

令和 4 年 8 月 30 日現在

機関番号：21601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12354

研究課題名（和文）福島県浪江町に生息するプラナリアを用いた低線量放射線の影響調査

研究課題名（英文）Low-Dose radiation effects on freshwater planarian (*Dugesia japonica*), in Fukushima

研究代表者

有吉 健太郎 (Ariyoshi, Kentaro)

福島県立医科大学・公私立大学の部局等・准教授

研究者番号：50462750

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、豊富な幹細胞を持つ淡水生プラナリア（ナミウズムシ）に着目し、福島の放射線汚染地域に生息しているプラナリアの放射線影響を調べることを目的とした。まず、対照地域（青森）と比較して、福島汚染地域のプラナリア個体において放射性物質の蓄積が見られた。また、福島汚染地域のプラナリア個体において、切断後の再生能力の低下（尾部）が見られ、DNA酸化損傷（8-oxo-dG）の増加が認められた。これらの結果から、福島汚染地域のプラナリアにおいて低線量放射線が再生能力低下をもたらしていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福島原子力発電所の事故により飛散した放射性物質による野生動植物への影響は依然として不明な部分が多い。本研究は体内に豊富な幹細胞を持つプラナリアを用いて、幹細胞への長期低線量放射線被ばく影響を調べることを目的とした。その結果、プラナリア体内に蓄積した放射性物質によって、再生能力の低下（幹細胞の増殖低下）が認められたことから、低線量の放射線であっても、野生動物の細胞、特に幹細胞においては若干の増殖抑制を引き起こすほどの影響が見られることが判明した。環境放射線が野生動物幹細胞にもたらす影響を調べた研究はほとんど報告されておらず、放射線の環境影響を考える上で非常に重要な結果であると思われる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the radiation effects of planarians living in the radiation-contaminated areas of Fukushima, focusing on stem cells. First, accumulation of radioactive materials was observed in planarian in the Fukushima contaminated area compared to the control area (Aomori). In addition, in planarian individuals in the Fukushima-contaminated area, a decrease in regenerative capacity (tail), and an increase in DNA oxidative damage (8-oxo-dG) were observed. These results suggest that low-dose radiation causes a decline in regenerative capacity in planarians in the contaminated area of Fukushima.

研究分野：放射線生物学

キーワード：環境放射線 幹細胞影響 野生動物 プラナリア

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質は、事故後 11 年が経過した現在においても、多くの山間部や河川環境では除染は行なわれていない。そうした放射性物質で汚染された地域に生息している生物にとって、低線量慢性被ばくはなんらかの影響を及ぼしていることが考えられる。しかし、福島の汚染地域における低線量・低線量率放射線の生物影響、特に野生動物への低線量放射線の影響は依然として未解明である。申請者は、福島の汚染地域に生息している野生アカネズミにおいて、骨髓中の造血前駆細胞が減少していることを見出している。このことから、低線量・低線量率放射線が、野生動物の幹細胞や前駆細胞に対して増殖抑制、あるいは細胞死を引き起こしていることが考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、体内に豊富な幹細胞を持つプラナリアに着目し、放射線汚染地域の河川に生息しているプラナリアの放射線影響を調べることを目的とした。低線量の放射線を浴びた際に、幹細胞にどのような影響が生じるのか、特に野生動物の幹細胞にどのような影響が生じるのかを調べた研究は、これまでにほとんど報告されていない。本研究において着目するプラナリアは、その体内に 30% ほどの幹細胞を有しており、幹細胞の研究対象としてこれまでに多くの知見をもたらしてきており、幹細胞への低線量慢性被ばくを解析する試料として非常に有用であると考えられる。

3. 研究の方法

淡水生プラナリアのナミウズムシ (*Dugesia japonica*) を指標とし、福島県浪江町に生息しているプラナリアと、対照地域(青森県)のプラナリアへの放射性物質の体内への蓄積の有無を調べる。また、DNA の酸化的損傷 (8-oxo-dG) の頻度を調べるとともに、幹細胞の増殖能力を調べるため、切断後の再生速度を比較することで、プラナリアを指標とした野生動物幹細胞への低線量放射線影響を評価検討する。

4. 研究成果

青森県の河川(弘前:ND) および福島県の汚染地域(草薙:Cs137; 37.8 ± 2.4 mBq/kg、小倉沢:Cs137; 96.6 ± 3.4 mBq/kg) で捕獲した個体を頭部と尾部に切断し、再生の速度を比べた。その結果、いずれの生息地の個体頭部において再生能力に差は見られなかったが、尾部の再生において、青森県の個体と比較して、汚染地域の個体において有意に再生の遅延が見られた(図1)

