

エネルギー問題に発言する会第131回座談会報告

日 時 平成25年3月21日(火) 16時10分～18時05分
場 所 原子力安全推進協会B&C会議室
講 師 矢吹貞人氏(群馬大学名誉教授)(専門:分子生物物理学)
(現在:カトリックさいたま教区事務局長・終身助祭)
司 会 荒井利治

講演「いのちへのまなざしー放射線の遺伝子への影響について」

(概要) 突然の原発事故に遭遇した私たちは、これまでまるで放射能に晒されたことがないかのように狼狽へ、これからの日本でどう生きて行けばいいのか不安に包まれています。私たちは、“放射線のゆりかご”と言ってもいい地球で誕生し、進化してきた生き物で、放射能に対しては驚くほどの“備え”を持っていることを知るなら、眺めは一新されます。エネルギー問題を考える出発点にさせていただきたくことを願って。

講演者の略歴: カトリックさいたま教区・終身助祭、教区事務局長、
群馬大学名誉教授(教養部・工学部) 専門分野: 分子生物物理学

* はじめに

さいたま教区(北関東4県担当)は約2万人の日本人信徒に加え、世界各国から日本に出稼ぎに来ている、主に日系の外国人が日本人の5～6倍程度はいる、国際色豊かな教区です。津波の被害も受け、原子力関係の仕事に従事されている方も多くいる茨城県が含まれている上、福島県にも接しているため、放射能汚染の影響の心配もあり、複雑な気持ちです。

私たちさいたま教区では、隣接する福島県の被災者への支援を行うために、いわき市の中央台に拠点を置き、ボランティアを派遣して活動しています。

大学でははじめ電子工学を修めた関係から、原子力発電の分野に友人も多く、いろいろ話を伺える立場にあり、感謝しています。その後方向転換して、遺伝子についての分子生物物理学を修めることになりましたが、カトリック教会の一員として、原発事故被災者への救援活動を行うことになり、思いがけなくもかつて学んだことが役立つことになりました。そのきっかけは、原発事故発生直後、私が担当している教会のフィリピン人の方たちに放射能の人体への影響についてすごく心配しているのを知ったからでした。どう考えたらいいか説明すると、すごく安心してくださったので、心配しているのは日本人も同じと思い、早速その話を日本語にまとめたところ、「福音宣教」というカトリックの雑誌が掲載してくださり、多くの方が読んでくださいました。そのコピーを皆様のためにお持ちしましたので、お帰りになられてからお読みいただければ幸いです。⇒添付参照

* 仮設の方々の墓参りに同行して

被災後1年半経った2012年9月4日、いわき市内の仮設住宅で避難生活されている大熊町の方から現地を見ませんかと招きを受けましたので連れて行っていただきました。その時の写真をまず見ていただこうと思います。その人達は墓参りに行くのが目的でした。鉄道

路線が流されてしまった富岡町の駅の付近。かつて人が住んでいたことが判らないほど草ぼうぼうとなっている町並み。(スライド p 2)

岩手県や宮城県では見られない、がれきなどの片づけが全くされていない津波の爪痕。(スライド p 3)

町全体があまり壊れていないにもかかわらず、ときにある倒壊家屋が放置されたままで、何とも言えない無人の町と化した双葉町。(スライド p 4) 唯一見かけた動物は猫でした。

計測モニターが据え付けてあり、見ると $5.933 \mu\text{Sv}$ /毎時を指していました。(スライド p 5)

確かに高いですね。いわき市は $0.120 \mu\text{Sv}$ /毎時、ここ港区は $0.040 \mu\text{Sv}$ /毎時、さいたま市もおなじ程度です。ここは(富岡町だったと思います)は 100 倍以上になっている。一緒に行った人たちは不安そうでした。町に入るチェックポイントでは簡単な防護服やマスク、線量計等を配ってくれましたが、放射性物質が含まれているかもしれない泥が車に残らないようにするために靴を覆うビニール袋しか使う人はいませんでした。

* 地球 46 億年の歴史と放射線にさらされ続けた地球

次に、美しい地球の写真を 2 枚見ていただきたいと思います。今日、私は、放射線が遺伝子に及ぼす影響について、ミクロの世界のお話をいたします。それを私たちが生きている壮大な空間と時間の中で考えていただきたいと思うからです。1 枚目は私が大学 1 年生の時に見た、月の地平線上に地球が沈んでいく有名な写真です。(スライド p 6)

アポロ 8 号 (1968. 12) に乗ったジェームス・ラベル飛行士は「私が知っているすべてのもの—私の人生、私が愛したもの、海—それらの世界が、いま、私の親指の後に隠れてしまうと思った」と伝えられています。2 枚目の写真は「ザ・ブルー・マーブル」(青い大理石)と呼ばれるようになった、アポロ 17 号 (1972. 12) のユージン・サーナン飛行士が撮った地球の写真です。(スライド p 7)

この美しい地球を見た彼は、思わず、「我々は月を探査に行ったが、実際には地球を発見することになった」と述べています。この美しい地球上に私たちは暮らしており、そして、今、放射能の恐怖に怯えているのです。原始の生命はこの地球の上で誕生し、今の私たちへと繋がっているのです。放射線といのちの関係について考える時も、生命が誕生し、進化を続けてきた、この壮大なスケールの舞台のことを想って考えるといいと思っています。

続いて、面白いカレンダーをご紹介します。(スライド p 8)

