



第 3 回

東電福島第一原発緊急作業従事者に 対する疫学的研究カンファレンス

平成 29 年 3 月 8 日 (水)

リーガロイヤルホテル小倉

4 階 サファイア



産業医科大学 産業生態科学研究所

放射線健康医学研究室

第 3 回 東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究カンファレンス

ご挨拶

今年、東電福島第一原発事故発生から6年目となります。福島第一原発構内は、かなりの範囲で一般作業服エリアが大幅に増えています。防護服エリアは原発建屋周辺のみとなり、作業環境はかなり改善されており、放射線による影響は減少していくように思われます。

しかしながら、昨年8月、50代の元福島原発男性作業員に対し、2例目の白血病の労災認定がありました。協力会社の社員として福島第一原発で、2011年4月から15年1月までの3年9ヶ月の間、がれき撤去や汚染水処理に使う機械修理を主に担当されていました。累積被ばく線量は54.4 mSvでした。2015年1月に白血病と診断されています。さらに、12月16日初めての甲状腺がんの労災認定もありました。40代の東電男性社員は、1992年から12年間福島第一原発3及び4号機の運転員を務め、2011年3月に1及び3号機の水素爆発に屋外で遭遇、その後2012年4月まで原子炉の水位計の確認や燃料の給油など原発事故収束作業に携わっていました。20年間の累積被ばく線量は149.6 mSvで、事故後の被ばく線量は139.12 mSvでした。2014年4月に甲状腺がんと診断され、甲状腺切除を行い、現在通院中です。職場復帰はされています。福島第一原発事故による労災認定は3例となっています。福島事故後の被ばく関連の労災申請は今回を含め11件であり、うち不支給が3件、調査中が4件、取り下げが1件となっています。改めて、福島原発作業者の被ばくと疾患との関連を検証していく役目のある当研究班の重要性を感じています。

このカンファレンスは、当教室が研究班の研究を深く理解し、放射線生物影響研究にどの世に役立てられるヒントを探す目的で始めました。さらにそれぞれの研究班が、これまでのご研究から進捗状況を共有する意味合いも出てきたと思います。今回、特別講演として、放射線影響研究所理事長となられました丹羽大貫先生と、量子科学技術研究開発機構の久保田善久先生をお招きしました。ご参加者の皆様にとっても、良きディスカッションできる場になれば幸いです。

平成 29 年 3 月 8 日

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線健康医学

教授 岡崎 龍史

プログラム

- 12:30ー 受付開始 ・ 開場
- 13:00 ご挨拶
- 13:05～13:55 講演 1
「原爆被爆者における生物学的線量評価」
放射線影響研究所 センター長 児玉 喜明
- 13:55～14:45 講演 2
「緊急作業従事者に対する甲状腺超音波検査」
自治医科大学 教授 谷口 信行
- 14:45～14:55 休憩(10分)
- 14:55～15:55 特別講演 1
「東電福島第1原発周辺地域に生息する野生生物に観察された変化」
量子科学技術研究開発機構 チームリーダー 久保田 善久
- 15:55～16:45 講演 3
「福島第一原子力発電所事故後3-5年における緊急作業員の水晶体所見」
金沢医科大学 主任教授 佐々木 洋
- 16:45～16:55 休憩(10分)
- 16:55～17:45 講演 4
「正常Bリンパ球由来iPS細胞(BiPSC)を用いた多発性骨髄腫の腫瘍起源
異常Bリンパ球の解明に向けて」
福島県立医科大学 教授 坂井 晃
- 17:45～18:45 特別講演 2
「低線量放射線影響を考える上で考慮すべき点」
放射線影響研究所 理事長 丹羽 太貫
- 18:45～18:55 緊急演題 1
「福島原発事故前後の東電福島原発作業員の健康診断結果の解析」
産業医科大学 教授 岡崎 龍史
- 18:55～ 閉会挨拶
- 19:30～ 意見交換会 (別会場)

