでとらえるにすぎず、被ばくリスクを正確に反映したものでは

ないとの意見がある。

このような議論のなかで、地域の放射線リスクを評価する一つの参考値として土壤の汚染度を計測する必要性が指摘されている。この文脈で、土壤汚染度を基準に被災地を区分するチェルノブイリ被災地の制度への関心が高まっている。

たとえば福島第一原発事故による汚染地域の広がりやGISを活用してマップ化した研究者沢野伸浩氏は次のように述べている。

旧ソ連では、一平方メートル当たり五五・五万ベクレルを超える高濃度のセシウム一三七

\*関西学院大学災害復興制度研究所

で汚染されたエリア、すなわち【第一ゾーン】と【第二ゾーン】には居住できないことにされていた。私は、福島第一原発事故でも同様のレベルで汚染されている地域があるかもしれないと考え、NNSA が公開した放射能実測値データと GIS を使い日本国内における「四つのゾーン」を特定してみることにした。<sup>1)</sup>

[沢野 2013 : pp. 144-145]

福島第一原発事故後の日本にとって、一自治体に収まらない広い範囲に放射性物質が拡散し長期の汚染が残ることになった原子力発電所事故としては、チェルノブイリ原発事故は重要な先例である。このほぼ唯一の先例において、どのように汚染調査が行われ、どのような基準が適用されたのか、参考にすることはきわめて重要である。先例であるチェルノブイリ被災地で、汚染状況の調査に際して、空間線量だけでなく土壤汚染基準が適用されていることは無視できない。日本でも、原発事故の影響を受けた地域で、空間線量だけでなく地域の土壤汚染レベルを調査し、土壤汚染を考慮に入れた対策が求められている。

しかし、チェルノブイリ被災地でそもそもなぜこの「〇〇ベクレル/m<sup>2</sup>」という基準が設定されたのか、汚染レベルはどのような調査によって割り出されているのか、日本ではほとんど紹介されていない。

チェルノブイリ被災地における土壤汚染基準は、旧ソ連における事故以前からの法体系やユーラシアの地形的特徴を考慮して生み出されたものでもある。また土壤汚染度調査は、チェルノブイリ原発事故後に策定された独自のガイドラインに基づいて行われている。これらの背景を考慮せず、そのまま同じ基準を日本に当てはめることは必ずしも最も効果的とはいえない。

誤解がないように前置きするが、筆者はチェルノブイリの基準を日本で参考にすることに肯定的な立場である。しかし制度の背景にある思想や規則の詳細を知らないまま議論すれば、「チェルノブイリでは55万5000Bq/m<sup>2</sup>=5mSv/年の換算だ」「町全体がまんべんなく18万5000Bq/m<sup>2</sup>を超えていないと移住の権利が認められない」というような誤解と支援策の過小評価につながる可能性が

り、それを懸念する。

本稿の目的は、「チェルノブイリ土壤汚染基準導入の背景」「土壤汚染度測定規則」についての基本的な情報を整理し、日本での議論の前提として提供することである。そして、日本における汚染地域調査のありかた、土壤汚染基準導入の可能性について論点を提示したい。

## 2 被災地認定の基準としての土壤汚染度

1991年に旧ソビエト連邦のロシア、ウクライナ、ベラルーシの3共和国で成立したチェルノブイリ被災者保護法(チェルノブイリ法)は91年末のソ連崩壊以降、度重なる改正を経ながらも、独立した国となったこれら3国で運用が続けられてきた。

この法律は、どんな地域を「チェルノブイリ被災地」と認めるのか、基準を示している。また「被災地」は、「立ち入り禁止ゾーン」「移住の権利のあるゾーン」など、いくつかのゾーンに分類される。

以下、主にロシアの制度<sup>2)</sup>を軸に、チェルノブイリ法の被災地認定基準と被災地分類の仕組みを説明する。ウクライナやベラルーシでも、ほぼ同じ基準に基づき、同様の分類が採用されてきた。

ロシアのチェルノブイリ被災地区分は、ロシア版チェルノブイリ法の第7条「放射能汚染地域」で決められている。汚染地域は被ばく量基準と土壤汚染基準の組み合わせによって規定される。

以下のいずれかの基準を満たせば「放射能汚染地域」と認められる。

- ① チェルノブイリ原発周辺地域、および1986年とその後の数年に避難と退去が行われた地域
- ② 1991年以降、一般住民の実効線量が1ミリシーベルト/年を超える地域
- ③ 1991年以降、土壤のセシウム137濃度が1キュリー/km<sup>2</sup>を超える地域

まず①の規定に注目してほしい。「チェルノブイリ原発周辺地域」とあるように、ここでは放射線量や汚染度を問わない。事故が起きた原発から

「近い」(主に 30km 圏) 地域は「被災地」と規定し、立ち入りを制限している。

②は、地域の推定被ばく量で被災地を決める基準である。原則 1 ミリシーベルト/年を超える被ばくがあると推定される地域を、被災地と認める。

ちなみにこの「1 ミリシーベルト/年超の追加被ばく量」のある地域では「移住の権利」が認められる(「移住の権利ゾーン」)。そして一般住民が「5 ミリシーベルト/年超の追加被ばく」を受ける地域に住み続けることは、原則として認めない。これらの地域からは段階的避難を義務づける(「義務的移住ゾーン」)。この 1 ミリシーベルト基準はチェルノブイリ被災者保護法の根本原則であり、チェルノブイリ法が成立(1991)する前年に ICRP 主委員会が採択した 90 年勧告の基準に依拠している。

③が本稿の主題でもある地域の土壌汚染度による認定基準である。土壌汚染度が 1 キュリー/km<sup>2</sup> (3 万 7000Bq/m<sup>2</sup>)<sup>3)</sup> 以上であれば「被災地」と認められることになる。なお土壌汚染度が高い地域ほど、1 から 4 ゾーンのうち、高いレベルのゾーンに分類される。汚染度が 40 キュリー/km<sup>2</sup> (148 万 Bq/m<sup>2</sup>) を超えれば居住が制限される。ゾーンレベルが高い地域の住民、当該地域からの避難者には支援や補償も比較的手厚くなる。

このように推定被ばく量と土壌汚染度を基準にして、チェルノブイリ被災国は「被災地」として認定するかを判断する。そして 1「立ち入り禁止区域」、2「段階的に移住を義務づける地域」、3「移

住の権利を認める地域」、4「移住権はないが補償の対象となる地域」の 4 つのゾーンに分類する(表 1 参照)。

表 1 が示すようにチェルノブイリ法では各対象ゾーンについて「土壌汚染が〜キュリー/km<sup>2</sup>(Bq/m<sup>2</sup>) で、推定被ばく量〇〇ミリシーベルト/年を超える地域では移住権を認める」というように、土壌汚染度と推定被ばく量の基準を並べて示している。<sup>4)</sup>

基準①は衛生基準というよりも事故が起き今も廃炉に向けた作業が続く原発における不測の事態を考慮した政策判断である。②については、ICRP 国際放射線防護委員会の 90 年勧告に基づく基準である。問題はこの③の土壌汚染基準の位置づけである。チェルノブイリ法の基準はそもそも「86 年生まれの子ども達に生涯 70 ミリシーベルトを超える被ばくをさせない」という政府決議(居住コンセプト)に基づいており、住民の被ばく量(平均実効線量)を基準に規制や防護措置を定めることが原則である。<sup>5)</sup>

なぜ、チェルノブイリ法 7 条には土壌汚染基準が明記され、それが汚染地域認定の主な基準として適用されてきたのか。この土壌汚染基準はどのような背景で導入され、土壌汚染を考慮して被災地域の状況を調査することにどのような意義があるのか。