今日のお話を聞いていただく上で、もう一つ大切なのは生命がその誕生以来過ごしてきた、とてつもなく長い時間のことを想像していただくことだからです。余りに長すぎて、実感することが容易ではない地球の歴史全体を視覚化するために、46 億年前に地球が誕生してから現在に至るまでの歴史を 1 年に縮めて描いた面白いカレンダー、「地球カレンダー」というカレンダーです。最古の生物体であるラン藻が誕生したのが 38 億年前と考えられていますが、「地球カレンダー」では 3 月 21 日ごろに当たります。現在の人類の祖先が誕生したのは大晦日の午後 2 時 30 分。これから紅白歌合戦が始まろうとする頃には人間が知恵を発達

させて暴れ回っている。近代的な技術文明の始まりとなった産業革命に至っては大晦日の11時59分58秒。こうして、「地球カレンダー」を見ることによって、私たちは生命が育まれてきた時間の長さや科学技術文明を謳歌している時間の短さに気づかされます。

次の手書きのスケッチ(スライドp9)は、生命は育まれてきた地球の環境は実は“放射線のゆりかご”と呼べるのだということを念頭に置いて話を聴いていただきたいためです。

46億年前の誕生から間もない太古の地球はまだ放射性元素がいっぱいだったでしょう。しかし、いろんな放射性元素はそれぞれの半減期に従って次第に崩壊し、安定な元素に変わり、現在では、放射能をそれほど放出しない、穏やかな地球になったのだと考えられます。生命は誕生のときからずっと地球上で放射線にさらされ続け、それを潜り抜けることができているわけですから。どんな生命体が生き残っているか調べてみると、驚いたことに、遺伝子の本体としてDNAと呼ばれる化学構造体を持ったものだけが地球上に生き残っているのです。余談になりますが、私は昨年作家の曾野綾子さんとある雑誌上で連続対談をさせていただいているのですが、今日皆様にお話しするような内容を曾野さんにお話ししたところ、すごく興味を持たれ、その挙句に福島を舞台にした小説をぜひ書きたいとお考えになり、雑誌「小説新潮」の1月号に発表されたのですが、その小説の題名は「放射線のゆりかご」となっています。

* 分子生物物理学に興味を持ったきっかけは

私が生物物理学に転向しようと思ったきっかけは次にお見せする1枚の美しい分子模型を見たからでした。(スライドp10)

それは放射線の人体への影響を考える時にも鍵となる生体高分子、遺伝子の化学的構造である「DNA」の2重らせん構造の模型です。それは、若い二人の科学者、ワトソンとクリックにより発見されたもので、20世紀最大の生物学上の発見と言われているものです。その発見の陰にはそれは興味深い裏話があるのですが(ワトソン:2重らせん物語)、当時は、その発見(1953年)からたった10年しかたっていませんでした。その構造は見られるとおり、2本の鎖状高分子が縄のようにらせん状によじれ、かつ、互いに結びついた、単純で美しい構造をしています。1本の鎖状高分子の骨格(主鎖と呼ばれます)はリン酸と糖が交互につながってできています。その糖から塩基と呼ばれる構造体が繋ぎに手のようについて横に出ていて(側鎖と呼ばれます)、それが相手の鎖の側鎖と結合して、2本鎖の構造をしっかりと支えています。この単純で美しい2重らせん構造を持つ巨大な絡み合った縄のような分子が私たち人間だけでなく、地球上にある全ての生命体の遺伝情報を担っているのだと知ったとき、私はDNAの研究をしてみたいと強く惹かれたのでした。

* 生物はその遺伝の情報が簡単には変わらない仕組みを獲得しています

次の図(スライドp11)遺伝情報が保護されている基になっている“塩基対の相補性”を示すものです。

ご存知かもしれませんが、遺伝の文章は、側鎖になっている4種の塩基、すなわち、G(グアニン)、C(シトシン)、A(アデニン)、T(チミン)が文字の役目をしていて、その1

次元的な配列によって綴られています。そして、GはCとだけ、AはTとしか対を作れないため（それを、塩基対の相補性と言います）、遺伝情報を担っていない、もう一方の鎖（相補鎖と呼ばれます）の上の塩基配列は“塩基対の相補性”によって自ずと決まってしまうわけで、言わば、裏返しの塩基配列を持っていることになります。

この相補性のゆえに、2本鎖からなるDNA上の遺伝情報は簡単には変わらないようになっているのです。それは、次のスライド(スライドp 12) 覧いただくと一目瞭然でお分かりになると思います。

この図では、2カ所で塩基がなくなっています。塩基の相補性を思い出せば、上にはG、下にはTがあったことが分かりますね。細胞の中では、いくつかの酵素から成る傷を発見し、それを修復するチームがいるのですが、塩基が失われたところを見つけ出すと、“相補性”に合致する正しい塩基をすぐにそこに嵌め込んでもと通りのDNA分子に戻すのです。つまり、遺伝の情報はもと通りになったことになるのです。

因みに、遺伝子が1本鎖のDNAだったとしたら、どうなるでしょうか。失われた遺伝の情報は修復するときの手掛かりにすべき相補鎖がないわけですから、もと通りに修復できる保証はなく、どんどん変化するだろうことが容易に想像されます。例えばインフルエンザ・ウイルスでは遺伝情報は1本鎖のDNAに刻まれています。どこかの塩基が失われたとき、2本鎖ではないため、何が失われたのかを知るすべがありません。その結果、遺伝情報は速いスピードで変化することになります。流行するウイルスの型が毎年変わり、また新型のウイルスに対応した新しいワクチンの製造に追われることになることはよくご存知かと思います。私たちのもつ遺伝子の本体が2本鎖のDNAであるおかげで、私たちの遺伝情報はなかなか変わらないように、つまり、子孫にしっかりと伝えられるように出来ているわけです。

* DNA分子は普通は裸ではなく、タンパク質の厚い着物で守られています

DNAの分子は細胞の中にいる時、普通の時（細胞分裂のときを除き）たんぱく質の厚い衣に包まれています。美しい人が十二単衣を何重にも重ね着しているようなイメージです。それを表したのが次のスライド(スライドp 13)です。