原爆被爆者における生物学的線量評価

児玉 喜明

放射線影響研究所 分子生物学部 細胞遺伝学研究室

原爆放射線の人体影響を調べるため、放影研では1960年代後半から原爆被爆者のリンパ球を用いた染色体調査による線量評価を行って来た。しかし、調査を開始した時点ですでに被爆後20年以上を経過していたため、検出の容易な不安定型染色体異常(二動原体染色体や環染色体)はすでに末梢血から失われており、原爆被爆者の調査には利用できなかった。結局、長期間残るものの、通常のギムザ染色法では検出にかなりの熟練と時間を必要とする、安定型染色体異常(転座、逆位)を調べるしか方法はなかった。約3,000名の原爆被爆者に対する調査の結果、安定型異常を持つ細胞頻度は物理線量の増加に伴い増加することが明らかになったが、同時に同程度の放射線量を受けた人たちの間に異常頻度の“ばらつき”があることも分かった。また、このギムザ染色法による調査結果は、広島と長崎の両市における線量反応に有意差のあることも示した。しかし、一方では、これらの調査は、広島と長崎の研究室でそれぞれ別個に得られた結果のため、(特に両市の差については)研究室間の観察誤差を含む可能性を否定できなかった。そこで、この点を解消するため新たにFISH法による調査を広島研究所のみで開始した。これまでに、約1,400例の原爆被爆者(広島900例、長崎500例)について調査が終了している。その予備解析結果の要約を示す:(1)極めて有意な非直線の線量反応関係が両市で観察された;(2)以前のギムザ染色法による解析結果と同様に、個人データに大きなバラツキが認められた;(3)FISH法を用いることで都市間差が大きく縮まり、両市の差は「示唆される」まで小さくなった;(4)長崎工場内被爆者、あるいは屋外被曝・遮蔽ありの人は両市とも、日本家屋内被爆者よりも有意に低い線量反応を示した;(5)以前の調査に見られた都市間差が大幅に減少したということは、それが主として広島・長崎の研究室における異常検出率の差によるものであった可能性が示唆された。

一方、当研究所では1990年代から原爆被爆者の歯のエナメル質を用いた線量評価(ESR調査)も行ってきた。本報告では、同一被爆者における染色体と歯エナメル質の調査結果を比較した内容についても触れたい。

緊急作業従事者に対する甲状腺超音波検査

○谷口信行 祖父江友孝 今泉美紗 宮川めぐみ 百瀬琢磨 吉永信治

【背景】

甲状腺がんは、放射線ばく露により、多く発生することが知られている。この研究では、緊急作業に従事した作業員を対象に、超音波による甲状腺検診を行い、線量とその検診データの検討を行う。

【方法】

「東京電力福島第一原子力発電所事故において緊急作業に従事した作業員(緊急作業従事者)のうち、ばく露群(甲状腺等価線量 100mSv を超える被ばくをした緊急作業従事者)を対象として実施された甲状腺超音波検査結果の収集を行う。しかし、そのデータ収集作業に必要な「甲状腺超音波検査情報システム」の作製が予定より遅れ、平成 29 年度からの本稼働となる。本年度は、一部検診施設を対象に、その健診事業のサポートを行った。また、より信頼ある研究結果を得るために重要な、超音波検査精度の向上のために、講習会を開催し検診参加施設で検査に携わる技師の技能向上につとめた。

【結果】

甲状腺超音波検査情報システムが本年度仮納入され、その仕様について検証を行った。また、検診にご協力いただく施設及び検査を行う技師の育成と技能向上を目指して、複数回の講習会を企画・実施した。全国の健診施設に呼びかけ 73 施設の参加が得られた。各施設とも 1 名以上の甲状腺超音波検査が可能な技師の所属を前提としており、現在 118 名の技師がこの検診の技能向上および検診手順の修得のため講習会に参加しており、平成 29 年度からの本格的な実施に向け、準備中である。なお、一部の健診施設では、本年度既に preliminary ではあるが、甲状腺超音波検査が行われている。

【考察】

本研究は、緊急作業従事者を対象に甲状腺疾患、特に甲状腺がんについての検討を行うことである。加えて、平成 25 年度厚生労働科学研究費補助金特別研究事業「東京電力福島第一原発作業員の甲状腺の調査等に関する研究」(主任研究者 祖父江友孝)で得られた結果を拠り所に、その後の経過を知ることも重要であり、その検討も予定されている。来年度は、各検診施設からのデータが、直接放影研に送付されることで、より円滑なデータ収集が可能となることが予想される。

