学会誌編集委員会セッション「LNT 仮説への挑戦」

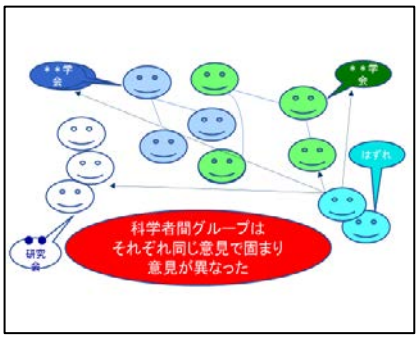
基調講演「低線量放射線影響の歴史的経緯と現状」

Historical background and the present situation of low-dose radiation effects

坂東昌子
知的人材ネットワークあいんしゅたいん　理事長・大阪大学 RCNP,

1. 物理学者の挑戦

マラーのショウジョウバエの実験から始まった放射線生物学は分子生物学の橋渡しでもあった。進化の原動力としての突然変異が人工的な放射線照射によって生じることは物理学者の好奇心を大いに刺激した。シュレーディンガーが執筆した『生命とは何か』（1944 年）ではこの興奮を見事に伝えている。彼らは、DNA も発見よりはるか以前に分子生物学の基礎を築いたのだ。特にその物理化学的過程を追求したのはデルブリュックで、彼は、パウリやボーアらと出会で生物学に興味をもったという。まさに「コペンハーゲン精神」は、生物学をも視野に入れていたのだ。特に放射線に誘起された突然変異現象は、その数量的評価の明快さもあり物理屋にとって魅力的な課題だったことは想像に難くない。なかでも、放射線生物学の理論的支柱となった Lea の標的モデルは、何よりもミクロな物理法則を基礎にしてマクロな現象と連携した画期的な業績で、実に見事というしかない。ミクロな現象が具体的に科学の対象となったのは、それまで抽象的な概念だった遺伝子を染色体という実体として捉えたモルガンの功績と、それに引き続いたマラーの実験結果である。それは、進化の機動力としての突然変異が、放射線によって人工的に誘起されることを示したショウジョウバエの実験だ。DNA 発見以前に、見事に分子生物学の基礎を築いた。



物理屋は、数量的評価を基礎に統一的な理解を志す。果たして、その理解がどこまで到達したか、現実の放射線防護という社会的要請にどう貢献したか、その中で LNT はどう位置づけられたのだろうか。

2. 福島原発事故と放射線リスク

福島原発事故を契機に低線量放射線の生体影響に対する科学的知見の混乱が種々の媒体を介して表出し、国民の不安と科学者に対する不信が今もなお復興再生の大きな足枷となっている。その原因は、省庁・行政・研究機関ごとに異なった放射線に関連する情報が発信され、市民は何が正しいのか分からなくなったこと、各自治体・行政も、知識と認識レベルの偏りがあったことにもよるが。基本的には、放射線の効果について科学者の評価が専門分野ご異なったこと、分野を横断する合意形成が困難であった（図1）。そして、科学者の発信する両極端の情報が、紙媒体・TV 等の放送媒体に加えて、第 3 の媒体であるソーシャルメディアを通じて錯綜し、混乱を引き起こした。市民はこうした膨大な情報の中から、「何が本当なのか」「誰を信じたらいいのか」困惑した。福島県在住市民の行政に対する信頼を失墜させた。初期のヨウ素対策を含めた食品管理の指導など、行政の適切な対応もないわけではなかったが、それらはほとんどかき消されて、行政も科学コミュニティへの不信感が残った。関心の高い市民といえども、両極端に二分化された認識・価値空間の中で困惑するのは当然である。この状況下で、図 2 が示すように、両極端の情報だけが目立ち、ほとんどの科学者は沈黙した。果たして、肝心の科学者の合意形