酸性でマイナスの電荷を持つDNAはプラスの電荷を帯びたタンパク分子と結合して中性になり、何十にも折りたたまれて、染色体と呼ばれる構造体の奥深くに保護された構造になっています。染色体からDNAをすべて抽出して、仮に縦に一列に並べるとすれば、実寸で約1メートルくらいになります。これが約1ミクロンの大きさの細胞の中に、染色体と言う構造体の中にしまわれて、納まっているのですから、すごいことだと思われませんか。こうして、放射線がやってきても、容易にはDNAまでは辿り着けない構造になっているのです。

* 幼い子供の方が放射線の影響を受けやすいと考えられるわけ

大人の細胞も細胞分裂を繰り返して、古い細胞から新しい細胞へと入れ替わって行っていますが、当然のことながら、細胞分裂は子どもの方がはるかに盛んに起こっています。分裂が進行している場合のDNAのコピーが作られる様子を図式化したものが次のスライド

(スライド p 14)に示してあります。

ちょうど、ジッパーのように2重らせんを解きながら、素早く新しい相補鎖を合成して、全く同じ遺伝情報を持つ二つのDNAが合成されてゆく様子を概念的に示しています。先ほどお話ししましたように、短い時間とは言え、1本鎖でいる時間に放射線で傷がつくとそこはこれまでとは違う塩基に置き換わってしまう可能性があります。つまり、細胞分裂のときは遺伝子に“変異”が導入されるチャンスが増えることになります。また、“塩基の相補性”の規則に従って相補鎖の合成が行われるとは言っても、その作業は“神”が行うのではなく、“酵素分子のチーム”が行うために、非常に低い確率(10の9乗回に1回くらい)ながら、コピーの間違いを起こすことが知られています。驚くのは、そのようなコピーの間違いをを見つけ、もと通りに直す酵素チームが存在して、常時パトロールし、異常が見つければ直ちに修復し、いつも遺伝情報が子の細胞に間違いなく伝えられていくように働いていることです。そのチームが、放射線でできた傷を見つけ直してくれるのです。つまり、原発事故が起って、放射線がまきちらされたから、細胞は慌てふためき、急ごしらえで、放射線でできた傷を治すチームが作られるのではなく、すでに、備わっている修復チームがこともなげに、“分け隔てなく”、働いてくれるわけです。言い換えると、細胞にとっては、放射線によってできる傷も、“想定内”というわけです。

そのように細胞に“備え”があるとしても、わずかであっても、傷が修復されないで残ってしまうという可能性はあるでしょう。それが、がんのもとになるのではと、どこまでも恐れを抱かれる方があるかもしれません。発がんのメカニズムはいろいろと研究が進んでいて次第に明らかになってきていると思いますが、放射線が当たったら、傷がつき、するとすぐにがんになるのだという風には考える必要はないと思います。

* あの原子炉建屋さえあんなになった。まして、生物なんて、放射線にはもっと無防備では、と思われているかもしれませんが

福島第一原発での事故に際、あの強固に造られた原子炉建屋が水素爆発でぐにやぐにやになってしまったあの映像を見せられた私たちは、ましてや人間のような柔らかい生物など放射線に対してはどんなにか弱い存在であろうと想像したとしてもそれは仕方がなかったと思います。しかし、それはちょっと考えが浅いことは、生物と無生物の比較をしてみればすぐに気づくことができます。

生物はあんなにも弱々しく、壊れやすく見えるのに、実は無生物が遠く及ばないすばらしい能力を持ち合わせていることが分かります。生物の最大の特徴は設計図(遺伝子)を内蔵していること。それに基づいて、いろんな組織からなる複雑な構造を構築し、必要な物質を外界から取り込みながら生命活動を営み、少々の傷なら自分で治し、外敵の攻撃に対する防御の機構を有し(免疫力)、部品が古くなれば新しいものと入れ替え、子孫を作って、それに設計書も伝え、自然環境の中で進化を遂げます。無生物の代表にテレビ、パソコン、はては宇宙船などを思い浮かべながら、生物と比べてみるなら、生物と無生物の大きな違いを知らされるとともに、46億年の長きにわたって、“放射線のゆりかご”の中で進化し、生き残ってきた生き物の秘められた力に驚嘆しないではいられないと思います。

生物と無生物のこのような比較(スライド p 15)をちょっとしてみるだけで、あの無残に壊れた原子炉建屋から想像する“生物はそれとは比べ物にならないくらい放射線に対しても弱く、備えのないものに違いない”との思い込みから解き放たれる絶好のチャンスになるのではと思い、ご覧いただきました。

* まるで、原発事故がある以前は、自然界には放射線など存在しなかったかのように次のスライド(スライド p 16)は年間の自然放射線量の大きさの日本国内での場所による違いを示す図です。

いろいろな鉱物資源が国内で一様に分布していないのと同様に、一様ではなく、大ざっぱに言えば、西日本が高くなっていることが分かります。花崗岩の分布と関係があり、花崗岩質の所で高くなっていると言われていました。そのことは一般には知られていませんでしたから、原発事故の場所から遠いほど安全だろうと考えて、東京の大使館を関西に移した国もありましたし、瀬戸内海の実家にお子さんを連れて避難した友人の奥さんもありました。この図を見れば、わざわざ放射線量の高い土地へ移ったことになります。

次のスライド(スライド p 17)は世界での場所による違いを示しています。

世界で一番年間自然放射線量が高いところはブラジルにあるのですが、福島事故が起こったときブラジル政府が自国民を引き取るため飛行機を出し、多くの人がそれで帰られました。今更、公開しても、ブラジル政府は日本へ連れ戻してはくれないでしょう。そんなわけで、さいたま教区のブラジル人信者が大幅に少なくなっています。