東電福島第1原発周辺地域に生息する野生生物に観察された変化

久保田 善久

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 福島再生支援本部

東京電力福島第一原子力発電所(福島原発)の事故により放出された放射能で汚染した地域に生息する野生生物が放射線影響を受けたのかいくつかの例を挙げて紹介する前に、環境の放射線防護体系について簡単に説明する。「人を対象とした放射線防護体系によって環境も十分に守られているはずである」という考え方は、国際放射線防護委員会(ICRP)等で長年支持されてきたが、一方で、環境問題に対する関心が世界的に高まる中、環境の放射線防護すなわち「放射線から環境を守る」ことへの取り組みが始まった。ICRP等の国際機関は、生物多様性の維持、種の保全、自然の生息環境、群集及び生態系の健康と状態の保護が放射線の環境防護に重要であるとしているが、現実的な環境影響評価として群集及び生態系の影響評価手法が確立されていない現状において、生物個体及び個体群に対する影響に焦点を定め、致死、罹患率、遺伝的影響、増殖(繁殖)率等をエンドポイントとした影響評価体系を提示している。環境中の生物は多種多様で、それら全てについての影響評価は不可能であるため、ヒトの防護における標準人に相当する、標準動物及び植物(Reference Animals and Plants)の概念が提唱され、2008年には12種類の標準動物及び植物の詳細とそれを用いた環境防護の枠組みについての報告書(Publication 108)がICRPより刊行された。この標準動植物は、分類上の科を念頭に置いた、ある形と大きさを持った仮想的な生物で、標準動植物それぞれについて生物個体や環境媒体中の核種の濃度(Bq/kg)から生物個体が受ける線量率(μ Gy/day)を算出するための線量換算係数(Dose conversion factors)、及び得られた線量率とその標準動植物において放射線影響を考慮すべき量であるかを判断するための目安として誘導考慮参考レベル(mGy/day)を示している。誘導考慮参考レベルは豊富とは言えない慢性被ばく実験データに基づいて設定されているが、例えば、レファレンスネズミの誘導考慮参考レベル 0.1-1.0 mGy/day は、実験マウスの寿命短縮やリンパ球の染色体異常の出現頻度の増加が1mGy/dayの低線量率長期連続照射では観察されないか極めて僅少であるのに対し、20 mGy/dayの照射では明確に観察されるという環境科学技術研究所による研究結果と良く合致しており、放射線影響を考慮するための目安として妥当であろう。

上述したように、環境生物の線量評価手法ならびに生物影響について目安となる線量率が提示されたことから、種々の状況において環境中の生物の放射線影響を推定することが可能となったが、不幸にも発生した福島原発の事故は、放出された多量の放射性物質で汚染された地域に生息する生物が放射線影響を受けるのかどうかをその枠組みを利用して推定する機会となった。

我々は、福島原発事故による環境生物への放射線影響を明らかにするために、環境省委託調査業務「放射線影響調査業務(平成 23-27 年度)」を請け負った(一財)自然環境研究センターが実施する調査に放射線影響研究の専門家として参加してきた。ここでは、放射線医学総合研究所(放医研)の研究者が関与した事故後5年間の野生動物の調査活動の成果を概説する。

放射線の環境影響を解明する研究として我々は今までに得られている知見からヒトと比べて同等の高い放射線感受性を示すと考えられる両生類のサンショウウオ、小型哺乳類のネズミ、裸子植物であるスギ、モミを選択した。また、豊富な科学的知見と多くの系統を放医研が保有しているメダカも調査対象に加えた。

原発事故後、多くの機関によって実施された継続的かつ広範囲にわたる空間線量率測定と環境媒体の放射能測定の結果から、非常に激しく汚染した地域に生息する動物でさえ 0.1 mGy min^{-1} (144 mGy d^{-1}) 以下と定義されている低線量率の被ばくであることが推定された。そのため、低線量率でも線量に比例して影響が直線的に増加すると考えられている遺伝学的な影響を影響指標として選択することが合理的であると考えられた。

サンショウウオは原発周辺地域でトウホクサンショウウオを捕獲することができた。遺伝学的影響を研究する手法が開発されていないため、捕獲個体(受精卵を含む)の発生、成長等を指標にして影響を調べたが、明確な放射線影響は観察されなかった。汚染地域に生息するトウホクサンショウウオの最も高い被ばく線量率は $50 \mu\text{Gy h}^{-1}$ と評価されたが、 $490 \mu\text{Gy h}^{-1}$ の線量率でもトウホクサンショウウオの成長や生存に影響しないという実験室での長期低線量率被ばく実験の結果から、福島のサンショウウオに有意な放射線影響が生じる可能性は低いことが示された。

