

Radioisotope

抜刷

ニュース

No.59 2015

福島レポート 2015

「情報格差が残した原発事故の傷跡」

放射性同位元素総合センター 助教
角山 雄一

京都大学 環境安全保健機構
放射性同位元素総合センター

福島レポート2015

「情報格差が残した原発事故の傷跡」

放射性同位元素総合センター 助教
角山 雄一

「情報の非対称性 (asymmetric information)」と市場との関係について研究した三名の米国の経済学者が、2001年にノーベル経済学賞を受賞している。この流通分野における言葉は、売り手側と買い手側の間に存在する商品についての情報の格差のことを指すのだそうだ。一般的に販売者は商品に関する知識を消費者よりも抱負に持つが、このような商品知識の格差は販売者には有利であっても消費者には損なことがある。この格差が過剰になると、消費者は製品を買い控えるなど消極的な行動をとるようになり、結果として円滑な市場取引の妨害につながるのだという。耳学問で得た経済用語だが、福島県を訪れるたびにこの「情報の非対称性」という言葉思い出す。富岡町や双葉町から避難を与儀なくされた方々と対話をしたとき、復興への準備が進む川内村や飯館村を訪れたとき、あるいは既に平穏な生活に戻ったように見える福島市や郡山市の皆さんと触れ合ったとき、震災後に情報が十分に得られなかったという悔恨の声をあちこちで聴いた。これもある種情報の非対称性がもたらした結果なのだろう。

今回のレポートでは、情報格差がもたらした今なお残る原発事故の傷跡と、それを乗り越えようとしている様々な取り組みについて報告する。

1. 情報格差が残したもの、そしてこれからのこと

昨冬、川内村の遠藤雄幸村長にお会いする機会を得た。根雪が残る川内村の旅館「小松屋」にて、鍋を囲みながらいろいろな話を伺うことができた(図1, 2)。村長は、事故直後に国や県からの情報が適切に届かなかったことに対して不満を感じると



図1 平成27年1月末、川内村で震災後一早く宿を再開した旅館「小松屋」にて、地の物を囲んでの一枚。左から遠藤村長、(財)ルイ・パストゥール医学研究センター宇野賀津子先生、筆者、県会議員長尾トモ子氏。村長との対話は宇野先生と長尾氏のご尽力により実現したもの。後ろの襖には、細野豪志議員のサインとメッセージ「再び、いわなの里に!!」。



図2 旅館併設の蕎麦屋「天山」にて囲炉裏を囲んで地酒を飲みながらの論議風景。左は元双葉町役場職員の松枝智之氏。氏は双葉町民の一斉避難後も職務のため現地に残った。遺体確認作業をはじめ様々な仕事をたった一人で担うこととなり、大変辛い思いをされたという。右は小松屋の主、井出茂氏。様々な想いを語ってくださった。

言っていた。あの時もっと迅速かつ綿密に中央官庁

や東電と情報共有ができていれば、現状はきっと違っていたはずだという思いが胸中にあるようだった。さらに村長は、中央と村との情報格差は今も続いているのだと言う。懸命に復興努力を続けている川内村の今の様子がもはや全国に報道されることはほとんどない。これは行政やマスコミにおける“中央と地方との間の情報の非対称性”といったところだろうか。川内村は第一原発の南西の山奥に位置するため(図3)、事故後は原発北西部と比べれば線量がそれほど高くはなかった。しかし原発から20キロ圏内という理由だけで村民は避難を強いられた。その後、深刻な風評被害に見舞われたという。村が以前の姿に戻るまでには相当な時間と労力を要するものと思われるが、村長や村民たちは懸命に復興計画を推し進めている。村は除染やインフラ整備だけでなく、高原農産物栽培工場(植物栽培工場)を設置し、発電を再生可能エネルギーにシフトするなど、新しい産業にも挑戦しようとしている。マスコミにはぜひ、この今の川内村の前向きな姿を全国に伝えて欲しいものだ。

原発から南西40km付近に位置する飯舘村では(図3)、事故後の行政対応のまずさが今も大きな影を落としている。原発事故直後、村には有名な学者や役人たちがやってきて、線量は多少高いが飯舘は大丈夫だと言っていたという。ところが国は、事故か