次に、いろいろな放射線源とその強さのスライド(スライド p 18, 19)をお見せします。

私たちが何気なく受けている医療機器からの被曝が現在私たちが大気中で受けている自然放射線量よりはるかに大きいことが知れます。そして、それよりは低いレベルですが、飛行機に乗って長い旅をする場合も高度が高いため、宇宙線の増加の影響を受けるため、被曝線量が上がることを知っておいて下さい。ちなみに東京ーニューヨーク間は片道およそ 190 μ Sv です。変な言い方になりますが、国際線のパイロットや乗務員さんたちはこのような放射線量にさらされていらっしゃるというわけです。それで、がんになると騒ぎ立てたとの話は聞きません。

* 米ソが大気圏内の核実験を繰り返していた時代に青春時代を過ごした世代として福島原発事故が報じられた直後に昔の先生が送って下さった 1 枚の図(スライド p 20)をお見せします。

それは、日本における降下物中のセシウム 137 降下量の経年変化を示しています。1960年代と 1970年代と比して、事故前の最近の大気圏中の放射線量は少なく見ても何千分の 1 以下になっていることが分かります。どうしてそんなに降下量が高かったかと言えば、米ソが核実験を繰り返し、中国が新たに核実験を始めた時期で、セシウム 137 が大手を振って地球全体を巡っていた時期だったのです。そのことは当時誰も知らされず、放射線の危険についても注意は促されませんでしたし、当時の私たちは東京オリンピックで浮かれ、そのことは知らないまま暮らしました。その私たちの世代に特になんかがん発生率が高いかと問

うなら、そのような事実は認められていないとのこと。

このようなデータを目にし、少し落ち着いて考えたとき、福島原発から日がたった今日になっても、なお、ホットスポットを気にして過ごしたり、多くの犠牲を払ってまでも放射線量の少しでも低い土地を求めて移住したりすることにどれほどの実際的な意味があるかと思えてくると思います。そのように思えて、冷静さを取り戻して、生活の再建に迎える人が増えてくださればと願っているのですが。

* 原発事故後の大気中の放射線量の推移をみると

はじめに申し上げたように、私たちの教区では現在いわき市で支援活動に従事しています。それは、故郷の町にできるだけ近いところに住んで、帰還の日を待ちたいと、沢山の仮設住宅がいわき市に建てられているからです。ですので、いわき市の現在の放射能レベルで遺伝子に傷のつく可能性はざっとどれくらいと思えばよいかを調べてみたいと思います。次のスライド(スライド p 21)にありますように、いわき市の放射線量は事故後二度ピークがありました。

最近、2013年3月20日午後の中央台付近の測定値は $0.120 \mu\text{Sv/h}$ でした。年間1ミリシーベルトとは細胞一つの中のDNAにどこか1カ所傷がつく強さということなのですが、大ざっぱには、戸外に8時間いるとしたとして計算しますので、現在のいわき市の場合では年間 $350 \mu\text{Sv} = 0.350$ ミリシーベルトの外部被ばく量となります ($0.120 \mu\text{Sv/h} \times 8 \times 365$ 日)。

《注：自然放射線以外の人工放射線量を計算する国の計算式は次の通りです。
($0.120 - 0.04$) $\times 8 + (0.120 - 0.04) \times 16 \times 0.4 = 420 \mu\text{Sv} = 0.42\text{mSv}$ 》 これは2.8年かけて初めて、細胞1個当たり、DNAのどこか1カ所に傷がつく勘定になります。大田区の場合 $0.050 \mu\text{Sv/h}$ と見た場合、6.7年に1カ所と計算できます。

国が避難基準を決めるとき、疫学的に知られている事実、100ミリシーベルト以上ではがんの発生率に有意な増加が認められるが、それ以下はデータがないので、それ以下のレベルについては危険とも、危険はないとも言えない、ということから、基準値をいくらにすればよいのかと言う点について様々な議論が交わされ、専門家でない私たちは大いに悩まされることになりました。東大の先生がおっしゃるから信じる、それより有名でない大学の先生がおっしゃることは疑うなどと言う滑稽な映像も見ました。今日お話ししているのは、そういう、誰が話しておられるから信じるという考え方ではない、別のやり方についてお話ししているつもりです。それは、たとえば言うなら、スーパーで買い物をした際、その買い物のレジが間違っているか否かは東大の先生にお願いにならなくても、お母さん方は自分たちで確かめることがおできになりますね。小学生の時学んだ算数の力でできるわけです。今自分を取り巻いている放射線の環境が自分のいのちにどのように危険かどうかを考えることの一つの核心的な、しかし、優しいお話をご紹介しているつもりです。それは、世界中の分子生物学を学んでいる学生の教科書には必ず書かれている事柄、真理と認められている事実を用いて考える方法をお話ししているのです。「放射線について考えるときの”算数”をお教えしてるのですよ」と申し上げると、お母さん方はにっこりとしてくださるのです。

* 遺伝子上の放射線の攻撃目標の目安は？

遺伝子のうえにどれだけの放射線の攻撃目標があるのかはざっと計算できます。先にお話しした通り、一つの細胞の中のDNA分子は合わせると1mぐらい。塩基対の間隔は3.4Åで、それが1文字が占めている長さになりますので、割り算をすると30億階段、すなわち遺伝子の文字の総数は約30億となります。2本鎖のもう一つの相補鎖状の塩基も標的になりえますので、そこまで含めれば標的になる場所の数は60億個になります。1mSvとは1個の細胞の中の60億個あるDNAの標的のどこか一つに当たって傷つけるという強さです。分かりやすいたとえ話にしますと、60億人の人口からただ一人宇宙から降ってくる降下物に当たると聞いて、思い悩み心配して生活するか、当たらないと思えば生活するか？普通なら当たらないと思えますネ。これは、細胞分裂するときなどにとときどき起こる遺伝子のコピーミスを見つけて修復作業を行っている”修復チーム”にとっては取るに足らない作業で朝飯前のお茶漬けさらさらと言えるようなことだと言えるわけです。

