



低線量率放射線の遺伝子発現に 与える影響を網羅的に解析しています



生物影響研究部
藤川 勝義

生物が低い線量率（1日あたり20ミリグレイ）の放射線で長い間照射されると、がんなどの病変が発生したり寿命が短くなったりする場合があることが、環境研のマウスを用いた研究で分かってきました。がんは遺伝子の病気とも呼ばれ、正常な細胞をコントロールしている遺伝子の働きに異常が生じて、無秩序な細胞増殖を始めることががん発生の初期のプロセスであると考えられています。私たちはこのようながん発生のプロセスに放射線がどのように影響しているのか、約2万個あるといわれている遺伝子の全ての発現量を網羅的に測定できるマイクロアレイ法という手法を用いて調べています。マイクロアレイとは、小さなスライドガラスの上に遺伝子1つ1つに反応するマイクロサイズのプローブ数万個が貼り付けてあるものです。それぞれのプローブの光り方を測って全ての遺伝子の発現量を一度に調べる手法が、マイクロアレイ法です（図1）。この方法は、医療分野でも既に遺伝子診断や臨床試験などで使われています。

私たちは、低線量率の放射線を照射されたマウス

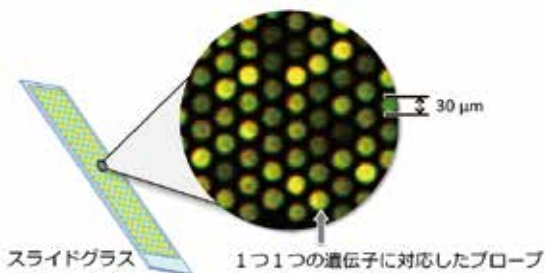


図1 マイクロアレイ法
プローブの光の強さが1つ1つの遺伝子の発現量を示す。

の肝臓で遺伝子発現がどのように変化するかを、この方法を使って調べました。また、比較の対象としてやや高い線量率（1日あたり400ミリグレイ、中線量率）の放射線を照射した場合についても調べました。このとき、放射線の総量は低・中線量率のどちらも合計2,000ミリグレイ照射されるようにして、線量率の違いだけが検出できるよう工夫して実験を行いました。それぞれの遺伝子発現をマイクロアレイ法で網羅的に調べ、発現量に変化した遺伝子を抽出した結果、中線量率群だけで発現変化が検出された遺伝子が2,119個、低線量率群だけで検出された遺伝子が1,466個見つかりました（図2）。同じ線量（2,000ミリグレイ）が照射されても、異なる線量率では異なる遺伝子群の発現が変化しているのではないかと考えられました。そこで低・中線

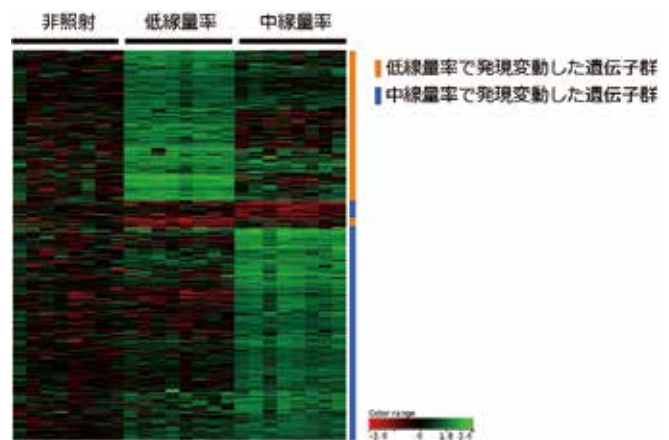


図2 放射線照射されたマウスの肝臓でみられた遺伝子発現の変化
各群8匹ずつの遺伝子発現パターンを横方向に並べて示した。細かい縞模様的一本一本が1匹の中の1つ1つの遺伝子発現量を示しており、赤は発現が少ない、緑は多いことを表す。