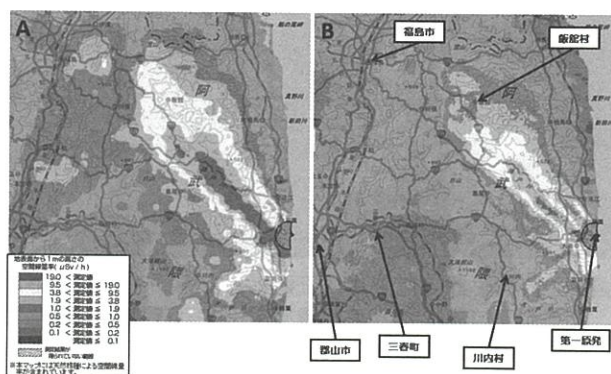


図3 平成23年(2011年)11月5日(A)と平成26年(2014年)11月7日(B)の時点での地上高1mにおける空間線量率マップ(文部科学省「放射線量等分布マップ拡大サイト」<http://ramap.jaea.go.jp/map/>より引用改変)。図B中に本レポートに登場する市町村の位置を示す。



図4 平成27年6月中旬、飯舘村居住制限区域内の森林を調査する阪大チーム。森林内は除染されていない。手前の線量計は2.277 $\mu\text{Sv/h}$ を示している。

ら1か月以上経った4月22日、村民に5月末までに避難するよう命じた。今年の6月、大阪大学の研究チームが行っている飯舘村の森林調査に同行した(図4)。調査に立ち会ってくださった森の所有者である御老体は、「自分たちの村役場や村長ですらまったく信用できなくなった。それは今もだ。」と憤りを隠さなかった。村のモニタリングポストが故障やメンテナンスのために止まることがあるのだが、「線量が高いからどうせわざと止めたんだろう。」とまずは疑うのだという。村では現在順調に宅地や田畑の除染が進められている。福島県は、飯舘村では帰村を希望する村民が3割、条件が整えば帰りたくなる者がさらに3割程度はいる、という住民アンケート結果を公表している。しかしこの森のオーナーに言わせれば、近所の手前もあって帰村を希望すると役場に言っただけで、本音では帰らないと決めている者が大多数なのだという。その最大の原因は、村の将来を担う次世代が帰村しないことなのだそうだ。若い人たちは長い避難生活の中で都会暮らしに慣れ、もう村に戻るつもりがない。これでは高齢者も以前のような子や孫に助けられながらの生活を望めない。原発事故後に生じた“権威(行政や学者)と村民との間における情報格差”は現在の尋常ならざる権威に対する不信感をもたらしている。これを解決する手段は果たしてあるのだろ



図5 平成27年1月末、富岡町避難者の皆さんから放射線に関する様々な疑問を伺う。いわき市泉玉露にある富岡町生活復興支援センター泉玉露交流サロンにて。

うか。

昨冬から最近にかけて、いわき市や三春市、郡山市などで、仮設住宅や借上げ住宅にお住まいの方々と対話をする機会に恵まれた(図5)。多くの皆さんが表面的には普段通りに振舞っておられたが、時間をかけてよくよく話を聞いていくと、何名かが小さな子供への影響やがんのことについてポツポツと心配を口にし始めた。福島の人々はシーベルトやベクレルなどの単位には今や相当慣れている。また、放射線の基礎知識も十分な方がとても多い。しかしそのような方々でも、確率的影響の話となると自身

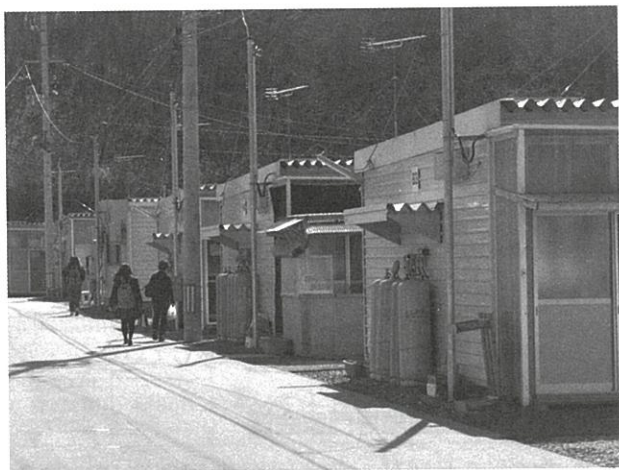


図6：三春町熊耳にある応急仮設住宅。事故から4年以上経過したが、富岡町からの避難者約80名が今もここで暮らしている。三春町全体としては、町内に15ヶ所ある仮設住宅や借上げ住宅に、富岡町や葛尾村、田村市からの避難者約1,300名を受け入れている。