土壌汚染基準導入の背景、測定方法について入手できた文献からまとめてみたい。

表 1 ロシアのゾーン区分

地域区分	主な区分基準	実施される施策
1: 隔離ゾーン	チェルノブイリ原発周辺地域、および 1986 年および 1987 年に放射性安全基準にしたがって住民の避難が行われた地域	住民の定住は禁止される。企業活動や自然利用が制限される。
2: 退去対象地域	土壌のセシウム 137 濃度 15Ci/km <sup>2</sup> (55 万 5000Bq/m <sup>2</sup> ) 以上	土壌のセシウム 137 濃度が 40Ci/km <sup>2</sup> 以上(または 5mSv/年超)の地域では、住民を強制退去させる。それ以外の「退去対象地域」では、移住を希望する住民には移住にかかわる補償を受ける権利が認められる。
3: 移住権付居住地域	土壌のセシウム 137 濃度 5Ci/km <sup>2</sup> (18 万 5000Bq/m <sup>2</sup> ) 以上 15Ci/km <sup>2</sup> まで	移住を希望する住民は移住にかかわる補償を受ける権利が認められる。 (* 1mSv/年以下の地域では移住権は認められない)
4: 特恵的 socioeconomic テータス付居住地域	土壌のセシウム 137 濃度 1Ci/km <sup>2</sup> (3 万 7000Bq/m <sup>2</sup> ) 以上 5Ci/km <sup>2</sup> まで	住民に対する放射線被害対策医療措置、住民の生活レベル向上のための環境保全・精神ケアサポートが実施される。

資料：ロシア版チェルノブイリ法の関連条文をもとに筆者作成

### 3 土壤汚染基準の導入とその論理

そもそも、チェルノブイリ原発事故被災地で「土壤汚染度」基準はどのようにして導入されたのか。『放射線医学と放射線安全』誌2016年61巻3号に掲載されたL. イリイン他による論文「チェルノブイリ原発事故対応に際しての住民の放射線防護」<sup>6)</sup>において、チェルノブイリ原発事故(1986年4月26日)直後に土壤汚染基準が導入された経緯について、次のように述べられている。

(訳注:1986年)5月末に、内部被ばくレベルに応じた汚染地域の区分のために居住地点における、生物学的に影響の大きい長寿命核種Cs137、Sr90、Pu239およびPu240による平均土壤表面汚染度を使用するよう提案がなされた。

土壤表面汚染度の基準はCs137で55万5000Bq/m<sup>2</sup>、Sr90で11万1000Bq/m<sup>2</sup>、Pu239およびPu240で3700Bq/m<sup>2</sup>である。

[Ильин 2016]

「居住地点」(Naselyonnyi punkt)とは、ソ連時代から適用されている地域区分の最小単位である。複数の住民が定期的に居住(季節労働者が数カ月だけ住む集落などは対象外)していることを前提にした居住地域分類で、必ずしも市役所・村役場などを有する地方自治体の区分とは一致しない。5世帯程度が住む村落が一つの「居住地点」と分類されていることもある。「居住地点=日本の市町村」と考えると大きなずれが生じるので、注意が必要である。後述するように、土壤汚染調査も居住地点単位で行われるが、多くの場合「居住地点」は日本の市町村よりもずっと小さい。

上に引用したイリインらの論文によれば、事故のあった86年にすでにセシウムで55万5000Bq/m<sup>2</sup>(実際にはkm<sup>2</sup>平均15キュリーという単位で評価)を超える地域は「嚴重放射線管理区域」と設定され、その地域の住民の一時避難、夏季の児童疎開、地産食品接種規制などの防護策が実施された。91年に成立したチェルノブイリ法ではこの55万5000Bq/m<sup>2</sup>を超える地域は「退去対象地

域(第二ゾーン)」とされ、この地域で91年以降も住民の内部被ばく・外部被ばく合算で5mSv/年を超える地域からは、段階的な移住が義務づけられることになる。

上記のイリイン等の論文では次のように述べられている。

セシウム137で55万5000Bq/m<sup>2</sup>を超える地域内の、各居住地点では平均土壤汚染度が割り出された。7月18日までには「住民の外部・内部被ばくレベル推計法の指針」が策定・採択され、1986年夏季に集団での児童及び妊婦の非汚染地域への疎開が実施された居住地点における年間被ばく量の推定が行われた。

[Ильин 2016]

この対象地域はさらに1「特別な規制なく帰還を認める地域」、2「地産食品接種規制を設けたうえで帰還を認める地域」、3「帰還は認められない地域」の三つに分類された。チェルノブイリ原発から北東に200~400kmほど離れたロシア西部のブリャンスク州は、事故後の風向きと雨により深刻な汚染被害を受けた。ブリャンスク州における「嚴重放射線管理区域」の設定についてロシアの研究者A. ヴォイストロチェンコは『チェルノブイリとブリャンスクの地』<sup>8)</sup>において次のように述べている。

これらすべての地域は三つのゾーンに分類された。第一ゾーン「15キュリー/km<sup>2</sup>以下」、第二ゾーン「15~40キュリー/km<sup>2</sup>」、第三ゾーン「40キュリー/km<sup>2</sup>以上」。第二および第三ゾーンは「嚴重管理区域」に位置づけられ、複合的な防護・規制措置が行われた。

[Войстроченко 2008 : p. 87]

後にチェルノブイリ法「第二ゾーン」の基準にもなる15キュリー/km<sup>2</sup>という数値レベルは、すでに事故から1カ月後の1986年5月末には導入されていたのである。

しかしチェルノブイリ法の場合には、より汚染度の低い地域も対象に、5キュリー/km<sup>2</sup>(18万5000Bq/m<sup>2</sup>)で「移住の権利ゾーン」、1キュリー

/km<sup>2</sup> (3万7000Bq/m<sup>2</sup>) で防護策を講じる必要のある汚染地域として認定する。

事故直後の時点で、導入された「嚴重放射線管理区域」の基準は15キュリー (55万5000Bq/m<sup>2</sup>) であった。この時点ではまだ15キュリーを下回る地域は、対策や防護の重点対象とは認められていない。どのような論理でこの55万5000Bq/m<sup>2</sup> (15キュリー/km<sup>2</sup>) という数字が設定されたのか、文献から確認してみたい。

この「嚴重放射線管理区域」(15キュリー/km<sup>2</sup>) 設定の背景には、チェルノブイリ事故直後にソ連政府が設定した緊急時の被ばく基準がある。

チェルノブイリ事故前のソ連の放射線安全基準 NRB (76/87) は、平時の住民の年間被ばく限度を最大5ミリシーベルトと定めていた。これは核施設周辺住民など、特に被ばくレベルを下げることの難しい状況にある「一部の住民」に対する限度値である。他の一般住民、特に妊婦や子どもにはこれよりも低く、できるだけ被ばくの負担を下げるよう努める方針もこの基準に示されていた。

しかしこの放射線安全基準では原発事故のような非常時には、政府が平常時の被ばく限度を超える暫定被ばく限度を定めてよいことになっていた。ソ連の放射線防護委員会は、チェルノブイリ事故後1年目の住民の被ばく限度を100mSvまで引き上げた。その後、次の87年から30mSv、88

年には25mSvと段階的に基準を引き下げている。

この「被ばく量」は外部被ばくと内部被ばくの合算である。事故直後1年目の緊急時基準として設定された100mSv/年の場合、外部被ばく50mSv+内部被ばく50mSvの限度以内に被ばく量を抑えることが求められた。つまり、被ばく量を基準値以内に抑えるには1年目には、住民の内部被ばくを50mSv以内にとどめることが必要であり、そのための対象地域の割り出しと、一時避難を含む対策の策定が必要になった。その重点的な防護策を実施する対策地域の設定のため、導入されたのがこの15キュリー/km<sup>2</sup> (55万5000Bq/m<sup>2</sup>) の基準であった。

事故直後から放射線状況のモニタリングを行ってきたソ連水文気象委員長 Yu. イズラエリは事故から4年後1990年の『科学と生活』誌における「チェルノブイリのこだま」と題した論文で次のように、この「嚴重放射線管理区域」基準の導入について説明している。

これらのゾーンは、ソ連邦保健省により決められた事故時の被曝基準—事故後一年で100ミリシーベルトに基づき、定められた。呼吸や食料品の摂取を通じて放射性物質が人体に取り込まれることで起こる内部被ばくを限度値におさめるために、1986年夏には追加基

表2 チェルノブイリ原発事故当時のソ連の放射線基準

カテゴリー	基準	非常時の適用
A 専門従業者	「限界許容被ばく量」50mSv/年	事故収束期間全体で限界許容被ばく量の5倍まで引き上げが認められる。
B 一部の住民 (核施設周辺住民等)	「被ばく限度量」5mSv/年	事故の規模を考慮して、暫定被ばく限度を定める。
C 一般住民	具体的な数字はこの基準では定めない。環境被ばく、医療被ばくを抑えるよう保健省令などで別途定める。妊婦・子どもに特に配慮を求める。	

資料：「放射線安全基準76/87」をもとに作成

表3 事故後非常時の被ばく基準の推移

年	1986	1987	1988	1989
暫定被ばく限度 (mSv/年)	100	30	25	25

資料：MЧС, Российский национальный доклад 25 ЛЕТ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2011, Москва, 2011. p. 22.

