

Assessment 科学への思い

土岐博（大阪大学物理研究センター）

1. Assessment 科学

私がこの言葉を初めて聞いたのは、長我部さんの「低線量・低線量率の生物効果」のナンバー委員会への趣意書（案）でした。私は妙にこの言葉に共鳴しました。Assessment を辞書で引くと査定や評価と書かれています。そこで、日本語で「社会が要請する課題を定量的に分析する科学」と呼ぶことにしました。regulatory science や trans-science という言葉はこれまでも社会が要請する科学として議論されてきましたが、定量性をとことん突き詰めていくというロジックが欠けていたのではないかと考えています。

その後、いろんな文章を読みました。元日本学術会議会長で法学者の広渡清吾氏は分野を超えて社会が要請する問題を考えていくことの大切さを主張しています[1]。それに加えて、科学者が得た知識は科学者コミュニティが共有し共に責任を持つ必要があることも主張しています。リスク科学で活躍されている岸本充生氏の文章は自然科学者と社会科学者の対話を強く要請しています[2]。異分野の科学者達はお互いの分野での研究を促進することは重要です。それとともに、その成果は常に社会に還元される必要があります。岸本氏は安全と安心は違うコンセプトであり、科学は「安全」には寄与できるが、「安心」は心理状態であり科学では寄与できない分野であると言っています。基準を決める際にはこれらのどちらにも気を配る必要があることを主張しています。

2. 低線量・低線量率の生物への影響

私自身は原子核物理を対象として研究してきましたが、原子核が直接からむ社会的現象として放射線があります。我々人間や生物は放射線の影響を受けます。明らかに強い放射線を受けると生物には放射線障害が発生します。放射線のことがよく理解されてきたので、この放射線の性質を利用して、がんを治療することもできます。このことからわかるように生物は放射線から大きな影響を受けることは明らかです。

それでは、どれくらいの放射線量まで我々生物は問題にならないくらいの量として許容できるのかが大きな問題になります。年間 100mGy 以上の放射線量が今のところは実験も可能であり、危険であるということになっています。それではどれくらいまでの低線量ならば問題にならないのかが質問すべき問題になります。一方で自然界は放射線であふれています。その数字は場所によって少しの変動はありますが、日本では年間で約 2.4mGy です。この線量がある中で我々生物は生活しているので、この放射線量に耐えることができるように人間はできていると考えられ、許容されるべき放射線量だと考えられます。

それでは自然放射線はどれくらい生物に影響を与えているのでしょうか。多くの人は自然放射線が突然変異の主原因であると信じており、それががんの大きな原因になっていると思っているのではないのでしょうか。この疑問に対して、すでに 1927 年にマラーは自然放射線は自然に発生する突然変異の 1000 分の 1 にしか当たらないことを見出しています。最近の WAM グループの理論研究はこの点について、いろんな動物や植物の突然変異の研究から、自然放射線は生物の進化に寄与している突然変異の原因のわずか千分の 1 くらいの影響しか与えていないということを再確認しました。これは非常に重要な結果です。細胞の突然変異ががんの原因になっているとすると、自然放射線量は他の原因に比べてわずか千分の 1 くらいしか寄与していないこととなります[3]。このことは今後低放射線・放射線率の生物影響を考える上で、強く認識しておく必要があります。

3. 社会はどこまでの放射線量を許容すべきか

放射線は非常に強い電離作用を持っており、細胞内のDNAを直接突然変異させる能力を持っています。一方で、生物は自然界に存在する放射線の影響を受けながらも、突然変異に徹底的に対応する能力をも兼ね備えています。その意味では自然放射線量を社会が許容するのは理にかなっていません。ところが、核廃棄物の処理には非常に小さな放射線量になるまで生活空間に放射物質を出してはいけないことになっています。そのことにより、どの国においても核廃棄物を処理できない状況にあります。自らで自らの首を絞めている感があります。