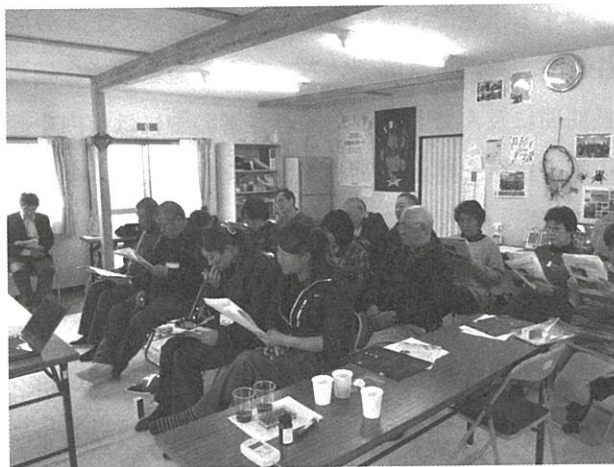


図7 熊耳仮設住宅の集会所で開催された勉強会の様子。住民の中には元原発作業員の姿もあった。

のこととして実感できないのだという。こういった健康被害に関する不安は、帰村を目指す人々の場合はさらに切実なものとなる。三春町の仮設住宅を訪れたとき(図3, 6, 7)、条件が整えば帰村を考えているという富岡町からの避難者の方から「先生、町へ帰るのはいいが、ホットスポットは何シーベルトだと危ないんだ? からだに危険になる境い目の数字をはっきりと言ってくれ。」という大変厳しい質問があった。町民と筆者との間には、明らかに情報格差が介在するのだ。この格差はどのようにしたら縮まるのであろうか。現在も富岡町役場とは連携を続けており、今年の秋以降ふたたび避難者の皆さんの勉強会にお邪魔するつもりである。地道に交流を続ける中で、なんとか町民の不安解消への糸口を探って行きたいと考えている。まずは町民の皆さんと少しでも情報を共有することを優先するつもりだ。

2. 県庁所在地「福島市」を歩く

福島市(図3)は人口約30万人の県庁所在地である。原発事故直後の一年間で8,000名近い人が自主的に県外へ転出したというが、流出は一時的なものに留まった。逆に転入もあって、市内15ヶ所に設置された仮設住宅や借上げ住宅等に、述べ約9,000名の避難地域住民を受け入れた。福島県は、今後福島市内に復興公営住宅を475戸(県全体では4,890戸)

整備する予定で、原発事故で家を追われた人々の居住の安定を図る計画でいる。しかし避難生活は相当長期間に及んでしまった。避難者の中には市内や周辺都市に居を構えて新しい生活を始めた者も多いと聞く。

福島市内では除染事業が順次進められている。環境省によれば、平成27年6月末の時点で、市内で予定されていた除染事業の大半（住宅の66%、道路の75%、水田や畑の100%、森林の32%）が完了したという。果たして除染の効果は如何ほどのものであろうか。平成27年3月中旬、市内を歩いて空間線量率を測定してみることにした。市街地では持参した線量計が、地上1m高付近で毎時0.2~0.5 μ Svの間を推移していた（図8、HORIBA社製Radi-1100Aを用いて測定）。京都市市街地（毎時0.04~0.09 μ

