欧州諸国民の自然界からの年間被ばくの実態

河田 東海夫

欧州では自然放射線による国民の年間線量が日本人の倍以上になる国がいくつもある。欧州全体では、年間 7mSv を超える住民の総人口は 2,000 万人を超え、13mSv を超える総人口は約 600 万人と見積もられる。そうした環境下でも、欧州では高度に文化的な生活が連綿として営まれてきたという事実は、原発事故の避難住民が「1mSv の呪縛」を克服し、どの程度の被ばくなら受忍可能かを考えるうえで、重要な示唆を与える。

I. 迫られる 1mSv の呪縛からの決別

原発事故から 3 年以上を経過した今なお、福島県では約 13 万人が避難生活を続けている（うち約 8 万人が避難指示区域からの避難者）。福島県では今年 3 月末までに「震災関連死」と認定された死者数は地震や津波による直接死者数を超え、宮城県や岩手県に比べ突出している。避難生活の長期化や、将来が見通せないことから来るストレスなどの悪影響がきわめて深刻なことを物語っている。こうした状況の解消のためには、除染を行っても数年以内に年間 20mSv（ミリシーベルト）未満達成が見込めない地域の住民の集団移住の早期決断と、年間 20mSv 未満ではあるが汚染が残留する地域への早期帰還を実現する必要がある。大変残念なことに、いわゆる「1mSv の呪縛」がそれらの実現への大きな障害要因となっている。「年間 1mSv 以下でないと安全ではない」との誤った認識が社会的に広く浸透してしまったためである。

国の「除染モデル実証事業」の結果からは、高線量地域の面的除染の線量率低減効果は 4～6 割程度であることが明らかになっている。この結果を見る限り、避難指示区域からの避難者約 8 万人のうち 1 万人弱は、除染を行っても 5 年以内の帰還が見込めない。国が避難解除の要件としている年間 20mSv 以下達成が困難なためである。残り約 7 万人については、5 年以内に年間 20mSv 以下達成が見込まれる（既に年間 20mSv のところも多い）。しかし実際に何人が帰還できるかは、これらの人々がどれだけの追加被ばく線量を受け容れることができるかによって決まる。年間 20mSv 以下がそのまま受け容れられるのであれば全員が帰還できるが、年間

10mSv なら約 1 万人が帰れなくなる。年間 5mSv ならその数は倍増し、年間 1mSv にこだわるのであれば、大半が帰れないことになる。避難指示区域外の地域からの避難者も同様の問題を抱える。避難住民自身が年間 1mSv の呪縛を克服し、年間 5mSv や 10mSv といったレベルでの帰還を真剣に検討しなければならない時に来ている。

低線量被ばく影響に関する「100mSv 以下の被ばく線量域では、がん等の影響は、他の要因による発がんの影響等によって隠れてしまうほど小さく、疫学的に健康リスクの明らかな増加を証明することは難しい」との公式見解¹⁾は、学術的には正しい表現ではあるが、歯切れが悪く、「要するに専門家でもわかっていないのだ」と言っているようにさえ聞こえる。一部のマスメディアや SNS の世界では低線量被ばくの不安を煽る情報が溢れており、こうした情報混乱の中で避難住民が年間 20mSv 以下なら安全と確信できる状況にはとても至っていない。こうしたギャップを埋めるためには、学術的に正しい情報提供に加えて、実経験に基づく常識的、直観的理解が可能な情報の提供が重要である。

本稿では、そうした情報の一つとして、欧州諸国民の自然放射線からの被ばくの現状を整理してみる。

II. 欧州諸国民の自然放射線からの年間線量

1. 欧州では、ラドン吸入が最大の被ばく要因

自然界の土や岩石には微量のウランが含まれており、花崗岩などではその含有量が相対的に高い。地中のウラン (^{238}U) が何回か崩壊をすると放射性ガスであるラドン (^{222}Rn) が発生し、やがて大気中に移行する。欧州では、地域的に地中のウラン濃度が高いところがあるほか、伝統的に石造りの家が多いことや、北欧では家屋の気密性が高いことなどから、我が国に比べ一般的に屋内のラド

Natural Radiation Exposure in European Countries : Tomio KAWATA.