放射物質は半減期を持っています。半減期が短い放射物質は放射率が大きい一方で、短い時間で減少していきます。一方で半減期が長い放射物質は長い時間をかけて少しずつ減少していきます。放射率は非常に小さな物質です。この半減期が非常に長い放射物質が今の核廃棄物処理での大きな問題になっています。

いろんな物質はクリアランスレベルが決められています。その際の制限は生活空間に放射物質を持ち出す際には年間0.01mGy以下に抑えなさいということになっています。つまりは自然放射線量の百分の1の大きさです。この制限が非常に厳しく、100万年くらいの寿命を持っている長寿命核分裂生成物(LLFP)の処理に困っています。クリアランスレベルが自然放射線量なら、他の核廃棄物から化学的処理や物理的処理を行うことでLLFP同位体を含む核種を抽出し低減化処理したのちには、生活空間に出すことができることとなります。

4. 福島原発事故での放射線

残念ながら、福島原発事故ではかなりの放射物質が放出されました。原子力発電所ではいまだに放射線レベルは高く、事故の処理は思い通りには進んではいません。放出された放射線量はその際の風向きや天候の影響で多少の異方性がありますが、原発に近いほど高く、遠くなるに従って低くなっています。原発事故の直後に福島県の土壌調査が行われたことでもあり、放射線分布はよくわかっています。

放射線の生物への影響を研究してきた専門家が集まって、どの放射線レベル以上の人たちは避難する必要があり、それ以下の人たちは、避難する必要がないという線引きがなされました。委員会の結論は年間20mGyをその線引きの数字として採用しました。この数字は自然放射線量の約10倍です。これは緊急時の避難の目安として使うべき数字ですが、チェルノブイリ事故の教訓と科学的な研究実績からの関係者の結論でした[4]。

5. 福島原発事故での放射線と小児の甲状腺がん

福島原発事故後に小児の甲状腺がんのスクリーニングが行われました。事故後すぐから住民の心配からくる要請を受けて約30万人規模の小児の甲状腺がんの検査が行われました。先行調査での甲状腺がんの発生は、自らで異常を感じて病院で発見される甲状腺がんの自然発生の約30倍くらいになっているということで、大きな問題になりました[5]。放射線量との関係を計算してみましたが、放射線との関係は全くなく、スクリーニング自身の感度があまりに良く、非常に小さな甲状腺がんまでもを見つけてしまったと言えます。

一方で、本格調査の甲状腺がんの地域分布と放射線量は強く相関しているという結果が出ました。線量は放射線量が多い地域でも年間40mGyくらいです。ところが、放射線量が大きいたちの住民は福島事故の翌日には他の放射線量の低いところに避難しています。

この事実を考慮すると、一番放射線量の多い地域は放射線の影響による甲状腺がん発生は少ないはずですが、強く相関していること自身ががんと放射線は相関していないのではないかという可能性が出てきます。次にヨウ素(^{131}I)の影響を計算すると、全く甲状腺がんの発生とは相関していません。このことも今回の福島事故で放出された放射線と甲状腺がんの関係は少ないことを示唆しています[6]。

それでは本格調査の甲状腺がんは何が原因なのでしょう。心理学者は福島の住民に対して、世界的に認知されている心理テストを行なっています。このテストは住民がどれだけのストレスを感じているかを定量化します。2011年のテストでは多くの住民が大きなストレスを感じていましたが、年月とともにストレスが減少していることがわかりました。しかし、五年後の心理テストではいまだに多くの住民がストレスを感じていることがわかりました。そこで、福島原発の近くで放射線量の多いところの住民のストレス度を放射線量の関数として分析しています。それによると、ストレス度は放射線量に強く相関することがわかりました[7]。