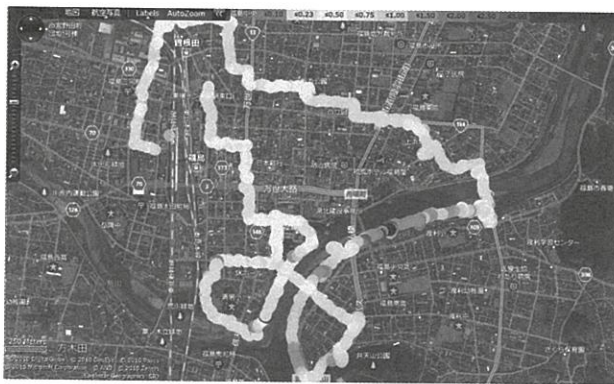


図8 福島市内での空間線量率測定結果。市街地では毎時0.2~0.5 μ Svの間を推移。



図9 阿武隈川の川沿いは線量率が市街地より高い。毎時1 μ Svをこえるところもあった。川辺には白鳥が集まり餌をついばんでいた。手前の線量計は0.889 μ Sv/hを示している。

Sv) と比べれば1時間あたり数倍~10倍の数値である。ただし、これは除染が完了した場所についてであって、市街地中央を横切る阿武隈川の川辺の遊歩道を歩くと毎時0.7~1.2 μ Svまで上昇した（図9）。原発から放出された放射性セシウムは土壌に強固に吸着する性質がある。セシウムが吸着した土や塵は雨水とともに窪みや側溝などに集積し、局所的に放射線量が高い場所（ホットスポット）を形成する。このようなスポット周辺では空間線量率も上昇する。川辺の遊歩道には、何ヶ所もホットスポットが点在していた。隣接する市街地から雨水が流れこむ溝の付近でとくに数値が上昇した。放射性セシウムが溝の底の泥に高い濃度で含まれているようだ。中には地上1m付近で毎時10 μ Svを超えるようなところもあった（図10）。この値は帰還困難区域内の未除染地域の空間線量率と大差ない。

川辺を測定していた時、数名の市民たちが遊歩道を散歩していた。聞けば線量が高い場所があることは承知のうえだという。ホットスポットと向き合っ

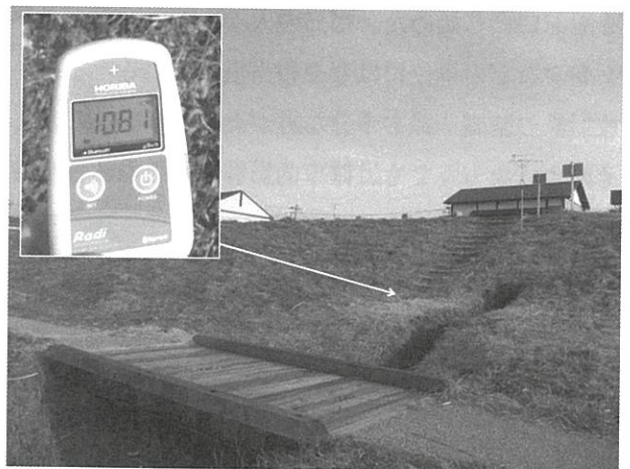


図10 住宅街から雨水が流れこむ溝はホットスポットとなっていた。左上枠内は溝付近地上高1mで測定中の線量計。10.81 μ Sv/hと表示している。

3. 第4回福島国際専門家会議

平成27年3月15日、第4回福島国際専門家会議「福島原発事故から4年：県民健康調査と県民の安全・安心」（福島市にて開催、主催：福島県立医科大学、共催：福島県、ICRP、日本財団、長崎大学、

広島大学、後援：国連防災世界会議事務局）に出席した。この会議では県の現況や県民健康調査の経過についての発表があった。最初に福島県知事の内堀雅雄氏より概況報告があった。知事によれば、農業や畜産業における出荷額は震災前の9割程度まで回復したとのことである。その一方で林業は震災前の6割、水産業は4割程度に留まっているとのこと。避難住民数は10万人超（県外避難者と県内避難者の合計）で、依然として多数の福島県民が故郷を離れたままであることが伺える。知事の報告に次いで、ICRP Scientific SecretaryのChristopher Clement氏の基調講演が行われ、その後県民健康調査事業の報告が続いた。その中で、福島県立医大の鈴木眞一教授から小児甲状腺調査に関する発表があった。現在、本格検査が始まった段階ではあるが、これまでのところ放射線被ばく影響による甲状腺がん患者は見られないとのことであった（表1）。なお、この検査では表1最上段の先行検査の結果および次段の他県の検査結果がベースライン（コントロール群）となる。先行調査で発見されたがんあるいはがん疑いについては、震災直後の居住地域との相関がみられないことから、原発事故による被ばく影響ではないとしている。今のところは線量との相関は見られないが、本格検査を継続して推移を見守って行くとのことである。その他にも、震災や避難生活が人々のところに与えた影響についても発表があった。震災

