

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：85401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24390162

研究課題名(和文)原爆被爆者の長期追跡に基づく炎症関連疾患発生の分子疫学研究

研究課題名(英文)Molecular epidemiology study of inflammation-associated disease development on the basis of long-term follow-up of atomic-bomb survivors

研究代表者

林 奉権 (HAYASHI, Tomonori)

公益財団法人放射線影響研究所・放射線生物学/分子疫学部・副部長

研究者番号：70333549

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：原爆被爆者の胃がん(腸型とびまん型)、大腸がん(近位結腸がんと遠位結直腸がん)および乳がんについて放射線関連がん発生に対する遺伝的背景の影響を調べた結果、IL10遺伝子型が放射線に関連するびまん型胃がんの発生に関係するかもしれないこと、CD14とIL18遺伝子型が放射線関連遠位結直腸がんと近位結腸がんの発生、ATM遺伝子型が放射線関連乳がん発生に関連する可能性を見出した。

また、原爆被爆者の血液細胞内活性酸素(ROS)レベルに対する年齢と放射線被曝の影響を調べた結果、特にCD8+ T細胞の活性酸素レベルが年齢と被曝線量により増加しIL6R遺伝子型によって有意に異なることを見出した。

研究成果の概要(英文)：We examined the effect of genetic background on radiation-related cancer development regarding gastric (intestinal and diffuse types) cancer, colorectal (proximal and distal colorectal) cancer, and breast cancer among atomic bomb (A-bomb) survivors. As a result, we found that IL10 genotypes may be associated with the development of radiation-related diffuse-type gastric cancer, that CD14 and IL18 genotypes may be associated with radiation-related distal colorectal and proximal colon cancers, respectively, and that ATM genotypes may be associated with radiation-related breast cancer.

We investigated the effects of age and radiation exposure on ROS levels in blood cells derived from A-bomb survivors. As a results we found that ROS levels in CD8+ T cells in particular increased with age and radiation dose and that those levels were significantly different by IL6R genotypes.

研究分野：分子疫学

キーワード：ゲノム 放射線 炎症 活性酸素 分子疫学 遺伝子多型 放射線感受性 免疫

1. 研究開始当初の背景

(1)我が国では毎年新規に発生するがん患者の3.2%が診断用 X 線被曝によると推計した報告が2004年のLancetに掲載され、大きな衝撃を与えた。また、最近では福島第一原発事故により、将来にわたる放射線被曝の健康影響が憂慮されている。放射線影響研究所では1958年から原爆被爆者23,000人の成人健康調査を行ってきており、53年以上にわたって2年毎の各種血液検査を含む健康調査データが蓄積され、疾患発生の長期追跡調査が行われている。この調査により被爆者ががんや糖尿病、白内障など炎症関連疾患のリスクが被曝線量に比例して増大することが示された。また、疾患発生の長期追跡調査や健康調査だけでなく、末梢血を用いて多くの免疫・炎症関連生体指標を測定してきた。

(2)我々は放射線被曝の後影響の背後にある共通メカニズムの一つとして、免疫系への放射線の作用が長期にわたり継続したのではないかと考え研究を進めてきた。すなわち、原爆被爆者の血液試料を用いて、多くの免疫指標・血中炎症関連生体指標濃度、さらに、体細胞突然変異頻度、および末梢血リンパ球細胞の細胞質分裂阻害小核試験の個人差を長年にわたり測定した。その結果、原爆被爆者の被曝線量に比例した T 細胞機能の減弱、炎症関連生体指標の増加および突然変異頻度の増加が観察された。我々はこうした観察に基づき、放射線被曝による免疫の減弱が被爆者の加齢による持続性炎症状態の亢進を促進し、その結果、一部のがん、糖尿病、白内障などの炎症関連疾患のリスクが増大したという仮説を立て、免疫老化に及ぼす放射線被曝の作用メカニズムと疾患の罹患状況に関する大規模調査を行っている。