メダカについては鰓と腎臓の細胞における小核試験法(異常染色体の検出法)が開発されていたためその手法を導入し、福島の汚染地域に生息するメダカの小核試験を実施したが、影響は観察されなかった。比較的空間線量率の高い地域($20\text{--}30 \mu\text{Sv h}^{-1}$)に生息するメダカでも、メダカが生息する水中にガラス線量計を置くことによって推定したメダカの被ばく線量率はかなり低く、有意な影響が観察されない一因は低い被ばく線量によるものと考えられた。

福島に生息する野ネズミ(日本の固有種であるアカネズミ、ヒメネズミ)では染色体異常試験を実施した。調査開始当初、安定型染色体異常(転座)を検出する染色体 FISH(Fluorescence in situ hybridization)用プローブが野ネズミで開発されていなかったため、C-band 法を利用して不安定型染色体異常の一つである 2 動原体染色体の頻度をヒメネズミで解析し(アカネズミのセントロメアは C-band 法により明瞭に同定できないため解析不能)、捕獲場所の空間線量率に依存して 2 動原体染色体の頻度が増加することを明らかにした。一方、染色体の専門家でなくても比較的容易に解析できる染色体 FISH をアカネズミ、ヒメネズミでも可能とする FISH 用プローブの開発に取り組み、FACS による染色体の単離、単離染色体をテンプレートとする PCR、非特異的産物の吸収等の操作を経て大きな染色体 3 組を赤、黄、緑の 3 色に鮮明に染め分ける技術を確立した。本手法を利用し、福島のアカネズミの染色体異常頻度を解析したところ、空間線量率が非常に高い場所で染色体異常の頻度が有意に増加することが示された。

以上の研究を総括すると、原発事故により激しく汚染した地域に生息する動物は染色体異常などの遺伝学的な影響を受けたが、目に見える明らかな影響は受けていない。一方、ネズミで染色体異常が観察された場所と線量率が類似する場所に生育するモミでは顕著な形態変化が観察されており、放射線との因果関係を明らかにするため長期連続照射実験を実施中である。

福島第一原子力発電所事故後 3-5 年における緊急作業員の水晶体所見

佐々木洋 初坂奈津子 長田ひろみ

金沢医科大学 眼科学講座

近年、低線量放射線被ばくが水晶体混濁を生じる可能性を示唆する研究結果が報告されている。本研究では東電福島第一原子力発電所での緊急作業従事者における放射線被ばくの水晶体への影響について調査を行った。今回は事故後 3-5 年における細隙灯顕微鏡所見および水晶体撮影画像を分析し検討した結果を報告するとともに、低線量被ばくの水晶体への影響に関する既報について紹介し、本研究の意義および課題について考案する。さらに全国調査を含めた今後の計画についても紹介する。

眼科検診は福島第一原子力発電所、東京本店、新潟柏崎刈羽原子力発電所で行った。対象者(データ提供同意者)は H25 年度が 448 名、H26 年度は 507 名、H27 年度は 522 名であった。対象約 700 名のうち約 9 割が検診を 1 回以上受診した。散瞳下での細隙灯顕微鏡検査および前眼部解析装置(EAS-1000、ニデック)と、本調査のために新たに開発した簡易型徹照カメラ(KMU 徹照カメラ、LOVEOX)により、水晶体徹照画像・スリット画像撮影を行った。KMU 徹照カメラは水晶体混濁面積の計測を目的に、瞳孔径計測ソフトの開発を行った。統計解析は加齢白内障のリスクファクターである年齢を調整したうえで、被ばく量と各種水晶体病型との関連を検討した。またロジスティック回帰分析により年齢および白内障のリスクとなる糖尿病の有無を調整し、被ばく線量に対する各種水晶体混濁のリスクについても検討した。