ストレスがどのように甲状腺がんを引き起こすのかを調べる必要はあるものの重要なことを教えてくれています。事故の際には放射線量はかなり大きくなります。その意味では放射線の大きいところの住民が避難することは大事です。しかし、放射線量がかなり少ないところの住民もストレスを受けてしまいました。それはおそらくは放射線は非常に怖いものだという不安がなせる技だとも言えます。したがって、どれくらいの放射線量を許容すべきかという議論は常に、住民がストレスを感じないようにすることが大事だと教えてくれているようにも思えます[8]。この問題は今後きっちりと評価する必要があります。ストレスを定量化する必要があるとともに、ストレスとがんとの関係を明らかにする必要があります。それとストレスを心理テストの方法だけではなくて、ストレスに敏感な物質を見つけて、それを定量的に測る方法を確立する必要があります。

6. Assessment 科学の目標

自然科学の立場からは自然放射線量は突然変異だけを考慮するならば、許容すべきだという結論が出せると思います。しかし、安心感を得るためには自然放射線と事故などで放出される人口の放射線が同じ生物効果を持っていることを明らかにする必要があります。そのためには自然科学者と社会科学者の対話が重要だと思われれます。

いろんな物質のクリアランスレベルの研究も非常に大事です。もし自然放射線レベルの放射線を許容できるとなれば、核廃棄物の問題は我々の世代で解決できる可能性が出てきます。長寿命核廃棄物の処理についてもきっちりと定量化して、科学者はその成果を共有する必要があると思われれます。

低放射線・低放射線率の生物効果はきっちりと定量的に研究する必要があります。放射線を受けた生物はどれくらいの突然変異を引き起こし、どれくらいの回復力を持っているかを知ることが課題になります。そのためにはがんの機序を理解する必要があります。甲状腺がんの研究はかなり進められており、発生からどのように、またどれくらいの確率で大きながんまで成長するのかが研究されており、多くの研究者でその結果を共有し、議論を進めていく必要があると思われれます。

許容できる放射線量を社会が決める時にはストレスや他の要因との関係も考慮する必要があります。放射線だけを悪者にしてしまうと、思わぬところでストレスが引き起こす免疫力の低下からがんを引き起こす可能性が出てきます。この研究には自然科学者と社会科学者

の共同研究が非常に重要になります。その際にストレスを定量的に測定できる方法を開発することは重要だと思われます。

放射線の効果をこれまでは突然変異だけで評価しています。放射線は思わぬところに影響を与えている可能性があります。いろんな可能性を頭から否定することなく、慎重に議論を進める必要があると思われます。自然科学者と社会学者、さらには社会との対話を積極的に進めていく必要があります。

7. 結論

低放射線・放射線率の生物効果のナンバー委員会が始まりました。その一つの研究活動が **Assesment** 科学です。ここに書かれた問題を共有する必要があります。研究者はきっちりと自らの専門とする分野での研究をやり抜く必要がありますが、同時に自然科学者と社会学者の共同研究（対話）は非常に重要です。さらには若い世代が「社会が要請する課題を定量的にする科学」を推進できるように育てることが大事だし、その環境を作ることも大事だと思います。

文献

- [1] 広渡清吾 日本原子力学会誌 3 (2019) 9
- [2] 岸本充生 日本原子力学会誌 3 (2019) 27
- [3] Masako Bando et al. “Study of mutation from DNA to biological evolution”, *International Journal of Radiation Biology* (2019)
- [4] 佐渡敏彦 「放射線は本当に微量でも危険なのか？」 医療科学社 2012 年
- [5] S. Suzuki “Childhood and Adolescent Thyroid Cancer in Fukushima after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: 5 Years On”, *Clinical Oncology* (2016) 1
- [6] H. Toki et al. private communication (2019)
- [7] T. Tsujiuchi “Mental health impact of the nuclear accident: Social abuse caused by structural violence” *KAGAKU* 86 (2016) 0246
- [8] 佐渡敏彦 「放射線と免疫・ストレス・がん」 医療科学社 2015 年