(3)放射線被曝の影響には大きな個人差が存在しており、それらが放射線関連疾患リスクの個人差に關与している可能性がある。この可能性を検証するために、我々はゲノム研究を行ってきた。これまでに、ある特定の HLA クラス II 遺伝子ハプロタイプを有する被爆者において、2 型糖尿病の発生リスクが被曝線量に依存して有意に増大することを明らかにした。また、NK 活性に關連する NKG2D ハプロタイプを同定、細胞の放射線感受性を調節する上皮成長因子受容体 (EGFR) の遺伝子のシトシン-アデニン(CA)繰り返し数多型と肺がん感受性の個人差との関係に放射線被曝が影響すること、さらに、炎症に關連するリンホトキシン A 遺伝子の *LTA* 252 遺伝子型が、日本人のびまん型非噴門部胃癌と相関し、放射線量と相互作用を示すことを明らかにした。これらの知見は、放射線被曝の健康影響が個体の炎症状態およびそれを規定する炎症関連遺伝子の遺伝子型によって修飾される可能性を示唆している。

2. 研究の目的

原爆被爆者集団に発生するがんなどの疾患リスクに關与する遺伝的要因と放射線被曝の関係を明らかにする目的で長年研究を進めてきた。本研究では、約 7,200 名の広島と長崎の原爆被爆者コーホートで見出された放射線関連疾患について、SNP アレイを用いて網羅的に關連遺伝子を調べ、複数の放射線関連疾患感受性遺伝子を同定する。さらに、疾患リスクにおける疾患感受性遺伝子間の相互作用、および放射線被曝線量との関係を明らかにする。また、ヒト血液細胞の DNA 損傷指標と活性酸素の測定結果を用いて、放射線感受性と炎症反応の個人差に關連する遺伝子を同定する。以上のアプローチを総合して、疾患感受性、放射線感受性の個人差に關連する遺伝的要因と放射線被曝との相互作用を解明し、放射線関連疾患の個別予防への基盤を構築する。

3. 研究の方法

(1)研究対象者 7,200 名の生活習慣、臨床検査データと免疫・炎症関連生体指標の測定結果を収集する。これまでに 7,200 名中、遺伝子解析の同意を得た対象者の血球成分から DNA 抽出を完了しているため、それらの DNA を匿名化し、SNP アレイおよび TaqMan-Allelic Discrimination 法による SNP 解析のための DNA サンプルの調製を行った。

(2)これまでに見出された胃がん、大腸がん、乳がん、肝細胞がん症例群について SNP アレイによる網羅的遺伝子多型の探索を行い、放射線関連がんに關連する遺伝子多型の解析を行った。SNP アレイ解析で關連の見出された遺伝子多型について、残りの症例とコーホートの DNA 試料を用いて TaqMan-Allelic Discrimination 法により疾患感受性遺伝子多型の解析を行った。

(3)これまでに測定してきた臨床検査、免疫関連細胞頻度(例えばナイーブ CD4、CD8 細胞頻度) および免疫・炎症関連生体指標の測定結果と同定された疾患感受性遺伝子多型との表現型と遺伝子型との關連について解析を行った。

(4)血液細胞内(リンパ球、単球、顆粒球およびリンパ球中のナイーブとメモリー CD4 および CD8T 細胞サブセット)の活性酸素(H_2O_2 と $O_2^{\cdot-}$)の測定法を確立している。この方法を用いて対象者 3,600 名について健康調査来所時に提供された血液試料の細胞内活性酸素の測定を行った。

(5)生体の炎症と深く關連があると考えられる血漿中の活性酸素測定法を開発した。この方法を用いて、健康調査のため来所し、保存される予定の対象者 3,600 名中 1,800 名の血液試料の血漿中活性酸素の測定を行った。