面白いのは、いつでも修復が完璧に行われるとしたら、人類は進化しないのではと思ったりもします。また、ヒトのDNAの中にある遺伝情報は実はタンパク質を作る情報がほとんどですが、その一つ一つを遺伝子と呼び、その総体をゲノムと呼んでいます。ヒトの遺伝子は全部で約2万個ほど有り、それに基づいて、2万種類のタンパク質を作り出すことができます。必要な時に必要なたんぱく質を必要なだけ作って生きているのですが、そのコントロールに関係している遺伝子が傷ついてしまい、増殖が止まらないということが起これば細胞ががん化したということになります。よほど運が悪くなければそんなことにはならないだろうと思えばいいのですが、心配性の人はそうは思えないのかもしれないですね。がん化した細胞が正常な細胞を押しよせ自己主張をし続け、ついには病気と言えるガンにまで達するには長い年月をかけるので、今日ここに在る皆様方が福島事故による放射能の影響でがんとなって亡くなられるということはありませんが、私自身は若いお母さん方に対しても言えるだろうと思っていますが。

* セシウムとヨウ素について知っておくと役に立つこと

ここで、昔懐かしい元素の周期律表をお見せいたします。(スライドp25)

ヨウ素は甲状腺に特異的に吸着し、ずっとそこに留まるため、それによる内部被曝が心配されたものですが、飛散した放射性ヨウ素131は半減期がたったの8日間ですので、今は心配の対象でなくなっています。今残っているのはセシウム(Cs137と134)だけです。セシウムはアルカリ金属の仲間NaやKと同様の働きをいたします。NaやKは特異的な吸着は行わず、細胞液中にあって重要な働きをしています。ですから、Csが入っていったとしても、体の中でNaやKと同じように働き、2,3か月もすると役割を終え、尿に含まれて体外へ排泄されますので、ヨウ素のような長居の怖さはありません。

* 半減期についても単純な誤解がよくされています

ご存じの通り、セシウム137の半減期は約30年です。半減期と放射能との関係をイメージするのによい方法があります。大きな水槽を想像なさってください。その中に入っている

水は放射性物質となります。放射性物質は原子核が崩壊するときに放射線を出すわけですが、どれぐらいの時間をかけて崩壊してゆくのかを示す指標が半減期です。それが長いか短いかをイメージするには水槽の底に水が出ていくための蛇口がついているのを想像なさってください。その蛇口が太いと水はあっという間に放出されてしまうでしょうから、これが半減期が短い場合に対応します。もし、蛇口がとても細ければ、水はゆっくり時間をかけて出ていくわけで、半減期が長い場合に対応します。最近、双葉町の前の町長さんが取材の記者の質問に、「政府は5年と言っていますが、双葉町へは30年帰りません！なぜなら、セシウム137の半減期は30年だそうですから」と答えておられましたが、これなど、半減期のことを全く理解されていない典型的な例だと思いました。因みに、私たちが常日頃、ホウレンソウなどの野菜を食べる時に取り込んでいるカリウムの中に沢山の放射性カリウム40というのが含まれています。その半減期たるや12億5千万年だそうで、もし体重60キログラムの人なら、常時、約4000ベクレルのカリウム40を体内に持っているという推定されています。

こんな長い半減期の放射性物質が自分の体内に大量にあると知ったら、半減期を誤解している人はどうなさるでしょうか。正しく理解している方なら、自分の生涯においては、カリウム40は間違っても崩壊することはない、つまり、放射線を発することはないだろうから安心！と思われるでしょう。こんな簡単なことでも正しく理解していれば、間違った恐れは抱かなくて済むというわけです。

* 最後に、広島・長崎・チェルノブイリからの学びについてお話しいたします

東大病院の放射線医・中川恵一さんがその著書「放射線医が語る - 被ばくと発がんの真実」(ベスト新書)に紹介しておられた話です。事実に基づいて書かれた、色んなことを客観的に学べる良い本ですので、実際にお読みになることをお勧めします。

まず、面白いと思ったのは、あの被爆都市・広島女性の平均寿命は政令都市の中では最も長い、入市被爆者の平均寿命を調べると日本の平均より長いということでした。つまり、世界一平均寿命が長いということです。その秘密は、入市被爆者には被爆者健康手帳が交付された、生涯にわたって無料で医療が受けられた結果、様々な病気の早期発見の恵みを受けることにもなり、日本一の平均寿命が実現したと考えられているのだそうです。広島や長崎の人々は「放射線の怖さ」など知る由もなく、人々は親族を探し求めて、すぐに町に入り、そこに居続け、避難をしませんでした。おかしい言い方になるかもしれませんが、「放射線の怖さ」を知らないで、避難しなかった結果、日本一の平均寿命が実現したということです。福島県民の方々についても生涯にわたる無料の健康チェックが続けられることが望まれます。

もう一つは、チェルノブイリの原発事故後25年の2011年に発表されたロシア政府報告書から得られる教訓の話でした。報告書の最終章には、こう書かれているのだそうです。

『事故に続く25年の状況分析によって、放射能と言う要因と比較した場合、精神的ストレス、慣れ親しんだ生活様式の破壊、経済活動の制限、事故に関連した物質的損失と言ったチェルノブイリ事故による他の影響の方が、遥かに大きな損害を人々にもたらしたことが明らかになった。