準として主要な長寿命核種による土壤汚染度の基準が導入された。セシウム137で15キュリー/km<sup>2</sup>、ストロンチウム90で3キュリー/km<sup>2</sup>、プルトニウム239および240で0.1キュリー/km<sup>2</sup>という基準である。

[Израэль 1990 : p. 28]

また、上述のイリインらの論文では、どのような計算に基づいてこの15キュリー/km<sup>2</sup>基準が導入されたのか、次のように説明されている。

セシウム137ベースでの1キュリー/km<sup>2</sup> (3万7000Bq/m<sup>2</sup>)あたりの換算による、セシウム134およびセシウム137からの事故後1年目の内部被ばくに関する最初の評価は、避難措置を行わなかった場合で6.2mSv/年、非汚染地域への10日~128日間(5月5日~9月1日)の一時避難を行った場合に2.8mSv/年であった。

この推計でいけば、15キュリー/km<sup>2</sup> (55万5000Bq/m<sup>2</sup>)の汚染度は、避難措置を行わない場合およそ100mSv/年の内部被ばく<sup>11)</sup>、一時避難を実施した場合に50mSv/年に相当するものであった。

[Ильин 2016]

つまりは、事故1年目の住民のセシウムからの内部被ばくのレベルを50mSv/年以内に抑える(外部被ばくと合わせて1年目の緊急時被ばくを100mSv以内に収める)ためには15キュリー/km<sup>2</sup>の汚染度がある地域を特定したうえで、一時避難措置を行わなければならないということになる。

実際にソ連政府が、そのように区域設定と防護策を行ったことが前出のヴォイストロチェンコの本からもわかる。「嚴重放射線管理区域」からは子ども達が非汚染地域に連れ出され、少なくともソ連で新学期が始まる9月までは汚染地域に戻らないように疎開措置が行われた。このことは、ロシア西部ブリャンスク州ノボズィプコフ市の教育団体の関係者からの証言でも確認できている。教育団体「ラジミチ・チェルノブイリの子ども達へ」の創設者パーベル・ヴドビチェンコ氏は、事故後1年目の児童疎開について次のように語っている。

1986年6月~7月にかけて、本格的に子どもたちや家畜の疎開が始まった。子どもたちは9月に新学期が始まるまで、夏の間戻らなかった。その時期には外に出ても人も動物もいなかった。町が空っぽになってしまったように感じた。

[尾松 2016 : p. 39]<sup>12)</sup>

このセシウム137で15キュリー/km<sup>2</sup>という基準は、91年にチェルノブイリ法に取り入れられて法制化される。チェルノブイリ法では、法律が制定された91年以降の時期にセシウム137で15キュリー/km<sup>2</sup>の汚染度を超える地域は第二ゾーン(退去対象地域)とされる(表1参照)。

なお、日本の報道や専門家がしばしば繰り返してきた「チェルノブイリ被災地では日本で行ったような厳しい食品流通規制を行わなかった(ため内部被ばくが高くなった)」という説明は、全面的に正しいとはいえない。

前出のヴォイストロチェンコの記述から、チェルノブイリ原発から200km以上離れたロシア西部ブリャンスク州でも、当時としてはかなり大規模かつ本格的な食品接種規制や防護策が行われていたことがわかる。

すべての地区で精肉・生乳企業、衛生局、動物・微生物防疫ラボラトリーに、農産物や食料品のチェックを行う放射線検査グループが形成された。すでに1986年5月の時点でブリャンスク州西部のすべての地区とブリャンスク市(訳注:州の行政中心地。チェルノブイリ原発から約400km)に、保健所システムの枠内また州農工委員会の管轄で合計10カ所の常設放射線検査所が開設された。これらの検査所は、市場に出される農産物や森の幸を検査し、薬草、キノコ等の採集に関する詳細な勧告を策定した。多くの地域で、湖や川での漁獲や、キノコおよび一部の薬草の採取が禁止された。(以下略)

[Войстроченко 2008 : p. 87]

ヴォイストロチェンコによれば、そのほかにも林業の制限や、同州西部地域の7万1500人を対象

にしたヨウド剤によるヨウ素 131 からの内部被ばく防護措置などが行われている。

これらの防護措置を行ってようやく、事故 1 年目に 50mSv/年の限度以下に内部被ばくを抑えられる。これが 1 年目における、セシウム 137 で 15 キュリー/km<sup>2</sup> を超える「嚴重放射線管理区域」のリスク評価なのである。

ここまで論じてきた内容について、注意すべき点を以下に示す。

要点 1： 事故 1 年目にセシウム 137 換算で 15 キュリー/km<sup>2</sup> 以上の地域では約 100mSv (93mSv) の内部被ばくが推定されている。

91 年に成立したチェルノブイリ法では、91 年以降の時点でセシウム 137 で 15 キュリー/km<sup>2</sup>(55 万 5000Bq/m<sup>2</sup>) を超える地域を第二ゾーンと設定している。第二ゾーン(退去対象地域)で義務的移住対象となる被ばく量のレベルが 5mSv/年超であることから、「55 万 5000Bq/m<sup>2</sup>=5mSv/年」という換算が可能であるように誤解されている。たとえば 2011 年 7 月 5 日付毎日新聞「放射性物質：チェルノブイリの強制移住基準超も……親ら調査」では「チェルノブイリ事故での基準 55 万 5000 ベクレルは、年間被ばく線量では 5 ミリシーベルトに当たるとされる」と述べられている。

チェルノブイリ被災地の制度のなかでそのような換算はされていない。

上記イリインやイズラエリらの推計に基づけば、土壌汚染度 55 万 5000Bq/m<sup>2</sup> の地域では、事故直後 5mSv/年よりもずっと高い内部被ばくが懸念されていた。91 年時点で 15 キュリー/km<sup>2</sup> の地域は(86 年にも 15 キュリーを超えていた可能性が高く)、事故直後の 1 年目に何の防護策も取らなければ 100mSv/年近い内部被ばくがありうるとされた。

なお、上述のイズラエリ氏の論文で「呼吸や食料品の摂取を通じて放射性物質が人体に取り込まれることで起こる内部被ばくを限度値におさめるため」の基準であることが明示されている通り、この土壌汚染基準(15 キュリー基準)導入時(事故 1 年目)には、内部被ばくの経路として呼吸による吸入が重視されていたことがわかる。

長期的にはチェルノブイリ被災地では、土壌からミルクやキノコなどに取り込まれた放射性物質による内部被ばくが問題となった。しかし、事故 1 年目の内部被ばくに関しては、直接放射性物質が降り注いだ食品の摂取、呼吸による被ばくが大きな割合を占めるものと見積もられている。

セシウム以外の放射性物質の放出量、実際に取られた食品制限の対策に違いがあるため、日本でチェルノブイリ被災国と同じ計算をすることはできない。それでも、チェルノブイリ原発事故直後のソ連政府が採用したリスク評価に基づけば、セシウム 137 で 15 キュリー/km<sup>2</sup> 以上の土壌汚染がある地域では、事故 1 年目には空気中の吸入を含む経路で、5mSv/年どころではなく、数十～百 mSv の内部被ばくが懸念されていたことは、考慮しなければいけない。