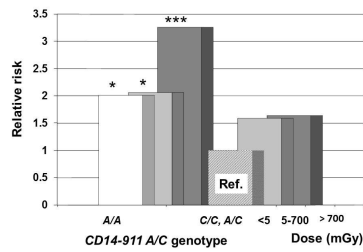
4. 研究成果

(1) *IL10* 野生型ホモ接合体と比較して *IL10* 変異型ホモ接合体の腸型胃がんの相対リスク (RR) は 2.2 (95%信頼区間(CI): 1.10 - 4.25) と有意に高い値を示した。すなわち、変異型 *IL10* 遺伝子は腸型胃がんのリスク因子であると考えられる。しかし、放射線被曝と腸型胃がんリスクの間に有意な関連性は見られず、また放射線被曝と *IL10* 遺伝子型の間に統計的な相互作用は見られなかった。*IL10* 遺伝子の変異型はびまん型胃がんのリスク因子ではなかったが、遺伝子型別に見た放射線被曝 1 Gy 当たりの過剰相対リスク (ERR) は *IL10* 遺伝子の野生型ホモ接合体においてのみ統計的に有意(0.46/Gy, 95%CI: 0.02-1.43)であった。一方、変異型ホモ接合体では放射線被曝の ERR 推定値がほぼ 0 であり、統計的有意性は見られなかった。従って、*IL10* 遺伝子の変異型はびまん型胃がんの放射線被曝に関連するリスクの上昇を抑制するように作用するのかもしれない。今回の原爆被曝者の調査により、*IL10* 遺伝子型が放射線に関連するびまん型胃がんの発生に関係する可能性が示唆されたことから、免疫・炎症関連遺伝子多型が放射線関連癌発生リスクの個人差に關与する可能性が考えられる。

(2) 放射線関連大腸がん症例について、*CD14* と *IL18* の 6SNPs の大腸がんの発生相対リスク(RR)に対する影響を調べた結果、高線量被曝者群で *CD14-911* A/A 遺伝子型は大腸がんリスクと遠位結直腸がんリスクが有意に高く、*IL18-137* G/G 遺伝子型は近位結腸がんリスクが有意に高いことを見出した(図 1)。また、*CD14* 遺伝子型と膜及び可溶性 *CD14* レベルの有意な関連、*IL18* 遺伝子型と血漿 *IL-18* レベル有意ではないが関連する傾向の結果を得た。これらの結果は、原爆被曝者の遠位結直腸がんの発生は *CD14* を介し、近位結腸がんの発生は *IL18* を介した炎症性応答と関連することが考えられた。

(3) DNA 修復関連遺伝子 *ATM* の特に遺伝子発現に関連することが考えられる 5'非翻訳領域の rs189037 の一塩基多型と放射線関連乳がん発生との関連を調べた結果、遺伝子型 *ATM-A/A* または *ATM-G/A* の非被曝者と比べて、遺伝子型 *ATM-G/G* と最も高い被曝線量群の組み合わせで乳がんの相対リスクが最大となったことから、*ATM* 遺伝子多型が原爆被曝者の放射線関連乳がんリスクの個人差に關与する可能性が考えられた(図 2)。

A. *CD14* 遺伝子型と遠位結直腸がん



B. *IL18* 遺伝子型と近位結腸がん

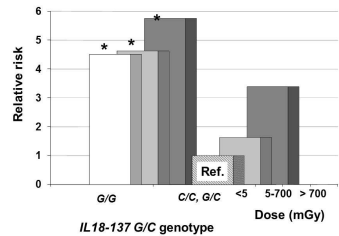


図1 *CD14* と *IL18* 遺伝子型群と放射線被曝線量群の組み合わせでの大腸がん相対リスク (* <0.05 , *** <0.001)

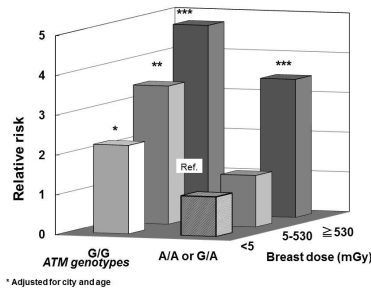


図2 *ATM* 遺伝子型群と放射線被曝線量群の組み合わせでの乳がん相対リスク (* <0.05 , ** <0.01 , *** <0.001)