災後うつ病などの懸念が増大しているとのことで、医師たちはこころのケアについても重点的に対策を施すべきだと訴えていた。

4. 小学生を対象としたストレスケア

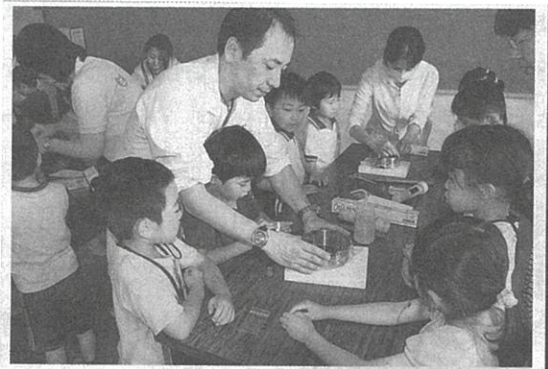
福島の人々は長期間にわたって大変なストレスを強いられている。確率的影響への懸念は市民の胸中に今もなお根深く残っており、子や孫を抱える大人たちや結婚を控えた女性たちにとってはそれが潜在的なストレス要因となることがある。福島の医師や臨床心理士たちは、そういった大人たちが抱える漠然とした不安が小さな子供たちに伝播し、子供の成長阻害につながる危険性があると指摘している。子供は大人よりもストレスを溜め込みやすく、そのうえ発散の術を知らない場合が多いので、大人よりも深刻なのだという。

今春、筆者は郡山市（図3）で開催された健康増進プログラム「ふくしまの子ども希望プラン」（主催：NPO法人「ハートフルハート未来を育む会」、協力：日本ユニセフ）に講師のひとりとして参加した。このプログラムは福島でも初のめずらしい試みということで、地元の新聞に取り上げられた（図11）。平成27年6月8、9日と11日の三日間、臨床心理士数名と、体育指導員、免疫学研究者、放射線専門家（筆者）が郡山市立芳山小学校を訪れて講師を勤めた。一学年二学級の全児童が、クラス単位で入れ替り、四つの講座（発声などによる簡単なストレス発散の仕方を学ぶ心理教育講座、からだを動かすことの大切さを知る運動遊び講座、好き嫌いの無い食事で免疫力を高める必要性を知る栄養・免疫力講座、そして放射線と向き合うための基礎知識を学習する放射線講座）を順番に受けていく。筆者が担当した放射線講座では、霧箱実験やGMを使った自然放射線の体感、原爆、産業利用の恩恵、原発事故、学校の近辺に残るホットスポットのことなどを一クラス40分の内容に盛り込んだ。漢字の習熟度や理科知識がまちまちであるので、プレゼン用のパ

表1 県民健康調査における小児甲状腺検査の経過報告概要

	検査受診者数 (受診率) (検査確定率)	A1 囊腫・結節 なし	A2 結節5mm以下 囊腫20mm以下	B 要 二次検査	C 直ちに 二次検査
先行検査 2011/10/09~ 2014/03/31	299,543名 (81.5%) (99.9%)	154,018名 (51.5%)	142,936名 (47.8%)	2,278名 (0.8%)	1名 (0.0%)
長崎・山梨・青森 三県調査	4,635名	42.4%	56.6%	1.0%	0%
本格検査 2014/04/02~ 2016/03/31 57~91 歳以上のもの	148,027名 (67.5%) (82.4%)	50,767名 (41.6%)	70,187名 (57.5%)	1,043名 (0.9%)	0名 (0%)

・二次検査の細胞診で悪性ないし悪性疑い：先行検査では112名（男性38、女性74）、うち99名が手術を実施、本格検査ではこれまでのところ悪性・悪性疑い15名、うち5名が手術を実施
 ・先行検査においては甲状腺癌発症と震災時居住地域との相関はみられなかった
 『県民健康調査』検討委員会 第19回委員会（平成27年5月18日） 資料3-1『甲状腺検査（先行検査）』結果概要【暫定版】、資料3-2『甲状腺検査（本格検査）』実施状況より引用