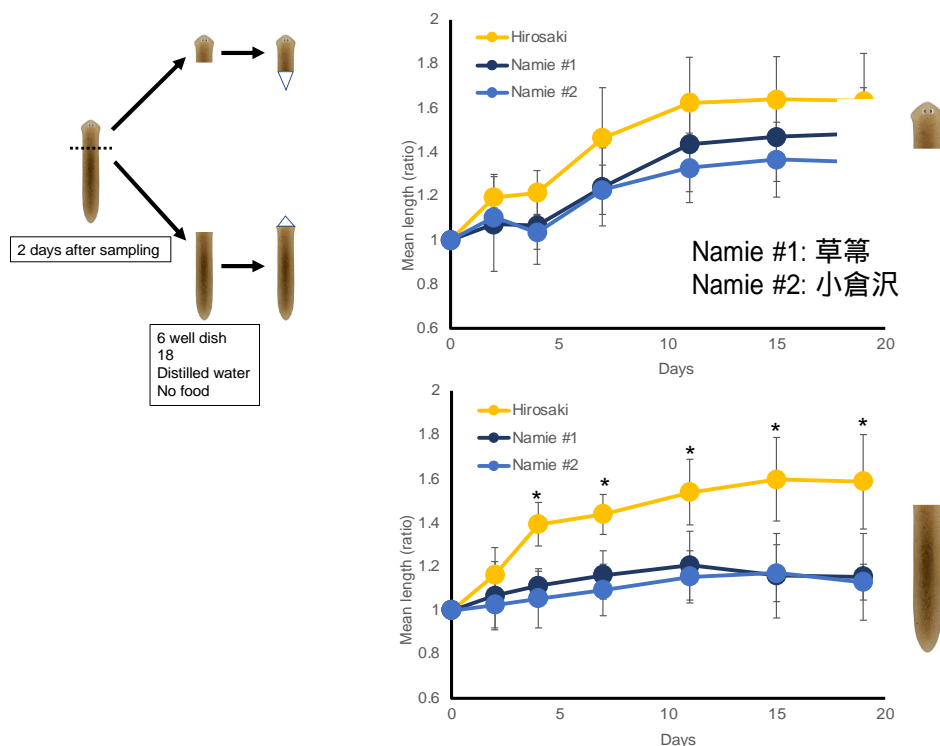


図1. 再生能力の比較

また、イメージングプレートを用いたプラナリア個体内部の放射性物質の蓄積を調べたところ、

青森県の個体と比較して福島県の個体において放射性物質の蓄積を確認した（図 2）。またプラナリアの餌となる川虫などを調べた結果、放射性物質の蓄積が見られたことから、プラナリア体内に蓄積していた放射性物質は餌を通して生体に蓄積されたものと思われる。

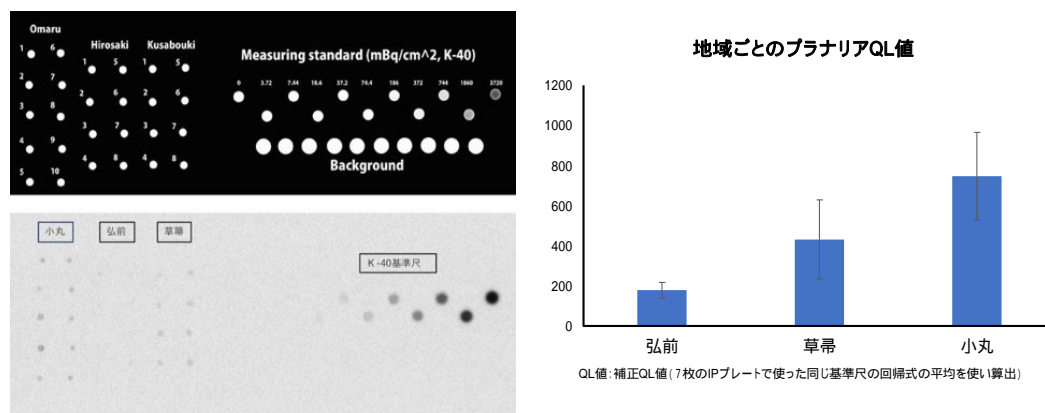


図 2. プラナリア試料の放射性物質の測定 (IP)

汚染地域のプラナリア個体尾部において、再生能力の低下が見られ、個体内に放射性物質の蓄積が確認されたことから、汚染地域にすむプラナリア体内に DNA 損傷の蓄積が予想される。DNA の酸化損傷である 8-oxo-dG の定量化を行ったところ、青森県の個体と比較して福島県の個体において 8-oxo-dG 量の高い傾向が見られた（図 3）。