(4) 血漿中活性酸素 (ROS) レベルと *IL-6*, *TNF- α* , *C*-反応性蛋白 (CRP), 赤血球沈降速度 (ESR), *IL-4*, *IL-10*, および免疫グロブリン (Igs) の血漿中レベルからなる 8 種類の炎症関連サイトカイン/指標により、原爆被曝者の過去の放射線被曝と自然老化の影響を個人について評価比較した。その結果、ROS, *IL-6*, CRP, および ESR の線形結合によって炎症状態を最もよく表すことができ、またそのスコアにより炎症に対する統計学的に有意な放射線と年齢の影響が明確に示されることを示した(図 3)。これらの結果は、総合的に判断して、放射線被曝が自然老化とともに原爆被曝者の持続的炎症状態を亢進している可能性を示唆していた。

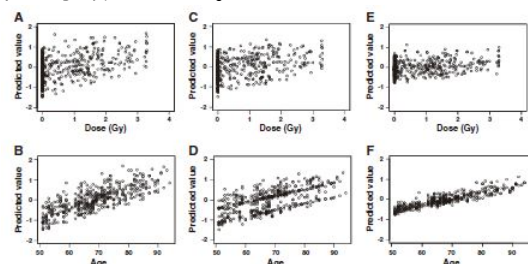


図3 炎症スコアに対する放射線と年齢の影響(第1スコア-Ros, *IL-6*, CRP と ESR; 第2スコア-TNF- α , ESR と Igs; 第3スコア-TNF- α , *IL-4* と *IL-10*) A&B) 第1スコア-vs 放射線または年齢、C&D) 第2スコア-vs 放射線または年齢、E&F) 第3スコア-vs 放射線または年齢

(5) 原爆被爆者 2,789 名から得られた血液細胞内活性酸素(ROS)レベルに対する年齢と放射線被曝の影響、さらに、ROS レベルと免疫・炎症関連遺伝子多型との関連について調べた。その結果、ROS の中でも O₂⁻レベルはリンパ球と顆粒球画分で、ともに年齢と被曝線量により増加し、T細胞、特に CD8⁺ T細胞の O₂⁻レベルは年齢と被曝線量により増加した(表 1)。細胞内 ROS レベルと遺伝子多型について調べた結果、T細胞の O₂⁻レベルが *IL6R* の遺伝子型によって有意に異なることを見出した(図 4)。

表 1. 血液細胞と T細胞サブセットにおける活性酸素(O₂⁻)への年齢と原爆放射線の影響

O ₂ ⁻ (HE)	Percent increment ^a (95% CI)			
	Gender (女性>男性)	Age (10年)	Smoking (20本)	Radiation (1 Gy)
リンパ球	-2.9 (-4.9, -0.9)	2.4 (1.0, 3.8)	9.8 (6.3, 13.4)	1.7 (0.4, 2.9)
単球	3.4 (1.1, 5.8)	2.6 (0.8, 4.4)	5.0 (1.4, 8.8)	NS
顆粒球	-5.1 (-7.0, -4.5)	4.6 (3.3, 6.0)	6.1 (2.8, 9.4)	1.5 (0.3, 2.7)
CD3 T細胞	-4.1 (-6.2, -2.1)	3.8 (2.3, 5.5)	7.9 (4.3, 11.5)	1.7 (0.3, 3.1)
CD4 T細胞	-4.4 (-6.6, -2.3)	3.9 (2.2, 5.6)	8.5 (4.8, 12.3)	NS ^b
ナイーブCD4 T細胞	-4.3 (-6.2, -2.4)	1.4 (0.0, 2.7)	5.7 (2.4, 9.1)	NS
メモリー CD4 T細胞	-4.4 (-6.4, -2.4)	2.8 (1.4, 4.2)	8.5 (5.1, 12.1)	NS
CD8 T細胞	-2.9 (-4.8, -0.9)	2.5 (1.0, 4.0)	6.2 (3.0, 9.6)	1.4 (0.1, 2.7)
ナイーブCD8 T細胞	-3.8 (-5.7, -2.0)	2.9 (1.6, 4.2)	4.6 (1.5, 7.7)	NS
メモリー CD8 T細胞	-2.4 (-4.3, -0.5)	2.1 (0.8, 3.4)	7.1 (3.9, 10.4)	1.2 (0.1, 2.4)

