

論文

福島原発被災後の生涯に渡る放射能汚染と健康影響

Environmental Pollution of Ionizing Radiation by Fukushima Nuclear Power Plant Disaster
and Health Assessment for Lifetime

安藤 満

元国立環境研究所総合研究官・日本農村医学研究所客員研究員

投稿受付：2015年5月25日 受理日：2015年6月29日

Mitsuru ANDO

Former-Chief Research Scientist of National Institute for environmental Studies

Visiting-Research Scientist of Japanese Institute of Rural Medicine

Summary

Four years have passed from the tsunami disaster caused by the Great East Japan Earthquake (magnitude Mw: 9.0) on March 11, 2011, the Fukushima nuclear power plant of The Tokyo Electric Power Company (TEPCO) has been severely damaged until today. After the disaster, radioactive pollutants such as Iodide-131, Cesium-137, Cesium-134, Strontium-90, Tritium have heavily been polluting the surrounding air, soil, fresh water and marine water in the Pacific Ocean. The environment and food products have already been polluted by the dry deposition or wet deposition of radioactive pollutants from the Fukushima nuclear power plant accident. The radioactive substances in evacuation areas around the power plant has been heavily contaminated and the trace concentration of radioactive substances have been detected in distant places from the nuclear power plant. After the disaster, now 115,511 people have been enforced to move out from the polluted areas. Still many people in evacuation

安藤 満 (あんど う みつる) 元国立環境研究所総合研究官
日本農村医学研究所客員研究員 医学博士



zones, such as Futaba, Okuma, Tomioka, Namie, Iidate, and Minami-Souma are trembled with fear and are evacuating to the non-polluted areas far from the nuclear power plant.

Ionizing radiation and radioactive substances are well-known cause of many types of solid cancer and certain types of leukemia (malignancy of white blood cells). The most important source of epidemiological data of cancer incidence and mortality of ionizing radiation was the Life Span Study (LSS) of the Japanese atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki. Recent investigations on Chernobyl nuclear power plant have also indicated that the leukemia incidence doubled more than 600,000 people (liquidators) by the exposure of highly ionizing radiation and radioactive pollutants from the power plant accident.

The scientific evidence evaluates that there is a linear dose-response relationship between exposure to ionizing radiation and the development of radiation-induced leukemia and solid cancers in humans. Many infants, children and mothers are still living in the relatively high radioactive contaminated environment in Fukushima area, it is necessary to survey their health status and medical treatment during their lifetime.

【key word】 Nuclear Power Plant Disaster, Radioactive Contamination, Health Effect, Leukemia, Cancer Risk

要旨

東日本大震災（マグニチュード Mw: 9.0、2011年3月11日）が起こってから4年が経過しているが、大震災の津波により現在に至るまで東京電力福島原発に深刻な破壊が起こっている。原発事故による放射性核種の大量放出により、原子力発電所近辺の大気、土壌、陸水等の環境さらに太平洋の海洋も、ヨウ素-131、セシウム-137、セシウム-134、ストロンチウム-90、トリチウム等各種放射性物質によって著しく汚染されている。既に原発から大気中に放出された放射能汚染の湿性沈着や乾性沈着、さらに汚染水流出によって、環境と食品が汚染されている。原発周辺の土壌は高度の放射性物質汚染に曝され、事故後日本の広い範囲が汚染され、原発から離れた大気・水中に低濃度の放射性物質が検出されている。現在、原発事故により汚染地域から福島県内外へ11万5511人の人々が避難している。放射能汚染への怖れから双葉町、大熊町、富岡町、浪江町、飯館村、南相馬市等被災地から多数の人が原発から離れた非汚染地域へ避難している。

感受性の高いヒトの健康への深刻なリスクとして放射線や放射性物質は多種の固形がんや非固形がんの白血病（白血球のがん）の原因であることが知られている。がん発症やがん死亡率に関する最も重要な疫学資料は、広島・長崎の原爆被爆生存者の生涯に渡る追跡調査(LSS)である。さらに最近の研究はチェルノブイリ原発事故による放射線と放射性物質に高濃度曝露を受けた60万人以上のチェルノブイリ原発作業員の白血病発生率が倍加していることを報告している。

放射線被曝量と白血病発生率・死亡率や固形がん発生率・死亡率の間には直線関係があると報告されている。福島の放射能汚染地域には多くの乳幼児、児童、母親が居住しているため、生涯に渡る継続的健康診断と治療の徹底が必須である。

【キーワード】 福島原発事故、放射性物質汚染、健康影響、白血病、がんリスク

1. はじめに

『地震と津波そして原発事故の避難中に亡くなられた1万5,891人の方々、2,579人の行方不明の方々、震災関連死された3,194人の方々に対し謹んで哀悼の意を捧げます。2015年4月、なお避難生活を余儀なくされている21万9,618人に及ぶ被災者（福島県は県内避難6万9,341人に加え県外避難4万6,170人があり、総勢11万5,511人）の方々が、安心して暮らせる生活環境を一日も早く取り戻せるようお祈り申し上げます。』

東日本大震災とそれに伴う東京電力福島第一原子力発電所（福島第一原発）の過酷事故から4年が経過している。福島県においては原発事故の避難中に震災関連死として多数の方が亡くなられた上に今なお増え続けており、復興への取組みと同時に避難を余儀なくされた方々の生活保障、健康維持、生活環境回復の長期的支援が必須となりつつある。現在日本の福島原発災害は、太平洋を経由し海洋汚染が及んでいる米国、カナダ等を始めとして、アジア太平洋諸国、EU諸国、国連、IAEA等の国際機関による評価を受けるほどの国際的重大さを内包している。現代文明は様々なリスクを生みながら進行しているが、エネルギー開発においては特に顕著であるため原発被災

地のリスクについて、現地調査に同行し考察した。

福島第一原発1号機原子炉の核燃料は全てメルトダウンし、原子炉を突き抜けて格納容器の底に落ちて溜まっていると予想されている。2015年4月10日に福島原発1号機のメルトダウンした核燃料の状況を探査するため投入された探査ロボットは、投入された4月10日、10数メートルを走行したところで動けなくなった。走行の間の放射線量は7.1 Sv/hから24.9 Sv/hと非常に過酷な放射線量であり、人の立ち入りは決して出来ない被曝線量下にあった。原発のリスクが他の技術と根本的に異なっている最大の理由は、放射線に感受性の高い「ヒト」が制御不能化した原発の心臓部に近づけないためである。

大震災時に水素爆発し長い間崩壊の危険に曝されていた4号機貯蔵プールからの核燃料の取出しは、2014年12月21日に無事終了し最大のリスクは漸く解消したが、原発敷地内においては現在も度重なる大量の放射性汚染水の流出が続き重大な環境汚染が継続している。2015年3月18日には、福島第一原発の6機に加え、全国各地にある5機の原発の廃炉が決定した。廃炉には20年以上かかる予定とされているが、福島原発のメルトダウンした

原子炉と原子炉建屋に加え、各地にある原発の原子炉と冷却中の使用済み核燃料の最終処分が今後の日本にとって大きな課題となる。

原発が備える一連の巨大リスクとして、米国スリーマイル島原発事故やソ連チェルノブイリ原発事故に続き、日本の福島第一原発の過酷事故は、重大な意味を内包している。これら一連の重大原発事故は原発開発先進国においても事故を防げなかったことを示している（今中 2012）。このことが地域住民の訴訟と司法による大飯原発 3 号機、4 号機の「運転差し止め」を招き、さらに 2015 年 4 月 14 日高浜原発 3 号機、4 号機の「再稼働差し止めの仮処分」へと繋がっている。

ドイツのメルケル首相の言明によると、福島における一連の原発事故がドイツに原発からの離脱を決意させた原因であるが、今後先進国とともに途上国にとって、原発利用に対する技術的不安定性と重大事故発生の際の無尽蔵ともいえる被害について吟味する必要性が欠かせなくなっている。

使用済み核燃料として福島第一原発内には 336 MCi、セシウム-137 として 134 MCi 貯蔵されており、規模の大きな余震等による貯蔵プール崩壊への対策が急がれている。セシウム-137 の半減期は 30.2 年であるので、貯蔵プールの崩壊によりセシウム-137 を含む長寿命核種による高濃度の環境汚染が引き起こされた場合、汚染が回復するには数世代 100 年単位の時間経過を必要とすると予想されている。

多重防御系を備えていると謳われた原発が脆くも制御不能に陥り、福島第一原発の 4 機の原発が爆発や崩壊を起こしうち 3 機が相次いでメルトダウンする事態に遭遇している。

当時の故吉田所長（調書）によると、特に 2 号機については「ベントによる減圧も出来ない水も入らないという状態がきましたの

で・・・ここで本当に死んだと思ったのです・・・我々のイメージでは東日本壊滅です」（政府事故調、2012；NHK 取材班、2015）。原発が一旦暴走すると人知が及ばず暴走を止め難い危うさを持っていることを示している。他の多くの現代科学技術と原発開発との間には、制御する人の生命と地域集団全体の生存に及ぼすリスクが根本的に異なることが理解される必要がある。

致命的な遺伝子の破壊を招く強力な放射線が放射されている原発の心臓部には「ヒト」は決して近づけないため、今後原発の製造、制御、リスク対応策、核燃料廃棄物処理についての科学とリスクについての新たな研究・開発が欠かせない。原発に代表される原子力技術は高度の制御理論が必要であるが、技術の直輸入になっていたことが今回の原発事故で露呈している。過去の原発直輸入の拙速な決断が招いた歴史的誤謬の原発開発に替わり、今後は原発事故が招いた生活環境の汚染防止と除染、廃炉に伴う核燃料等の処理が、狭く脆い国土に原発事故による汚染廃棄物と核燃料を膨大な量保持するに至った日本にとって避けることのできない必須の課題と考えられる。

原発事故後これ以上の核廃棄物の蓄積は許されることではないが、現在でも「原発の再稼働」が抜本的対策の無いまま急がれている。日本列島は四大プレート境界に存在するため、世界でも有数の地震・火山国となっている上に、大震災以降地震・火山活動が活発化して

いる（小出 2011：古儀 2015）。その日本における拙速な原発再稼働への危惧と不安が、再稼働反対の世論を形成し再稼働差し止めの訴訟として全国各地に広がっている。このような状況の中、原発過酷事故発生の対応も明確でないまま原発輸出推進も図られている。

現在国は福島復興指針を改訂し、2017年3月までに福島県内の避難指示解除準備区域と居住制限区域の避難指示を解除し、2018年3月には精神的損害補償も終了することを目指している。2015年6月16日福島県はこの方針に沿った対応を打ち出している。しかし避難指示されていた地域の放射性物質の汚染状況と地域社会の現状は、住民が安心して暮らせる環境としては厳し過ぎる状況である。

東電と国の責任として最も急ぐべきは、原発事故以来の被曝に対する恐れを抱き避難を余儀なくされている自主避難者を含む多数の住民の生活の補償、生活再建、健康管理、適切な医療の保証である。さらに福島第1原発の過酷事故の検証と再発防止策の確定、安全な廃炉処理過程の迅速化、原発内外作業員の作業の安全確保と健康の保障、再度の事故に備えた原発周辺地域住民の安全策の確定、汚染された生活環境の回復・保全であり、そこに全力を傾注し包括的安全対策を継続的に実施することが求められている。

調査

今回報告する原発事故被災地は、福島県生活協同組合連合会（福島県生協連）の全面的協力の下実施された2012年4月8日、9日の前回調査（安藤、2012）に引き続き、調査時に立ち入りが制限され居住が禁止されている

被災地が中心である。

調査は大震災と原発事故の被害を受けながらも、住民救済に活動し現地の状況を継続的に最も良く理解している生活協同組合コープふくしま（コープふくしま）の全面的協力の下、2013年11月21日、22日に実施された。調査には大震災による原発被災以来福島地域の生協活動を支援し、児童の健康のための「福島の子供保養プロジェクト（福島県生協連合会、2012）」に全面的に協力し、富山県においてプロジェクトを実施している富山県生活協同組合の協力により実施された。

原発被災地として空間線量率の高い帰還困難区域や居住制限区域に指定されている飯館村、浪江町を中心に、放射能汚染を被った南相馬市、福島市、相馬市、伊達市、新地町を含む地域を、コープふくしま関係者の案内による調査に同行し、被災者の方々と協議を行った。特に浪江町は帰還困難区域のため無人化した街の防犯上の苦勞がある中、町当局に調査のための立ち入りを許可していただき感謝に堪えない。

福島調査時に携帯し使用した線量計は、コープふくしまの所有するアロカ製ポータブルシンチレーションカウンターで、校正済みの機器である。また土壌放射能調査は常総生活協同組合（常総生協）の協力の下、日立アロカメディカル社製（Camberra）NaIシンチレーション測定器を用い実施した。バックグラウンド測定は土壌放射能測定日に実施し補正している。

1. 原発と住民の生存と人格権

2015年4月14日、福井地裁（樋口英明裁判

長)は関西電力高浜原発3号機、4号機(福井県高浜町)の「再稼働差し止めを求めた仮処分の申し立て」を認める決定を下した。それに先立つ2014年5月21日、福井地裁において大飯原発3号機、4号機(福井県おおい町)の「運転差し止め」を認める決定が行われた。

判決の中で「人格権は憲法上の権利(憲法13条及び25条)であって、(原発稼働が)多数人の人格権を同時に侵害する性質を有するとき、その差し止めの要請が強く働くのは理の当然である。」「個人の生命、身体、精神及び生活に関する利益は、各人の人格に本質的なものであって、その総体が人格権である。」と述べている(沢田、田代他、2014)。

