



基準値の科学 —放射線防護分野と環境分野の レギュラトリー・サイエンス—

村上 道夫

Murakami Michio

1. はじめに

昨年、講談社ブルーバックスより「基準値のからくり—安全はこうして数字になった」を上木した¹⁾。飲食物・環境・事故の分野を対象に、様々な安全基準がどのように定められたのかを紹介した本で、具体例とともにリスク学とレギュラトリー・サイエンスの考え方を示した。本誌の本年7月号にて、日本アイソトープ協会専任理事の二ツ川章二氏より、書評をいただきました²⁾。ほかの物質と放射線の基準値の考え方の共通点や違いについて興味を持っていただけたのは著者冥利に尽きるというものである。

本稿では、まず、安全の概念とリスク管理の原則を整理した上で、放射線防護分野と環境分野の基準値設定における背景を説明し、最後に、基準を取り巻く現況について述べる。

2. 安全とリスク管理の三原則

安全は客観的で、安心は主観的な概念である、という考えをしばしば見聞きする。それは正確ではなかろう、というのが私と「基準値のからくり」¹⁾の共著者の考えである。

辞書的な定義を述べれば、安全は不安や恐れがない状態を指すとあり、日本人が日常的に使う際の安全という言葉には、心理的な要素が含まれる。学術的に知られている安全の定義は、国際標準化機関 (ISO) と国際電気標準会議 (IEC) によるガイド 51 の“受け入れられない

リスクのないこと (Freedom from risk which is not tolerable)”³⁾である。ここで、安全はゼロリスクを意味しない。社会として“受け入れられないリスク”がどれくらい合意を持ち、“受け入れられないリスク”に基づいて定められた基準値があり、その基準が守られたときに、社会としての安全性を確保でき、安全は客観性を持つ、という考え方である。すなわち、安全とは、個人にとっては、客観的リスク評価と主観的リスク認知の融合概念であり、社会にとっては、社会的合意に基づく約束事⁴⁾である。

したがって、安全は通常の純粋科学では判定できない概念である。時代や社会、文化的習慣によって決まる余地が多分にある。さらに、科学的知見の蓄積の程度とは別として、様々なリスクに対して、規制したり、調整しなければいけないという現実的な要望がある。純粋科学において得られる科学的知見と政策などの意思決定との間にあるギャップを埋めるのがレギュラトリー・サイエンスである⁵⁾。化学物質安全のレギュラトリー・サイエンスについては、既報⁵⁾が詳しく、興味のある方は参照されたい。

3. リスク管理の三原則

リスク管理には三原則がある⁶⁾。その三原則を著者の言葉で述べるならば、①ゼロリスク的な管理、②受け入れられるリスクレベルに基づく管理、③費用との兼ね合いで決める管理 (広

い意味でALARA (As Low As Reasonably Achievable)を含む)、である。

閾値ありを想定したリスク管理が“①ゼロリスク的な管理”である(ただし、閾値ありでも③をとる場合もある。詳細は「基準値のからくり」¹⁾の5章を参照)。ここで、ゼロリスク“的”とわざわざ記したのは、閾値ありを想定したリスク管理は社会的ゼロリスクを意味しないからである。例えば、放射線防護分野における確定的影響は閾値ありを想定するが、その値は1%の出現頻度をもたらし線量を意味する⁷⁾。環境中化学物質の場合、遺伝子損傷をもたらし発がん以外の毒性については、疫学研究や動物実験の結果から、毒性が観察されなかった量、すなわち、NOAEL (No Observed Adverse Effect Level)を算出し、不確実性係数を加味しながら基準値を算出する。放射線防護分野でも、環境分野でも、閾値ありから算定された基準値は、多くの人にとってはゼロリスクだが、一部の少数にとってはリスクがある状況意味する。余談であるが、日本語では、一般にNOAELを無毒性量と訳すが、これは誤訳であり、このために、社会的ゼロリスクを意味するという誤解を招きやすい。本来なら、“統計的無毒性量”などとするべきであろう。また、近年、放射線を低線量で被ばくした際の発がん性について、閾値があるのではないかという議論がある。それらの研究は是非進めるべきと思うが、閾値があることが分かっても、基準値を機械的に(自然科学的に)算定できると考えるのは早計である。閾値があったとしても、社会全体ではゼロリスクではないので、どのくらいのリスクを受け入れるか、という観点から議論する必要がある。

話をリスク管理の三原則に戻す。閾値なしの場合、“②受け入れられるリスクレベルに基づく管理”か“③費用との兼ね合いで決める管理”をとることになる。放射線防護分野では、避難や除染などの基準値(それぞれ、20 mSv/年、1 mSv/年)は、ルーツをたどれば②に該