図１科学者グループで閉じた

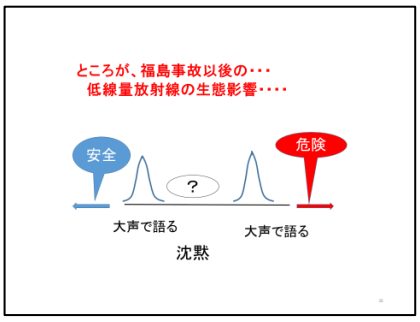


図２　3･11 後の科学者の意見

成が何故できなかったのか、何が足りなかったのだろうかを、放射線生物学と放射線防護の歴史を振り返りながら考察する。

3　LNT; マラーとラッセル：その経緯と疑問

突然変異が人工的に誘起されることを示したマラーのショウジョウバエの実験は、多くの生物学者の興味を引き付け、爆発的な勢いでショウジョウバエの実験が蓄積された。そして、突然変異が総線量にのみ依存することが確かめられ LNT 仮説の基礎となった。これに対して、ラッセルは、よりヒトに近い動物実験が必要なこと、低線量率のデータの必要性を痛感した。しかし突然変異が 10 万匹に 1 匹程度の発生率のデータを蓄積するには、100 万匹の桁のマウスが必要であるとして、メガマウスプロジェクトをオークリッジで立ち上げた。彼らはハエの劣性致死率が 1000 分の 1 程度なのに対して、マウス 1 遺伝子座あたりの 10 万分の 1 程度で、桁がこれだけ違うことをすでに意識していたのである(**謎１：このオーダーの違いが現在のプロの議論の上らない？**)。30 年余りをかけて行われたラッセルの実験結果は線量率効果がある事、照射後から交配までの期間が長いほど変異が少ないこと、の 2 つに集約され、できた変異細胞が減少する効果の存在を示唆していた。ところが、この画期的な 700 万匹にも及ぶメガマウス実験を知らない生物屋さんが意外に多い（**謎２：どうしてラッセルの実験は知名度が低いか？**）。しかも、マラーとラッセルのデータの比較検討が少なく、ラッセル自身もその後の防護関連委員会でそれほど強調していない(**謎３：なぜか？**)。どうも、ラッセル自身も LNT の呪縛から逃れられなかったのではないか(**謎４**)。さらに、実験データで、コントロールの値は、自然放射線からの寄与のおよそ 1000～10000 倍も大きいことをマラー自身も気にしており、ラッセルも確かめている(**謎５：この量をなぜ気にしないか？**)。そして常に LNT 論争といえば、「閾値があるかどうか」の点に集中されていた (**謎 6：なぜか**)。LNT ドグマとはいったい何者なのだろう(**謎７**)。

4　データは語る！・・回り道のはてに

物理学者は定量性を通じて統一的な理解に達しないと満足しない。自然現象を語る共通の言葉は数学なのだ。疑問の数々をどのようにして解明するかは、数量的な理解なしには進まない。我々が提唱した WAM 模型は、ハエ・マウスの線量率効果を再現できただけでなく、キク・ムラサキツユクサ・トウモロコシなどのデータも一挙に再現した。そこでは「スケーリング」が重要になるのだが、この面白さをわかっていただける生物屋は少なかった、むしろ技術者はこの概念を多用しているのですぐ共有できたのではなかろうか。

5　科学の鏡を曇らせる汚染源・・LNT ドグマからの解放

これまでの放射線科学の発展の経緯を見ると、放射線の生体影響の知見は、放射線防護という社会的政治的要請と、初期の偉大な科学者たちの遺産を引きずって、それを超える認識への発展を妨げてきたように見受けられる。物理屋が、この世界に入って感じたのは、学会が細かく分かれておりそのグループ毎に意見が固まっている。そして新しい考え方はなかなか受け入れられないことだ。いったい、グループ者による認識の違いは何に起因するか。どうもそれを突き詰めていくと、３でも述べた疑問のほとんどは、汚染源を検討することで明らかになるという気がする。その考察をご披露して、一緒に考えていけたらすれしい。

5　科学としての放射線生物学：夢へ向かって

自然突然変異は進化の原動力といわれるが、分子生物学のレベルでの知見と進化とを結び付けた木村資生をはじめとするパイオニアの仕事をさらに実証してくれるのが放射線生物学である。それは生命とは何かを解明するというシュレディンガーの夢に繋がる。そしてさらに、放射線の影響の本質が理解されてこそ、宇宙への人類の夢にも繋がっていく。人類はその活動範囲をローカルから地球規模の問題まで広げてきた

が、これからさらに、さらに広大な宇宙へと広がっていくだろう。こういう夢を語ったのもまた、物理学者のダイソンである。ダイソン文明への道は、人類の未来へのまなざしを夢のあるものにしてくれる。JAXAで、科研費「宇宙に生きる・・低線量長期被ばく放射線影響研究」プロジェクトを立ち上げると聞いている。未来へ向かって、生命の本質に迫り、宇宙へのその活躍の翼を広げていけるなら、研究も楽しからずや、である。