非常に困難な廃炉作業ではあるが福島原発では2013年11月18日、水素爆発し余震による崩壊の危険に曝されていた4号機貯蔵プールから核燃料棒の本格的取出しが開始され、移送は2014年12月21日に無事終了し事故後最大と予想されていたリスクは解消することとなった。マークI型の原発である4号機には当初1535本37メガキュリー(MCi)の使用済み核燃料と未使用の核燃料が、堅牢な原子炉内ではなく上部水槽に貯蔵されていたため、早くから余震による崩壊が最大のリスクと指摘されていたが漸く最悪のリスク削減が実施されたことになる(安藤、2012)。

現代社会の巨大システムの中で原発が重大事故に遭遇した際に、対処法が根底から異なってくる理由の中で最大のものは、放射線に感受性の高い「ヒト」が制御不能化した原発の心臓部に近づけないためである。素粒子計測用の特殊装置を用いた観測で、1号機原子炉の核燃料は全てメルトダウンし原子炉を突

き抜けて格納容器の底に落ちて溜まっていると予測されている。

ロボットを利用した原子炉内探査を実施しているが、探査途中で故障し十分な成果を上げることは出来ていない。このため2号機、3号機を含め、現在もなおメルトダウンした原子炉格納容器の詳細な内部状態は不明である。人間の自由な立ち入りさえ可能であれば、制御不能事故後の経過も変わってきたと考えられる。遺伝子をはじめ生体高分子の致命的な破壊を招く強力な放射線が放射される原発の心臓部には「ヒト」は決して近づけない。冷却水の行方についてもブラックボックス化しているため、福島第一原発敷地内においては現在も度重なる大量の放射性汚染水の流出が続き、原発過酷事故に伴う重大な環境汚染が継続している。

2015年3月18日現在、福島第一原発6機に加え(うち4機は2011年3月大震災後に爆発)、新たに各地にある5機の原発の廃炉が決定した。廃炉には20年以上かかる予定であるが、放射能で汚染された原子炉と建屋の処分場がない上に、貯蔵プールで冷却している使用済み核燃料の最終的な処分先も決まっていない。廃炉時の処分法も決めずに長年原発推進に邁進してきた付けが、ここに来て一気に降りかかってきている。

2. 原発再稼働と自然災害

2015年5月30日にはマグニチュード8.1の巨大深発地震が小笠原沖太平洋プレートで発生し、関東を中心に日本全域に地震波が到達した。地震・津波・噴火は4大プレート境界に形成されている日本国土の宿命である。東

北太平洋岸はリアス式海岸を形成し、古来地震後の津波の被害を受け易いことが知られていた。その地域に技術への過信から、原発を密集して建設することは、本来行ってはならない禍根の残る決定であったと考えられる。IAEA が「原発の制御システムは外部重大事象（自然災害）に適切に対応すべき」としていたが、東日本大震災の地震と津波により、福島原発事故が引き起こされた。

何故最新の技術の結晶であるはずの原発が最悪のメルトダウンまで至ったのか、事故後複数の事故調査委員会により多くの原因が指摘されている。その原因は「安全神話」に裏打ちされた原発事故の際に端的に表れただけのことではあるが、多くの巨大組織に良く見られる組織の劣化と考えられる（内橋、2011；佐藤、2015）。

原因の第一として上げられるのは、日本の政策や企業の決定の際に見られる総合力の欠如である。「地震・津波対策が万全で非常用発電機起動失敗が起こらず」、「原発が集中立地していなかったら」、過酷事故は生じなかったと予想される。しかし「地震・津波対策と非常用電源」についての原子力関係者（原子力ムラ）以外の多彩な専門家による総合的視点が、原発関係者と政府に欠落していたと考えられる。国際原子力機関（IAEA）も福島原発事故の最終報告書（2015 年年次総会提出予定）のなかで「原発は安全との思い込みがあり、ディーゼル発電機などの浸水対策を欠いた」としている。

第二に抜本的改善・改革が必要な際に、真摯な再評価を行わずその場凌ぎを繰り返し旧弊維持に流れる体質である。メルトダウンし

た福島原発はいずれも稼働の古い老朽化原発で、GE 社製のマーク I（Mark I）という沸騰水型原子炉であり、米国スリーマイル島原発事故以来、安全性について問題点が指摘されてきた原子炉である（高木 1986；佐高、中里 2012）。1976 年の米国スリーマイル島原発事故当時、原発の欠陥を指摘した GE 社のデーブル・ブライデンボウ氏は「マーク I は冷却材の喪失など大きな負荷を考慮してデザインされていない」と指摘している。IAEA も前述の最終報告書のなかで「設計基準を超える事故に耐える性能を確認」としている。

第三に福島原発事故は現代文明を支える組織や巨大システム自体が脆弱性を兼ね備えていることである。現代文明は多かれ少なかれ利便性と表裏一体の危険性（リスク）を常に伴いながら発展してきている。リスクを予測すること自体困難を伴うことではあるが、原発のように人の健康や生存に極端な犠牲を伴う可能性のある巨大技術システムの稼働に際しては、システムが制御出来なくなった際リスクとその対策について、周辺自治体・住民と共同して冷静に評価する必要がある。IAEA も「政策決定に関し被災地住民の信頼と関与が不可欠」としている。

福井地裁の「原発再稼働禁止」の決定や新潟県泉田知事の「原発再稼働不同意」も住民の安全を優先しているための判断である。大震災による原発過酷事故の教訓は徐々に忘れられる運命にあるが、再び起こると予想される原発事故は防がねばならない。

再稼働への動きが最も早いのは、鹿児島県薩摩川内市に隣接する九州電力川内原発である。原子力規制委員会は 2014 年 7 月 16 日九

州電力川内原発 1,2 号機について、「新規制基準に適合している」とする審査書案を定例会で了承している。適合審査を受け鹿児島県知事は「事故が起きても...避難の必要がない。もし福島みたいなことが起きても、もう命の問題なんか発生しない」と断言し、再稼働に同意している。

しかし審査書案や知事という言葉とは裏腹に、同年 11 月 2 日の日本火山学会の講演では、巨大噴火の予測について「現代火山学はほとんど知見を持っていない」「規制委は監視を強化すれば前兆の把握は可能と判断したが楽観的過ぎる」と指摘され、噴火の数年前に予測することは不可能との見方が示されている。

戦後最悪の火山噴火被害となり、死者 57 名を数えた 2014 年 9 月 27 日の御嶽山の突然の噴火災害を考えると、火山噴火の予測が不可能であることが推し量れる。

九州南部は過去から現在に至るまで火山活動が活発である。巨大な始良カルデラに位置する桜島は、1914 年溶岩流により大隅半島の海峡が埋められ陸続きになる程の巨大噴火を起こしている。現在は 1955 年 10 月以降ほぼ 60 年間、噴火が継続している。九州南部にはこの他に過去に巨大噴火を起した加久藤ー小林カルデラ、阿多カルデラ、鬼界カルデラが存在している。2015 年 5 月 29 日にマグマ水蒸気噴火をし、火砕流が襲い全島避難した口之永良部島も霧島火山帯に存在する。2011 年に噴火した活火山の霧島新燃岳を含む加久藤ー小林カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラの巨大カルデラを形成した過去の噴火では、九電川内原発敷地内に火砕流が到達している(古儀、2015)。

巨大噴火は文明を消滅させるほどの破壊力を持っており、7300 年前の鬼界カルデラの巨大噴火では、9500 年前からの日本最古・最大の定住型縄文遺跡である上野原遺跡等に残る九州の縄文文化を消滅させている。田中俊一委員長は「基準への適合は審査したが、絶対に安全だとは私は申し上げません。」との意見を表明している。しかし巨大噴火時には被災する恐れの高い川内原発については全く拙速な再稼働と考えられる。

現実には大震災時は広域の複数の原発が多重的に制御不能に陥る間一髪の状態を迎えており、恐怖に駆られる事態が進行していた。福島第 1 原発に隣接している福島第二原発 4 機は、大震災時襲来した 9 メートルの津波により海岸近くにある海水ポンプの機能が失われ、うち原子炉 3 基が一時危機状態に陥っている。この事態について震災時の福島第二原発所長は「福島第一原発と同様(メルトダウン)の事態まで、紙一重だった」と述べている。福島第 1 原発と東京都心部とのほぼ中間に位置している茨城県東海村にある日本原子力発電の東海第二原発も、地震から約 30 分後に高さ 5.4 メートルの津波が襲い、発電機の 1 台が停止し非常用炉心冷却システムも 1 系統が使えなくなり、炉内の水温や圧力を下げるため綱渡りの作業が続き、稼働中の原子炉が安定的に停止する状態になるまでに 3 日以上かかったとされている。

大震災以来 4 年を経過しているが、今も震源域を中心に全国各地で地震が続いている。2012 年 3 月 1 日午前 7 時 32 分には東海第二原発のある東海村近くの茨城県沖を震源とする地震があり、東海村は最大震度 5 弱であっ

た。作業員二名が急性放射線障害で亡くなった『臨界事故』も経験した前村上東海村村長は、福島原発事故後の政府の対応を顧みて、「人に冷たく無能な国で原発を持つ資格はない」と国の姿勢を批判し、原発廃炉を訴えている。

3. 原発事故時住民と地域医療機関の被災

福島原発事故の教訓として、原発事故の際は適切な避難が非常に困難であることが実証されている。事故に伴う放射能の大量放出は、原発周辺に住む多くの住民にとって長年心配されてきていたが、無益な「安全神話」が流布されていたために効果的避難計画には結びつかなかった。後述する国会事故調の「被災地住民アンケート」においても、被災地住民は着の身着のままの避難が続出したとし「発電所が水素爆発した事がわからず、何で避難するのか分からなかった。」との怒りの声が寄せられている（国会事故調、2012）。

福島第一原発から3.9キロの至近に位置していた双葉厚生病院の医療従事者も推し量れないほどの苦難・苦痛を経験しており、原発事故時の心労が見て取れる。「陣痛が続いていた産婦は地震で院内の空調が切れ暖房がとれないため、ドクターヘリで転院することになっていたが、予定していた場所にヘリは現れなかった。やむなく病院に戻って帝王切開になり、出産後に放射線による汚染を避けるために母親と新生児、父親は医師の付き添いのもと救急車で脱出した。その後川俣町で複数の避難所を転々とさせられた後、転院先の病院へ無事運ばれた。」「自力歩行が可能な患者、車椅子の患者などがバスで避難した後、

寝たきりの患者40名と職員が残された。」「救難ヘリの発着場への避難の最中、突然福島第一原発1号機の水素爆発音が鳴り響いた。職員の中には原発の方からもくもくと白い煙が上がり、空から塵のようなものがふわふわと落ちてくるのを見た人もいた。」「原発に恐れていたことが起きたにちがいない。もうだめかもしれない。深い絶望感と緊張感に包まれたまま、患者の移送作業は続けられた。」（はる書房編集部、2013）

これらの医療従事者自身も突然のことで家族との連絡も取れないまま患者と共に緊急避難を余儀なくされ、さらに避難中に複数の重傷の入院患者が死亡する事態まで起こっている。その後重傷の患者と職員は避難先で放射性物質の除染処置を受け、避難生活に入っている。病院関係者の多くが二年経た2013年3月、原発事故後の避難の実態が如何に過酷なものであったかについて自身の体験を証言しているが、その過酷さは普通の生活をしている我々には推し計れない苦しさが滲んでいる。

原発設置や稼働は一旦事故が起こった際は、このように多くの住民の人生に生涯に渡る苦痛を与えることを肝に銘ずべきであろう。国会東京電力福島原子力発電所事故調査委員会が実施した「東京電力福島原子力発電所によって避難を行った住民に対するアンケート調査」の報告書によると、「原発の立地自治体であっても事前に原子力災害を想定した避難訓練を受けていた住民は15%以下、事故の可能性の説明を受けたことのある住民は10%以下であった」とされている。また「原発に近い地域の住民ほど何度も避難しなければならないような避難指示のあり方は問題ではない

か」と指摘されている(国会事故調、2012)。福島原発事故の教訓として、住民が予測できない程の被曝を受ける悲惨な事態は、将来二度と起してはならない。しかしながら今の原発推進政策下で最大の避難訓練を実施しても、実際に原発事故が突然起こった際には最大の被害を被る周辺住民については、その多くは適切な被曝防止の準備が不可能かもしれないと予想される。

4. 原発周辺の放射能汚染と生活

福島第1原発の全電源喪失により1号機から4号機までの原子炉の冷却が不可能になった時点から、周辺住民の緊急避難が必須となったと考えられるが、原発事故直後から暫くの間緊急避難指示の系統的連絡が全く届いていない。このため住民が原発事故の過酷さを知らず、不必要な過剰の放射線被曝を受けることとなった。避難も手探りであったため、長期避難の準備も無く家庭を放棄せざるを得なかった人が多く存在している。このような

悲惨な住民避難の教訓を生かすべきであるが、拙速な再稼動に当たっては避難訓練も型どおりしか実施されていない。運用の方法に課題は抱えていたが「緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)」を適切に公表し警告していれば、住民避難に際して被曝防止に寄与することが出来たと考えられる。今後原発の異常事態下において避難をスムーズに実施する反省課題と考えられる。