実験を通して放射線に理解を深める児童ら

放射線について理解を深めることにも、心を配っている他、実と体の健康を管理する、験などを行っている。

健康増進プログラム「ふしみの子」も希望プランは八日郡山市の芳山小で始まった。放射線、栄養、免疫力、運動遊び、心理教育の四講座を開き、全児童約二百八十人が受講している。

放射線を正しく理解
郡山・芳山小で希望プラン

放射線について理解を深めることにも、心を配っている他、実と体の健康を管理する、験などを行っている。

健康増進プログラム「ふしみの子」も希望プランは八日郡山市の芳山小で始まった。放射線、栄養、免疫力、運動遊び、心理教育の四講座を開き、全児童約二百八十人が受講している。

図11 福島民報に掲載された記事。この新しい取り組みは、地元の新聞二紙（福島民報と福島民友）で紹介された。

ワーポイントは学年ごとに作り替える必要があったが、甲斐あってか児童たちは興味津々といった感じで最後まで授業につきあってくれた。

この取り組みを通じて、今さらながら事故からずいぶん時間がたっていることに気づかされた。高学年の児童たちの多くが、震災後の大変な時期のことを覚えていた。ところが、低学年の子供たちは原発事故のことなど知らないというのである。福島においてさえ、世代間における情報格差が始まっている。次世代に事故の教訓をどう伝えていくのか、これも今後の大きな課題である。

5. LNT 仮説への挑戦 ～長期低線量率被ばく影響は科学的にどこまで明らかなのか？～

繰り返しになるが、福島の多くの市民が心配している放射線健康影響とは確率的影響のことである。前述の例でいえば、帰還した住居付近にホットス

ポットがあった場合に、いったい何シーベルトまでなら近づいても大丈夫なのだろうか。法律的には避難区域の設定の際や除染物処理などには基準値が設定されている。しかしそもそも放射線防護の世界では「しきい値」がないことになっているのに、少々学者不振になっている人々に対してこの基準値をどう説明すればよいのであろうか。教科書的に答えるのならば、「広島長崎の被ばく者の疫学調査からみて、100ミリシーベルト以下は…。一方、世界には高自然放射線地域があって…云々。」とするところだろう。実際、福島では震災後にこのような説明を受けた住民が多かったという。ところがこの説明に納得した住民はそれほど多くはないのだという。ならば、ということで最近の筆者は、「申し訳ありませんが、学者はすべてを知っているわけではありません。これまでの疫学調査などからわかっている目安程度でしたら助言はできますが、何シーベルト以上は危険です。と断言をすることはできません。今も一生けん命、学者たちは研究を続けています。」と冗長な言い訳をすることにしてはいる。その上で、私たちの研究の進捗状況をなるべく優しい言葉で伝えようところみる。と同時に、「とにかくまずは測定して、その数値に慣れていきましょう。もしも不安になるような高い数値が出たら、いつでも相談してください。一緒に考えましょう。」と、共に考え続けることを提案する。

ここ数年、避難者をはじめとする福島の皆さんと対話をする機会が増えたが、そのような活動を重ねていると自身の知識にどうしても確信が持てない部分があることに気づく。すなわち、教科書等によく見る LNT 仮説 (Linear Non-Threshold Model、しきい値無し直線モデル) に基づく線量比例的な発がん率上昇のグラフについてである。ICRP 勧告では、低線量被ばく影響を考える際には LNT 仮説と DDREF (線量・線量率効果係数) を併用することを推奨している。果たしてこの評価方法は十分に科学的に正しいのであろうか。この二つのみで線量