チェルノブイリ原発事故の主な教訓の一つは、社会的・精神的要因が十分評価されてい

いことであると、今こそ明確に主張することができる。どんな規模であれ、地域が放射能に汚染された場合、こうした要因の影響が最も重要なものであることが、人々の生活によって明らかになった』

これは、一口で言えば、「過剰避難は避けなければならない」との教訓と言えましょう。今私たちがいろんなメディアを通じて知らされている深刻な事態は「過剰避難によって引き起こされているのでは」と私には思えます。福島県いわき市で避難生活をされている方々と接する機会の多い者としては、この「チェルノブイリの教訓」についてお伝えしたいといつも思っているのですが、一度マスコミなどを通じて人々に刷り込まれてしまった「過度の怖れ」を「正しい怖れ」まで和らげることの難しさを日々感じながら活動しております。何しろ、福島原発の最大の恩恵を受けていた関東、1ワットもその電力を使っていないで、すべてを関東の私たちの生活のために送って下さっていた福島お方々が希望の光もほとんど見えない中で苦しんでいらっしゃるのに、マスコミにとっては、原発事故はすでに遠い過去の出来事、もう関心の外にあるように見えます。「過度の怖れ」を人々に抱かせるお先棒を担いだかもしれない、その間違いを全力で正す務めがあるとは思われないのでしょうか。そして、大都会の人々の生活を眺めるとき、福島産の物だけは注意して避けるようにして、事故前と変わらぬ豊かな電力消費の生活をされているように見えるのは、視力障害を起しているのでしょうか。

以上のように、“放射線のゆりかご”の中で生まれ、育ってきた私たちのいのちには、そここの放射能にはびくともしない力が備わっていることを知っていただけたことと思います。私たちのいのちにとって、放射線よりも怖いものがいくらかでも身近にあることに触れておきましょう。それは、生物がこれまで「馴染んでこなかった」もの、それは生命にとっては「怖れ」なのです。私たちの生活の中に溢れている「人工的な化学物質」が典型的な例です。実際、それらは、遺伝子にとっての大きな脅威なのです。私たちはそれでがんが起こり、あるいは奇形児などが誕生したのを知って、初めて気づきます。原発事故でもっとひどいことが起これば別ですが、自然に元々あるレベルの放射能に目くじらを立てるよりは、人工的な物質の方にもっと恐れを抱かなければならないと言えるのです。

つい先日のテレビで、福島県南相馬から横浜に避難しておられた夫婦が、高校生の息子さん娘さんが古里の南相馬の学校に戻り、そこで卒業したいとの願いを受け入れ、家族全員そろって南相馬に帰ることにしたんです、と晴れ晴れとしたお顔を見せていらっしやったのを目にしました。不安は完全にぬぐえたわけではないのですが、そのように決断して、前に向かって生きていこうとされるこんな家族が少しずつでも増えていってくださるようお願い、私も努力を続けたいと思っています。

* 「過剰な怖れ」から解放される助けになるような記事はなぜか目立たないような扱いに最後に、大新聞やテレビ局に文句を言いたい話を付け加えさせていただきます。皆様の中に、大新聞やテレビへのパス（ルート）を持っている方があれば、ぜひ、「相応しい扱いにしてくださるよう」よろしくお伝えください。とても興味深く、重要な内容の記事ばかりです。

- 「野生キノコにセシウム 福島事故と無関係？」(2012/12/18 朝日朝刊 37面)
「東京の主婦が佐賀の野菜を買っている安心です」などとお話になっているニュースを見て、意地悪な私などは、「佐賀の野菜の放射能検査をしておみせしましょうか」と思いました。もちろん、そうすれば恐らく放射性物質が検出され、佐賀の農家の人たちを苦しめることになるので、実際にはやりませんでした。ところが、嬉しいことに、同じ意味のことを実際にやった人が現れたのです。十和田湖の近くで、野生のキノコについて調べたというのです。予想もしない高い量のセシウムが出て驚いたのだそうです。なぜなら、福島原発事故の放射性物質は飛んでいってないと考えられた場所だったからです。調べてみると、福島原発からのCsなら、事故からまだ2年足らずなので、半減期が2年のCs134も含まれているはずなのに、そのキノコにはCs137しか含まれていなかった。ただ一つの納得のいく説明は、先ほどお話ししました、1960年代から1970年代の米ソの大気圏核実験時代に大量に世界中に飛散したCs137がいまだに自然界に溜まっていて、これが天然のキノコに入っているのだとのこと。
 - 「食品のセシウム 半年で3分の1 福島県内、基準下回る」(2013/3/12 7面)
福島県内の平均的な食事に含まれる放射性セシウムの年間被ばく量は2012年春の調査で最大0.0066ミリシーベルトだったとの発表についての報道。国の定めた年間1ミリシーベルトを大幅に下回っており、また、反年前の調査に比べて約3分の1に下がったというもの。避難している人はもちろん、日本中の人にとっても具体的な安心を与えるニュースなのに、目を皿のようにしないと見つからないところにお義理のように掲載されていました。怖れをあおるときは第1面に、あんなに繰り返して報道していたのに！
 - 「福島の子の甲状腺「異常と言えない」 環境省が他県3市と比較」(2013/3/9 3面)
事故から間もないころ、長野県の医師が福島県の子供たちを診察し、甲状腺異常が多いことが分かった、放射性ヨウ素の影響が否定できないと思うとの大きなテレビニュースに接したことがありました。そのとき、本当にそう考えていいかと記者からコメントを求められた医師が、「被爆前の福島の子供たちについてのデータがないので、そう速断するのは適当でない」と答えていて、正しいコメントだなと思っていました。すると、なるほど、そうすればいいんだと目からウロコの調査の結果が報道されたのです。今更、原発事故前の福島の子供たちの甲状腺の異常についてのデータは得られないわけですが、環境省は長野県以外で調査してみれば、全く同じではないにしても、それに代わると考えていいデータが得られると考え、福島以外の3つの都市の子供たちについて検査をして、福島県のデータと比較したというのです。その結果、「福島の結果は他県とほぼ同様だった。特に異常だとは言えない」というのです。こんな喜ばしい調査結果の報道も片隅の扱いです。
- (事故後の放射性ヨウ素の飛散がどうだったかについては、その半減期がたった8日と短いことと事故後の現場の混乱のために手掛かりになるデータが残っていないため、放射性ヨウ素の影響の推測については正攻法で臨もうとする研究者の間では多く