一方原発周辺20km圏内にある警戒区域(双葉町、大熊町、浪江町、富岡町、楢葉町、葛尾村、川内村、田村市、南相馬市南部)と、20km以遠にある計画的避難区域(飯館村、川俣町、南相馬市の一部)に居住する住民はその後避難を余儀なくされ、帰宅困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域に区分され現在に至っている。事故後4年過ぎた2015年4月16日時点の復興庁の発表によると、避難生活を余儀なくされている住民が115,511人(福島県外・全国各県に46,170人、県内に69,341人)に上っている。



写真1. 放射能汚染と津波の二重被災下の浪江町請戸地区の状況(2013年11月21日撮影)

原発事故以前はこれら被災自治体の多くは、元福島県知事佐藤栄佐久氏の「過疎地振興」「地方分権の推進」「市町村合併反対」「大店法廃止反対」の政策に沿って比較的小規模な自治体として自立していた。調査時に印象深かったことであるが、商店街と街並みも整備され、美しい田園風景が広がっている。住民にとっては全生涯を狂わされた原発事故であり、住民の故郷と生活再興の希望を全力で支援する必要がある（佐藤、2015）。

特に福島第一原発から 10km 圏から 30km 圏

の浪江町は空間線量率の高い地域が多く、現在でも町の市街地の多くの部分が帰宅困難区域と居住制限区域に指定されている。

写真 1 に示す浪江町請戸地区は太平洋に面しているため、震災当時津波による被災を受け必死な救助活動が行われていた。しかし津波被災者の人命救助中に起こった原発事故により、この地域には緊急避難指示が出された。このため多くの救助隊員が、津波被害を受け被災した住民を救助直前にして避難せざるを得なかった苦難の過去を背負っている。



写真 2 遠くに福島第一原発を望む浪江町請戸地区の津波被災地（2013 年 11 月 21 日撮影）

空間線量率：0.161 μ Sv/h \sim 0.219 μ Sv/h（平均 0.189 \pm 0.0182 μ Sv/h）

写真 2 に示すように、浪江町請戸地区は福島第一原発が目視出来るほど近いが、原発事故時放射性物質の沈着が少なく、2013 年 11 月 21 日調査時点で、空間線量率は 0.161 μ Sv/h \sim 0.219 μ Sv/h（平均 0.189 \pm 0.0182 μ Sv/h）と浪江町の中でも比較的低い値を示している。立ち入りが禁止され、救助と行方不明者捜索が長く滞ったため救出と捜索が出来

ず、今でも苦痛を抱え苦勞している住民の多い地域である。請戸地区には「東日本大震災犠牲者慰霊の献花台」が設置されている。

原発事故により強制的に避難させられた人々の苦痛は察して余りある。長年親しんだ地域と家庭を放棄せざるを得なかった心痛は本人しか理解できない。自分達が生活している地域で消費する電力ではなく、遠く首都圏

の電力消費のための原発による災害であるため苦痛には苦悩が加わっている。馬場浪江町長が「町が町民の代理人となって、原子力損害賠償紛争解決センターの和解仲介手続き（原発ADR）を申し立てることを決意し、約7割・1万5,546人の町民がこれに応じている」のも、被災住民に対する損害賠償への東電と国の取り組みに誠意が感じられないためである。

原発被災に遭遇した病院においては、非難

時に入院患者の容体が急変し生命の尽きた事例も少なからず報告されている。病弱な方々を含め、避難を余儀なくされている人々の生活の補償、安全な生活環境、健康管理への配慮が十分に尽くされる必要がある。

写真3に示す福島第一原発から30km圏～40km圏にある飯舘村は、里山景観の優れた地域であったが、現在一部帰還困難区域とされる一方、多くが居住制限区域と避難指示解除準備区域に指定されている。



写真3. 飯舘村村内の放射性物質汚染の著しい水田除染の状況（2013年11月21日撮影）

空間線量率： $1.0 \mu\text{Sv/h} \sim 1.9 \mu\text{Sv/h}$ （平均 $1.33 \pm 0.271 \mu\text{Sv/h}$ ）

飯舘村は原発被災による放射能の被害だけを受けており、家庭と生まれ故郷から避難せざるを得ない悲惨な「もらい公害」を受忍せねばならない状況下にある。

現在帰還困難区域を除く居住制限区域や避難指示解除準備区域においては、写真3に示すような除染作業が進められている。写真3に示す飯舘村の除染中水田近傍の2013年11月21日調査車中での空間線量率は、 $1.0 \mu\text{Sv/h}$

$\sim 1.9 \mu\text{Sv/h}$ （平均 $1.33 \pm 0.271 \mu\text{Sv/h}$ ）であり、空間線量率はかなり高い値を示している。飯舘村における現地水田の除染状況に示すように、表土を剥がす大規模な除染作業となる。

2015年4月30日現在国直轄の除染の進捗状況は、飯舘村で宅地97%、農地34%、森林43%、道路26%であり、宅地以外の進捗率は高くない。一方浪江町は大部分が帰宅困難区域のため、除染作業は海岸に近い一部の居住制限区

域や避難指示解除準備区域においてでしか実施されておらず、浪江駅のある中心市街地は手付かずの状況である。

写真4に示すように、除染後の放射性物質を含む汚染廃土は袋（フレコンバッグ）に封入し、暫定的仮置き場へと搬入されている。



写真4. 飯舘村村内農地には除染後の汚染廃土一時仮置き場が点在（2013年11月21日撮影）

大規模に進められている除染ではあるが、水田や畑の除染には多くの課題が残されている。豊かな表土を削っての除染であるが、農耕に適した表土の形成には5年から10年単位の農家の努力が必要とされる。豊かな農地の表土を削るため、農業生産は大きく損なわれる。農地として回復するためには今後長年に渡る丹精込めた努力が必要とされる。

写真3, 写真4に示すように放射性物質汚染土はフレコンバッグに詰められているが、総搬入量は最大約2,200万立方メートルになる見通しと予想されている。最初1年間の搬入量は0.2%とされるため、今後搬入速度を上げる必要がある。

それに加えて、これら放射性物質に汚染された田畑の除染地における放射線の空間線量

率は、近くの道路上の調査車内においても1.0 μ Sv/hを超える値を示しており、かなり高いレベルである。高い空間線量率を示す地域の放射性物質を除去する除染であるため、作業者は常時高い放射線に曝されることとなる。土壌やフレコンバッグ中の汚染土の放射性物質濃度も高いため、フレコンバッグ付近の空間線量率も高く除染作業者の放射線被曝の影響が心配される事態である。

写真5に示すように、放射性物質含有の除染廃土は耕作地の近くの簡易型の廃土仮置き場に貯蔵される。監視さえ充実していれば一時的にはこのような施設への貯蔵も止むを得ないと考えられるが、周辺の山林原野からの放射性物質の流入が防げないため、除染の長期的効果は困難視されている。



写真5. 除染後の廃土を貯蔵する簡易型除染廃土仮置き場の状況（2013年11月21日撮影）



写真6. 比較的管理の厳格な除染後廃土仮置き場の状況（2013年11月21日撮影）

写真6に示すように放射性物質に汚染された廃土は、さらに比較的長期の貯蔵に耐える廃土仮置き場へ移送する。中長期的には厳密な管理の行われる除染廃土の中間貯蔵施設への搬入と貯蔵が必要とされている。

5. 原発事故後の放射能汚染と住民生活

最終的には管理の厳重な中間貯蔵施設への貯蔵が必要とされるが仮置き場から移送する放射性物質を含む汚染廃土の中間貯蔵施設に対しては、住民の不安が強く設置が進まない。空間線量率も高いため移送が完了するまでは

被曝防止を徹底した管理型仮置き場の確保が

必須な状況である。

住宅地・田畑の除染の問題点として以下の課題が指摘されている。

- 1) 除染するため田畑の肥沃な表土を剥ぎ取ることになる。表土の土壌形成は耕作のために長い時間を掛けて実施される農作業である。田畑の肥沃な土壌表土の除去は耕作継続のためには勧められない事態であり、土壌資源を生かした方法を採用すべきである（中西、2013）。同時に除染後の収穫については、除染地の農作物に対する流通上の被害の補償と収穫量そのものに対する補償が必要とされる。
- 2) 写真3、写真4に示すように、除染作業を実施する人達は常時高い放射線に曝される。高い空間線量率を示す地域において、放射性物質を除去するための除染であるが、その作業の間作業者は高い放射線に曝される。調査では平均年間被曝線量は0.5 mSvで健康限度値が守られていたとされているが、最高13.9 mSvであり高度放射線被曝作業者については健康影響が心配される。平均して元請27社に対し、下請502社（2011年6月から11月の月平均）という事業環境のため、下請事業者の社員については申告が漏れることが心配される。
- 3) 福島第一原発内作業者の放射線被曝はさらに高く、最高678.80 mSv、100 mSv以上の高度被曝者が多数存在す

る。このため原発内作業者の安全と健康管理に最善の配慮を払う必要がある。また除染作業者についても放射線被曝量の把握と将来に渡る健康管理を確実に実施する必要がある。

- 4) 国が推進してきた原発による事故処理と環境汚染対策であり、作業を担当する人については、国が責任を持って直接被曝管理と健康管理を実施する必要がある。
- 5) 最終的に福島県内で発生する除染後の放射性物質を含んだ汚染土は約2,200万立方メートルと見込まれている。現状では中間貯蔵施設への搬入は年0.2%とされており、この状況を厳格に解析し現状の40倍～50倍に搬入の処理速度を上げた場合でも10年以上掛かるため、交通混雑や環境汚染の防止等の環境対策に十分配慮する必要がある。

除染後の農地や住宅地にしても、原発事故前の状況に完全に戻るわけではない。田畑を取り巻く山林原野には膨大な放射性物質が沈着している。このような状況の中で農作業に従事する農家の方々については、長期に渡る放射線防御と健康診断が必要とされる。

除染の進展とともに除染後の地域で営業を始める店も出ており、地域経済的には素晴らしい決断であり、コミュニティー再建のために必要なことかもしれない。その一方道路周辺が山林に囲まれている地域では周辺は除染済みとはいえ空間線量率は相変わらず高いため適時追加除染が必要と考えられる。

営業中の店において測定した事例であるが、店周辺も 2013 年 11 月 21 日調査時点の空間線量率は $0.815 \mu\text{Sv/h} \pm 0.0718 \mu\text{Sv/h}$ と比較的高い一方、周辺の森林は除染困難であるため周辺山林域は放射線の空間線量率はさらに高い。人生の長い若い店員の健康のため、今後とも従業員の継続した被曝防止策と厳格な健康管理が求められると考えられる。

再度の原発事故に際して適切な避難が可能かどうか分からないが、福島原発事故の事例から、避難が非常に困難であることは実証されている。原発事故が現実化するまでは、原発の「安全神話」がまかり通っていた訳であるから仕方の無いことではあるが、福島原発事故の教訓として、立場の弱い住民や入院中の患者が何度も避難しなければならないような避難指示が悲惨な事態を招いており、今後二度と起してはならない。しかしどれほどの対策を取ったとしても、原発事故時に最大の被害を被ると予想される病弱な人や患者の方々については、その多くは適切な避難準備が不可能かもしれないとの不安が残る。

6. 原発過酷事故状況と放射性物質放出

福島原発事故に際し最も的確に事態を把握していた故吉田昌郎元所長は、生前（2011 年 11 月 12 日）次のように語っている。「私が責任者の発電所で事故を起こしたことを心よりおわびしたい。一番厳しかった状況は、3 月 11 日からの 1 週間。次がどうなるか私にも想像できない中、できる限りのことをやった。極端に言うと『もう死ぬだろう』と思ったことが数度あった。」

「2011 年 3 月 14 日の状況について:われわ

れのイメージは東日本壊滅。本当に死んだと思った。」「1 号機の爆発があった時、どういう状況かが本部では分からなかった。現場から怪我をした人が帰ってくる中、格納容器が爆発していれば、大量の放射能が出てコントロール不能になる。3 号機も爆発し、2 号機の原子炉にもなかなか注水できず、先が見えない。最悪の場合、メルtdown もどんどん進んでコントロール不能になるという状態で『これで終わりかな』と感じた」（政府事故調査検証委員会「吉田調書」；NHK 取材班、2015）。さらに「今日明日の問題というわけではないが、近い先を見ると作業員の被曝や、どういう形で人を回していくのかが頭の痛い課題だ。」と述べる一方、自身の積算放射線量についても「個人情報なので差し控えるが、それなりにはなっている。」と、作業員の被曝問題を自身の被曝以上に憂慮している。

福島第 1 原発事故後の放射性物質総放出量（放射性ヨウ素換算）について東電は、2012 年 5 月 24 日に 2 号機、3 号機からの放出が約 40% ずつの約 90 万テラ（兆）ベクレル(TBq)と推定している。福島県飯舘村など北西方向に汚染が広がった 2011 年 3 月 15～16 日の 2 日間で、全体の約 3 分の 1 の 34 万 TBq が放出されたとしている。2 号機の圧力抑制室が損傷し圧力低下した 2011 年 3 月 15 日 16 万 TBq が放出され、14 日水素爆発後 16 日に原子炉建屋から大量の白煙が上った 3 号機から 3 月 16 日 18 万 TBq が放出されたと推定している。建屋爆発時の放出は 5000TBq、ベントにより 1400TBq であり、大半は格納容器の損傷部分からその後長期間に渡り放出されたと推定している。東電の総放出量予測は 1986 年