要点 2： 15 キュリーという汚染度はセシウム 137 ベースで換算しているが、セシウム 134 からの被ばく量も含めて推定している。

セシウム 137 の半減期が 30 年であるのに対し、セシウム 134 の半減期は 2 年と短い。そのため事故直後の数年では、住民の被ばく要因としてセシウム 134 の影響の比重も大きい。

一方で、チェルノブイリ法が成立した 91 年には事故から 5 年経過しており、セシウム 134 は 2 回半減期を経ている。セシウム 137 で同じ 15 キュリー/km<sup>2</sup> の地域でも、86 年と比べて 91 年の住民の被ばく負担はセシウム 134 が低減している分ずっと小さいことになる。

チェルノブイリ法では 91 年(同法成立時点)以降で、15 キュリー/km<sup>2</sup> 以上の地域を第二ゾーンと認める。この 91 年以降の「第二ゾーン」では 86 年の事故直後に比べればセシウム 134 が減衰している分、86 年時点の「放射線重点管理区域」よりも総合的な汚染度は低くなる。セシウム 137 換算で同じ 55 万 5000Bq/m<sup>2</sup> の汚染地域でも被ばく量は、事故 1 年目に比べればずっと低くなる計算である。それでも 55 万 5000Bq/m<sup>2</sup>=5mSv という換算ではない。55 万 5000Bq 以下の地域でも推定被ばく量が 5mSv/年を超えることはありうる。

要点3： 事故1年目にセシウム137で55万5000Bq/m<sup>2</sup>以上の地域では、10日～128日間の一時避難を行うことで、内部被ばくを50mSv/年以内に収めるものとされていた。

しかし上述のとおり、チェルノブイリ原発から200km近く離れたロシアの西部地域でも、この55万5000Bq基準に基づいて「嚴重放射線管理区域」が設定され、当時としては厳しい食品規制や児童疎開が行われた。これら一時避難措置を行うことによって、住民の1年目の内部被ばくが50mSv以内に抑えられる、というのが「嚴重放射線管理区域」のリスク評価であった。<sup>13)</sup>

なお、児童疎開が行われたのは夏季であり、4月26日の事故で生じたヨウ素被ばくを防ぐには遅すぎた。児童疎開が行われた地域でも、のちに甲状腺がんの増加が報告されている。

また、55万5000Bq/m<sup>2</sup>以下の汚染地域については一時避難などの措置が行われず、放置された場所が多い。それら、より汚染度の低い地域での防護策や補償措置の必要性を定めたのが91年成立のチェルノブイリ法であった。

#### 4 土壤汚染調査ガイドラインと土壤測定の基本的考え方

前節で論じたように、チェルノブイリ原発事故後にソ連政府は住民の内部被ばくを緊急時の基準内に抑制するために、セシウム137で15キュリー/km<sup>2</sup>を「嚴重放射線管理区域」の基準として導入した。

後に91年に成立したチェルノブイリ法では、1キュリー/km<sup>2</sup>以上の汚染地域を「チェルノブイリ被災地」と認めて補償の対象とし、汚染度に応じて1～4のゾーンに分類した。

このように土壤汚染を基準に被災地域を確定し、区分するとき、汚染のレベルはどのように測っているのだろうか。

事故直後1986年5月半ばから、ベラルーシ南部ではソ連保健省付属生物物理学研究所による汚染状況調査が始まった。少し遅れて、ロシアでもレニングラード放射線衛生学研究所や水文気象委員会の下部組織「生産合同タイフーン」等の機関に

よって汚染度の高い州での測定が行われた。これらの測定調査では、地域の放射線測定だけでなく、土壤サンプルの採取とスペクトロメーターによる分析も行われている。

当初特に汚染度の高い地域をいくつか選定して測定調査を行っていたが、のちにより広い範囲で網羅的な測定調査が行われるようになる。事故から4年後の1990-91年にかけてロシア共和国（当時）内の126居住地点で、一軒ごとの測定調査が行われた。<sup>14)</sup>

このような本格的な汚染状況調査に先立って、ソ連水文気象委員会付属省庁横断自然環境放射線管理委員会は、測定方法や測定機器の管理、測定記録のつけ方などに関するガイドラインを発行している。

本節ではこれら指針・ガイドライン資料<sup>15)</sup>を分析する。このガイドラインを詳細に検討すると、被災国（本稿ではロシアの例）が何を把握しようとしているのか、どんな目的で土壤汚染度を測定しているのかがわかる。

この分析を通じて、チェルノブイリ原発事故被災地における土壤汚染状況測定の基本的な考え方を明らかにする。

その際に注目するのは以下の点である。

- ・ 測定の目的（何のために土壤の汚染レベルを測る調査なのか）
- ・ 土壤調査の範囲の設定（住宅周辺、居住区外の自然環境・農地等）
- ・ 居住者の属性の考慮（子ども、農業者等）

本稿で分析対象とするのは以下の二つの文献である。<sup>16)</sup>

- 1) 「汚染地域地上放射線状況調査指針」<sup>17)</sup>(1989年3月17日—以下「89年指針」)
- 2) 「居住地点における放射線状況評価に関する方法論的勧告」<sup>18)</sup>(1990年7月30日—以下「90年方法論的勧告」)

これらはソ連時代に出された指針・勧告であるが、ここに定められた測定の基本原則は今も廃れていない。ソ連解体以降ロシア連邦が続けてきた土壤汚染状況調査でも、基本的な調査指針としてこの「90年方法論的勧告」が参照されている。使



用する測定機器のスペックや、土壤サンプル採取層の深さ（事故からの時間経過に従いより深い位置から採取）など、細かい項目は変わっている。しかし居住地点の5カ所の土壤サンプル採取や、周辺農地・森林の調査も含めるなど、基本的な調査アプローチはこれらのガイドラインに示されたものが、ソ連解体後も引き継がれている。

#### 4-1 「89年指針」

「89年指針」は以下の4項目に沿って、居住地点とその周辺の放射線状況測定の大まかな手順と規則を定めている。土壤汚染度の測定方法に係る規則は項目2「居住地点における土壤サンプル採取」に定められている。

- 1 「居住地点での放射線状況調査手順」
- 2 「居住地点における土壤サンプル採取」
- 3 「農地における土壤サンプル採取」
- 4 「汚染地域における住民の被ばく量確定のためのガンマ線測定方法」

この「89年指針」は主に住民が定住する「居住地点」を対象にした、放射線状況および汚染度の調査を前提としている。この指針に従えば、対象

となる居住地点における調査は、空間線量の測定とその後の土壤のサンプル採取調査によって行われる。

まず測定者が二つの計測器（DP-5型およびDPG-01型）を用いて、対象となる居住地点のすべての道を回り、100-300mごとに計測を行って地図に数値を書き込んでいく。それに際して、地上1m高と同時に地上から3-4cm高での測定も行うことになっている。

それまでの計測ポイントの標準的線量よりも二倍の線量が観測されたポイントでは、さらに細かく測定を行い、追加の土壤サンプル採取も行う。特に入念に（5~10mごとに）調査をすることが求められるのが、200マイクロレントゲン/h（2μSv/h）を超える数値が計測されたポイントである。

また、学校や児童施設に隣接する土地では、庭の奥、門の手前、建物の入り口から2m地点、など測定ポイントを複数定めた測定を求めている。

その後実施された放射線測定の数値をもとに、当該「居住地点」の平均的な線量が計測されたポイントを、「居住地点」中心部から1カ所、周辺部から4カ所選定して土壤サンプル採取を行う。採取ポイントとして望ましいとされるのが、「平地であること」「汚染土壤が（除染や洪水など