の困難があるようですが、環境省が行った調査はすごく賢い発想のやり方だなと感心しました)

○ 「放射性物質検査 果物などを外す」(2013/3/20 38面)

東日本の17都県に求めている放射性物質検査の対象とする食品の品目の見直しについての記事。記事を読むと沢山の食品がどんどん検査対象から除外されていっていることがよくわかります。そして、何がまだ対象品目に残されているかも。

福島は東北電力のエリア、福島の原発で作り出された電力は福島では1ワットも使用されていなくて、私たちの住んでいる東京電力エリアで使用されていることを、迂闊にも今回大熊町へ連れて行っていただくまで知りませんでした。東京電力の恩恵をもらって享受している私たち、安全な食べ物を確保する道は手に入れたから、もう、こんな話は関心がないだろうと新聞社やテレビ局は考えていらっしゃるのでしょうか、とつい僻みたくなります。

以上お話ししてきましたように、幸いにも、福島原発事故後に生じている飛散した放射性物質による人体への影響については、“私たちの頭”にとっては想定外のようなのですが、“生物体としての私たち”にとっては想定外ではないということをお話ししていただけたらとてもうれしく思います。ただ、心配なのは、放射線量の高い事故現場で働いてくださっている方々のことです。これまでの医学的な知識に基づいて、可能な限り外部被曝を抑えられるよう作業がされていると信じていますが、作業後の健康調査など万全の対応を願っています。

なお、今回は原子力発電に関する私の考えについては触れませんでした。東京電力に限っても、恐らく、エリア内の原発のできるだけ早い再稼働を願って、それが社会的にも認められる日を待っていただけるだろうと想像していますが、いわき市で接しております、近い将来への明確な希望を持たないまま避難生活をいらっしゃる方々のことを思うと、再稼働が社会的に受け入れられることになったとしても、それを実行するのは、福島の人たちが故郷に帰るのを見届けた後にやってほしいと考えていることだけ申し上げておきます。

なお、皆様が原発のこれまで、あるいは将来に関していろいろな方とお話になる機会が多くおありかと想像いたします。原子力発電に直接かかわるお仕事をされてきた皆様ですので、今回の大きな事故の後ではなかなかお話ししにくいだろうと想像いたします。そんなとき、拙い内容ですが今日私がお話ししましたことがいくらかでもお役にたつなら大きな喜びでございます。

質問タイム

Q 年間1ミリシーベルトとは人体の細胞の総量に対して1個なのか？

A 1個の細胞当たりです。ヒトの場合、1つの細胞内にあるDNAには放射線のターゲットになる場所の数が60億あり、1ミリシーベルト当たるとその中のどこか1カ所に傷がつくと考えられています。因みに、人体の場合、約60兆個の細胞から成り立つといわれていますので、確率的にということですが(平均的に言えば)、そのすべてに1ヶ所傷がつけられる放射線量だということになります。

- Q 我々の細胞は普通の生活をして放射線に対してどのぐらいの頻度で DNA が損傷し修復しているのか？ 人の 1 細胞は 60 億個の DNA がある、どのぐらいの速度で修復しているのか？ 修復ミスは？
- A まず、原発事故など突発的なことが起きない時には、日本人の場合は自然環境からの放射線被ばくは 1・5 ミリシーベルト程度、医療検査等から受ける放射線被ばくは 4 ミリシーベルト程度と推定されています。合計すると約 5.5 ミリシーベルトとなります。つまり、1 年間でみると、細胞 1 個当たり、5.5 ヶ所くらい傷つく勘定です。細胞分裂の速さ、つまり、DNA の複製（コピー）の速さについては分かりませんが、不勉強で数字でお答えできないのですが、お話ししたように、細胞分裂の際には、10 の 9 乗回に 1 回ぐらいの頻度で DNA のコピーミスを起こしていると言われていています。これは損傷ではなく、元とは別の塩基（文字）が入り込んでしまったという現象ですが、“DNA の修復チーム”にとっては、コピーミスでできた“構造のひずみ”も放射線でできた“塩基の欠損”のような傷も区別はなく修復の対象にしてくれるため、私たちが普通の環境で浴びている放射線によってできる傷は“朝飯前のお茶づけさらさら”で治してくれると考えられます。修復のミスももちろんあると思います。神ならぬ酵素分子がやっている仕事ですので。もちろん、普賢岳の溶岩流のように、放射線を一度に大量に浴びることがあれば修復作業が追い付かず、死に至るということになると考えられます。
- Q 人体に影響が出るのが 100 ミリシーベルト mSv/年から上と考えてよいか？
- A 今までのデータに基づけば、です。計画して実験することが出来ないことですので、広島・長崎・チェルノブイリなどについての疫学的な調査結果に基づいています。100 ミリシーベルト/年を越えるとわずかだががんの死亡率の増加が認められているのですが（0.5%）、これより低いレベルについては判断の材料がないということです。
- Q 100mSv とは年間か生涯か？ 食品安全委員会は、生涯で 100 mSv 以下にしているとしますが、修復機能があるのであれば、生涯まで累積する必要があるのですか。ICRP では 100 mSv については期間に触れていないと思う？
- A 年間です。ICRP が言っているのも年間です。短い時間で浴びるか長い時間かけて浴びるかでももちろん違いはあるのですが。100 ミリシーベルトが閾値であることは、チェルノブイルの調査にずっと関われ、被爆 3 世でもある長崎大学医学部の山下俊一先生から直接伺いました。考えてみれば、私たちの身近には広島や長崎に育った人はお嫁さんや婿さんにはもらわないようにしたとかは聞きませんし、多くの方は原爆投下直後から、親族を捜すために被爆地に入り、すぐに小屋をたてて住んだし、60 年間草 1 本生えないと言われたのに、翌年には草が茂っていたのを知っていますね。これらの事実も、生命には思いの外に放射線に対する備えがあることなのでしょう。
- Q DNA の 2 本の螺旋をつないだところに 4 種類の遺伝の文書となっている化学物質がつながっていて、ストリングス自体は遺伝の情報を持っていないと理解しましたが？
- A お話の中で触れましたように、ヒトの遺伝子の情報とは約 2 万種類のたんぱく質分子のアミノ酸の配列の情報です。あるたんぱく質分子を作る必要が生じたときは、DNA の片方の鎖の上にある情報を RNA という別種の核酸分子に写し取って、それを基にタンパ