当する。飲食物中放射性物質の暫定規制値は③に該当する。環境中化学物質の場合、閾値なしを想定するのは遺伝子損傷をもたらし発がん性物質であり、②の方法で定めるものが多いが、現実的に実現できない場合などには、③の方法をとることもある。放射線防護分野でも環境分野でも、遺伝子損傷をもたらし発がん性について、いずれもLNT (Linear Non-Threshold) 仮説などの閾値なしを採用している点は共通である。この概念が初めて導入されたのは、ICRP (the International Commission on Radiological Protection) の1958年勧告である⁸⁾。ここでは、「閾値や回復を想定する考えもあるが、積算線量と白血病の頻度が比例すると想定する」とし、放射線防護の立場を打ち出している。すなわち、ここでは、“実際の発がん率がどのくらいか”ではなく、“放射線をどのように管理すべきか”を重視している。レギュラトリー・サイエンスという言葉は明示的には使ってはいないものの、この考え方は、上記で述べたレギュラトリー・サイエンスそのものである。リスク評価とは、がんの罹患率や死亡率を精緻に推定することを目的としたものではなく、レギュラトリー・サイエンスの枠組みで、安全管理を目的とするものであり、リスクとは管理上の指標なのである。この考え方は、放射線防護分野も環境分野も変わらない。がんの罹患リスクは、実際に生じるがん罹患の確率を意味するわけではないのだが、残念ながら、いずれの分野でもこの誤解がよく見られる。

4. 受け入れられるリスクの経緯

放射線防護分野でも環境分野でも、遺伝子損傷をもたらし発がん性については、閾値なしを想定し、受け入れられるリスクレベルないしは費用との兼ね合いから基準値が定められる。受け入れられるリスクレベルの算定は、各分野において、時代とともに醸成されてきた。

避難の基準とされた20 mSv/年は、職業被ばくの値をルーツとする。本来は、職業上の理由

で18歳から65歳まで被ばくした状態を想定して20 mSv/年という値が定められたので、対象の違い（職業人と一般公衆）と積算線量（年間線量と年数の積分）という2つの意味で、避難の状況とは異なるが、様々な被ばく管理の値がある中で、整理されたものである⁷⁾。職業被ばくに関する受け入れられるリスクは、1977年におけるほかの職業での労働に伴う年間死亡率との比較を経て⁹⁾、1990年勧告¹⁰⁾において示された。その主な根拠は、Royal Societyの報告書¹¹⁾である。この報告書は、米国大統領、自発的なスポーツ活動、プロのスタント・採石・鉱山・建設などの危険な職業や製造業の年間死亡リスク、1~20歳での年間死亡リスクなどを参照に、「年間死亡率 10^{-2} （100人中1人）は受け入れられないが、 10^{-3} （1,000人中1人）の場合は、その個人が状況について知っていて、リスクに匹敵する恩恵を受けていて、リスク低減のための手段が講じられているならば、全く受け入れられないとはいえない」と示したものであった。

除染などの最終目標とされた1 mSv/年のルーツは、公衆被ばくの値である。公衆被ばくの基準値は、1954年勧告¹²⁾において“職業被ばくの10分の1”とされてから、1985年のパリ声明¹³⁾にて10分の1原則が崩され、1990年勧告¹⁰⁾でその根拠が提示された。追加被ばくの有無による年間死亡率の変化に関する議論もされたが、最終的には、ラドンを除く自然放射線の被ばく量の地域間の差から判断された。1 mSv/年は、年間死亡率について明示されていないものの、ICRPの致死性のリスク係数⁷⁾を用いれば、おおよそ年間 4×10^{-5} に相当する。

環境分野における閾値なしの発がん性物質の受け入れられるリスクは、一般に生涯 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ （日本では、特に 10^{-5} ）が使われる（なお、日本の産業分野（労働安全）では、生涯 10^{-3} がよく使われるが、本稿では環境分野に絞る）。このルーツは、米国のデレニー条項（1958年制定、1996年廃止）による加工食品へ

の発がん性物質の使用禁止とその後の裁判である¹⁴⁾。デレニー条項は、動物実験で閾値なしの発がん性ありとなれば、全て認めないというものであったが、その後、農薬・医薬品・殺菌剤などの多数の必須化学物質に発がん性があることが分かった。食品医薬品局や環境保護局が実質上安全な発がんリスクレベルとして、生涯 10^{-6} などを提案し、裁判が繰り返されるうちに、生涯 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ が定着した。日本では、1993年の水道水質基準値の改訂で実質的には導入されたものの、生涯 10^{-5} から基準値が算定されたことは明示されなかった。最初に明示されたのは1996年の大気環境基準値に関する中央環境審議会である。ここで、 10^{-5} が提示され（ただし、この値は“当面の目標値”である旨が強調されている）、これに基づいて、ベンゼンの大気環境基準値が定められた。