水晶体等価線量と年齢には有意な相関があり、加齢にともない水晶体等価線量も増加した。水晶体混濁病型別に年齢調整を行ったうえで各混濁と水晶体等価線量の関係について検討した。透明水晶体眼 86.62 ± 1.82 mSv に対し、皮質白内障眼 99.9 ± 41.08 mSv、後囊下中心 Vacuoles 眼 69.81 ± 8.45 mSv であり、水晶体等価線量と水晶体混濁には有意な関連は認められなかった。ロジスティック回帰分析(年齢・糖尿病を調整)で今回の対象者の被ばく量平均値である 80 mSv を基準に 2 群に分けて比較したが、高被ばく群で水晶体病変の有意なリスク上昇はなかった。多項ロジスティック回帰分析では、被ばく量 50 mSv 以下の 50 眼に対し、被ばく量 100-150 mSv の 100 眼、被ばく量 150 mSv 以上の 50 眼のいずれにおいても有意な水晶体病変のリスク上昇は認められなかった。チェルノブイリでの白内障調査では、事故 12 年後の結果において総被ばく量約 350 mGy 以上から白内障リスクが有意に増加し、原子炉事故処理作業員(平均年齢 45 歳)の後囊下白内障所見率は 17%で、同年代一般市民の 5%に比べ有意に高いことが報告されている。今回は事故後 5 年目までの調査結果であり、被ばく線量も低いため、被ばく線量と水晶体病変に有意な相関がみられなかった可能性が考えられる。長期での縦断的調査により、低線量被ばく眼における被ばく線量および水晶体の早期変化と長期での混濁発症の関連を明らかにしたい。

KMU 徹照カメラ用に開発した瞳孔径測定ソフトにより、撮影画像において瞳孔径が計測可能となった。将来的には混濁を自動検出し、混濁面積を計測できるソフトの開発を目指す。今後の全国調査に向けて、本カメラを対象者の多い地域で眼科検診が可能な施設に設置し、検診に使用していく予定である。

正常 B リンパ球由来 iPS 細胞 (BiPSC) を用いた多発性骨髄腫の腫瘍起源
異常 B リンパ球の解明に向けて

坂井 晃

福島県立医科大学 医学部 放射線生命科学講座

悪性リンパ腫 (ML) や多発性骨髄腫 (MM) の発症には、免疫グロブリン H (IgH) 鎖遺伝子のある 14 番染色体とサイクリン D1 や MYC 遺伝子の存在する他の染色体との相互転座が原因となることが多いが、広島・長崎の原爆被爆者の疫学調査からは、被爆と ML や MM の発症との関係は明らかでない。したがって ML や MM の発症には、B リンパ球の染色体が放射線によって切断され、その修復過程での染色体転座が原因となる可能性は低いと考える。

骨髄 (BM) の幼若な B リンパ球が腫瘍細胞の起源とされる急性リンパ性白血病や濾胞性リンパ腫、マントルリンパ腫では、IgH 鎖遺伝子の可変領域 (VDJ) の再構成に伴い他の染色体 (がん遺伝子など) との相互転座が腫瘍化の原因と考えられる。したがって、腫瘍起源の研究は造血前駆細胞になる。一方で MM は、M タンパクを産生する機能的な (クラススイッチまで終了した) IgH 鎖が存在するため、染色体転座はもう1つの VDJ 再構成が完遂されずクラススイッチが起こっていないアレルと他の染色体との相互転座が原因と考えられる。しかし成熟 B リンパ球に染色体転座が生じた程度でその細胞が腫瘍化するとは考え難く、抗体を産生できる成熟 B リンパ球 (または形質細胞) がリプログラミングされた状態 (エピジェネティックな変化) で染色体 (遺伝子) 変化が起こることが骨髄腫細胞の起源と推測する。我々は現在、リンパ節由来の正常 B リンパ球から iPS 細胞 (BiPSC) を樹立し、それに活性化誘導シチジンデアミナーゼ (AID) の発現誘導可能な BiPSC-AID も作製した。さらに MM で最も頻度の高い染色体転座 t(11;14) を持つ BiPSC を作製中であり、今後これらの BiPSC を NOG マウスに移植し B リンパ球系腫瘍ができるか実験計画中である。

低線量放射線影響を考える上で考慮すべき点

丹羽 太貫

放射線影響研究所

広島・長崎における原爆被爆者と被爆二世については、放射線影響研究所において過去70年にわたる追跡調査が行われ、放射線がもたらす健康影響について、多くの知見がもたらされた。放射線の健康影響は、急性影響と晩発影響に分類でき、晩発影響には、がんと非がん疾患がある。そして急性期を生き延びた被爆者では、非がん疾患と比較して、がんの方が高いリスク値を示している。原爆放射線はそのほとんどが爆発後数秒から数10秒以内に放出されたもので、被爆者は、高線量率の放射線被曝を受けたものと言える。また被爆者での健康リスクと線量の関係は、高線量域のデータに強く依存しており、がんリスクの増加は100 mGy以上においてようやく統計的に有意となる。そのため、100 mGy以下の低線量域における発がんの実態が世界的に関心を持たれている。また世界的に人々が受けている放射線は、そのほとんどが年間数 mGy から数10 mGy 程度の低線量率によるもので、このようにごく低い線量率における発がんリスクが、高線量率の照射を受けた被爆者のものと同じなのかと言う点も大問題である。