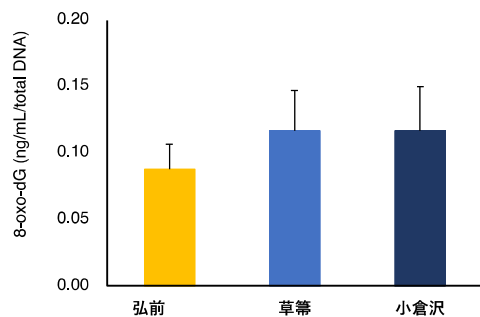


図 3. プラナリア試料の 8-oxo-dG の定量化

これらの結果から、放射性物質で汚染された地域に棲むプラナリアは体内に放射性物質が蓄積されており、DNA 損傷の頻度も高い傾向が見られたことから、主に食物に由来する放射性物質による低線量放射線被ばくによって幹細胞の再生能力がやや低下していることが考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Fujishima Yohei, Nakata Akifumi, Ujiie Risa, Kasai Kosuke, Ariyoshi Kentaro, Goh Valerie Swee Ting, Suzuki Kojun, Tazoe Hirofumi, Yamada Masatoshi, Yoshida Mitsuaki A., Miura Tomisato	4. 巻 -
2. 論文標題 Assessment of chromosome aberrations in large Japanese field mice (<i>Apodemus speciosus</i>) in Namie Town, Fukushima	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2020.1787548	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Etani Reo, Ojima Mitsuaki, Ariyoshi Kentaro, Fujishima Yohei, Kai Michiaki	4. 巻 96
2. 論文標題 Cellular kinetics of hematopoietic cells with <i>Sfp1</i> deletion are present at different frequencies in bone-marrow and spleen in X-irradiated mice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 1119~1124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2020.1793018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mothersill Carmel E., Oughton Deborah H., Schofield Paul N., Abend Michael, Adam-Guillermin Christelle, Ariyoshi Kentaro, Beresford Nicholas A., Bonisoli-Alquati Andrea, et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 From tangled banks to toxic bunnies; a reflection on the issues involved in developing an ecosystem approach for environmental radiation protection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 1~16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2020.1793022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ariyoshi Kentaro, Miura Tomisato, Kasai Kosuke, Goh Valerie Swee Ting, Fujishima Yohei, Nakata Akifumi, Takahashi Atsushi, Shimizu Yoshinaka, Shinoda Hisashi, Yamashiro Hideaki, Seymour Colin, Mothersill Carmel, Yoshida Mitsuaki A.	4. 巻 -
2. 論文標題 Environmental radiation on large Japanese field mice in Fukushima reduced colony forming potential in hematopoietic progenitor cells without inducing genomic instability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2020.1807643	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kasai Kosuke, Ito Yudai, Nitta Akihide, Ariyoshi Kentaro, Nakamura Toshiya, Miura Tomisato	4. 巻 104
2. 論文標題 Metal coordination by L-amino acid oxidase derived from flounder <i>Platichthys stellatus</i> is structurally essential and regulates antibacterial activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 9645 ~ 9654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00253-020-10914-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Goh Valerie Swee Ting, Nakayama Ryo, Blakely William F., Abe Yu, Chua Christelle En Lin, Chew Zi Huai, Nakata Akifumi, Fujishima Yohei, Yoshida Mitsuaki A., Kasai Kosuke, Ariyoshi Kentaro, Miura Tomisato	4. 巻 97
2. 論文標題 Improved harvest and fixation methodology for isolated human peripheral blood mononuclear cells in cytokinesis-block micronucleus assay	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 194 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2021.1844338	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ariyoshi Kentaro, Hiroyama Yota, Fujiwara Naoya, Miura Tomisato, Kasai Kosuke, Nakata Akifumi, Fujishima Yohei, Ting Goh Valerie Swee, Yoshida Mitsuaki A	4. 巻 62
2. 論文標題 Extracellular vesicles released from irradiated neonatal mouse cheek tissue increased cell survival after radiation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 73 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa106	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Komatsu Kazuki, Iwasaki Tsugumi, Murata Kosuke, Yamashiro Hideaki, Goh Valerie Swee Ting, Nakayama Ryo, Fujishima Yohei, Ono Takumi, Kino Yasushi, Simizu Yoshinaka, Takahashi Atsushi, Shinoda Hisashi, Ariyoshi Kentaro, Kasai Kosuke et al.	4. 巻 56
2. 論文標題 Morphological reproductive characteristics of testes and fertilization capacity of cryopreserved sperm after the Fukushima accident in raccoon (<i>Procyon lotor</i>)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Reproduction in Domestic Animals	6. 最初と最後の頁 484 ~ 497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rda.13887	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fujishima Yohei, Kino Yasushi, Ono Takumi, Goh Valerie Swee Ting, Nakata Akifumi, Ariyoshi Kentaro, Kasai Kosuke, Toyoda Tadashi, Akama Toru, Tazoe Hirofumi, Yamada Masatoshi, Yoshida Mitsuaki A., Miura Tomisato	4. 巻 18