各要因の影響は活性酸素測定レベルの対数値を用いて多変量回帰モデルを用いて推定した。
^a% 増加, ^bNS:有意差なし。

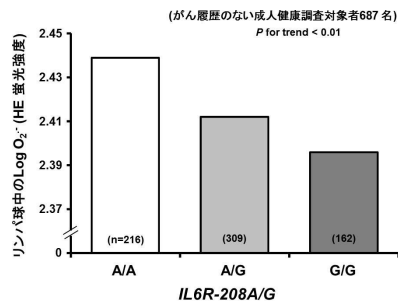


図 4. *IL6R* 遺伝子型別の活性酸素(O₂⁻)レベル

(6) *IL6R* の遺伝子型別に結腸直腸がん発生リスクと放射線被曝との関係を調べた。その結果、健常者を *IL6R* 遺伝子型により 2 群に分けたとき、*IL6R-A/A* に比べて *IL6R-A/G* または *IL6R-G/G* で血漿中 sIL-6R は有意に低値を示す一方、単球、顆粒球、リンパ球、T細胞、CD4⁺ヘルパーT細胞の mIL-6R は高値を示した(図 5)。

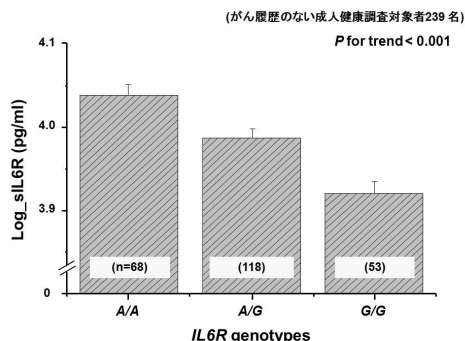
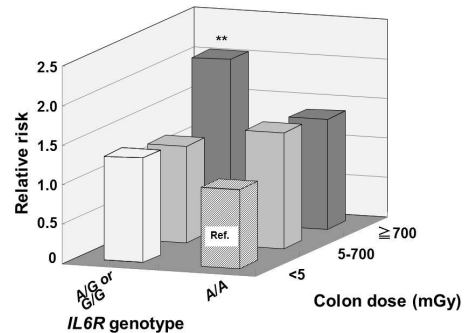


図 5. *IL6R* 遺伝子型別の血漿中可溶性 IL-6R レベル

(7) IMG コーホートを *IL6R* の遺伝子型 2 群と被曝線量 3 群 (<0.005Gy “非被曝”, 0.005-0.7Gy と >0.7Gy) の組み合わせに分けると、参照群 (*IL6R-A/A* で非被曝) に比べ、*IL6R-A/G* または *IL6R-G/G* の遺伝子型と最も高い被曝線量群の組み合わせで、結腸直腸がんの相対リスクが最大となった (RR = 2.05) (図 6)。



† Adjusted by city, age, and smoking status

図 6. *IL6R* 遺伝子型群と放射線被曝線量群の組み合わせでの大腸がん相対リスク† (**<0.01)

(8) 放射線関連大腸がん症例、乳がん症例と肝細胞がん症例について SNP array を用いた網羅的がん関連遺伝子多型(SNP)の探索を行った結果、高線量被曝者で特に大腸がんリスク、乳がんリスクと肝細胞がんリスクが有意に増加する可能性のある各々 28 種類、7 種類と 35 種類の SNP を見出した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 10 件)

Kyoizumi S, Kusunoki Y, Hayashi T. Flow cytometric quantification of mutant T cells with altered expression of the T-cell receptor: detecting somatic mutants in humans and mice. *Methods Mol Biol*, 1105:245-53, 2014. 査読有り

DOI: 10.1007/978-1-62703-739-6_19

Hu Y, Yoshida K, Kajimura J, Kyoizumi S, Kusunoki Y, Cologne JB, Ohishi W, Hayashi I, Nakachi K, Hayashi T. The relationship between *CD14* gene polymorphism and risks of colorectal cancer subsites among atomic bomb survivors. *Nagasaki Medical Journal*, 89:257-61, 2014. 査読無し

