

5章 人間が住む地球

5-2 環境汚染と地球人間圏科学—福島原発事故を通して（仮）

なぜ研究者が福島に向かったのか

2011年3月11日に発生した東北太平洋沖地震は(株)東京電力福島第一原子力発電所（以下、福一）の事故を誘発した。3月15日には南東の風にのり、放射性プルームが阿武隈山地を駆け上がり、春の雪とともに大量の放射性物質が地表面に沈着した。その結果、空間線量率が高い地域が避難区域に設定され、住民の長い避難生活が始まった。それは強制された人と自然の分断といえる。阿武隈山地は隆起準平原状の山地で、大多数の人々は山地を刻む河川沿いの低地に居住している。緩斜面で構成される地形、その上に成立している落葉広葉樹林の恵みは山村の暮らしにとって不可欠の資源であった。山地における放射性物質の分布と動態はふるさとへの帰還を望む被災者にとって最も重要な情報であった。

人類の歴史に刻まれた重大インシデントに対して科学はどのような役割を果たせるだろうか。たとえば、水文学は山地斜面における水・物質移動に関する永年の蓄積がある。また、地理学は分布とその時間変化から事象に関する情報の抽出を試みる。これらの科学の知見を組み合わせると、斜面における放射性物質の動態を予測することができる。それは停止させられた山村の暮らしを取り戻すための知識となる。これらの科学は現場（フィールド）の科学であり、人の暮らしの科学であり、地球人間圏科学の一分科でもある。“福島”は地球人間圏科学の重要な対象となった。

地球人間圏科学は現実に対峙する。現実にはノイズなどなく、あらゆる要因が積分されてそこにある。よって、地球人間圏科学は複雑な現象、複雑な環境を複雑のまま見るという特性を持っている。また、分布はスケールによって表現される事象の本質が異なってくることも重要な観点である。これは地理学の基本的視点でもあり、放射性物質の沈着に伴う暮らしの喪失から、帰還そして復興へ至る各過程における本質的な意思決定をその解釈とともに支援する情報となる。地球人間圏科学は「人と自然の関係性の学」であり、「環境学」ともいえる。よって、事象の物理的側面だけでなく、人間的側面も対象に入らなければならない。科学が福島に関わるということは、福島を通して科学と社会のあり方を考えることに他ならないのである。

何が分かっていたか、何を知るべきか

一般に研究では、過去の成果をレビューした上で、その目的が語られる。よって、放射性物質の沈着という事象に対する過去の研究例を福一事故以前の重大インシデントであったチェルノブイリの経験から語る必要があるであろう。1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故による環境への影響はIAEAにより2006年に出版されている（IAEA, 2006）。この報告書は有志により日本語訳され、学術会議による査読の後、公開された（日本学術会議、2013）。それによると、森林に沈着した放射性物質は土壌の表層部にほとんど留まり、生態系の中で循環するということが予想された。では、地域性の異なる福島ではどうかということが科学者の課題となった。この冊子は印刷され、数百部が避難区域および周辺区域に配布されたが、これを読んだ被災者の方々の思いは多様であった。被災者は将来に対する決断をしなければならないのであるが、その基準は科学的知見（合理性）だけではなく、問題をわ

がこと化し（共感）、社会のあり方（理念）を共有することが必要だったからである（近藤、2016）。

避難区域が設定された福島県、阿武隈山地、特に川俣町山木屋地区や飯舘村周辺は東北地方特有の自然の特徴を持つ。阿武隈山地の基盤はジュラ紀の付加体であり、約 1 億年前のマグマが地下深所で冷えて固まった阿武隈花崗岩類から構成されている。花崗岩は深層風化が進み、なだらかな地形を形成した。この地形の特徴を活かして、尾根部に牧場や耕地の開発が進んだ。山地の水系密度が小さいことは降水が浸透しやすく、低地部の地下水面が高いということを意味する。聞き取りによると、昭和の中頃までは低地は管理機が沈んでしまうほどの湿田で、“やませ”による冷害常襲地でもあり、稲作には多大な苦勞を伴ったという。戦後の圃場整備と農業技術の進歩により稲作が楽になり、米の収穫量が増大したところで福一事故による土地と人の分断が起きてしまったのである。

放射性物質が沈着した山村には人は戻るのか。人が生まれて育った土地はふるさとであり、ふるさとに住み続けることは人権でもある。よって、科学的あるいは経済的な合理性に基づき“他人”が居住の可否を決めることはできない。そこにはまず“共感”が必要であり、社会のあり方に関する“理念”が共有できてはじめて人がふるさとで暮らすという諒解が形成されるのである（近藤、2019）。課題に対して共感・理念・合理性の基準に基づき、諒解でもある解決に資する科学が課題解決型科学としての地球人間圏科学である。