表4 「89年指針」における居住地点の土壤汚染調査

項目	内容
測定範囲	居住地点全域 *農地におけるサンプル採取については別途定めている
測定の順序	1m高および3cm高での空間線量測定（ガンマ線量）ののちに土壤サンプル採取。
土壤採取機器	・事故1年～2年目 直径140mm×高さ50mmの標準金属製筒型土壤サンブラー ・3年目以降 標準の二重筒式土質採取装置（外筒の下部に切断器具付き）
サンプル採取地点選定	放射線測定（ガンマ線量）において明らかになった当該居住地点の平均的線量の観測された5カ所から採取。 ・居住地点中心から1カ所、周辺境界付近から4カ所。 ・水に洗われていない、除染や耕作の手の入っていない、平らな土地から採取。 ・砂地、できるだけ芝など草の生えた土地を選ぶ。 ・建物や樹木からその高さの2倍、無舗装道路から20m以上の距離をとる。
サンプル採取の規則	・土壤3cm高で線量を計測し、同じ地点の1m高の線量との差が1.5倍以内であるときに採取を実施。 ・草も含めて採取装置に取り込み、装置ごとポリエチレンの袋に入れて、ポリエチレンのフィルムで包む。袋越しに土壤サンプルはきつく紙で包み、ひもで締める。
土壤サンプルの検査	採取されたすべてのサンプルはガンマ線スペクトロメーターで計測し、線量・セシウム137含有量が最も平均に近いサンプル1件を化学分析にかける。

資料：「汚染地域地上放射線状況調査指針」（1989年3月17日）より作成

で) 洗い流されていないこと」「砂地ではなく、芝などの草が生えた土地であること」である。

この89年指針は主に「居住地点」内の放射線状況調査を前提にしているが、住民の活動領域として周辺の農地の調査(土壌サンプル採取)や森林の測定についても定めている。必ずしも住宅とその周辺だけを調査すればよいとしているものではない。「居住地点」外の自然環境においても、100m<sup>2</sup>単位で区画を設定して土壌サンプル採取をするように定めている。また「住民の被ばく量確定のためのガンマ線測定」の対象地域には、「イチゴやキノコの採集を行う地域」(森)も含めている。

また耕作地における土壌サンプル採取に際しては、「1キュリー未満/km<sup>2</sup>」「1-7キュリー/km<sup>2</sup>」「7-15キュリー/km<sup>2</sup>」等、15キュリー以下の汚染度でも区分を設けて、汚染度に応じてより細かいサンプル採取を行うように定めている。汚染度の高い場所ほど、よりこまめにサンプルを採取する規則である。「7-15キュリー」のレベルとされる地域では400ha単位の区画ごとにサンプル調査、「15-40キュリー」の地域では100haの区画ごとにサンプルの採取を行う。採取された土壌サンプルはガンマ線スペクトロメーターによる分析にかけられる。

この指針では以下のような汚染状況測定の基本的な考え方が示されている。

- ① 放射線量測定と土壌サンプル調査の組み合わせによる汚染状況把握
- ② 住居周辺だけでなく周辺の自然環境(森や農地)への注意
- ③ 子どもの活動領域への特別な注意

これらの基本的な方針は、次に紹介する90年「方法論的勧告」にも引き継がれている。

#### 4-2 「90年方法論的勧告」

同じくソ連水文気象委員会付属省庁横断委員会が出した「90年方法論的勧告」では、「89年指針」に比べ、より汚染状況調査の目的が明確に定められている。

同勧告には、放射線調査の方法論を定める目的が以下のように述べられている。

放射線状況についての情報は、放射線の影響評価、住民の居住レジームにかかわる問題(移住、再定住、農業生産、人体への放射線影響低減に向けた対策の実施、居住レジームに対する規制導入に対する補償策の設定等)の決定に用いられ、また設定された基準に基づいて住民の移住策を実施する際の新しい居住地点建設地選定に際しての放射線状況評価のためにも用いられる。

この方法論的勧告が策定された1990年は、チェルノブイリ法の居住基準(1ミリシーベルトの介入基準と5ミリシーベルトの義務的移住基準)成立に向けた議論が行われていた。設定される基準によっては追加の移住策や補償が必要になる。この「90年方法論的勧告」は、そのことを前提とした汚染状況調査方法として定められていたことが読み取れる。

また「居住地点」内の放射線状況・汚染度を水文気象委員会が、居住地点に隣接する農地の放射線量と汚染度を国家農工委員会が、隣接する森林地帯を国家林業委員会が調査するというような役割分担が定められている。

「89年指針」でも示された「住宅地以外の周辺環境」を調査対象に含む考え方は、この方法論的勧告において「Areal(周辺領域)」という概念として導入される。Arealと居住地点の関係は次のように規定されている。

本勧告において『居住地点』とは、住居エリア、行政・生産活動エリア、社会活動エリアおよび、それらに直接隣接する0.5kmまでの地域を含む。「居住地点の周辺領域」(訳注:Areal)とは、居住地点に隣接する2.5kmのゾーンを言う。(下線は筆者)

「89年指針」と比べて全体的に、「90年方法論的勧告」はより細かい放射線測定を求めるものである。たとえば居住地点の汚染状況マップは、1万分の1以上の縮尺で、居住地点内は200メートルメッシュ、Arealでは400メートルメッシュで記録することになっている。また、セシウム137以外にも、ストロンチウム90、プルトニウムによ

る汚染情報もマップに記載する（定められた推計方法による推計値の記載も許容）。

また30マイクロレントゲン/h (0.3 $\mu$ Sv/h) を超える線量が計測されたポイントでは、さらなる詳細調査が行われる（89年指針では2 $\mu$ Sv/h超のポイントで詳細調査）。

また、この方法論的勧告では高度汚染地域（セシウム137で15キュリー/km<sup>2</sup>以上）の学校や幼稚園など子どもの活動領域を中心に、ベータ線核種による放射線量の調査も定めている。調査データは除染措置の判断に用いられる。

土壌サンプルの採取については、対象居住地点で5カ所以上、平地を選ぶこと、採取前に対象ポイントで1m高および3~4cm高で放射線測定を行うなど、89指針と変わらない点も多い。しかし、工事や除染が行われた土地では深さ20cm以上の層、それ以外（86年以降人為的な作用が加えられていない土地）で深さ15cmの層からとるなど、採取法をより詳しく規定している。

またこの方法論的勧告では「一軒ごとの放射線状況調査」（戸別放射線状況目録）という概念が導入されている。これは、除染措置または自主的な移住の判断のために住民にそれぞれの住居における放射線状況を知らせる目的で行うものである。

このような「一軒ごと測定」が始まった背景について、パンチェンコ.Sらは次のように述べている。

そのころ、チェルノブイリ原発事故から4年が経過し、汚染地域の大きな広がりやすでに大まかに明らかになっていた。原発事故被害をめぐる社会的な盛り上がりはピークを迎え、55万5000Bq/m<sup>2</sup> (15キュリー/km<sup>2</sup>)以上の汚染度の居住地点すべてで網羅的な一軒ごとの測定を行う決定が下された。このような詳細かつコストのかかる調査を行う目的は、住民のありうる被ばく量を確認し、住民に対する支援策（補償）の策定を行うためであった。

[Панченко, 他 2014 : p. 5]<sup>19)</sup>

重要なのは、この「一軒ごと放射線状況調査」において、明確に15キュリー/km<sup>2</sup>以下の汚染度の地域も調査対象に含めていることである。「90年方法論的勧告」には、次のようにより低い汚染度の地域でも詳細な「一軒ごと調査」を行う方針が示されている。