Kyoizumi S, Kubo Y, Kajimura J, Yoshida K, Hayashi T, Nakachi K, Young LF, Moore MA, van den Brink MR, Kusunoki Y. Linkage between dendritic and T cell commitments in human circulating hematopoietic progenitors. *J Immunol*. 2014 Jun 15;192(12):5749-60. 査読有り DOI: 10.4049/jimmunol.1303260

Yoshida K, Nakashima E, Kubo Y, Yamaoka M, Kajimura J, Kyoizumi S, Hayashi T, Ohishi W, Kusunoki Y. Inverse Associations between Obesity Indicators and Thymic T-cell Production Levels in Aging

Atomic-bomb Survivors. PLoS One, 9(3):e91985, 2014. 査読有り

DOI: 10.1371/journal.pone.0091985

Ohishi W, Cologne JB, Fujiwara S, Suzuki G, Hayashi T, Niwa Y, Akahoshi M, Ueda K, Tsuge M, Chayama K. Serum interleukin-6 associated with hepatocellular carcinoma risk: A nested case-control study. Int J Cancer, 134(1):154-63, 2014. 査読有り

DOI: 10.1002/ijc.28337

Kyoizumi S, Kubo Y, Kajimura J, Yoshida K, Imai K, Hayashi T, Nakachi K, Young LF, Moore MA, van den Brink MRM, Y Kusunoki. Age-associated changes in the differentiation potentials of human circulating hematopoietic progenitors to T- or NK-lineage cells. J Immunol, 190(12):6164-72, 2013. 査読有り

DOI: 10.4049/jimmunol.1203189

Yoshida K, Kusunoki Y, Cologne JB, Kyoizumi S, Maki M, Nakachi K, Hayashi T. Radiation-dose response of glycoprotein A somatic mutation in erythrocytes associated with gene polymorphisms of p53 binding protein 1.. Mutat Res, 755(1):49-54, 2013. 査読有り

DOI: 10.1016/j.mrgentox.2013.05.003

Hayashi T, Ito R, Cologne J, Maki M, Morishita Y, Nagamura H, Sasaki K, Hayashi I, Imai K, Yoshida K, Kajimura J, Kyoizumi S, Kusunoki Y, Ohishi W, Fujiwara S, Akahoshi M, Nakachi K. Effects of *IL-10* haplotype and atomic-bomb radiation exposure on gastric cancer risk. Radiat Res, 180(1):60-9, 2013. 査読有り

DOI: 10.1667/RR3183.1

Hayashi T, Morishita Y, Khattree R, Misumi M, Sasaki K, Hayashi I, Yoshida K, Kajimura J, Kyoizumi S, Imai K, Kusunoki Y, Nakachi K. Evaluation of systemic markers of inflammation in atomic-bomb survivors with special reference to radiation and age effects. FASEB J, 26:4765-73, 2012. 査読有り

DOI: 10.1096/fj.12-215228

Cologne J, Preston DL, Imai K, Misumi M, Yoshida K, Hayashi T, Nakachi K. Conventional case-cohort design and analysis for studies of interaction. Int J Epidemiol. 41:1174-86, 2012. 査読有り

DOI: 10.1093/ije/dys102

[学会発表](計 18 件)

林 奉権、IL6R 遺伝子型の機能的意義および原爆被爆者に発生する大腸がんリスクへの影響。第 43 回 日本免疫学会学術集会 2014/12/10-12 国立京都国際会館(京都市)。

林 奉権、原爆被爆者の放射線関連乳がん発生リスクに及ぼす ATM 遺伝子多型の影響。日本放射線影響学会第 57 回大会、

2014/10/1-3, かごしま県民交流センター(鹿児島市)。

林 奉権、IL6R 遺伝子多型および放射線被曝線量に基づく原爆被爆者の大腸がんリスク。第 73 回 日本癌学会学術総会, 2014/9/25-27, パシフィコ横浜(横浜市)。

林 奉権、原爆被爆者における血液細胞内活性酸素と年齢、放射線被曝及び免疫・炎症関連遺伝子多型との関係。第 23 回 日本組織適合性学会大会 2014/09/13-15 長崎大学坂本(医学部)キャンパス(長崎市)

林 奉権、IL6R 遺伝子型の機能的意義および原爆被爆者に発生する大腸がんリスクの遺伝子型別検討。第 21 回 日本免疫毒性学会学術年会 2014/09/11-12 徳島文理大学・国際会議場(徳島市)。

Hayashi T, Age and radiation effects on intracellular reactive oxygen species in the blood cells of atomic-bomb survivors and their association with immune-related biomarkers. 12th Japan-Korea Cancer and Aging Symposium 2014/6/19-21, Saitama Cancer Center (Ina-cho, Saitama).