(2014 年 9 月 10 日 受理)

ン濃度が高い。このため、大半の欧州諸国では、ラドン吸入が自然界からの被ばくの最大要因となっている。鉱山労働者の経験などから、過剰なラドン吸入は、肺がん誘発要因になることが知られており、欧州では1980年代から各地で屋内ラドン濃度の調査が始まり、その後、規制に向けた動きも開始された。なお、地中のトリウム(^{232}Th)からもトロン(^{220}Rn : トリウム系列の崩壊で生まれるラドンのことで、トロンはその通称)が発生するが、半減期が短いこともあり、大気中濃度はラドンよりも小さく、被ばくの影響も小さい。

欧州委員会(EC)の共同研究センター(Joint Research Centre: JRC)は、2004年から2005年にかけ、欧州各国の屋内ラドン濃度の総合的な調査と取りまとめを行った(以下、JRC報告という)²⁾。この取りまとめは、自然界からの被ばくに関する欧州全体マップ作成活動の一環として行われたもので、その結果を第1表に示す。自然界と人為的要因からの被ばくに関する全世界的な平均年間線量は、原子放射線に関する国連科学委員会の2000年報告書(UNSCEAR 2000)で公表されており、2000年以前に行われた欧州での屋内ラドン濃度測定結果はそこに反映されている³⁾。したがって、第1表は、UNSCEAR 2000の採用データと多くの部分で重複するが、一部その後の測定結果や評価が反映されている。こ

の時点では、ラドン濃度の測定方法や、測定にあたっての地域分割の方法などが各国まちまちで、統一性に欠ける点には留意する必要があるが、欧州全体の傾向を把握するうえでは大変有益なデータである。ECでは、1990年2月に屋内ラドン濃度に関し、新築家屋では200Bq/m³以下、また既設の家屋については400Bq/m³以下とすることが望ましいとの勧告を出しており⁴⁾、第1表には、これら2つの管理目標値を超える家屋の割合も示されている。

2. 欧州諸国民の年間線量の概略評価

第1表の屋内ラドン濃度データと、UNSCEAR 2000に報告されている大地などからのガンマ線量データから、欧州諸国民が自然放射線から受ける年間の被ばく実効線量(年間線量)の概略評価を行った。食品摂取やトロン吸入による内部被ばくと宇宙線による外部被ばくについては国別データが入手できないので、UNSCEAR 2000に報告されている世界平均値を一律に用いた。こうした代用は評価の厳密性を損なうことにはなるが、欧州ではラドン吸入による影響が最も大きく、その大小が各国の年間線量の大小を実質的に支配する。したがって、このような概略評価でも、欧州における自然界からの被ばくの全体傾向はおおむね正しく把握できる。

ラドン吸入による年間被ばく線量の計算に当たっては、UNSCEAR 2000に従い、屋外ラドン濃度 Q_0 を屋内濃度 Q_1 の1/4と仮定して屋内及び屋外のラドン吸入による被ばく線量 D_1 及び D_0 を次式により求めた。

$$D_1 [\text{mSv/y}] = Q_1 [\text{Bq/m}^3] \times 0.4 \times 9 [(\text{nSv/h})/(\text{Bq/m}^3)] \times 7,000 [\text{h}]$$

$$D_0 [\text{mSv/y}] = Q_0 [\text{Bq/m}^3] \times 0.6 \times 9 [(\text{nSv/h})/(\text{Bq/m}^3)] \times 1,760 [\text{h}]$$

また、UNSCEAR 2000では、吸入されたラドンの一部が血液中に溶解し体内に広がることによる被ばく量を次式で評価しており、ここでもその分を加算した。これらは前者の3～4%に相当する。

$$D_1 [\text{mSv/y}] = Q_1 [\text{Bq/m}^3] \times 0.17 [(\text{nSv/h})/(\text{Bq/m}^3)] \times 7,000 [\text{h}]$$

$$D_0 [\text{mSv/y}] = Q_0 [\text{Bq/m}^3] \times 0.17 [(\text{nSv/h})/(\text{Bq/m}^3)] \times 1,760 [\text{h}]$$

評価結果を第1図に示すが、欧州では、ラドンによる年間線量は国家間で大きく変動し、3mSvを超える国もある。その結果、全体の年間線量が4mSvを超える国が7ヵ国あり、チェコ共和国では5mSvを超える。欧州における自然界からの年間線量は、多くの国で日本よりも高く、倍以上の国もいくつかあることがわかる。