のチェルノブイリ原発事故（約 520 万 TBq）の約 17%である。

原発事故から 140 日過ぎた 2011 年 8 月 1 日には、福島第 1 原発 1 号機と 2 号機の原子炉建屋西側の排気塔下部配管の表面付近で、事故後最高値の毎時 10,000 mSv/hr 以上の放射線量率が計測された。20 秒間被曝した際に、通常の放射線作業従事者の年間被曝限度である 50 mSv を超え、被曝時間が 3 分 20 秒を超えると被曝線量が 500 mSv を超え、急性放射線障害が生じる非常に危険なレベルである。

4 年経過した現在放射性物質汚染は新たな展開を見せている。東電は 2015 年 2 月 24 日、福島原発 2 号機の原子炉建屋の屋上の高濃度の汚染水の一部が排水路に流れ外洋に流出したと発表した。2014 年 4 月以降 2015 年 2 月中旬まで放射性物質濃度の上昇が確認されていたが、濃度データの公表と国への報告はなかった。この間最高値は放射性セシウム 1050 Bq/L、ストロンチウム 90 等 β 線放出の放射性物質は最高で 1500 Bq/L とされている。2 号機原子炉建屋の屋上の汚染水には、放射性セシウム 29400 Bq/L が検出された。事故当時の水素爆発などで飛散した放射性物質が屋上に残っていたとみられる。

原発事故により 1 号機、3 号機、4 号機の原子炉建屋が水素爆発で原形を残さないほど壊れ、2 号機も内部爆発を起こしているため、これからも長期に渡り放射性物質の放出防止が必須となる。メルトダウンした原発を制御するために献身的に作業している原発作業員については、健康管理上の綿密な配慮が必須となる。

2011 年 3 月から 2012 年 1 月までの 10 ヶ月

間で、福島第一原発における作業員 20,115 名の中で、緊急時許容被曝量の 250 mSv を超える被曝者が 6 名いると報告されている。30 代男性（内部被曝 590 mSv、外部被曝 88 mSv 合計 678 mSv）、40 代の男性（内部被曝 540 mSv、外部被曝 103 mSv 合計 643 mSv）については非常に高い放射能被曝が報告されている。さらに 167 名が健康被害の憂慮される 100 mSv 以上 250 mSv の被曝を受け、50 mSv 以上 100 mSv 未満が 756 名いる。10 mSv を超えて被曝した作業員は、約三分の一 6,808 名存在し、これらの人々の事例では内部被曝も外部被曝と同じく重大な被曝となっており被曝防止が如何に困難であるかを示している。厚生労働省が調査を行っているが、これらの事例を含め原発作業の現場では極端な被曝が多数存在すると予想されるため、作業に携わる人の生涯に渡る健康管理と適切な診療が重要と考えられる。

7. 原発事故評価と事故防止

2015 年 3 月 10 日、物理学研究者であったドイツのメルケル首相は来日した際、記者会見の中で次のように述べて原発廃止の決定を下したと述べている。

「私は長年、核の平和利用には賛成してきました。私の考えを変えたのは、やはり福島の原発事故でした。この事故が、日本という高度な技術水準を持つ国で起きたからです。そんな国でも、リスクがあり、事故は起きるのだということを如実に示しました。このため、本当に予測不能なリスクというものがあり、私たちが現実に起こりうるとは思えないと考えていたリスクがあることが分かりまし

た。だからこそ、私は当時政権にいた多くの同僚とともに脱原発の決定をくださったのです。ドイツの最後の原発は2022年に停止し、核の平和的利用の時代が終わって、私たちは別のエネルギー制度を築き上げるのだという決定です」「あくまでも政治的な決断であり、私という一人の人間が、長らく核の平和利用をうたっていた人間が決定したことなのです」

最新の技術を集約したと称された原発といえども、当然事故への警戒は必要であったと考えられる。現在事故対応のマニュアル作りに精力的努力を傾注しているが、原発の潜在的事故要因に対する掘り下げは行われていない。事故直前の原発の状態がいかなる状況で存在していたのか検証が必要である。事故は一定の確率で必ず起こる可能性があるからである。原発現場からの告白では、事故以前に原発の状況は酷く劣化していたとの報告がなされている。このような貴重な証言がまともに取り上げられずに、日常的に糊塗されていたことが連鎖的な重大原発事故に繋がったのではないかと考えられる。

大震災当時福島第一原発1号機で定期検査のための足場を組む作業に従事していた作業員が、具体的に原発の状況を証言している。

「事故当時、無数の配管やケーブルのトレーが天井から落ちてきた。作業員は皆集合して1号機から脱出した。」 「そもそも運転開始から40年になる1号機の老朽化は酷かった。建屋のコンクリートも相当劣化していた。インパクトドライバーを当てると分かる。」

(神戸新聞 2013年9月13日)

重大事故と潜在的微小故障・事故の関係については労働災害の現場において古くより研

究されている。事故防止には現場での信頼関係が第一であるが、数次下請けまで存在する原発の現場において正常な信頼関係が醸成され事故防止が図れるものか不明である点が今後とも不安材料である。

度重なる汚染水の海洋流出に関しても、福島第一原発の排水溝から高濃度の汚染水が外洋に漏出している問題については、原子力規制委員会は遅くとも2013年11月に東電から漏出の報告を受けていたが、有効な対策を明確に指示していなかったとされている。汚染水問題についても適切に対応し防止できなかったヒューマン・ファクター的素地がある。

8. 原発労災とヒューマン・ファクター

死亡事故は労働災害の中で最も重大であり、福島原発内における労災的死亡事故2件は決して軽視できるものではない。放射線被曝のリスクを抱えた職場であり、被曝防止に加え事故死のリスクは皆無化する必要がある。

東電福島第一原発と第二原発で、2015年1月19日と20日に死亡事故が相次いでいる。落下事故と鋼鉄製容器による圧搾事故である。落下事故に際しては落下防止の安全帯は装着していたが、使用の形跡がなかった。圧搾事故では本来は鋼鉄製容器が急に動かないようクレーンでつり上げながら行う作業だったが、作業手順書に記載されていなかった。いずれもヒューマン・ファクターによる事故と考えられる。

このことに対する原発規制委員会の見解として原子力規制委員会の定例会議の席上で、田中俊一委員長が、「事故は排出基準濃度以下になった汚染水を捨てずに、タンクをどん

どん増設するなかで起きた」。この田中委員長の発言「タンク増設が労災事故死を招いた」との認識は、果たして正しい認識であろうか。

労働災害を無くすためには、事故原因の正確な調査・分析が欠かせない。長年のこの努力が日本における企業の労働災害の減少に大きく貢献してきた（三廻部 2010）。原発における死亡事故という重大労働災害に際して、最も大切な緊急の事故調査と分析もせずに、このような独断的見解は不必要である。放射性汚染水の海洋放出を抑えてきたことと重大事故との間にどのような因果関係があるのか全く不明のはずである。このような体質が残っている職場では労働災害を減少させるのは至難の業である。

事故の原因の一つとしてヒューマン・ファクターは巨大システムにとって避けられない宿命であり、労働災害の事故防止策の確立は必須である。原発の重大事故は、日々起る労働災害における微小事故の積み重ねの結果から予測する必要がある（ハインリッヒの法則等）。システムの老朽化による故障、システムの複雑化による故障、作業員の事故と放射線被曝の多発。公表されることは少なく、秘匿されることが多かったが、いずれも厳しい状況においては原発過酷事故に繋がると予想される前奏になっていたと考えられる。

原発内の事故要因については、1) 原発のシステムと機器の要因、2) 地震・津波等災害の環境要因、3) 管理マネジメントの要因、4) ヒューマン・ファクターとしての人間の素因、5) 使命・ミッション的要素、6) その他の要因に分けられると考えられる。

全体が調和して初めて原発の安全性が成り

立つと考えられる。震災・原発事故後明らかになったことは、過酷な環境要因に対しては、まず原発システムと機器の不備が上げられるが、同時に安全第一に徹しない東電の管理マネジメント上の不協和がある。さらに多重下請けに支えられた原発はヒューマン・ファクターとしての人的信頼関係が形成し難い。当然重要な使命・ミッション的要素も不足することになる。

原発事故現場の生の声が届き難い現状であるが、東京新聞が福島作業員日誌として取材している。その中に福島原発内の労災事故による死亡が続いた時期の取材が載せられている。「(2015年1月19日と20日の死亡事故直後の日誌) 原発でベテランの死傷事故が相次いだ。命綱である安全帯を使うとか、一人で作業をしないと、基本が守られておらずどうしてと思う。事故が続いたせいで二週間も作業が止まった。こんなに作業が止まったのは初めてのことだ。長時間作業が一部の会社で問題になった後も、結局『急げ』と言われてきた。『一日も余裕はない』『遅れは許さない』とさんざん言われてきたが、今はさすがにせかされない。東電の担当者に『作業工程に関係なく、危ないと思ったら止めるよ』と言ったら、『そりゃそうです』と言っていた。国は急がせるけど、東電はもう事故になるのは嫌だと思う。無理なものは無理。ベテランが被ばく線量で去り、現場は素人だらけ。」(東京新聞 2015年2月25日)

原発事故処理と廃炉作業においては、作業現場の微細な事故から放射線に対する被曝防止に至るまで、要因分析が欠かせないこととなる。リスク全体を把握する体制が必須で、

過失を曖昧にせず作業員全員に徹底・共有させる必要がある。作業能率が落ちる理由による暗黙の安全対策の制限については労働者の生命を守るため決して許してはならない。

放射線に対する被曝防止については、一生に渡る健康リスクに結びつくため徹底して安全策を講じる必要がある。健康管理の必要性を教育し、生涯に渡り適切な健康が維持されるようなマネジメントを確立しなければならない。

リスク管理として推奨されているのは、①古い原発システム・機器は使用しない、②原発のメンテナンスを積極的に行う、③原発に関する教育とトレーニングを行う、④情報伝達により全体のチームワークを保つ、⑤事故防止の体制強化と事故事例について学習し共有する。

しかしながらリスク管理の最初の項目である「①古い原発システム・機器は使用しない」を守るのさえ、安全神話下の政策では至難の業のようである。2015年6月1日、2030年度の電源構成を決定した経済産業省の有識者の政府案は、原発をベースロード電源と位置づけ、2030年時点で20%~22%を維持するとしている。大震災後改正された原子炉等規制法で原則「40年」と定めた運転期間を、最長「60年」まで大幅延長する可能性を含んでいる。原発事故を起こした古い福島原発1号機の状況について、原発作業員が「運転開始から40年になる1号機の老朽化は酷かった。」と声明しているにも関わらずに。

労働災害の歴史から学ぶと結論的には、原発の重大事故が発生する前には、多くの微小事故が発生し問題点が明らかになってきてい

たはずである。その長年の記録と解析が次の重大事故防止に生かされたはずである。さらには歴史的重大事故の中で、スリーマイル島原発事故、チェルノブイリ原発事故についてどれほど教訓として生かされたであろうか。今回福島原発事故に遭い原発事故には生かせなかったことが、将来の教訓として残る。今回の事故を戒めとして、未稼働中においても微細事故まで記録・解析し、原発廃炉に至るまでの原発事故予防に役立てる必要がある。

9. 放射能汚染の著しい避難指示区域

— 浪江町の現状 —

農村地区の被害状況については、津波襲来後に原発事故に遭遇し強制的避難を余儀なくされた浪江町請戸地区の惨状と、放射性物質汚染に曝された飯舘村除染農地について、報告してきた。居住者の多い市街地の惨状については、町内全域が強制避難地域（帰還困難区域、居住制限区域）となった浪江町の状況について示したい。今回の調査に際しては、町内は不在家屋のみのため防犯上の理由もあり浪江町の馬場町長の許可が必要とされ、許可後町内各地の調査が実施できている。浪江町市街地は帰還困難区域のため除染も完了せず、無人の街になっている。

写真7はJR東の常磐線浪江駅の状況である。常磐線は今も不通で、駅の駐輪場には大震災と原発事故の発生した2011年3月11日以来、通勤・通学者の自転車が当時の状況のまま残されている。浪江駅周辺の2013年11月21日調査時点の空間線量率は $0.7 \mu\text{Sv/h} \sim 1.2 \mu\text{Sv/h}$ (平均 $0.91 \pm 0.177 \mu\text{Sv/h}$) であり、福島第一原発に近い請戸地区 (平均 0.189 ± 0.0182

μ Sv/h) に比べ空間線量率は数倍高く、なお 避難が必須な状況が続いている。



写真 7. JR 東の浪江駅—原発事故以来常磐線不通のため駅機能停止 (2013 年 11 月 21 日撮影)

調査時空間線量率 : 0.7μ Sv/h \sim 1.2μ Sv/h (平均 $0.91 \pm 0.177 \mu$ Sv/h)

このため JR 東は除染が完了せず復旧工事に入れないことや、利用者の見込みが立っていないことなどから、福島第一原発に近い楢葉町の竜田駅から南相馬市の原ノ町駅間は運行を見合わせており、再開の見通しは立っていない。浪江駅についても将来除染完了後、常磐線の復旧を目指すことにしている。しかし復興に必須とされる浪江町町民の生活再興には、住民の多くが帰宅できる安全なレベルの低い空間線量率と暮らしを支える生活環境を取り戻せるかどうかにかかっている。

写真 8 に示すように、震災原発事故以前は整然とした街並みであった浪江町の商店街は無人のまま静まり返っており、商店はシャッターを閉じたままの状態でも保存・放置されている。商店街の一角にある新聞配達所には、震災翌日 2011 年 3 月 12 日朝配達予定の新聞

が、配達直前の状況で未開封のまま整然と山積みされている。町の街路には警戒中のパトロールカー (写真 8 の前方の車は島根県警のパトロールカー) 以外は車両の通行も全く無い。主要道路や交差点には全国各地から派遣された県警の警察官が防犯のため警戒中である。