Hayashi T, The association of reactive oxygen species in blood cells with age, past radiation exposure, and *IL-6R* gene polymorphisms. Immunology 2014 American Association Immunologists Annual Meeting, 2014/5/2-6, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

Hayashi T, Effects of *IL10* haplotypes and atomic-bomb radiation exposure on risks of gastric cancer subtypes. American Association for Cancer Research Annual Meeting, 2014/4/5-9, San Diego, California, USA.

林 奉権、原爆被爆者の血液細胞内活性酸素に及ぼす年齢・放射線被曝の影響と免疫指標との関連。日本放射線影響学会第 56 回大会, 2013/10/18-20, ホテルクラウンパレス青森(青森市)。

林 奉権、京泉誠之, 楠 洋一郎, 中地敬: 原爆被爆者における細胞内活性酸素レベルに及ぼす年齢と放射線被曝の影響。第 72 回 日本癌学会学術総会, 2013/10/3-5, パシフィコ横浜(横浜市)。

林 奉権、原爆被爆者における放射線関連結腸直腸がんリスクに対する CD14 と IL18 遺伝子多型の影響。第 22 回 日本組織適合性学会大会, 2013/9/14-16, コラッセふくしま(福島市)。

林 奉権、原爆被爆者の血液細胞内活性酸素産生に及ぼす年齢・喫煙・放射線被曝の

影響. 第20回 日本免疫毒性学会学術大会, 2013/9/12-13, 東海大学代々木キャンパス 4号館(東京都).

Hayashi T, Immunogenetic factors of chronic hepatitis C and hepatocellular carcinoma development observed in A-bomb survivors. The 15th International Congress of Immunology, 2013/8/22-27 Milan, Italy.

Hayashi T, Genetic susceptibility to radiation-associated colon and rectum cancers among atomic-bomb survivors. The 39th Annual Meeting of Korean Cancer Association, 2013/6/13-14, Seoul, South Korea.

林 奉権, 加齢と放射線の影響に特に関連した原爆被爆者の炎症状態の評価. 第41回 日本免疫学会総会・学術集会, 2012/12/5-7, 神戸国際会議場(神戸市).

林 奉権, 原爆被爆者コーホートでみられた肝炎ウイルス感染と肝細胞発がんの免疫遺伝学的要因, 第21回 日本組織適合性学会大会, 2012/9/15-17, 明治大学(駿河台キャンパス)アカデミーコモン・リバティータワー(東京都).

林 奉権, *IL10* ハプロタイプと原爆放射線被曝が胃癌リスクに及ぼす影響. 日本放射線学会第55回大会, 2012/9/6-8, 東北大学川内北キャンパス(仙台市).

林 奉権, 放射線関連がんの分子疫学. 第35回日本がん疫学・分子疫学研究会総会, 2012/7/5-6日, アステールプラザ(広島市).

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.rerf.or.jp/dept/radi/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 奉権 (HAYASHI, Tomonori)
公益財団法人 放射線影響研究所・放射線生物学/分子疫学部・副部長
研究者番号: 70333549

(2) 研究分担者

徳永 勝士 (TOKUNAGA, Katsushi)
東京大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号: 40163977

(3) 連携研究者

中地 敬 (NAKACHI, Kei)
公益財団法人 放射線影響研究所・顧問
研究者番号: 00142117

小川 貴彦 (OGAWA, Takahiko)
公益財団法人 放射線影響研究所・放射線生物学/分子疫学部・研究員
研究者番号: 90399626