山地流域から物質、ここでは放射性セシウムが里地に流出するほとんど唯一の経路は溪流である。溪流へ放射性セシウムが到達するにはマスウエイティングによる土砂や落ち葉の斜面下方への移動が考えられ、溪流では降雨時に発生する飽和地表流が溪床の物質を水流に取り込む。これは科学の成果であり、読者は地形学や斜面水文学の教科書を参照してほしい。現場の課題に対応するには様々な分野の知見の組み合わせが必要である。筆者らは事故後数年にわたり現場の山地斜面に入り、斜面プロセスを観察してきたが、少なくとも大規模な斜面プロセスによる放射性物質の里地への移行は僅少であり、里地における暮らしを継続させることができると考えた（近藤、2016）。現場で現象を見て考えることが最も重要であり、科学的成果である論文に示された概念（メカニズム）のみで現場の課題を乗り越え、そこで暮らすことを諒解することはできないのである。

空間線量率の分布の意味するもの

地理学においてはある事象の分布をよりどころにして、その状況、実態、メカニズムを明らかにしようと試みる。福一事故の直後、多くの研究者および機関が空間線量率あるいはインベントリー（単位面積当たりの総放射能量）の分布の計測を試みた。その成果は多くの文献となり記録されている（たとえば、恩田、2018）。

文部科学省はアメリカ合衆国エネルギー庁（DOE）と共同で航空機による福一事故後の空間線量率の測定を試みた。最初の分布図は DOE のホームページで 3 月 21 日に公開されたが、文部科学省は 5 月 13 日に初めて報道発表を行った。その時の分布図を [図 5-2-1](#) に示す。

大熊町と双葉町を跨いで立地する福一から北西方向に空間線量率の高い領域が延びていることがわかる。空間線量率が $3.8\mu\text{Sv/h}$ を越える領域は福一周辺から浪江町、飯舘村、川俣町山木屋地区、葛尾村を含む広範囲を覆っている。[図 5-2-1](#) はフットプリントが数 100m

の航空機モニタリングの成果から作成されたもので、地形や土地被覆の不均質性による空間線量率の差異は表現されていない。この図は阿武隈山地北部が一様に汚染されているという印象を市民に与えてしまったように思われるが、緊急時における避難区域の設定根拠としては役に立ったといえる。

より縮尺の大きい空間線量率の分布は福島大学や文部科学省等によって行われたが、筆者らは幹線道路だけでなく林道を走行し、より詳細かつ山林を含めた空間線量率の分布の計測を試みた。それは被災者や地元自治体からの要請があったからである。2011年7月と8月に行った自動車走行サーベイによる空間線量率の分布を図5-2-2に示す。これは自動車にガンマ線スペクトロメーターを搭載し、車内と車外の空間線量率の校正式を作成したうえで、走行して地図上にプロットしたものである（近藤ほか、2011）。図5-2-2では $3\mu\text{Sv/h}$ 以上が暖色系で表現されているが、それより低い寒色系との境界は概ね太平洋流域と阿武隈川流域の境界に相当し、太平洋側流域が多く放射性物質を引き受けてしまったことがわかる。この図からは、請戸川（浪江町津島）や新田川（飯舘村比曾）の谷では谷底の空間線量率が高いが、分水界を越えた北西側では山地斜面の高標高部の空間線量率が高くなっていることが読み取れる。これは3月15日にこの地域を通過した放射性プルームの動態を表していると考えられる。この図5-2-2は飯舘村と川俣町山木屋地区の住民と共有したが、その受け止め方は多様であった。

千葉大学は川俣町山木屋地区との交流実績があったことから、山木屋地区の農家の方々と交流を深めていたが、一様に“山村の暮らしには山が必要”との意見を伺った。そこで、山地斜面の空間線量率の分布を計測するために、地上から1m高さに空間線量率計を装着し、山地を歩くことによって空間線量率の分布を計測した。山木屋地区北部を対象とした2012年の結果を図5-2-3に示す。自動車走行サーベイでは太平洋側流域の西側では斜面上部の空間線量率が高くなることが予想されたが、その通りとなり、福一方向の南東向き斜面の空間線量率が高くなっていることが明らかになった。山地斜面を歩いていると数10mオーダーの起伏でも福一側斜面の空間線量率が高くなっていること、3月15日の沈着時に落葉していた広葉樹林よりも、常緑針葉樹林の福一側で空間線量率が高い領域があること等が明らかとなった。筆者らは里山の流域ごとに空間線量率分布を調査し、ホットスポット、ホットゾーンが発見されたら除染だけでなく、封じ込め、隔離、等の対策を行うことを提案した（近藤、2016）。