東日本大震災の地震・津波被災地に関しては、徐々に津波跡地の地域復興への取組みも進展し、地域社会の活気も戻りつつあると報告されている。しかし福島県の前発被災地においては、放射性物質 (現在は主に放射性セシウム) の環境汚染による放射線被曝への不安の中での生活となっているため、被災地の復旧も滞りがちであり生活再建のためには長期に渡る総合的対策が必要とされている。



写真8. 整然とした街並みの浪江町商店街と警戒中のパトロールカー(2013年11月21日撮影)

10. 放射性物質広域拡散と空間線量率推移

東電の報告にもあるように住民が避難に苦労している時期の2011年3月15～16日の2日間で、全体の約3分の1の34万TBqの放射性物質(放射性ヨウ素換算)が放出されている。福島県飯舘村など北西方向に汚染が広がった原発事故時の放射性物質の放出に対し周辺住民の多くは風下方向に避難しており、被曝が避けられなかったと予想される。特に幼児・児童はヨウ素-131への感受性が極端に高いので、今後長期に渡り健康面の追跡調査と適切な予防医学的対応が必須と考えられる。放射性物質への被曝影響は長期化するため、広大な被災地を守るためにも放射能被曝に対する生涯の健康管理と適切な医療処置への取り組みが必須と考えられる。

4年経過した現在もお放射性物質汚染が継続し続けているが、原発事故当時の汚染拡大については海外の機関も深刻な分析を行っていた。震災直後「トモダチ作戦」として被

災地に米軍を派遣したアメリカ合衆国では、2011年3月16日にNRC委員長が「最悪の事態を想定すると1号機から3号機までの原子炉すべてメルトダウンする可能性もある」(実際想定通りになった)と指摘し、「同じ事態がアメリカ国内で発生すれば、原発から80km以内には避難勧告を出すのが妥当だと思われる」と述べて、日本政府が福島第1原発の付近の住民に出した半径20km圏内の避難指示よりも広い範囲の避難勧告を行うよう委員会に提起した。福島第1原発80km圏には、60km圏の福島市や郡山市も含まれる。この勧告に従いながら作戦に参加した原子力空母ドナルド・レーガンではあるが、それでも乗組員等が現在体調の悪化を理由に放射線被曝に対する訴訟を起こしており推移が注目されている。

本来「緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)」のプロジェクトが目指した理由でもあるが、放射性物質が事故後

の気象特に風向・風速によりどのように拡散するかが第一義的に重要である。事故当時西風により放射性プルームは太平洋上に拡散していたが、原発の爆発後の3月14日深夜より北北東の風になり、午前中には南南西の関東方面へ放射性プルームを移送し広域汚染を起こしている。午後に入ると風向は南南東から南東へと変化したため、放射性プルームは原発の北西から北北西に移送され、これらの地域では非常に高い放射線量が観測されるようになった。事故後一年経過した2012年3月時点においても、原発の北西から北北西にかけての帯状の地域においては150 $\mu\text{Sv/hr}$ を越える高濃度の空間線量率が測定されている。警戒区域や計画的避難区域以遠の周辺自治体においても、原発事故時20 $\mu\text{Sv/hr}$ から25 $\mu\text{Sv/hr}$ の高い空間線量率を示していたが、経年的経過による放射性物質の減衰と土壌表面よりの流失により、大部分の地域において減少しつつある。

放射性ヨウ素のように大気中にガス状や粒子状で存在する放射性物質と、放射性セシウムのように主に粒子状物質として存在する放射性物質は、乾性沈着や湿性沈着の機構により地表に沈着し表土を汚染する。ガス状の放射性ヨウ素は乾性沈着が多いとされるが、粒子状物質の表土への主要な沈着とされる湿性沈着については、降雨や降雪の状況によるため地域により極端に変化する。このため高濃度の放射性物質の沈着が「ホットスポット」として観察される地域が点在する汚染状況が生じている。汚染に極端な差があるため原発事故後以降、ヘリコプターを用いた放射性物質の航空機モニタリング、自動車を利用した

モニタリング、定点測定によるモニタリング等、各種のモニタリング手法が広域の地域について実施されてきている。

航空機モニタリングにより原発事故から8ヶ月後(2011年10月13日)の東日本各地の放射性物質による汚染状況を地表面上1mの空間線量率($\mu\text{Sv/hr}$)で表した結果では、広範な地域についての汚染を把握している一方、放射性物質に汚染され空間線量率の高い「ホットスポット」の存在が的確に示されている。放射性プルームの流入による乾性沈着に加え、局所的な降雨や降雪による湿性沈着が起こったためと考えられる。その後の測定結果と対比しても測定範囲はかなり広い国土を網羅しており、放射性物質の広がりを考える際の基本的資料と考えられる。放射性物質の汚染範囲は北は東北北部にまで、また南は中部地方にまでに及んでいる(安藤、2011; 2012)。

図1は21ヶ月以上経過後(2012年12月28日)の結果であるが、測定結果は以前に比べ地域を多少限局して表示してある。基本的な汚染の傾向は変わっておらず、放射性物質の汚染を反映した空間線量率は徐々にしか減衰していない。図は土壌表層に沈着し、空間線量率に反映している主な放射性物質であるセシウム-134とセシウム-137の沈着量を示している。周辺地域に比べ沈着量の多い「ホットスポット」が存在しており、プルームの流れと降雨や降雪による湿性沈着が影響したものと考えられる。

放射性ヨウ素とセシウム-137についての国立環境研究所の大原・森野によるシミュレーション結果は、改良 USEPA モデル利用により原発由来の放射性物質の大気中での移流、

拡散、沈着について詳細に説明している（国立環境研究所、2013）。

事故当時主な風向は内陸部から太平洋上に向かっていたが、徐々に風向が内陸部へ向かい、放射性物質が首都圏を含め広域に拡散・沈着するようになりつつあった。このため放射性物質の環境汚染を確認した段階で、住民にペットボトルの水を供給する等の機敏な対応を取る自治体も出ていた。

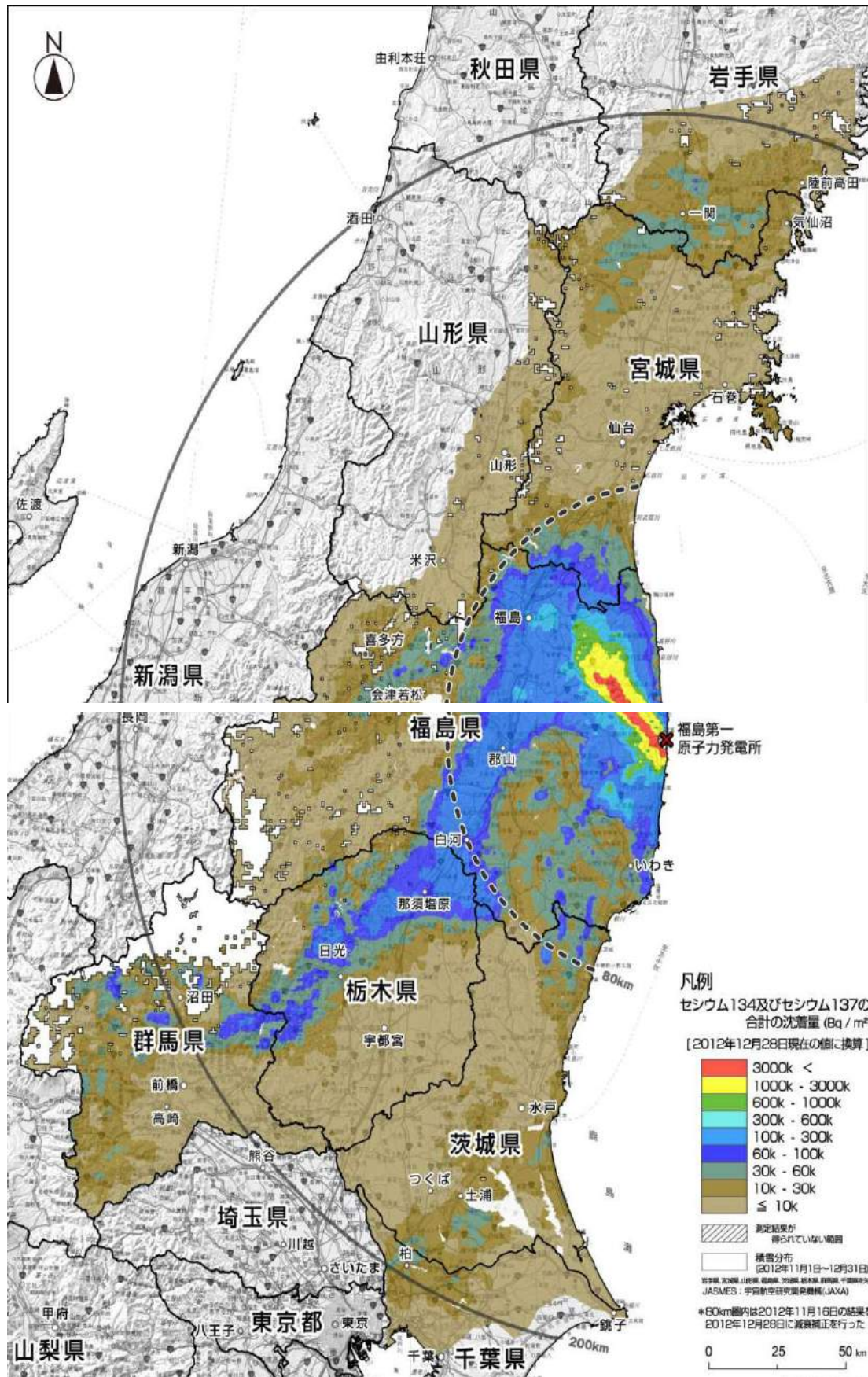
首都圏周辺自治体においても放射性物質汚染に対する対応が急がれていたが、東京都も比較的機敏に対応していた。原発周辺自治体の過酷さに比べると汚染のレベルは微量とはいえ、当時原発から約 225 キロ離れた東京の 23 区内の新宿においてすら、約 $0.8 \mu\text{Sv/hr}$ の異常に高い空間線量率の上昇を示していた。

3月15日～16日以降内陸部へ流入していた放射性プルームは、3月21日の降雨により関東各地において放射性ヨウ素-131の地上への湿性沈着を引き起こした。この高濃度の放射性物質の沈着により、江戸川の河川水を高度浄水処理して水道水を供給している東京都葛飾区金町浄水場の処理水は、原発事故当初の旧暫定基準値（乳児用放射性ヨウ素規制値： 100 Bq/kg ）を超えて汚染され、都民に給水する水道水が高濃度のヨウ素-131の汚染（3月22日 210 Bq/kg 、23日 190 Bq/kg ）を受けていた。この事態を受け東京都は急遽水道水の乳幼児と母親への飲用を禁止し、対象の母子に代替のペットボトル水を供給した。

このように原発事故後ヨウ素-131の放出と流入が続いていた3月21日には、降雨によるヨウ素-131の湿性沈着が各地の河川水や浄水場の汚染に反映していた。しかし自治体によっ

ては当時ヨウ素-131の汚染に気づかず何の防備もせず出歩き、水道を飲んでいた人も多かったと予想される。一方3月11日の事故後3月中は風況によっては東北から関東の広い範囲に著しい放射性物質汚染が起こっていたことが示されている。このような状況においては国連特別報告書（アナンド・グローバー）に指摘されたように、感受性の高い子供の被曝については最大の注意が必要とされている（グローバー、2012）。

原発事故当時最大の汚染を起こした放射性物質は放射性ヨウ素であるが、現在毒性の強いヨウ素-131の新たな放出は抑制されており、半減期の長いセシウム-134とセシウム-137の残留汚染が主である。図1に示すように、現在なお福島原発周辺の高濃度汚染地域や浪江町・飯館村のようなホットスポットの高度汚染地域についての警戒は最重要課題であるが、大部分の地域の汚染レベルは心配ないほど低下しつつある。核燃料がメルトダウンした上に、原子炉や原子炉建屋が破壊され広域汚染を引き起こした以上やむを得ないことではあるが、地表面から1mの空間線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）が示すように微量ではあるが汚染域は南西方向約250kmの広域にまで広がっている。重大な原発事故が発生した場合、汚染の被害を受ける自治体は最大250km圏まで入ることを示している。このことから250km圏までの自治体住民については、放射性物質の汚染に対する適切な教育と広報活動が必要と考えられる。因みにチェルノブイリ原発事故による放射性物質の1.5メガベクレル(MBq/m^2)の高濃度汚染地域は300km圏であり、汚染の被害を受けている地域は最大600km圏にまで


 図1. 2012年12月28日現在のCs-134とCs-137の合計沈着量(Bq/m²) (文部科学省)

及んでいる（原子力問題情報センター 1987；豊崎 1995；IAEA, WHO, et al., 2006；Yablokov et al., 2009）。

原発事故後四年経過した現在は、半減期 8.02 日のヨウ素-131 は原発から新たな放出がない限り再汚染は無視できる。土壌表土の分析の結果によると、半減期 2.06 年のセシウム-134 は大幅に減衰してきている。このため半減期 30.2 年のセシウム-137 が表土汚染の寄与が大きく、健康リスク上重要な放射性核種になっている。

写真 9 に一事例として原発事故後 3 年 7 ヶ月（2014 年 10 月 10 日）、福島第一原発から約 170 km 離れたつくば市の一般宅地（東京の北約 50 km）表土中の放射性物質の測定結果の実例(b)を示した。バックグラウンド補正した測定値として微量であるが、福島原発事故由来のセシウム-134(24.0 ± 12.2 Bq/kg)とセシウム-137(63.4 ± 15.7 Bq/kg)が検出されている。

測定結果はポイント測定のため、航空機による上空からの平均化した測定値である図 1 の結果と直接対比出来ないが、測定結果は沈着量を反映した航空機による上空からの測定

値の減衰値内での変化を示している。

このように放射性物質の微量汚染は東北・関東全域に広範囲に広がっているが遠隔地に比べ、図 1 に示した福島県内土壌の高度放射能汚染の深刻さが理解できる。この土地で放射線に高感受性の子供を養育しながら生活する上での家族の厳しさを理解する必要がある。

表 1 には原発事故後約 1 年後（2012 年 2 月 22 日）、同じつくば市の近隣の宅地化前の表土について測定した放射性物質の測定結果(a)を示し比較している。都市環境では排水施設が完備しているため、降雨によるリッター等有機物の流失や表層土壌粒子の流失が比較的容易に雨水溝を通じて、親水池や河川に移流されていく。

表に示すように降雨によるリッター等有機物や土壌粒子に吸着した放射性物質の流失があるため沈着量は大きく減衰している。放置している宅地化前の土壌と宅地土壌では土壌管理が異なり、リッター等有機物の存在量や土壌粒子も異なるため厳密には直接比較は困難であるが土壌の管理状態を吟味せず単純対比してみた。



写真 9. 左) NaI シンチレーション測定器（日立アロカメディカル社製 Camberra）

右) 放射能分析結果: セシウム-134 とセシウム-137 を検出 (2014 年 10 月 10 日撮影)

表 1.