表5 「90年方法論的勧告」における居住地点の土壌汚染調査

項目	内容
測定範囲	居住地点全域及び周辺領域 (Areal)
測定の順序	1m高および3cm高での空間線量測定 (ガンマ線量) ののちに土壌サンプル採取。
土壌採取機器	ドリルまたは二重筒式土質採取装置
サンプル採取地点選定	放射線測定 (ガンマ線量) において明らかになった当該居住地点の平均的空間線量の観測された5カ所以上から採取。 ・居住地点中心から1カ所、周辺境界付近から4カ所。 ・採取地は居住地点内で均等に選定。 ・建物からその高さの2倍以上の距離をとる。
サンプル採取の規則	・土壌3cm高で線量を計測し、同じ地点の1m高の線量との差が1.5倍以内であるときに採取を実施。 ・人為的な作業の行われた土地では20cm以深、ドリルでの採取。採取対象スポットの複数の点から均等に、合計1000~2000cm <sup>3</sup> 程採取し、二重にポリエチレンの袋に入れて、紙で包む。 ・1986年以降人の手のくわえられていない土地では15cmの深さで採取。直径140mm×高さ50mmの標準金属製二重筒式土壌採取装置使用。土壌を採取した筒ごとに、二重にポリエチレンの袋に入れて、紙で包む。
土壌サンプルの検査	採取されたすべてのサンプルはガンマ線スペクトロメーターで計測。 ドリルで採取した土壌サンプルは、計測前によく混ぜる。 筒で採取した土壌サンプルは、筒の両面を一度ずつ計測しその計測値を合計する。 *ストロンチウム90およびプルトニウム239、240の分析については別途定められたガイドラインに従う。

資料：「居住地点における放射線状況評価に関する方法論的勧告」（1990年7月30日）

一軒ごとの放射線状況調査は第一に、セシウム137による汚染度が15~40キュリー/km<sup>2</sup>および5~15キュリー/km<sup>2</sup>のゾーンに位置する居住地点において行われ、各共和国および地方権力機関の追加提案に基づいて5キュリー/km<sup>2</sup>以下のゾーンでも行われる。

この「90年方法論的勧告」が出された翌年、91年にチェルノブイリ法では「1キュリー/km<sup>2</sup>以上」という基準で、それまで放射線管理の対象とされていなかった広い土地が汚染地域認定されることになる。

チェルノブイリ法(91年成立)で1キュリー/km<sup>2</sup>以上を汚染地域と認める基準が導入されるより以前、この90年方法論的勧告の中ですでに「15キュリー」を下回る地域における汚染状況調査の必要性が示唆されていることが興味深い。

事故直後、15キュリー/km<sup>2</sup>を「嚴重放射線管理区域」の基準として導入したソ連政府が、徐々に放射線管理対象を、15キュリー以下の地域にも広げていったことが読み取れる。これは、89年以降それまで未公開であった広範囲の汚染地図が公開され、住民の側から自分の居住する地域の汚染状況に関する情報を求める声が高まった時期とも一致する。

ここで紹介した二つのガイドラインから読み取れる要点を以下にまとめたい。

- 1: 土壌汚染の状況調査は土壌サンプルの分析により行っており、m<sup>2</sup>単位で網羅的に測定しているわけではない。示される汚染度はサンプル分析から得た平均値である。
- 2: 住宅の周りだけではなく、居住地点周辺の農地、森林の汚染度も考慮している。地域の平均汚染度を示す際にこのArealの汚染度も考慮している。そのため、住宅の付近で土壌汚染度が低かったとしても周辺の活動領域(農地や森林)の汚染度が高ければ、当該居住地点の平均汚染度(キュリー/km<sup>2</sup>)は引き上げられる。
- 3: 空間線量の地上測定とセットで土壌汚染調査が行われており、平均レベルを大きく上回る線量が観測された地点や、子どもの活動領域などではより入念な測定、追加のサンプル

採取が行われている。

- 4: セシウム以外の放射線核種の汚染状況も調べるよう、ガイドラインに定めている。

#### 4-3 ガイドラインに基づく測定の実践

これらガイドラインの基本的考え方は、ソ連解体後のロシアでも引き継がれる。たとえばロシア水理気象環境モニタリング庁は、1994年7月1日時点のオリョール州グリャズノエ村の汚染レベルについて、ここまで紹介したガイドラインに定められたのと同様の、5カ所の土壌サンプル調査の結果に基づき平均汚染度を0.97キュリー/km<sup>2</sup>と評価している<sup>20)</sup>。

また2008年にロシア原子力安全発展問題研究所がブリャンスク州ノブイエ・ボボヴィチ村で行った測定調査では、「90年方法論的勧告」に示された「周辺0.5kmまでを『居住地点』に含む」規則に従って調査範囲が決められ、やはり5カ所からのサンプル採取を行っている。2014年に再度同村で行われた調査でも、居住地点中心1カ所、周辺4カ所という採取方法が踏襲されている。

なお、居住地点ノブイエ・ボボヴィチの面積は1.9km<sup>2</sup>で、人口は2014年時点では559人(事故の起きた86年には1089人)[Панченко, 他 2016]。ノブイエ・ボボヴィチは日本の自治体としての「村」というよりも「集落」に近い。土壌サンプルが5カ所というと少なく聞こえるが、「市町村」一



図1 2014年居住地点「ノブイエ・ボボヴィチ」と周辺領域における土壌サンプルおよびコケ(B3)採取地点  
出所:[Панченко, 他 2014]

表6 ノブイエ・ボボヴィチと周辺領域において採取された土壤およびコケサンプル

No	採取地	測定日	測定時刻	nSv/h	重さ g	面積 cm <sup>2</sup>
1	河辺の草地	7月2日	18:30	740	1419	36.3
2	記念碑前広場	7月3日	9:30	660	1450	36.3
3 (コケ)	納屋の屋根	7月5日	11:30			240
4	森の墓地	7月5日	12:00	870	1610	36.3
5	菜園	7月5日	12:30	330	1422	36.3
6	松の森	7月5日	14:33	720	1330	36.3

出所：[Панченко, 他 2014] より作成

つにつきサンプル5カ所ということではない。チェルノブイリ被災国では広大な平原や森林地帯にこのような小規模の集落が点在している。汚染地域であればその一つ一つに対して、周辺の農地や森林地帯も含めて調査を行うことが原則である。

## 5 日本でチェルノブイリ土壤汚染基準・調査法を参考にするための論点

ここまで、チェルノブイリ被災地において土壤汚染基準がどのように導入され、その測定ガイドラインがどのように定められているのかを紹介してきた。日本でも、福島第一原発事故後2011年には福島第一原発からおおむね100km圏内の約2200カ所で土壤サンプルを採取調査し、土壤汚染濃度マップが文部科学省によって公開されている<sup>21)</sup>。しかし、冒頭で述べたとおり、福島第一原発事故後の日本では、被災地域の区分や住民の被ばく量の推計には主には空間線量のデータが用いられており、土壤汚染レベルに応じた被災地区分や補償が行われているわけではない。原発事故の影響を受けた地域のリスク評価のために、地域の土壤汚染度をより細かく測定し、住民の防護策に活かすよう求める声がある。

福島第一原発事故後の日本において、放射性物質の影響を受けた地域の状況把握、住民防護は重要な長期的課題である。

チェルノブイリの土壤汚染測定の取り組みから、我々が参考にできることは何か、以下、論点を整理したい。

チェルノブイリ被災地で土壤汚染調査は、そもそも何のために行われてきたのか。

ここまで見てきたガイドラインや、測定実践に

関する報告書から、主に以下の三つの目的が読み取れる。

### ① 住民被ばく量推定の基礎データとして

チェルノブイリ法で追加被ばく量が5mSv/年を超える地域では「義務的 移住」、1mSv/年を超える地域では「移住の権利」を含む補償を認めるというように、チェルノブイリ被災国の法制度は住民の「被ばく量」(年間平均推定実効線量)を基準としている。

しかし、よく知られているように「被ばく量」は直接測ることはできない。空間線量や食品の汚染レベルなどを参考にして、年間〇〇ミリシーベルトの被ばくを受けているものと推定する計算式が用いられている。

チェルノブイリ被災地では、主にその基礎データとして「居住地点」の土壤汚染度(キュリー/km<sup>2</sup>)が用いられる。単純化するなら、以下の方法で住民の平均的被ばく量を割り出している<sup>22)</sup>。