2. 論文標題 Transition of Radioactive Cesium Deposition in Reproductive Organs of Free-Roaming Cats in Namie Town, Fukushima	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 1772 ~ 1772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph18041772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shiromoto Yusuke, Sakurai Masayuki, Minakuchi Moeko, Ariyoshi Kentaro, Nishikura Kazuko	4. 巻 12
2. 論文標題 ADAR1 RNA editing enzyme regulates R-loop formation and genome stability at telomeres in cancer cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-21921-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohdaira T, Meguro K, Komatsu K, Syoji R, Fujishima Y, Swee Ting Goh V, Kasai K, Ariyoshi K, Nakata A, Urushihara Y, Koarai K, Kino Y, Sekine T, Suzuki M, Takahasi A, Shimizu Y, Shinoda H, Yoshida MA, Fukumoto M, Yamashiro H, Miura T	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis of Radioactive Elements in Testes of Large Japanese Field Mice Using an Electron Probe Micro-Analyser after the Fukushima Accident	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IntechOpen	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5772/intechopen.84634	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Goh Valerie Swee Ting, Fujishima Yohei, Abe Yu, Sakai Akira, Yoshida Mitsuaki A., Ariyoshi Kentaro, Kasai Kosuke, Wilkins Ruth C., Blakely William F., Miura Tomisato	4. 巻 95
2. 論文標題 Construction of fluorescence in situ hybridization (FISH) translocation dose-response calibration curve with multiple donor data sets using R, based on ISO 20046:2019 recommendations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Radiation Biology	6. 最初と最後の頁 1668 ~ 1684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09553002.2019.1664788	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ojima Mitsuaki, Hirouchi Tokuhisa, Etani Reo, Ariyoshi Kentaro, Fujishima Yohei, Kai Michiaki	4. 巻 192
2. 論文標題 Dose-Rate-Dependent PU.1 Inactivation to Develop Acute Myeloid Leukemia in Mice Through Persistent Stem Cell Proliferation After Acute or Chronic Gamma Irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Research	6. 最初と最後の頁 612 ~ 612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1667/RR15359.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ariyoshi Kentaro, Miura Tomisato, Kasai Kosuke, Fujishima Yohei, Nakata Akifumi, Yoshida Mitsuaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Radiation-Induced Bystander Effect is Mediated by Mitochondrial DNA in Exosome-Like Vesicles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-45669-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakata Akifumi, Sato Keisuke, Fujishima Yohei, Ting Valerie Goh Swee, Nakayama Kanade, Ariyoshi Kentaro, Tsuruoka Chizuru, Shang Yi, Iizuka Daisuke, Kakinuma Shizuko, Yamashiro Hideaki, Miura Tomisato	4. 巻 10
2. 論文標題 Evaluation of Global DNA Methylation and Gene Expression of Izumo1 and Izumo1r in Gonads after High- and Low-Dose Radiation in Neonatal Mice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biology	6. 最初と最後の頁 1270 ~ 1270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biology10121270	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 三浦富智、伊東杏、矢部優太、藤嶋洋平、金浜朱希、Valerie Goh、越後谷直樹、有吉健太郎、葛西宏介、中田章史、石橋恭之、真里谷靖、吉田光明
2. 発表標題 医療被ばく及び職業被ばくにおける染色体異常解析
3. 学会等名 日本放射線影響学会 第63回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kentaro Ariyoshi
2. 発表標題 Workshop 6: Radiobiology meets radioecology: Evidence for transgenerational and "memory" effects after low doses of ionising radiation
3. 学会等名 International Congress of Radiation Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Ariyoshi
2. 発表標題 Possible Low-Dose radiation effects on wild animals, large Japanese field mice (<i>Apodemus speciosus</i>) and freshwater planarian (<i>Dugesia japonica</i>), in Fukushima
3. 学会等名 日本放射線影響学会 第64回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中野 学 (Nakano Manabu) (10436016)	弘前大学・保健学研究科・助教 (11101)	
研究分担者	三浦 富智 (Miura Tomisato) (20261456)	弘前大学・被ばく医療総合研究所・教授 (11101)	
研究分担者	葛西 宏介 (Kasai Kosuke) (50400148)	弘前大学・保健学研究科・准教授 (11101)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田副 博文 (Tazoe Hirofumi) (60447381)	弘前大学・被ばく医療総合研究所・准教授 (11101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関