放射性核種	(a) 2012 年 2 月 22 日	(b) 2014 年 10 月 10 日	(a-b)/a 減少率
Cs-137 (Bq/kg)	377 ± 25.8	63.4 ± 15.7	83.2 (%)
Cs-134 (Bq/kg)	304 ± 21.1	24.0 ± 12.2	92.1 (%)
Cs-137/Cs-134	1.24	2.64	

使用済み核燃料として福島第 1 原発内には 336 MCi、セシウム-137 として 134 MCi 貯蔵されており、規模の大きな余震等による貯蔵プール崩壊への対策が急がれている。セシウム-137 の半減期は 30.2 年であるので、貯蔵プールの異変によりセシウム-137 等長寿命核種による高濃度の環境汚染が引き起こされた場合、汚染が回復するには数世代 100 年以上の時間経過を必要とすると予想される。このような中「九州電力川内原発の再稼働」「関西電力大飯原発の再稼働」が、火山噴火・地震災害に対する抜本的対策不十分のまま急がれ、拙速な再稼働への危惧と不安が国民各層の間に広がっている。

さらに深刻な事態であるが、現在も断続的に放出が続いている汚染水中には、ストロンチウム-90 やトリチウム等が混入しており、今後はセシウム-137 に加え長期蓄積毒性の強いストロンチウム-90 等他の放射性核種の沈着量の解析と汚染の広がりにも警戒する必要がある。

福島原発では 2015 年 6 月に至っても原発事故は収束せず、原発の地下水から高濃度の放射性物質の汚染水が外洋に漏出している。汚染水については原子力規制委員会は既に 2013 年 11 月時点で東電から排水溝の放射性セシウム等の濃度が高く、漏出の報告を受けていた

が 2015 年 3 月時点まで有効な対策を指示していなかった。漏出時点から現在まで 1 年半以上もの間、外洋への放射性物質の放出と汚染は続いている。海洋汚染は豊富な漁業資源をもつ福島県漁業へ計り知れないほどの悪影響を与えている。しかし事故による原発の破壊状況と汚染水流出の現状を勘案すると、抜本的汚染防止対策はかなり長期に渡る困難な作業を伴うと考えられる。

最も急ぐべきは福島原発事故の収束、安全な廃炉処理過程の迅速化、放射性物質汚染の適切な除染による地域社会活動の再開と生活の再建、自主避難者を含む避難住民の生涯に渡る生活支援対策であり、そこに全力を傾注し実現することが求められている。

11. 生活弱者（病院患者、子供）の被災 —子供保養プロジェクトと国連特別報告—

原発事故は現在でも地域住民に様々な苦痛を与えているが、健康への影響は事故当初から将来まで長く続くと予想される。原発から 3.9km の福島県双葉町には、浜通りの地域医療を支える厚生連の双葉厚生病院が存在していた。一般病床 120 床、精神科病床 140 床の病院は、震災と原発事故の二重の災害に見舞われた時、重症患者まで避難しなければならない事態に追い込まれた。病院は福島第 1 原

発の至近距離にあったため、原発事故が制御不能になるに際し 10 km 圏内の避難地区に指定され緊急避難せざるを得なかった。避難までの間は地震で被災した病院で地震・津波被災者の治療を行っている。当時の過酷な状況が事故当時病院に勤務していた職員により報告されている。病院は帰宅困難区域に存在するため、診療を担当していた医師は「あと 30 年は双葉町に戻れないでしょう」との感想を漏らしている（はる書房編集部、2013）。

浪江町唯一の病院である医療法人西会西病院は原発から 9km の地点にあり、10 km 圏内の避難指示により来院していた患者と全職員が避難した。一般病床 42 床、療養病床 37 床の病院であり、人工透析では常時 100 名近い患者の治療を行い、原発被災までは地域医療を支えていた。避難までの間は甚大な被害を被った浪江町請戸地区、棚塩地区の津波被災者の治療に当たっている。

原発事故により解体された地域の再興には非常な困難を伴うと予想されるが、崩壊した地域医療の問題も深刻である。地域社会にとって必須の医療施設の再建は、今後の地域復興に際して重要な鍵となっている。

子供の生活にとっては未だ過酷な現実があり、原発事故後 4 年過ぎた現在も、福島県内の浜通りと中通り地区は放射性物質の汚染に曝されている。その汚染状況は地域によって全く異なっており、きめ細かい環境の把握が必要とされている。2013 年 11 月 21 日調査時点においても、原発に比較的近い浜通りにおいても場所によっては $0.16 \mu\text{Sv/hr} \sim 0.22 \mu\text{Sv/hr}$ と比較的低い空間線量率を示すその一方、原発から離れ比較的 안전한中通りにお

ても、場所によっては $0.7 \mu\text{Sv/hr} \sim 1.2 \mu\text{Sv/hr}$ の比較的高い空間線量率が計測されている。福島の子供も達はこのような地域や場所によって著しく異なる空間線量率の環境の中に暮らしており、母子の不安は大きいと考えられる。2012 年の調査時、母親達との懇談の中で「子どもを外遊びさせられない」「外遊びを 2 時間に制限している」との発言が聞かれたが、子ども達が如何に過酷な状況に置かれているかを物語っている。

幸い福島県生協・日本生協連・日本ユニセフ協会・福島大学災害復興研究所を中心に「福島の子供も保養プロジェクト・コヨット」が創造され、子どもを放射能汚染のない安全な場所で十分に保養を兼ねた外遊びさせようという取組みが進んでいる。福島県産農産物の場合と同様に、全国的規模での支援が可能なため全国の生協や NGO を中心に有形無形の支援が行われている。福島県生協連によると 2015 年 3 月 31 日現在までに 1391 企画が実施され、参加者は保護者を含め 0 歳児から中学生まで 7 万 987 人に上っている（福島県生協連 2012 年、2015 年）。

福島原発の放射性物質汚染の健康影響、特に子供の健康リスクと対策に関しては、日本政府の招待で国連特別報告者（United Nations Human Rights: Office of High Commissioner for Human Rights）が調査し、特別報告（アナン・ド・グローバー報告、2013）として 2013 年 7 月 31 日下記のように報告書を提出している（United Nations Human Rights Council, 2015）。

- 1) 日本政府は、国際原子力委員会 IAEA への中間報告で、放射性ヨウ素 I-131

- は約 16 京ベクレル(Bq)放出されたと推計した。
- 2) 放射性ヨウ素にさらされると、特に子ども・幼児・新生児では甲状腺がんのリスクが増加する。
 - 3) 安定ヨウ素剤は甲状腺への放射性ヨウ素が取り込まれる可能性のある時点より以前または直後に摂取するものである。安定ヨウ素剤を原発事故発生後数時間以内に摂取できれば、放射性ヨウ素の吸収を 50%低減できる。
 - 4) 遺憾なことに、日本政府は、原発事故の後、安定ヨウ素剤を摂取するための迅速な指示を発令しなかった。
 - 5) 地方自治体の中には日本政府からの指示がなかったが、安定ヨウ素剤を配布した。(著者注：福島県三春町は 2011 年 3 月 15 日町独自に安定ヨウ素剤を配布：政府事故調 2012)
 - 6) 福島県立医大の職員との会合で、国連特別報告者は安定ヨウ素剤による潜在的な有害な副作用が生じる不安のために安定ヨウ素剤を配布する決定が遅れたことを知った。
 - 7) しかし、甲状腺吸収量が 100 ミリグレイ(100 mGy: 100 mSv)未満の場合であっても、安定ヨウ素剤は投与すべきであるというのが、放射線医学の常識である。なぜなら摂取により著しい健康被害は生じないからである。
 - 8) 子どもは放射性ヨウ素吸入による甲状腺がんを最も発症しやすいため、甲状腺がん検査を開始した。国連特別報告者は日本政府のこの取り組みを評価する。
 - 9) チェルノブイリ事故により放射線被曝した子どもの白血病発症の可能性が疫学的に否定されていないため、子どもに対して、白血病等、放射線による健康への他の影響を調査するよう、日本政府に要請する。
 - 10) 国際放射線防護委員会(ICRP)は、がんまたは遺伝的疾患の発症が、100 mSv 未満でも放射線暴露量の増加に比例するという科学的可能性を認めている。
 - 11) 低線量放射線による長期的被曝の健康影響に関する疫学研究は、白血病のような非固形がんでは過度の放射線リスクに閾値はないと結論づけている。
 - 12) 固形がんに関しては、発症リスクは累積被曝放射線量に比例して生涯にわたり増加し続ける。
- この報告の中で指摘している子どもの甲状腺がんのリスクに加え、白血病や固形がんのリスクに関する BEIR-VII 報告や USEPA 報告について、次章において考察したい。

12. 低線量被曝による発がんと予防対策

放射線や放射性物質は晩発性影響として白血病や固形がんを引き起こす原因となることが知られている。広島・長崎においては、原爆被災後の調査により生存者の間に急性白血病、慢性白血病、各種の固形がんの増加が観察されている。生涯に渡る放射線のがん発症やがん死亡に関する最も重要な疫学資料とし

では、「広島・長崎の原爆被爆生存者の生涯に渡る追跡調査 (LSS)」がある。またチェルノブイリ原発事故に関する最近の研究は、事故後の放射線と放射性物質による高濃度被曝を受けた多くのチェルノブイリ原発作業員の白血病発生率が倍加していることを報告している。

放射線影響評価については、遺伝学的研究、生化学的研究、実験動物学的研究、人集団を扱う疫学研究による総合的評価が必要とされている。放射線の被曝集団における健康調査に基いた疫学的研究は必須ではあるが、疫学的手法は対象とする集団内遺伝的背景や社会経済的背景等の攪乱要因も多いため、影響を検出するためには全年齢層の被曝者を対象とした生涯に渡る健康調査が欠かせない。原理的に放射線被曝による遺伝子損傷は避けることが出来ないため、放射線には低線量域まで安全域はないことが予想される。生体には防御系、修復機構、がん抑制機構が存在するが、個人差が大きく年齢差も著しい上に放射線被曝により障害されるため、発がんの生涯リスクを避けるため放射線・放射性物質への被曝は出来るだけ避けるのがリスク管理の基本と考えられる。

多数の放射線被曝事例において確定されていることであるが、放射線障害としては被曝後急性の障害が起こり場合によっては死亡に至る急性影響と、晩発性影響のように被曝後生涯に渡る影響もある。放射線による発がんの誘発は、がんの発生部位や経過によっては死亡にまで至るため、深刻な晩発性影響といえる。

放射線の健康影響については、広島市と長

崎市の被曝影響の調査 (広島市・長崎市、2005)、広島・長崎の原爆被爆生存者の生涯に渡る追跡調査 (LSS: National Research Council, 2006; USEPA, 2008)、ジョン・ゴフマンによる調査研究 (John W. Gofman, 1981; 翻訳「人間と放射線」)、チェルノブイリ原発事故による被曝影響の調査研究 (UNDP and UNICEF, 2002; IAEA, WHO, et al. 2006; Yablokov et al. 2009; IARC・ARCH, 2011; ウラジミール・バベンコ 2011; スウェーデン政府 2012) 等がある。

広島・長崎の原爆被爆生存者の生涯リスク (LSS) による調査研究に基づき近年アメリカ合衆国研究評議会 (NRC) が健康影響について詳細な報告 (National Research Council, 2006: BEIR-VII) を合衆国科学アカデミーより出版報告している。アメリカ合衆国環境保護庁 (USEPA, 2008) は BEIR-VII の報告に基づき、国民の発がん死亡のリスクについて詳細な解析を行っている。さらに国連、国際放射線防御委員会 (ICRP)、国際原子力機関 (IAEA)、世界保健機関 (WHO) 等、多くの国際機関や関係国がチェルノブイリ原発事故等による放射線被曝の健康影響について調査し、影響評価を行っている (IAEA, WHO, UNDP, FAO, UNEP, UN-OCHA, UNSCEAR, WB, Belarus, Russian Fed., Ukraine, 2006; ECRR (European Committee on Radiation Risk), 2006; ICRP, 2007; IARC (International Agency for Research on Cancer), 2011)。