量率群でそれぞれ検出されたものがどのような種類の遺伝子であるかを詳細に調べた結果、中線量率群では細胞死や細胞増殖に関連する遺伝子群が検出されました。放射線で傷ついた細胞が死ぬなど、組織に大きな影響が及んでいることが推測されます。一方、低線量率群ではこのような顕著な変化はみられず、肝造血に関わる細胞増殖シグナルに関わる遺伝

子群のわずかな変化がみられましたが、その生物学的な意味は不明です。今後は低線量率の長期間照射がどのような影響を与えるのかを明らかにするために、さらに長い時間の照射（合計 8,000 ミリグレイまで）と経時的なサンプリングを行い、これらのサンプルについて網羅的な遺伝子発現解析を進めていきます。



成果報告会を六ヶ所村、青森市、弘前市、八戸市で開催しました

排出放射性物質影響調査の成果を青森県民の皆様へ報告するための成果報告会を六ヶ所村（10月5日）、青森市（10月11日）、弘前市（11月16日）、八戸市（11月22日）の4ヶ所で開催しました。4会場合わせて278名の参加者があり、活発な質疑応答も行われました。成果報告として、以下の2課題の報告を行いました。

「牧草への放射性セシウム移行低減に向けて」

環境影響研究部 武田 晃

平成28年度から青森県の委託により進めている放射性物質移行低減化調査で得られた成果を紹介しました。牧草への放射性物質の移行は、東京電力福島第一原子力発電所事故で大きな問題となり、土壌のどのような特徴が牧草への放射性物質の移行に大きく寄与するのか明らかにすることで、効率的な対策を施すことが可能となります。本調査では、セシウムと化学的性質が似ているカリウムに着目し、すぐに植物が利用できる交換性カリウムに加えて、土壌にゆるやかに定着し植物がゆっくりと利用できる

カリウムまで測定が可能である熱硝酸抽出カリが、放射性セシウムの移行の予測に役立つことが分かりました。

「母体内における放射線被ばくの影響を調べる」

生物影響研究部 中平 嶺

平成26年度から青森県の委託により進めている母体内における低線量率放射線被ばく影響実験調査で得られた成果を紹介しました。母体内での被ばくについては、高線量率放射線による影響に関して動物実験や原爆被爆者のデータから一定の知見は得られていますが、低線量率放射線被ばくによる知見はほとんどありません。そこで実験用マウスを対象として、妊娠期間である18日間にわたり20ミリグレイ/日の低線量率放射線、200、400ミリグレイ/日の中線量率放射線を照射した群、及び770ミリグレイ/分を2.6分間照射した高線量率放射線を照射した群で得られた仔マウスの影響について調査を行いました。その結果、中線量率や高線量率では奇形や生殖細胞などへの放射線の影響が見られまし



武田研究員からの報告の様子



中平研究員からの報告の様子



村山貢司氏の基調講演の様子（青森市）

だが低線量率では影響が見られていないこと、また、現在も調査中の課題があり今後の調査の方向性や見通しなどが示されました。

これら調査の報告に加え、各会場において基調講演を実施しました。青森市では元NHKニュースキャスターで気象予報士の村山貢司氏をお招きし、「最近の気象とエネルギーのはなし」と題してご講演頂きました。地球温暖化によるゲリラ豪雨や記録的大雪、巨大台風の増加、さらに太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーへの影響について説明がありました。その中で、温暖化により雲の発生が増加し太陽光発電に影響があること、日本の南北での温度差縮小による風の弱化により風力発電にも影響があることが、ここ数年の六ヶ所村の平均風速の弱化を実例にあげて紹介されました。

弘前市では、放射線治療に医師として長年携われるとともに福島での事故後の対応に尽力されている東京大学医学部の中川恵一氏をお招きし、「がんと放射線、本当のこと」と題してご講演頂きました。低線量放射線の影響はがんのみを考えれば良く、福島原発事故での被ばく線量を考慮するとその影響は考えにくいこと、また、小児甲状腺がんの事故後の調査結果について、もともと潜在的に持っているがんを見つけているに過ぎず、見つけてしまうことによる余計なストレスや手術等でより不幸な事態を招いてしまう可能性のあることが紹介されました。