今回の講演では、低線量・低線量率放射線のリスクを解明するうえで、まずは低線量と低線量率の放射線被曝の基本となる素線量概念を紹介する。ついで低線量域でのリスク推定に従来から用いられている直線閾値無しモデル(LNT model: Linear Non-Threshold Model)について、これが前提としている放射線の発がんにおける役割と、それが意味する放射線の寄与の割合について論じる。また低線量率被曝における発がんリスクの推定に従来から用いられている低線量・低線量率効果係数(DDREF: Dose and Dose Rate effectiveness factor)の考え方とその問題点を議論する。最後に発がんの標的と考えられている組織幹細胞の組織内動態を取り上げ、これが低線量率放射線で誘発された前がん細胞の組織内挙動にどのように影響するかを考察し、それがリスク低減に果たしうる役割について議論する。これらの議論を通じて、低線量放射線の健康影響を考える上での基礎研究、臨床研究、さらに疫学研究が何を為すべきかを、今回の会合に参加の皆様方と考えたい。

福島原発事故緊急時に従事した東電原発作業員の体内被ばくと体外被ばく線量影響評価：
2164名の作業員の健康診断結果の解析

岡崎龍史、香崎正宙、甲斐倫明、姜英、久保達彦、大津山彰、佐渡敏彦、盛武敬、
立石清一郎、鈴木克典、森晃爾

【背景】

ヒトにおいて250mSv以下で血液データに影響しないとする報告は少ない。また、チェルノブイリ原発事故などにおいて、緊急作業に従事した多数の作業員の健康診断データを元にした大規模な健康影響評価研究は行われていない。今回、福島原発事故緊急時に従事した2,164名の東電作業員の健康診断のデータを解析したので報告する。

【方法】

東電男性職員2,164名(平均年齢41 ± 8.8歳)を対象とし、2006～12年の春と秋の健康診断の血液データ、喫煙状況、飲酒状況(週平均頻度×量)及び被ばく線量を用いて回帰解析を行い、体内被ばくと体外被ばくによる生体影響を解析した。

【結果】

2011年の福島原発事故では、内部被ばくした作業員の核種は約8割がI-131であり、血球系細胞が産生される骨髄線量に換算するとほとんどが1mSv以下であった。血液動態に影響しない線量と考えられるので、外部被ばく線量を含めて解析を行ったところ、正常範囲内であったが、骨髄線量依存的にヘモグロビン量が有意に増加した。喫煙も同様の増加傾向であった。一方、飲酒ではヘモグロビン量及び赤血球数が有意に減少していた。

2011年春の外部被ばく線量は0から184.8mSv(12.2 ± 20.8、中央値3.2mSv)で、年齢との相関がみられなかった。白血球分画で事故後有意に増加したものはあるが、いずれも正常範囲内での増加であった。

事故前5回以上血液データ、あるいは3回以上白血球分画データがあり、さらに事故直後それぞれの対応する数のデータがある作業員1642名及び621名において、外部被ばく線量と白血球数と赤血球数、リンパ球数、好中球数の変動を調べたところ、これらの間に関連は検出されなかった。

原発事故前後で喫煙本数の変わらなかった作業員1739名について、事故前後の血液動態の変化率を3群に分けて(非喫煙;喫煙1-16本未満;喫煙16本以上)調べたところ、外部被ばくによる血球系の正常範囲内での有意な変化が喫煙本数の少ない群でみられたが、喫煙16本以上でこれらの影響が観察されなくなった。

【考察】

2011年の福島原発事故による被ばくで有意な変化がみられた血液データは、かなり低線量であったため放射線による直接的な影響によるものであると考えにくい。そこで我々は、緊急時に全面マスクを装着して作業することで、低酸素状態によって顆粒球増加が誘導されたのではないかと考察した。今回の結果は、緊急作業時に従事した2,164名の大規模なデータによって、健康影響の解析検出力が増加したことを証明する結果となり、将来不測の事態で生じる可能性のある原発事故の健康影響評価の重要な指針となることが考えられる。また、被ばく線量に比べて、飲酒や喫煙による血球系の影響が明確にみられたので、長年にわたる廃炉作業に関わる作業員の健康影響を評価する際には、飲酒や喫煙の交絡因子を考慮することが重要である。