ク質が合成されます。ヒトの遺伝情報はすでに解読が完了しています。遺伝の情報を担っていない相補鎖の対応する部分の役割についてはお話の中でご説明した通りです。

Q この絵で拝見しますとどの部分を示すんですか。

A この絵はそのことを説明するものではありません。鎖の幹になっている部分はリン酸と糖が交互に繰り返して繋がってできていて、違うのは蝶番の役をしている塩基（側鎖と呼ばれます）、すなわち、遺伝の文章はその塩基の配列で綴られています。

Q 遺伝の情報は黄色のところ（分子模型において、階段のステップのようにになっている部分）に書いてあるのか？

A そうです。黄色のところの片方のところを辿れば、それが遺伝の文章をなぞることになります。

三つの塩基の配列（トリプレット・コード）で20個のアミノ酸を指定している。使われている塩基は4種類ですので、 $4 \times 4 \times 4$ の種類、すなわち、64種類の組み合わせができます。しかるに、実際使われているアミノ酸は20種類ですので、一つのアミノ酸を指定するトリプレット・コードは複数個存在します。つまり、塩基が変わっても、指定するアミノ酸は変わらないということが起こります。大切な遺伝情報は知れば知るほどあまりにも良く守られる仕組みができていて驚かされます。

Q 分子生物物理学についてメカニズムが理解できない。 2つあり。

一つは遺伝子の損傷、修復が癌の原因になる。癌とは相当な生命力のある、それが壊れた遺伝子によりその状態が成長するのが理解できない。今一つは遺伝子の修復をするタンパク質の細胞にも放射線で損傷を受けていることもあり、そのメカニズムが判らない、説明して欲しい。

A もう第一線から大分離れてしまいましたので、がんのメカニズムなど、どれだけ解明されたか、正直、よく知りません。最初の質問ですが、遺伝子が損傷を受け、その修復がうまくなされないと遺伝の文章にわずかな変化が起こったことになります。それがスタートになって病気としてのガンとなるまでには長い道のりがあることでしょう。すごく乱暴な言い方をしますと、正常な細胞は勝手に増殖を続けられないようコントロールが働くようになっているのですが、コントロールが外れて増殖を始めるようになったとき細胞ががん化したということになります。今日のお話は、癌とすぐに結びつけなくとも良いろいろな DNA が傷ついても守られているメカニズムがありますということを皆様にお話ししたつもりです。

Q 研究途上？

A 研究途上です。そうです。

Q LNT 仮説でも 10mSv/y の被爆によるがん発生の増加は 0.05% 程度で、たばことか、他の要因に比べ充分小さい値であり、この説明はされるべきだと思います。また、サイトで働いている労働者の被ばくについて心配されましたが、それは無いと確信しております。

A 私もそう信じています。心配している人に会うと、「あのときのさまを見ると信じられないという気持ちも分からないではありませんが、私は現場で働いてくださっている方を信じています」といつも申し上げています。

Q DNA の観点から見ますとそう簡単にマイナス側の影響が出ることは無いでしょうと伺いましたが、一方ホルミシスといような良い影響もあるのですと言うことが DNA の観点から言えないのですか。プラス側の影響があるとされている。

A ホルミシスとは？

C 7年間低い放射線をあびている。免疫とは違った効果。

A そのことはよく知りません。温泉での効果ということですね。

C 体を刺激する現象ですから遺伝子とは関係が無いですね。

Q 低レベルの放射線でホルミシスも有りますが免疫力がアップするといわれているがどのようなメカニズムがあるのでしょうか

A 私は全く知識がありません。免疫というのは、分子生物学的に言う時は、抗原—抗体反応と言います。異物（抗原と呼びます）に出会うとそれを異物と認識して、それに結合して活性を失わせてしまうたんぱく質分子（抗体と呼びます）を作る能力のことを言います。放射線を受けてできた DNA 上の傷が修復されないまま残って、それが結果的に、抗原を作る能力の向上をもたらせば「免疫力がアップした」と言えます。そういうことも起こるかもしれませんが、放射線が当たると免疫力がアップするといった正の相関は考えにくいです。これまでは、放射線を売り物にしていたラジウム温泉やラドン温泉なども鳴りを潜めていらっしやいますね。

（文責 辻萬亀雄）