3. 欧州における高ラドン濃度家屋居住者総人口

前述のように、第1表には、屋内ラドン濃度が1990年のEC勧告で出された管理目標値を超える家屋の割合

第1表 欧州各国の屋内年間平均ラドン濃度

国	屋内年間 平均ラドン 濃度 (Bq/m ³)	高ラドン濃度 家屋割合 %	
		200～ 400 Bq/m ³	400 Bq/m ³ 以上
オーストリア	97	8	4
ベルギー	48	1.7	0.3
クロアチア	68	5.4	1.8
キプロス	19	0	0
チェコ	140	10 - 15	2 - 3
デンマーク	53	2.7	0.2
エストニア	60	2 - 2.5	0.3 - 0.5
フィンランド	120	8.7	3.6
フランス	63	6.5	2
ドイツ	50	2.5	< 1
ギリシャ	55	2	1.1
ハンガリー	NA	5.1	0.8
アイルランド	89	6	1.5
イタリア	70	3.2	0.9
リトアニア	55	2.5	0.3
ルクセンブルグ	115	NA	3
マルタ	40	0	0
オランダ	23	0.3	0
ノルウェー	89	6	3
ポーランド	49	1.6	0.4
ルーマニア	45	NA	NA
セルビア・モンテネ グロ*	144	18	4
スロバキア	108	14	11
スロベニア	87	5.5	2
スペイン	90	4	2
スウェーデン	108	6 - 7	3 - 4
スイス	77	10	7
英国	20	0.4	0.1

* Vojvodina県のみ

NA: Not Available

第4図 生涯線量の比較

の追加線量という条件下で帰還勧告を行ったとしても、それは決して非人道的勧告にはならない。

2. 事故影響を含めても、帰還住民の生涯被ばくは欧州国民並みにとどまる

汚染が残留する地域での生活を考える場合は、帰還初年度の年間線量のほか、生涯住み続ける場合の累積線量(生涯線量)も重要な考慮因子である。

第4図は、欧州諸国民の自然放射線による生涯線量(80年で計算)を示したもので、あわせて日本人の生涯線量を、事故影響による被ばくの増分を上乗せして示した。

図から明らかなように、欧州諸国民の生涯線量は約100から400mSv強と大きな変動幅を持つ。その影響が各国民の平均寿命に及ぼす影響を見るため、両者の相関をプロットして第5図(a)に示した。欧州諸国民の平均寿命も大きな幅があり、西欧と東欧の間では顕著な差が認められるが、その一方で生涯線量への依存性は全く認められない。第5図(b)には平均寿命を1人当たりのGDPに対してプロットして示すが、GDP相対値100以下では寿命低下が顕著で、100を超えると頭打ちになる傾向が明らかに見て取れる。これらのことは、国の豊かさ、すなわちその国の保健福祉システムの充実度(貧困さ)は寿命への大きな影響因子であるが、生涯で400mSv程度までの累積被ばくは健康に実害をもたらさないことを雄弁に物語っている。このことは、「累積線量600mSvでもがん死亡リスクの上昇は認められない」というインド高線量地域疫学調査結果とも一致する⁷⁾。

日本人の場合、自然放射線からの生涯線量は約170mSvであり、これに事故影響を加算すると、初年度年間5mSvの追加線量で帰還の場合は約270mSv、また10mSvで帰還の場合は約360mSvとなり、後者の場合でも「欧州の高い国並み」ととどまる。図中の事故影響では半減期による減衰のみが考慮されているが、実際には「風化効果」による減衰加速や、帰還後の追加除染で、生涯線量はもっと低くなる。10mSvで帰還の場合でも生涯の累積線量が欧州並みにとどまるということは、具体的かつ有力な安心材料として考慮されるべきである。

第5図 欧州諸国民の平均寿命の生涯線量およびGDPへの依存性

IV. おわりに

放射線影響については日常生活のなかで相場観を持つことは不可能であり、過度に防御的になるのは人間の自然な反応である。しかし、低線量被ばくを恐れるあまり、欧州諸国並みの被ばく環境をも拒絶し、結果的に故郷を死の町として放棄してしまうような不幸はぜひ避けなければならない。そのためには、避難住民自身が「1mSvの呪縛」から脱皮しなければならないが、それは容易なことではない。

避難住民が故郷への帰還を考える際には、どのレベルの残留汚染レベルなら良しとするかという難しい判断が求められる。ここで紹介した欧州における自然放射線からの被ばく状況に関する情報が、その判断を現実的かつ合理的な方向に導く参考指標として利用いただければ幸いである。

－ 参考資料 －

- 1) 原子力規制委員会, 「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」, 平成25年11月20日。
- 2) G. Dubois, An Overview of Radon Surveys in Europe, EUR 21892 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2005), http://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/publications/EUR_RADON.pdf
- 3) UNSCEAR 2000 Report ANNEX B Exposures from natural radiation sources, (2000)。
- 4) Commission Recommendation of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon (90/143/Euratom), http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/90143_en.pdf
- 5) WHO handbook on indoor radon: a public health perspective, (2009)。
- 6) V. Gruber, et al., "The European Indoor Radon Map and Beyond", Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 8, No. 2, (2013)。
- 7) 電中研 震災対応報告会資料, 平成23年11月10日。

著者紹介

河田東海夫 (かわた・とみお)
元原子力発電環境整備機構
(専門分野)核燃料サイクル工学,
バックエンド工学