「率」と発がん率についての相関を正確に表現できるのであろうか。原発事故後、同じような疑問を持つ研究者は少なくなかった。個人的な印象では、放射線を専門としない者ほど同様の疑問を強く持つ傾向にあったように思う。幸いなことに筆者は、数理モデルを用いて長期低線量率被ばく影響の真実に迫ろうとする物理学者や生物学者の集団と知り合う機会を得た。この研究集団に属する物理学者たちが生み出したひとつの数理モデル「WAMモデル (Whack-A-Mole モデル、モグラたたきモデルの意)」は、突然変異率 (注: 発がん率ではない) と線量率の関係について、従来のモデルとは異なる結果を導き出した (参考文献1-4)。WAMモデルの最大の特徴は放射線による突然変異率の変化を時間微分の式で表した点にある (図12)。本来からだに

$$\frac{dF(t)}{dt} = A - BF(t) \quad F: \text{突然変異発生頻度}$$

$$A = a_0 + a_1 d \quad a_0 = \text{自然環境要因による変異}$$

$$B = b_0 + b_1 d \quad a_1 = \text{追加放射線による変異}$$

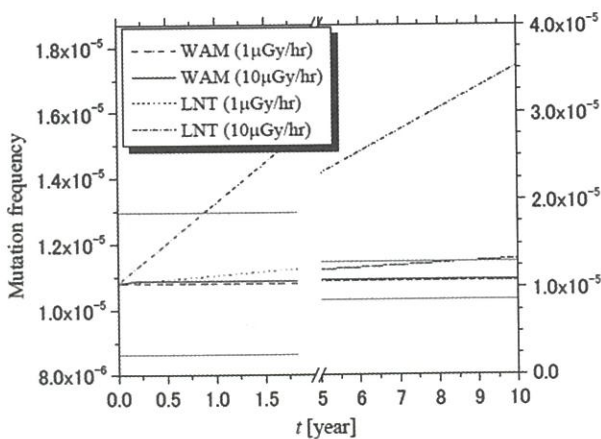
$$b_0 = \text{自然環境下における通常の修復}$$

$$b_1 = \text{追加放射線に反応した修復}$$

d : 線量率

図12 線量率 (総線量ではない) と突然変異率との関係を表す WAM モデル

Comparison WAM model to LNT model



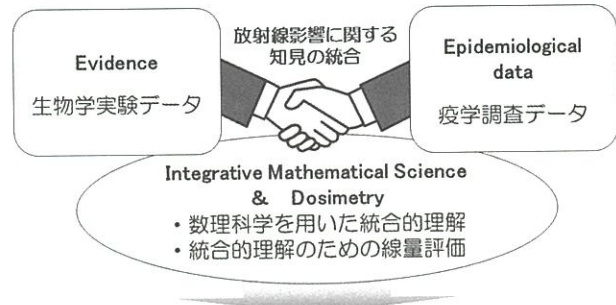
$$F_{LNT}(t) = F_s + E_{LNT}(D) = F_s + \alpha D, \quad D = d \cdot t,$$

F_s : spontaneous mutation $F = 1.08 \times 10^{-5}$, $\alpha: 2.79 \times 10^{-5} [1/\text{Gy}]$

図13 WAMモデルとLNT仮説の比較。同じ線量率 (1 μ Gy/hy, 10 μ Gy/hy,) を数年間被ばくし続けた場合、LNT仮説では突然変異が蓄積していく一方だが、WAMモデルでは突然変異率の上昇は見られない。(参考文献3より引用改変)

備わっているはずの修復機能 (損傷 DNA の修復や、アポトーシスによる DNA 損傷細胞の排除など) が作用するチャンスを数式の中に盛り込んだのだ。この式は、これまでに行われているマウス、ショウジョウバエ、トウモロコシ、キク、ムラサキツユクサにおける線量率を変えたガンマ線照射実験の結果 (探してみても驚いたのであるが、線量率を変えた生物照射実験の論文はとてども少ない) とよく一致する。図13は、WAMモデルとLNT仮説との違いを端的に表すグラフである (W. L. Russellらによる有名なメガマウス実験の結果から導き出されたパラメーターセットを用いて計算)。モデル上の推算ではあるが、マウスが毎時10 μ Sv を数年にわたり被ばくし続けた場合、LNT仮説では突然変異率が年々高まる傾向にある一方で、WAMモデルだと数年たっても突然変異率の変動が見られない。もちろん、WAMモデルもLNT同様あくまでも仮説のひとつである。本当に正しいのかどうかについては今後生物実験などを繰り返して検証し、しっかりと裏付けを行うことが不可欠である。また、このモデルは後代への遺伝的影響を表した数式であって、発症機序がずっと複雑な発がんについて説明できるかは不明である。つまり、未だ避難者の皆さんに対する解を持つには到底至っていないのが現状である。