旧ソ連のチェルノブイリ原発事故に関しては、被災地のベラルーシ、ウクライナ、ロシアの健康調査に比べ健康被害を著しく過小評価していると指摘されている。ベラルーシ、

ウクライナ、ロシアにおける幼児・児童の甲状腺腫瘍の発生率は、チェルノブイリ原発事故3~4年後以降急増している(菅谷、2012; 今中、2012)。ヨウ素-131への被曝が主要な原因であるため、チェルノブイリに比べ被曝量は低いと考えられるが、福島原発事故により大量のヨウ素-131が放出された日本においても細心の注意が必要である(齋藤、2014)。

チェルノブイリ周辺の放射性物質汚染地域の児童の健康状態が悪化していると指摘されており、感受性の強い幼児・児童の生涯に渡る健康管理が欠かせない。成人についてもチェルノブイリ原発の事故処理作業員の健康状態が事故後健康状態の悪化が報告されており、福島第1原発の事故処理に携わった作業員と除染作業員については生涯に渡り健康管理を継続する必要がある。チェルノブイリ原発事故処理作業員についての健康調査では、汚染の少ない地域と比較してがん発症率が有意に高いことが報告されている。がん発生に関してはいずれも適切に医学的対処を行えば、死亡を抑制することが可能であるが、非特異的であるため放射線障害として分類されにくい側面もある。このためチェルノブイリ原発事故を起因とする死亡数については、ベラルーシ、ウクライナ、ロシアの報告とWHO、IAEA、ICRPの報告する死亡数は大きく異なってくる(IAEA, WHO, UNDP, FAO, UNEP, UN-OCHA, UNSCEAR, WB, Belarus, Russian Fed., Ukraine, 2006)。

13. 放射線被曝による白血病・固形がん

一発症・死亡とその抑制一

遺伝子同定が進みがん遺伝子の解析が進

展しているが、遺伝子の変異を引起す代表的因子として放射線、発がん物質、生物因子、特定波長域紫外線等が存在する。発がんに至る過程も複雑であるため、発がん自体を抑制するのは非常に困難と考えられるが、がん予防の最善の手法は発がん因子の曝露予防と考えられている。

放射線の遺伝子への影響としては、遺伝子DNAの単鎖切断や二重鎖切断がある。放射線は同時に生体中の水と反応し、反応性と毒性の非常に強い水酸化ラジカル(HO \cdot)を生成する。水酸化ラジカルはDNAや生体高分子との反応性も非常に高いため、変異原性や発がん性の高いラジカルである。さらに水酸化ラジカルは酸素ラジカル等種々のラジカルの生成を引き起し、生成した過酸化水素等の酸素ラジカルはFenton反応やHarber-Weiss反応により、さらに水酸化ラジカルを生成する。

放射線や水酸化ラジカル・酸素ラジカルの生成は、ゲノム異常やエキソン部の変異により、がん遺伝子の変異を引き起す。がん遺伝子変異により特定幹細胞にがん遺伝子機能の活性化が起こると細胞が変異する。さらにがん抑制遺伝子の失活が起こると、変異が蓄積し細胞ががん化する可能性が出てくる。

一方有害な放射線による直接的なDNAの変異や生成したラジカルによるDNAの変異に対して、DNA修復酵素系が変異した遺伝子の修復を行う。生体には多彩なDNA修復機構が存在し、変異したDNAを検出し修復する活性は高い。このためDNAの変異が蓄積し発がんにまで至る人は減少する。しかし個人差が著しい上に、遺伝的に修復機構の活性の弱

い高感受性の集団も存在しているため、変異原に対する曝露は努めて避けなければならないとされている（近藤、1974）。

原子炉の冷却失敗、原子炉メルトダウン、格納容器の破損、水素爆発、ベント、放射能漏れと事態が連鎖的に深刻化し、大気中や海水中に核燃料由来の放射性物質が大量に放出され、事故後関東地方にまで及ぶ広範な地域で高い空間線量率を観察している（NHK 取材班、2015；高エネルギー加速器研究機構；産業技術総合研究所つくばセンター）。先に述べたように東京電力は 2012 年 5 月 24 日放射性ヨウ素と放射性セシウムを合わせた福島第 1 原発事故後の放射性物質総放出量（放射性ヨウ素換算）について、2 号機、3 号機からの放出が約 40% ずつの約 90 万テラ（兆）ベクレル(TBq)と推定している。現在ヨウ素-131 の新たな放出は抑えられてはいるがセシウム-134、セシウム-137 に加え、汚染水中には高濃度のトリチウムが含まれ、さらにストロンチウム-90 や長半減期で猛毒のプルトニウム-239 の汚染まで起こっており、外部被曝と内部被曝防止のため最善の対策を実行する必要がある。

放射線被曝による晩発性影響として広島・長崎においては、原爆被爆後の生存者の間に急性白血病と慢性白血病の急増が観察され、さらにこれまでの調査で原発内作業による放射線被曝者や医療用放射線の X 線被曝後の患者の中に白血病の多発が観察されている（広島市・長崎市、2005；ゴフマン、2011）。

放射線被曝による主要障害である DNA 二重鎖の切断に対しても、細胞は DNA 修復機構により対処する。しかし DNA 二重鎖の切

断に対する修復は容易ではなく、二重鎖切断の修復に関与する組み替え修復機構は染色体転座を起こし易い。

組み替え修復による染色体転座に伴なう遺伝子再構成により、がん遺伝子の活性化の変異が起こる。一方、被曝により遺伝子の欠失ががん抑制遺伝子（p53 等）に起こると、がん抑制遺伝子の不活性化が引き起こされる。急性白血病の急性骨髄性白血病を引き起こすがん遺伝子 EVI1 とがん遺伝子 AML1 は染色体転座により活性化される。慢性白血病の慢性骨髄性白血病を引き起こすがん遺伝子 ABL とがん遺伝子 BCR も染色体転座により活性化される。乳児白血病を引き起こすがん遺伝子 MLL も染色体転座により活性化される。

図 2 右図に示すように、放射線被曝は白血病による死亡率を著しく上昇させる。放射線被曝量と白血病死亡率や固形がん死亡率の間には直線的関係（暴露量に比例した発がんリスクの増加）があると報告されている。さらに白血病の場合、乳幼児・児童から成人に至るまでの生涯において放射線に対する感受性が著しく高いことが分かる。放射線被曝による白血病発症のリスクが深く関係している理由は、このような遺伝生化学的背景と疫学的事例が詳細に解明されているためである。このため放射線作業従事者等放射線被曝者については、白血病によるリスク予防のため定期的血液検査特に詳細な白血球検査が義務付けられている。

チェルノブイリ原発事故後 1986 年から 1997 年の間について、成人における白血病発症率の調査がベラルーシにおいて行われ、事故以前の 1979 年から 1985 年の間の発症率と

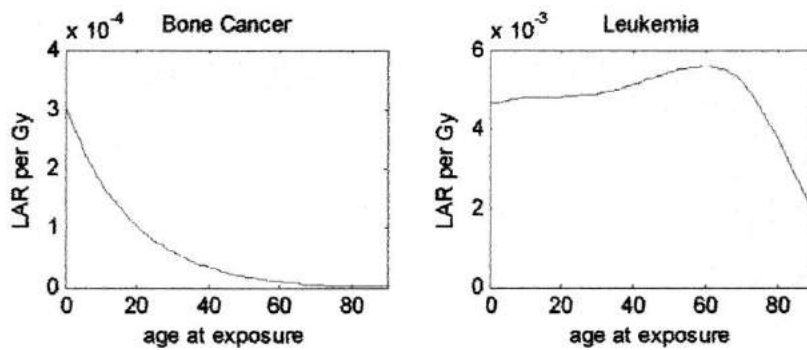


図2. 骨がんと白血病の死亡率に及ぼす集団の年齢別放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 左図: 骨がんの死亡率に及ぼす放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 右図: 白血病の死亡率に及ぼす放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 縦軸: 放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与死亡リスク 横軸 放射線被曝時の年齢
 (USEPA, 2008)

比較検討されている。

その結果急性白血病と慢性白血病の発症率が、事故以前の発症率に比べ有意に増加していることが実証されている (Yablokov et al., 2009)。白血病は早期発見し適切な治療を行うことによる治癒率が経年的に向上しているため、放射線への被曝が心配される原発内作業員、除染作業員、放射能高濃度汚染地居住住民については、定期的健康診断、血液検査、適切な医療が生涯に渡り実施される必要がある。

放射線感受性については一般的に固形がんの場合、図2左図の骨がんのように乳幼児・児童期の感受性が著しく高いが高齢になると発生率と死亡率のリスクが急減することが判明している。

図3左図の大腸がん、右図の肺がんに示すように一般的に固形がんの場合、乳幼児・児童を含め若年層の世代は放射線に対する感受性が著しく高く、がん発症率同様がん死亡率

のリスクも著しく高いことが報告されている。年齢を経るにつれ、がん発生率とがん死亡率も減少するが高齢に至るまでリスクは比較的高い。

さらに DNA 修復酵素系の活性やラジカル防御系には、年齢差、性差、遺伝的差異が存在するため、通常の集団に比べ感受性の高い集団が存在することに注意が必要である。

放射線の影響予測に関する疫学研究では、放射線被曝により乳幼児・児童を含め若年層の世代のがん発症と死亡のリスクが成人に比べ著しく高いため、生涯に渡る健康管理が必要と報告されている。

放射線は遺伝子変異を起こすため、若年層の細胞分裂の盛んな幹細胞が標的になると考えられる。成人では細胞分裂が活発に起こる赤色骨髄の感受性が高く、白血病のリスクの原因となっている。

図4左図に示すように乳がんや子宮がんを発症する女性の場合、放射線に対するリスク

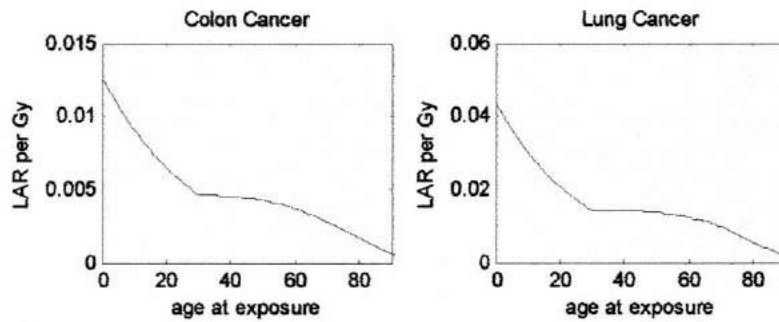


図3. 大腸がんと肺がんの死亡率に及ぼす集団の年齢別放射線(グレイ:Gy)生涯寄与リスク
 左図: 大腸がんの死亡率に及ぼす放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 右図: 肺がんの死亡率に及ぼす放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 縦軸: 放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与死亡リスク 横軸: 放射線被曝時の年齢
 (USEPA, 2008)

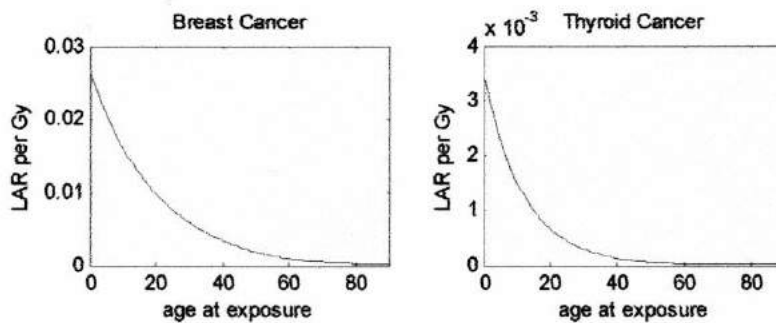


図4. 乳がんと甲状腺がんの死亡率に及ぼす集団の年齢別放射線(グレイ:Gy)生涯寄与リスク
 左図: 乳がんの死亡率に及ぼす放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 右図: 甲状腺がんの死亡率に及ぼす放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与リスク
 縦軸: 放射線(グレイ:Gy)による生涯寄与死亡リスク 横軸: 放射線被曝時の年齢
 (USEPA, 2008)

が男性に比べ高くなる特徴がある。

一方固形がんの中でも乳がんや甲状腺がんは発症率に比べ死亡率が低いため、健康診断による早期発見と早期治療が重要となる。特に原発事故初期に放出される放射性核種は、甲状腺への蓄積性の強いヨウ素-131が大部分

を占めているが、知らずに吸入・摂取し高濃度の内部被曝に曝された住民も多数に及んだと予想される。ヨウ素-131への高度の被曝は甲状腺がんの増加をまねくことが、チェルノブイリ原発事故後のヨウ素-131高度被曝地児童について確定されている。

図4右図に示すように、乳幼時から児童、学童までの成長期の世代の甲状腺がん発症率と死亡率へのリスクが予測されるため、高濃度汚染に曝された地域を中心に居住地域毎の被曝量推定と生涯に渡る健康診断と医療を行う必要があると考えられる。甲状腺がんの多くは早期の適切な治療により完治するため、健診による早期発見と早期治療の有効性が指摘されている(菅谷 2012)。放射性核種についての年齢毎の被曝予測とともに、がんリスク把握のため生涯に渡る公的な健康診断、早期発見、早期治療が今後必要と考えられる。