人間に関わる地球惑星科学である地球人間圏科学では地球表層における現象を扱うが、問題解決の現場では場の多様性のため、素過程のメカニズム解明よりも、分布から実態を理解し、対策を立案することが優先される。よって、分布の意味するところを理解する必要がある。マクロな分布ではミクロな特徴は捨象されるが、暮らしに関わる分布はミクロな分布である。分布図の作成には目的があり、初期の航空機モニタリングによる分布は避難区域を設定することが目的であった。避難指示解除が進行し、暮らしの再生段階にある現在では、より暮らしに密着したスケールにおける放射性物質のモニタリングが必要なのである。モニタリングした結果は、その意味するところを理解しなければならない。様々な地表面の属性と重ね合わせて見るということが重要であり、地理情報システム（GIS）の活用は意識しないと見えないものを可視化する利点がある。

なぜ人は山村に戻ったか

福島を語る場合に忘れてはならない観点は、放射性物質の沈着の場は暮らしの場でもあったということである。これを忘れると科学の視線は安全な場から福島を見下ろす冷たい視線となってしまう。地球人間圏科学では、常にそこに人の存在を意識しなければならないのである。

東北地方固有の落葉広葉樹林はしいたけ栽培のほだ木の産地であったとともに、山菜、キノコが豊富で、マイナー・サブシステムと呼ばれる主な生業に対する副業（あるいは遊び仕事）が山村の人々生きがいを形成していた。福島は葉たばこの産地でもあるが、良質の製品とするためには畑に隣接する落葉樹林から採取した落葉堆肥が不可欠という話も伺った。これは山村における生物多様性の高さ、生活の豊かさの一面を表している。これが山村で暮らす安心を生み出している。安心とは英訳がしにくい日本独自の感覚であるが、日本人が重視している感覚でもある。聞き取りによると、山村における安心の基盤には“家族”が確固としてあることがわかる。また、家、田畑、管理機の存在は給与収入だけに頼らない強い山村を形成する基盤であることがわかる。山村における安心を形成するものは“ふるさと”なのであり、これが福島の外にいる人々が尊重しなければならないことの一つである。

文明社会の中の地球惑星科学

地球惑星科学は人間社会の存続に関わる諸問題の解決に貢献するという役割を持つ。その時に意識しなければならないことが、地球環境変化における人間的側面である。これは Future Earth に吸収された IHDP(International Human Dimension Programme)の名称そのものでもある。個人の考え方は関係性を持つ範囲における相互作用によって形成される。それは人の個性でもあるが、お互いに見えない世界、交わらない世界を生み出すことにもなった。代表的な世界が都市的世界と田園的世界といっても良いだろう。都市(urban)と田園(rural)はどちらも Future Earth の Key focal challenges に含まれている。東京大都市圏と福島の山村という関係はこの都市と田園の視点から俯瞰する必要がある。その上で SDGs (持続可能な開発目標) を達成するにはどうしたらよいか。唯一の答えはない課題であるが、地球人間圏科学における喫緊の課題である。

日本は様々な環境汚染を経験してきた。四大公害病はその代表的なものであり、歴史となっているともいえるが、まだ解決されているわけではない。汚染のメカニズムだけではなく、歴史的背景と様々なステークホルダーの関係性を明らかにした上で、被害者たちが諒解を形成してきた過程を理解しなければならない。時間軸でみるということは、被害の意味が変わってくるということでもある。ある時代背景のもとで、よかれと考えて実行されたことが、新たなリスクを生んだ事例はたくさんある。今後、二酸化炭素排出も環境汚染という見方が出てくるかも知れない。

2019年の国連気候アクションサミット、COP25(国連気候変動枠組条約第25回締約国会議)を経た現在、気候変動が人類にとって喫緊の課題となった。我々は二酸化炭素の放出によるハザードの激甚化を避けなければならない。未来に対するアクションを今すぐ起こさなければならないのだが、未来を強調しすぎると現在が疎かになる。現在は過去からの積み重ねでできており、未だ環境汚染や事故で苦しんでいる人がいる。科学は未来を見つめるだけではなく、現実の問題に対応する必要もある。現実の問題を解決した上で、未来を展望

する視線と、未来からバックキャストする視線を交わらせなければならない。地球人間圏科学は過去から現在、現在から未来、そして未来から現在を見る複合的な視線と、地球という空間を様々なスケールで俯瞰する視点を持ち、そこに人間と人間以外の生態系も配置して理解を試みる地球惑星科学の一分科である。このスタンスが SDGs 時代における“誰一人取り残さない”ための科学になるのである。

引用文献

Future Earth 2025 Vision, https://futureearth.org/wp-content/uploads/2019/09/future-earth_10-year-vision_web.pdf(2020年1月1日参照)

IAEA(2006):「チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復：20年の記録」邦訳 日本学術会議、2013年3月公開。 <http://www.sci.go.jp/ja/member/iinkai/kiroku/3-250325.pdf> (2020年1月1日参照)

恩田裕一 (2018)：福島第一原発事故による放射性物質の移行調査における研究者の役割。 学術の動向、第23巻第3号、10-17.