現在この研究集団は、長期低線量率被ばく影響を科学的に探求する学者の輪を日本全国に広げようと



異分野の知見のインテグレーションにより、実社会に貢献 (例) 放射線医療における被ばく対策、原子力災害対策 など

図14 長期低線量率被ばく影響を明らかにするための研究体制概念図。生物学実験と疫学調査にはそれぞれ長所短所がある。そこで、両者を数理的な理解を用いて統合することが不可欠だ。

試みている。目指すところは、我が国に専門の研究組織を創設することだ（図14）。実は、欧州には手本とすべき組織が既に存在する。MELODI (Multidisciplinary European Low Dose Initiative) といい、巨額の予算と多数の研究者を擁して低線量被ばくに関する種々の研究プロジェクトを推進している。平成27年5月28日、WAMモデルの研究集団は京都大学益川ホールに Wolfgang Weiss 博士 (MELODI 名誉会員・UNSCEAR 元議長) を招待した。講演 (演題: Opportunities and challenges in low dose risk research) の中で博士は、日本の若者たちにも研究に参加してほしい、というメッセージを残された (図15)。もしこれからこの分野に挑戦したいという若手研究者 (自称含む)、院生、学生がいいたら筆者までご一報下さい。WAMモデルの検証にもぜひ加わっていただきたい。

原発事故を契機に、京都や大阪で異分野の科学者たちが始めた取り組みがいよいよ本格化し、そのネットワークを全国へ、さらには世界へとひろげようとしている。もしかしたら長期低線量率被ばく影

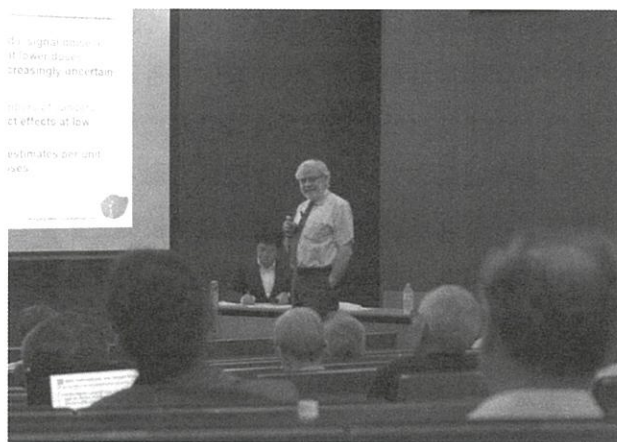


図15 欧州 MELODI 名誉会員 Weiss 博士による招待講演での一コマ。博士は、日本の若者たちにも研究に参加して欲しいと訴えていた。

響の解明は、“科学者間における情報の非対称性”を乗り越えた先に実現できるものなのかもしれない。避難者の皆さんに自信をもって回答できるまでには相当時間がかかってしまうかもしれないが、それでも原発事故という稀有な被害に見舞われた我が国こそ継続して尽力すべき研究テーマなのではないだろうか。

参考文献

- [1] 真鍋勇一郎, 中村一成, 中島裕夫, 角山雄一, 坂東昌子「LNT 再考 放射線の生体影響を考える」日本原子力学会誌, 56 (11), 23-26 (2014).
- [2] Y. Manabe, T. Wada, Y. Tsunoyama, H. Nakajima, I. Nakamura, M. Bando, “Whack-A-Mole Model: Towards Unified Description of Biological Effect Caused by Radiation-exposure”, J. Phys. Soc. Jpn., 84, 044002 (2015)
- [3] T. Wada, Y. Manabe, I. Nakamura, Y. Tsunoyama, H. Nakajima, M. Bando, “Biological effects of long-term exposure to low dose-rate radiation –Comparisons of WAM model and LQ model”, J. Nucl. Sci. Technol., submitted
- [4] 真鍋勇一郎, 和田隆宏, 中村一成, 角山雄一, 中島裕夫, 坂東昌子「放射線誘発突然変異頻度の線量・線量率応答への数理モデル～Wack-A-Mole モデルへの適用」放射線生物研究, 50 (3), 211-225 (2015).