放射線防護分野では年間の値、環境分野では生涯の値が用いられている。環境分野でよく用いられる生涯 10^{-5} は、人生を大雑把に100年とすれば、おおよそ年間 10^{-7} に相当する。こうすると、環境分野の方が厳しく規制されているかのように思われるかもしれないが、性質が全く異なることに注意が必要である。環境分野の生涯 10^{-5} は、あくまで1つの物質の一媒体（例：大気）に関する値である。大気・水・食品といったように媒体が3つあれば、 3×10^{-5} になるし、100個化学物質があれば 10^{-3} になる。総合的にリスクを管理する放射線防護と、一媒体中の個別の化学物質を対象に管理する環境分野では、値の意味は異なる。さらに、環境分野では、PM_{2.5}の基準値は疫学研究で差が観察されたレベルに近い値に設定しているし、未規制のまま野放しとなっているものもある。一概に数字だけを比較して一喜一憂するような類のものではない。

5. おわりに

本稿では、放射線防護と環境分野の安全基準について、その背景を述べた。これらの基準値

は、パブリックコメントを通じた議論などがあるとはいえ、どちらかといえば、パターンリズム（父権主義）的な管理体制の色が強い。しかし、近年では、趣の異なる管理体制の導入が見てとれる。例えば、2011年原子力発電所事故以降、避難指示解除において、実質的には線量目標も含めて、県・市町村・住民間での協議が重視された。2012年に導入された飲食物中放射性物質の新基準値では、ICRP Publication 111¹⁶⁾を念頭に、とりわけ消費者の声が重視された。柏市の「安全・安心の柏産柏消」円卓会議では、独自のルールとして、消費者にとって納得でき、生産者にとって目標となる値として、20 Bq/kg がステーキホルダー間で合意された¹⁷⁾。2011年原発事故より前の事例を挙げれば、1990年代末の組み換え遺伝子作物論争の際に、英国政府の報告書において「この論争は安全性に関するものではない。どのような世界に生きたいかという、はるかに大きな問題に関するものだ」との指摘が見られた¹⁸⁾。これらでは共通して、リスクの大小そのものではなく、安全を追及しているかどうか、“生きたい世界”に向かっているかどうか、という点でもって、安全基準やリスク管理のあり方が決められている。

パターンリズム的な基準や意思決定は、必要であろう。それは、（最低限の）安全を保障するという意味においても、有限な資源・財源において総合的にみて効果的・効率的なリスク管理を可能とするという意味においても、その重要性は明らかである。一方で、社会的注目を集めた事柄に関しては、“生きたい世界”を実現する基準や意思決定——すなわち、各ステークホルダーによる目標や合意が重視され、人々の納得感・満足感・誇りに基づく管理体制や、人々が“正しいと信じる方向へ向かう”社会を後押しする枠組み——の重要性が増している。このどちらのあり方も否定できない。

安全とは、受け入れられないリスクのないことである。時代や社会、文化的習慣によって決まる余地が多分にあり、個々人ひいては社会的

な価値観が反映される。たとえ非合理的理由であっても、人々にとって安全基準が信頼できないものであれば、人々は不安に陥り、それが大きなリスク要因になる。そもそも人々が元気を失った社会は、望ましい社会ではない。いかに安全基準を定めるかは、学際的な科学である。基準値の科学に対する社会的・学術的ニーズは今後もますます増加するであろう。

参考文献

- 1) 村上道夫, 永井孝志, 小野恭子, 岸本充生, 基準値のからくり—安全はこうして数字になった—, 講談社ブルーバックス (2014)
- 2) ニッ川章二, *Isotope News*, No.735, 58–59 (2015)
- 3) ISO/IEC, Guide 51: Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards, 3rd edition (2014)
- 4) 岸本充生, 学鑑, **108**(2), 22–25 (2011)
- 5) 小野恭子, 環境科学会誌, **26**, 440–445 (2013)
- 6) 中西準子, 原発事故と放射線のリスク, 日本評論社 (2014)
- 7) ICRP, ICRP Publication 103, *Ann. ICRP*, **37**(2–4) (2007)
- 8) ICRP, ICRP Publication 1 (1959)
- 9) ICRP, ICRP Publication 27, *Ann. ICRP*, **1**(4) (1977)
- 10) ICRP, ICRP Publication 60, *Ann. ICRP*, **21**(1–3) (1991)
- 11) The Royal Society, Risk assessment: Report of a Royal Society study group (1983)
- 12) ICRP, *Brit. J. Radiol.*, **Supplement 6** (1955)
- 13) ICRP, *Brit. J. Radiol.*, **58**, 910 (1985)
- 14) 中西準子, 環境リスク学—不安の海の羅針盤—, 日本評論社 (2004)
- 15) 中央環境審議会, 今後の有害大気汚染物質対策のあり方について (第二次答申) (1996)
- 16) ICRP, ICRP Publication 111, *Ann. ICRP*, **39**(3) (2009)
- 17) 五十嵐泰正, 「安全・安心の柏産柏消」円卓会議, みんなで決めた「安心」のかたち—ポスト3.11の「地産地消」を探した柏の一年—, 亜紀書房 (2012)
- 18) Select Committee on Science and Technology, Science and technology, Third report, House of Lords (2000)

(福島県立医科大学医学部
健康リスクコミュニケーション学講座)