近藤昭彦・山口英俊・早川敏雄・下条亮介(2011)：東電福島第一原発事故による飯舘村および周辺地域の環境汚染の現状－空間線量率等詳細調査結果速報－。 農村計画学会誌、30(2)、121-122.

近藤昭彦(2016)：里山の放射能汚染の実態と復興への課題－川俣町山木屋地区における帰還へむけた取組と課題－、農村計画学会、34(4)、419-422.

近藤昭彦(2019)：原子力災害における解決と諒解－犠牲のシステムから関係性を尊重する共生社会へ－、学術の動向、第24巻第10号、49-52.

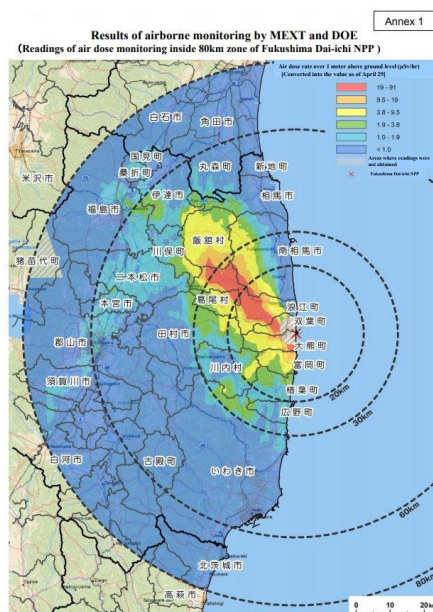


図 5-2-1 文部科学省が 2011 年 5 月 13 日に報道発表を行った福一 80km 圏の航空機モニタリングによる空間線量率の分布

(https://radioactivity.nsr.go.jp/en/contents/4000/3180/24/1304797_0506.pdf)。

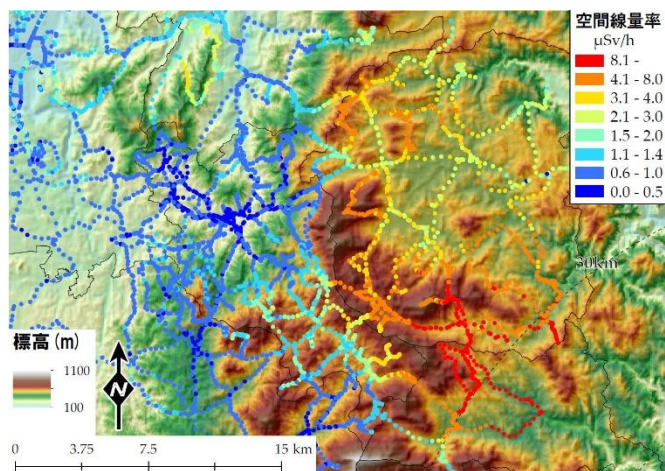


図 5-2-2 自動車走行サーベイによる福島市、飯舘村、川俣町周辺の空間線量率の分布。値は 2011 年 7 月、8 月の実測値。

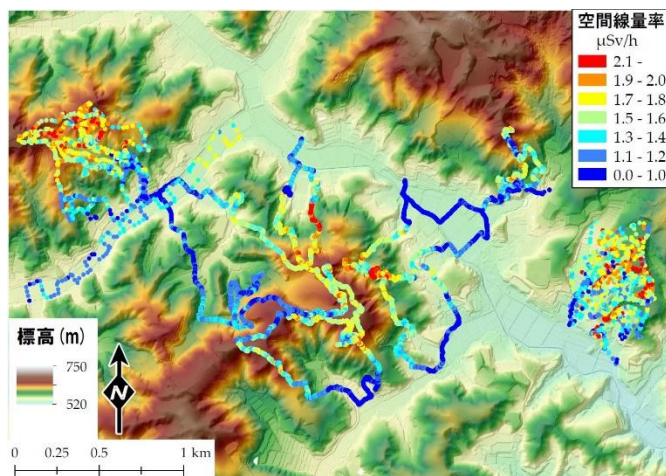


図 5-2-3 川俣町山木屋乙二地区の山林を歩行して計測した空間線量率。2012 年夏期の実測値。