また、六ヶ所村、八戸市では、(一財)脳神経疾患研究所附属南東北 BNCT 研究センターの高井良尋氏をお招きし、「がん放射線治療の最前線～がん細胞を選択的に破壊するホウ素中性子補足療法～」と題してご講演頂きました。がん治療には手術、放射線治療、化学療法に加え、最近ではノーベル賞を受賞した免疫療法などが挙げられるが、その中でも放射線治療が大きな柱となっていることや、近年、高井氏が精力的に取り組んでいる放射線治療の一つであるホウ素中性子捕捉療法について、その原理や治療例、薬事承認などの研究開発の現状について紹介がありました。その他、六ヶ所村、八戸市においては公益財団法人日本海洋科学振興財団の小藤久毅研究員から「下北半島太平洋側沿岸における流れの変動の伝播について」の研究報告も行いました。



環境研セミナーを開催しました

「大気拡散予測モデルの開発と適用－福島第一原発事故の放出量推定と再処理施設起源核種の移行解析－」

平成 30 年 11 月 27 日に、日本原子力研究開発機構の研究副主幹 寺田宏明博士をお招きして、環境研セミナーを開催しました。

寺田氏は、大気中における放射性物質の移行過程に関する数値シミュレーションを専門としており、2011 年に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故（以下、1F 事故）に関しては、

事故当時から現在に至るまで第一線で活躍されています。

今回の講演では、始めに、大気中に放出された放射性核種の動きを予測するためのシミュレーションモデル（以下、大気拡散モデル）の開発や運用体制に関して、国内外における最新の知見について講義されました。続いて 1F 事故について、大気拡散モ



寺田 宏明 氏

デルにより放射性核種の動きを再現した実例を示し、1F 事故時における放射性核種の動きの特徴や今後の大気拡散モデルの改良と課題につい

て紹介されました。また、六ヶ所村近傍における大

気拡散モデルの運用例についてもご紹介いただきました。

環境中における放射性核種の移行を再現するシミュレーションモデルは、環研の研究業務において大きな比重を占める部分であることから、今回の講演内容は私たちが研究を進める上でも非常に有意義なものとなりました。(佐藤 雄飛)



環境研セミナーを開催しました

「Health effects of combine exposure to low and high LET radiation」

平成 30 年 12 月 6 日に、ストックホルム大学のアンジェイ・ヴォイチク教授（国際放射線防護委員会 [ICRP] 第 1 委員会副委員長も兼任）をお迎えして、環境研セミナーを開催しました。講演は、異なるタイプの放射線を同時に被ばくしたときの生物影響に関するもので、リスク評価の観点から非常に示唆に富むものでありました。内容のあらまは下記のようなものでした。

多くの被ばく事故においては、アルファ線、中性子線のように微視的に見るとエネルギーを局所的に片寄った形で与える放射線（高 LET 放射線）と、ガンマ線のようにエネルギーをより均一に与える放射線（低 LET 放射線）の両者を同時に被ばくすることが多いわけですが、その場合のリスクは現在のところ両者のリスクを単純に足し合わせて計算されています。例えば、広島・長崎の原爆ではガンマ線と中性子線を同時に被ばくしていますが、トータルとしての影響はそれぞれの影響を加えたものであ

ると考えられています。しかし、両方のタイプの放射線それぞれを照射したときの細胞の応答（DNA 損傷応答と呼ばれる反応）は、大きく異



アンジェイ・ヴォイチク 氏

なっています。また両者を同時に照射したときの細胞の応答は、必ずしも単純な足し合わせ（相加的）ではなく、より大きい（相乗的）場合もあり得ることが、教授のグループの研究によって明らかになりました。今後、より正確なリスク評価のためには、一種類のタイプの放射線のみを照射して影響を調べる実験だけでなく、複数のタイプの放射線を同時に照射して影響を調べる実験も必要と考えられます。(小村 潤一郎)

発行 公益財団法人 環境科学技術研究所 総務部 企画・広報課
〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村尾駸家ノ前1番7
TEL: 0175-71-1200(代) FAX: 0175-72-3690
環境研ニュースに関するお問い合わせ 0175-71-1240
E-mail: kanken@ies.or.jp ホームページ: <http://www.ies.or.jp/>