- 1: 土壤汚染度に遮蔽効果などを加味した一定の係数をかけて外部被ばく量を推計。
- 2: 土壤汚染度と主要食品品目(ジャガイモ、牛乳等)の汚染度のデータから、およその内部被ばく量を推計。
- 3: 1および2の合算により、住民の年間平均推定実効線量を割り出す。

このような換算を行うための、もっとも基礎的なデータとして地域の土壤汚染度の測定が行われている。そして推定された平均被ばく量のレベルに基づいて、上に述べた被災地分類などの政策判断が行われている。

### ② ホットスポットの割り出しと追加対策の実施

89年指針の内容を見ると、まず空間線量の地上測定を網羅的に行い、異常に高い値が観測されたスポットは追加調査や、追加土壌サンプル採取が行われることになっている。そしてホットスポットとして測定マップに書き込まれる。90年方法論的勧告では、そのようなデータは追加の移住策の必要性や、新規住宅建設地選定の判断に用いられることになっている。

当然、同じ居住地点内でもポイントによって放射線量や汚染度が異なる。土壌汚染調査は空間線量調査だけではとらえきれないホットスポットを見つけ出し、さらなる対策策定（追加除染や建設用地選定の際の判断など）に活かすためにも行われてきた。

### ③ 自然環境における放射性核種の移行特性の把握

これは、主に学術調査的な目的であるといえる。上述のノブイエ・ボボヴィチ村における土壌調査では、土壌における放射性物質の垂直移動の傾向、土壌の性質と放射性物質の多く含まれる深さの関係性などを、事故から約30年定点観察してきた。

このようなデータが蓄積されることで、汚染状況の今後の推移や、重点的に対策の必要な地域の割り出しなど、今後の対策策定にも生かされることになる。

このような目的意識によって行われてきたチェルノブイリ被災地の土壌汚染調査を日本ではどのように参考にできるか。

筆者は、上記①～③の目的のうち、①「被ばく量推定の基礎データとして（土壌汚染度を調査）」というのは日本でそのまま適用するのが難しいと考える。一時期の土壌汚染度を基礎データにして年間の平均外部被ばく、内部被ばくを推計するというアプローチは、ユーラシアの平野地域で開発されたものだ。上記ガイドラインでも繰り返し、土壌サンプルの調査は「川などに浸食されていない平面」で行うことが強調されている。人為的な除染や耕作が行われていない限り、放射性物質はひとところにとどまり、ゆっくりと地中に垂直移動していくことを前提にしている。日本のように

高低が激しく、水による放射性物質の水平移動が生じる地形で、一時点の土壌汚染度をもとにその地域の住民全員の年間平均被ばく量を推定するというのは、適当な方法とはいえない。

②「ホットスポットの割り出しと追加対策の実施」は日本でも行う必要がある。測定方法も含めて、まさにチェルノブイリを参考に議論していくべき問題である。限られた地点に設置されたモニタリングポストが示す1m高の空間線量や、航空機モニタリングの広域データでは、生活圏の汚染状況の把握は不十分である。チェルノブイリ被災地では約2km<sup>2</sup>の集落も一つの単位として扱い、居住地点内を計測器をもってくまなく歩き、3cm高でも線量を測り、土壌サンプルの追加採取でホットスポットを割り出している。子どもの活動領域を詳しくに調査していることも興味深い。また住宅周辺だけでなく、その居住地点住民の活動領域である村落周辺の農地や、森林もAreal（周辺領域）として測定の範囲に含めている。日本では、除染の対象を住居周辺に限定しているが、生活圏・活動領域（チェルノブイリでいうAreal）を含めた状況把握の観点が欠けている。

③の「自然環境における放射性核種の移行特性の把握」についても、やはり日本でも継続的に行う必要がある。それに際して、チェルノブイリ被災地（主にユーラシアの平原・森林地帯）と異なる、日本の地形を考慮に入れた汚染調査が必要になるだろう。

上述のとおり、日本ではチェルノブイリ被災国に比べて山地が多く、河川や海洋環境を通じた放射性物質の拡散、移動が生じる。塩澤豊志氏、田辺直行氏は東京湾岸・主要河川河口地域における放射線量測定に基づき重要な指摘をしている<sup>23)</sup>。「高濃度地域いわゆるホットスポットは消滅の方向に向かっているのではなく、放射性吸着体の移動・再分布により新たな放射能汚染マップに塗り替えられていくととらえるべきであろう」[塩澤・田辺 2014 : p. 44]。

日本では、平坦な土壌の静的な汚染状況を把握するのではなく、常に水を通じて移動する動的な汚染状況を調べるアプローチが必要になる。土壌汚染を基準にしたゾーニングだけではなく、チェルノブイリ被災国にはない「重点調査流域」「重点

調査水域」というような、水質調査と土壤調査を組み合わせた考え方が必要になるのではないか。

## 6 おわりに

### ——事故前からの日本の法制に基づいた土壌・水域汚染調査の必要性

チェルノブイリ原発事故後、導入された土壤汚染基準はどこから降ってわいたものではない。1986年のチェルノブイリ事故より以前、1957年のウラル「マヤク生産合同」における事故後、ストロンチウムの土壤汚染度が2キュリー/km<sup>2</sup>を超える地域に、住民に対する防護・規制措置を提供する「衛生防護ゾーン」が導入された。原子力災害で住民の生活圏に放射性物質による汚染が生じた際に、土壤の汚染レベルに応じて規制や防護を行う「ゾーン」を設定する先例がソ連にあったのだ。先例の規則に従えば、面積当たりの汚染度を測定し、対策を実施することが求められた。

日本でも4万Bq/m<sup>2</sup>の表面汚染度を超える場所には、必要のある者以外の立ち入りが制限され、防護策や安全上規制措置が義務付けられる「放射線管理区域」を設定する基準が法令で定められている。<sup>24)</sup>

チェルノブイリの土壤汚染基準を持ち出すまでもなく、日本の法令に従い、4万Bq/m<sup>2</sup>の汚染レベルを超えるスポットの調査、そのレベルを超える地域への対策実施が求められる。その際にどのような目的で、どのように調査範囲を定め、どのくらいの数のサンプルを採取するのか。本稿で見たチェルノブイリの例（居住地点とAreal）を一つの比較軸にして、日本における自然環境の特殊性も考慮し、日本における土壤汚染（および流域汚染）調査の考え方と方法論を確立する必要がある。

## 注

- 1) 沢野伸浩『本当に役に立つ「汚染地図」』集英社、pp. 144-145、2013年。
- 2) 1991年5月15日付(N1244-1)ロシア連邦法「チェルノブイリ原発事故の結果放射線能被害を受けた市民の社会的保護について」
- 3) ここでは便宜上ベクレル/m<sup>2</sup>で換算したが、制度

上はあくまでkm<sup>2</sup>あたりの平均値で評価される。居住地周辺の森林や農地など活動エリアの汚染度も考慮される。

- 4) たとえば移住の権利が認められるのは、5キュリー/km<sup>2</sup> (18万5000Bq/m<sup>2</sup>)以上で、年間被ばく量が1ミリシーベルトを超えると推計される地域である。しかしこれは、5キュリー/km<sup>2</sup>という土壤汚染の単位が1ミリシーベルトに換算されるという計算式ではない。

平均でみて同レベルの汚染地域でも、後述する測定法で測定し、住宅の遮蔽効果や内部被ばくレベルを換算すると、推定被ばく量には大きな差がありうる。

チェルノブイリ法の土壤汚染度と推定被ばく量の関係は「Bq/m<sup>2</sup>=mSv/year」という1対1の関係ではない。「平均で〇〇キュリー/平方キロメートルの汚染地域があり、そのなかでも地形や食生活等様々な条件を考慮すると、内部・外部被ばくの合算で推定年間被ばく量〇〇mSvを超える地域がある」ということを言っているに過ぎない。