遺伝子変異を起こしたがん細胞が肉眼で確認できるがん細胞集団まで成長するためには、免疫系の防御システムの攻撃を回避し増殖する必要がある。免疫系細胞には好中球、リンパ球、マクロファージ、好酸球、好塩基球など免疫系細胞のネットワークがこの働きを行うが、がん細胞を主に攻撃するリンパ球の活性についても、個人差が著しいのが特徴である。

ヒトは日常的に自然の放射線を含め多くの発がん要因に日々曝され遺伝子の変異を起こしているが、がん抑制遺伝子の働きと活発な遺伝子修復の機能や活発な免疫系の防御システムにより、がんの進展が防がれている。ほとんど全てのがんに対するがん抑制遺伝子である P53、リンパ球性白血病症候群のがん抑制遺伝子である ATM、乳がん、肺がんのがん抑制遺伝子である RB は、いずれも放射線により遺伝子の変異・欠失などが誘導され不活性化され発がんが促進される。

がん化を予防するこれら生体防御系やラジカル除去系は個人差が著しい。またラジカル

除去系酵素、生体防御系、DNA 修復機構の活性には比較的余裕がない。ラジカル除去系として強力な作用を示すビタミン C やビタミン E 等は、日常的に摂取する果実や野菜に含まれているため、意識して摂取する必要がある。人はビタミン C を合成できないが、多くの動物種は合成できる。これら動物においては、ラジカルが生成する過酷な環境下におけるビタミン C の必要量は、通常環境下における所要量より多くを必要としている。このため放射線への被曝の多い環境下においては、野菜や果実を意識的に摂食し、ビタミン C とビタミン E の摂取に努める必要がある。

また日常的に過剰なストレスに曝されることによりストレス反応により、視床下部一下垂体-副腎皮質系の活動が高まり免疫系機能は低下するため、ストレス管理も重要となる。さらに免疫系細胞のネットワークを形成する骨髄や胸腺は、放射線に感受性が高い組織である。このため骨髄や胸腺への放射線の過剰な被曝は、可能な限り避ける必要がある。

現在がん治療に対しては、手術療法、薬物療法、医療放射線療法の進歩が著しいため、高度被曝後のがん発症に関しては、がんの早期発見と早期治療が重要と考えられる。放射線被曝量と白血病発症率・死亡率や固形がん発症率・死亡率の間には直線的関係があると報告されているため、原発事故処理作業員や比較的高度汚染地域に居住し被曝が避けられない住民については、長期に渡る健康診断が必須な理由もそこに存在する。放射線被曝量についての長期的管理は、健康診断の問診的性格を持っており、正確を期すため公的機関による一元的管理が望まれる。

普通の人は年間 2.4 mSv の実効線量を自然放射線源から被曝しており、放射線被曝は避けられない訳であるから、極低線量の放射性物質を無暗に恐れる必要はないが、今後長期化する環境汚染に対しては過剰な被曝を避ける賢明な知恵と生き方が求められる。

14. 原発事故からの復興と人の尊厳

原発事故は長年国に協力し電力を供給してきた福島県住民の生活の崩壊を招いたため、事故からの復興は人と社会の尊厳を取り戻すことから始めねばならない。公害発生の歴史が教えるように、現代科学・技術の巨大リスクは、多くの人々の人生を根底から破壊してしまう恐怖と共に存在する。

福島県は環境デザイン的にも素晴らしい景観の美しい自然に囲まれた観光地を多く抱え、地域産業と農水産業の活気のある県として著名であり、山岳や森林の散策が福島県のみならず日本の多くの人にとって人生の楽しみとなっていた地域である。原発事故はこれらの地域特性を一挙に失わせて仕舞っている。その意味で原発事故は地域社会と環境を破壊し、景観とともに住民生活に取って身近な自然と人生の未来を崩壊させているといえる。

国は福島復興指針を改訂し 2017 年 3 月までに福島県内の避難指示解除準備区域と居住制限区域の避難指示を解除し、2018 年 3 月に補償を終了することを目指しており、福島県もこの方針に沿った対応を示している。しかし避難指示されていた地域の放射性物質の汚染状況は住民が安心して暮らせる状況にはない。東電と国の責任として原発事故以来恐れを抱きながら避難を余儀なくされている自主避難

者を含む避難住民の生活の補償と健康な環境の回復が必須の課題である。

原発被災地の復興のあり方については、放射性物質の除去と共に地域社会の再建と住民の暮らしの回復、健康で安心できる医療環境の保障のため、今後とも緻密な計画を立て考察し実行していく必要がある。被災地地域振興には、住民の生活基盤・職域環境の保全・地域生活の再建・自然環境の再生が一体として必要とされる。長い年月が必要とされるが、日本にとって基幹エネルギーとして原発を選択し、かつ深刻な事故を起こした長年の政策的付けの結果であり、誤った政策決定の反省の糧と共に未来へ進むしか道は無いといえる。

これまでも原発内作業においては、労災事故に相当する事故について、現場において指摘されていた。2014 年 12 月 1 日の東京新聞のふくしま作業員日誌には「タンク増設現場で、相次いで鋼材が落下する事故が起きた。11 月 7 日には 390 キロの鋼材が落下し、一人は脊髄損傷に。命は取りとめたみたいだけど…。毎日のように、ヒヤッとするような事故や怪我がある。いつか大きな事故が起これると思っていた。」ここで指摘されている『ヒヤリ・ハット事故』は重大事故の予兆である。その後実際に重大死亡事故が起きている。「原発でベテランの死傷事故が相次いだ。国は急がせるけど、無理なものは無理。ベテランが被ばく線量で去り、現場は素人だらけ。」この現場の重い指摘を汲み取る必要がある。

石油ピークを迎えた現代文明、なかでも日本にとってエネルギー利用と社会の存立は喫緊の課題である（大久保・石井、2013）。エネルギーを海外に依存せざるを得ない日本に

とって、到来する低エネルギー社会について、将来の国民生活を見越した展望が必要である。

福島原発事故を経た日本においては、脱原発を選択したドイツと異なり、原発が相変わらず基幹エネルギーと位置づけされている。しかし原発は一旦人の制御を外れ事故が発生した場合のリスクが巨大であるだけに、安易な依存は地域と日本の生存にとって非常な危険を伴うと覚悟しなければならない。

原発事故が発生した場合の人の健康リスクと原発被災地の復興については、人の生存を保障することを大前提として地域社会の再建に必須の住民の生活保障と健康について、考察していく必要がある（安藤、2011；2012）。

最後にドイツのメルケル首相の2015年3月

10日來日時の記者会見概要を再録する。

「私は核の平和利用には賛成してきました。私の考えを変えたのは、福島原発事故でした。日本という高度な技術水準を持つ国でも、リスクがあり事故は起きるのだということを実に示しました。このため、本当に予測不能なリスクというものがあり、私たちが現実に起こりうるとは思えないと考えていたリスクがあることが分かりました。だからこそ私は多くの同僚とともに脱原発の決定をくださったのです。ドイツの最後の原発は2022年に停止し、核の平和的利用の時代が終わって、私たちは別のエネルギー制度を築き上げるのだという決定です」

参考文献

ECRR (European Committee on Radiation Risk) (2006): Chernobyl 20 Years On; Health Effects of Chernobyl Accident.

IAEA, WHO, UNDP, FAO, UNEP, UN-OCHA, UNSCEAR, WB, Belarus, Russian Fed., Ukraine (2006): The Chernobyl Forum 2003-2005.

IARC (International Agency for Research on Cancer), ARCH membership (2011): Agenda for Research on Chernobyl Health.

ICRP (2007): The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103.

National Research Council (2006): Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. BEIR VII Phase 2. Washington, DC: National Academy Press.

UNDP and UNICEF (2002): The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident.

USEPA, Office of Radiation and Indoor Air (2008): EPA Radiogenic Cancer Risk Models and Projections for the U.S. Population.

A. V. Yablokov, V. B. Nesterenko, A. V. Nesterenko (2009): Chernobyl-Consequences of the Catastrophe for People and Environment. Annals of the New York Academy of Sciences, 1181.

United Nations Human Rights Council (2015): Fukushima: Persisting violations of fundamental human rights of affected people by the Japanese Government after the Fukushima nuclear disaster.

アナン・グローバー (Anand Grover, UN Human Rights Committee Recommendations 国連人権委員会) (2013): 小柴信子訳 松崎道幸監修: 日本における到達可能な最高水準の心身の健康を享受する万人の権利に関する国連特別報告者の報告書

安藤 満 (2011): 福島原発暴走事故による放射能汚染 もったいない学会 5巻、1-17.

- 安藤 満 (2012) : 福島原発事故による放射性物質汚染と被曝影響予測 もったいない学会 6 巻、26-48.
- 今中哲二 (2012) : 低線量放射線被曝—チェルノブイリから福島へ— 岩波書店
- ウラジミール・バベンコ、ベルラド放射能安全研究所 辰巳雅子訳 今中哲二監修 (2011) : 自分と子供を放射能から守るには 世界文化社.
- 内橋克人 (2011) : 日本の原発、どこで間違えたのか 朝日新聞出版.
- 大久保泰邦、石井吉徳 (2013) : みんなではじめる低エネルギー社会のつくり方 合同出版
- 原子力問題情報センター編集・発行 (1987) : チェルノブイリ原発事故.
- 高エネルギー加速器研究機構 : <http://legacy.kek.jp/quake/radmonitor/GeMonitor6.html>
- 小出裕章 (2011) : 原発はいらない 幻冬舎ルネッサンス
- 古儀君男 (2015) : 火山と原発—最悪のシナリオを考える— 岩波ブックレット 919 岩波書店
- 国立環境研究所 (2013) : 東日本大震災後の災害環境研究の成果、2013 年 3 月
- 国会東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 (2012) : 東京電力福島原子力発電所事故によって避難を行った住民に対するアンケート調査報告書 (2012 年 6 月 9 日) .
- 近藤宗平 (1974) : 分子放射線生物学 東京大学出版会.
- 郷地秀夫 (2011) : 被爆者医療から見た原発事故—被爆者 2000 人を診察した医師の警鐘—かもがわ出版
- 齋藤 紀 (2014) : 日本型原発過酷事故、その原型について—大阪保険医雑誌 569、2014 年 2 月、大阪府保険医協会
- 佐高信・中里英章 (編) (2012) : 「高木仁三郎セレクション」岩波書店
- 佐藤栄佐久 (2015) : 日本劣化の正体 ビジネス社
- 沢田昭二、松崎道幸、矢ヶ崎克馬、島藺進、山田耕作、生井兵治、満田夏花、小柴信子、田代真人 (2014) : 福島への帰還を進める日本政府の 4 つの誤り 旬報社
- 産業技術総合研究所つくばセンター : <http://www.aist.go.jp/taisaku/ja/measurement/index.html>
- ジョン・W・ゴフマン (2011) : 人間と放射線—医療用 X 線から原発まで— 明石書店 (John W. Gofman (1981): Radiation and Human Health. Sierra Club Books)
- スウェーデン政府 (高見幸子、佐藤吉宗共訳) (2012) : スウェーデンは放射能汚染からどう社会を守っているか 合同出版.
- 菅谷昭 (2012) : 子どもと妊産婦を被ばくから守る—チェルノブイリ原発事故医療支援の経験を通して— 月刊保団連 4-9, 2012, No.1084
- 政府事故調査・検証委員会「聴取結果書(吉田調書)」2012 年 7 月 (2014 年 9 月公開)
- 高木仁三郎 (1986) : 原発事故 日本では? 岩波ブックレット 75 岩波書店
- 豊崎博光 (1995) : アトミック・エイジー地球被曝始まりの半世紀— 築地書館
- NHK スペシャル「メルトダウン」取材班 (2015) : 福島第一原発事故 7 つの謎 講談社現代新書
- 中西友子 (2013) : 土壌汚染—フクシマの放射性物質のゆくえ— NHK ブックス NHK 出版
- 福島県生活協同組合連合会 (2012) : 東京電力原発事故・震災記録 DVD(第二集) 福島・いま記録に—福島の子ども保養プロジェクト—
- はる書房編集部 (2013) : あの日から起こったこと—大地震・原発禍にさらされた医療者たちの記録—はる書房
- 広島市・長崎市 原爆災害誌編集委員会編

(2005) : 原爆災害 岩波新書.

三廻部眞己 (2010) : 農作業事故の防ぎ方と労災補償 家の光協会

文部科学省 (2012) : 放射線モニタリング情報、2012年 12 月 28 日

東京新聞 2015 年 2 月 25 日 【ふくしま作業員日誌】

神戸新聞 2013 年 9 月 13 日 【福島第一元作業員の「遺言」】

(脚注)

放射能の量 (毎秒の原子核崩壊量 : 単位 Bq
ベクレル)

吸収線量 (単位 Gy グレイ J/kg)

等価線量 (吸収線量 x 放射線荷重係数) [放射線荷重係数は β 線・ γ 線は 1.0、 α 線は 20、中性子線はエネルギーにより 5~10] (単位 Sv シーベルト)

1Ci (1 キュリー : 1g のラジウムの放射能 :

1Ci=3.7x10¹⁰Bq)

実効線量=Σ(等価線量 x 組織荷重係数) [組織荷重係数は組織毎の感受性を評価](単位 Sv シーベルト)

預託実効線量 (内部被曝を放射性物質の半減期と生物学的半減期を考慮し、大人 50 年間、子供 70 年間における総被曝量を累計したもの)

(単位 Sv シーベルト)