チェルノブイリでは55万5000Bq/m<sup>2</sup>(15キュリー/km<sup>2</sup>)と5mSv/年が移住義務ゾーンの基準ということに依拠し、「55万5000Bq/m<sup>2</sup>=5mSvという換算だ」ととらえると誤解が生じる。平均55万5000Bq/m<sup>2</sup>以下の地域でも、推定被ばく量が5mSvを超えることもありうる。

- 5) たとえばウクライナ・ソビエト社会主義共和国最高議会決定 1991年2月27日 N791-XII「ウクライナ・ソビエト社会主義共和国のチェルノブイリ原発事故の結果として放射能汚染レベルの高まった地域における住民の居住に関するコンセプト」には「コンセプトの基本原理は、住民のCritical group (1986年生まれの子供)にとってそれぞれの地域での自然条件で事故前に住民が受けていた被曝量を超えるチェルノブイリ原発事故と関連した追加被曝量の実効線量等量が1ミリシーベルト/年そして70ミリシーベルト/生涯を超えないことである」と定められている。

- 6) Ильин, Л.А., Кенигсберг, Я.Э., Линге, И.И., Лихтарев, И.А., Савкин, М.Н., “Радиационная защита населения при реагировании на Чернобыльскую аварию К тридцатилетию аварии на Чернобыльской АЭС: анализ, выводы, уроки на будущее,” Медицинская радиология и радиационная безопасность, 2016, Том 61, No. 3.

- 7) ここでいう各居住地点での平均土壤汚染度調査の前に、事故直後に航空機モニタリングが行われており、その航空機調査データに基づいて大まかに55万5000Bq/m<sup>2</sup>超の対象地域が割り出されている。

- 8) Войстроченко, А. Ф., Как это было: Чернобыль и Брянщина, Брянск, ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2008.

- 9) Израэль, Ю. Ф., “Эхо Чернобыля,” Наука и жизнь, 1990, сентябрь, No. 9, pp. 28-29.

- 10) 「嚴重放射線管理区域」の基準として、セシウム以外にもストロンチウム90で3キュリー/km<sup>2</sup>という基準が定められている。これは、1957年のウラル「マヤク生産合同」における事故時の基準に依拠して

- いる。当時、ストロンチウムの土壌汚染度が2キュリー/km<sup>2</sup>を超える地域に、住民に対する防護・規制措置を提供する「衛生防護ゾーン」が導入された。その後、ストロンチウムの土壌から食品を通じた人体への移行係数を再評価し、チェルノブイリ原発事故後は「嚴重放射線管理区域」基準としてストロンチウムで3キュリー/km<sup>2</sup>が採用されている。
- 11)  $6.2 \times 15 = 93$ であるがこれを、大まかに100mSvに近くなるという意味での記述である。
  - 12) 尾松亮『新版 3.11とチェルノブイリ法——再建への知恵を受け継ぐ』東洋書店新社、2016年、p. 39。
  - 13) 上述の Войстроченко の記述、ヴドピチェンコ氏の証言に従えば、一時避難対象となったのは児童と妊娠中の女性であり、全住民の一時避難が行われたわけではない。
  - 14) 事故直後から90-91年までの汚染調査の経緯は [Панченко, 他 2014] の記述に基づく。
  - 15) [Панченко, 他 2014] の文献リストに示されたソ連時代からの主なガイドライン・指針を収集。
  - 16) なお1988年にも89年指針とほぼ同名の指針が出されている（«Инструкция по обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории» 1988 года）ことが確認できたがこの文書については本稿執筆時点で入手できていない。
  - 17) «Инструкция по надземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории» 17 марта 1989 года.  
この指針のタイトルでは航空機モニタリングに対して「地上」という言葉が使われる。
  - 18) «Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах» 30 июля 1990 года.
  - 19) Панченко, С.В., Аракелян, А.А., Гаврилина, Е.А., ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС В АПРЕЛЕ 1986, Moscow, Ибраэ РАН, 2014.
  - 20) БЕЛЯНИНОВА, Ю.В., КОММЕНТАРИЙ К ЗАКОНУ РФ ОТ 15 МАЯ 1991 Г. N 1244-1; О СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ ГРАЖДАН, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ В СЛЕДСТВИЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС, (<https://www.lawmix.ru/commlaw/82> : 2017年3月31日アクセス).
  - 21) 文部科学省「文部科学省による放射線量等分布マップ（放射性セシウムの土壌濃度マップ）の作成について」（平成23年8月30日）
  - 22) 被ばく量推計法の例として1993年方法論的指針「チェルノブイリ原発事故の影響を受けたロシア連邦の居住地点における住民被ばくの年間平均実効線量の確定」（1993年3月12日）を参照。なお住民の一部に対して行うWBC測定値も考慮されるなど、必ずしも土壌からの推定値だけで評価しているわけではない。
  - 23) 塩澤豊志・田辺直行「東京湾岸・主要河川河口地域における放射線量測定」『武蔵野大学環境研究所紀要』No. 3, pp. 33-45, 2014年。

- 24) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則第1条第1号などにより規定される。

## 参考文献

- 尾松亮『新版 3.11とチェルノブイリ法——再建への知恵を受け継ぐ』東洋書店新社、2016年。
- 沢野伸浩『本当に役に立つ「汚染地図」』集英社、2013年。
- 塩澤豊志・田辺直行「東京湾岸・主要河川河口地域における放射線量測定」『武蔵野大学環境研究所紀要』No. 3, pp. 33-45, 2014年。
- Войстроченко, А. Ф., *Как это было: Чернобыль и Брянщина*, Брянск, ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2008.
- Израэль, Ю. Ф., «Эхо Чернобыля», *Наука и жизнь*, 1990, сентябрь, No. 9, pp. 28-29.
- Панченко, С.В., Аракелян, А.А., Гаврилина, Е.А., ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС В АПРЕЛЕ 1986, Moscow, Ибраэ РАН, 2014.
- Ильин, Л.А., Кенигсберг, Я.Э., Линге, И.И., Лихтарев, И.А., Савкин, М.Н., «Радиационная защита населения при реагировании на Чернобыльскую аварию К тридцатилетию аварии на Чернобыльской АЭС: анализ, выводы, уроки на будущее», *Медицинская радиология и радиационная безопасность*, 2016, Том 61. No. 3.
- Панченко, С.В., Аракелян, А.А., Гаврилина, Е.А., Шведов, А.М., «Динамика радиационной обстановки в сельском населенном пункте, загрязненном цезием -137 в результате аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г.», *Медицинская радиология и радиационная безопасность*, 2016, Том 61. No. 4.
- 法文およびガイドライン  
ЗАКОН РФ ОТ 15 МАЯ 1991 Г. N 1244-1; О СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ ГРАЖДАН, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ В СЛЕДСТВИЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС".
- Госкомгидромет СССР, «Инструкция по надземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории» 17 марта 1989 года.
- Госкомгидромет СССР, «Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах» 30 июля 1990 года.



## The Standards for Soil contamination level and guidelines for soil survey in areas affected by Chernobyl accident.

OMATSU Ryo

### Abstract:

In countries affected by Chernobyl Accident areas with soil contamination level higher than  $37,000\text{Bq/m}^2$  are recognized as “contaminated areas.” Shortly after the accident in 1986 Soviet Government set the standard for “zone of strict radiation control” at the level of  $555,000\text{Bq/m}^2$ . Initially they set the standard to prevent internal exposure more than emergency limit for 1<sup>st</sup> Year of accident (50mSv). Later areas with lower contamination level were given the status as “zones” by Chernobyl law (1991). Government’s guidelines for soil survey include the policy to conduct measurements not only in residential areas, but also in forest and agricultural land surrounding them. The guidelines require to measure contamination level intensively in children’s activity zones and to find out hot spots for further countermeasures.

The system of soil survey developed in Chernobyl areas reflects geographic and legal backgrounds in these countries. To develop an appropriate system of soil contamination survey in Japan it is necessary to take into account geographic conditions (mountainous areas) and possible migration of radionuclides through river and sea.

### Keywords:

Chernobyl, Fukushima, soil contamination, radiation dosimetry