

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H04135

研究課題名(和文)メダカをモデルとする低線量率被ばくがもたらす全身性炎症反応の解明

研究課題名(英文)Inflammation from low dose irradiation in Medaka

研究代表者

三谷 啓志(Mitani, Hiroshi)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：70181922

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,100,000円

研究成果の概要(和文)：野生型メダカに7日間にわたって総線量100mGyのガンマ線を照射した。全身の連続組織切片を用いて各器官の組織変化を調べた。B型精母細胞の数の減少と、鰓上皮の増殖の低下が観察された。精巢卵形成には、線量率効果がなく、50mGy急性照射で精巢卵が生成された。トランスクリプトーム解析では、解糖系やペントースリン酸経路に関連する遺伝子の発現が抑制されていた。また、抗酸化に重要な役割を果たすNADPHの産生が亢進していた。照射中の遊泳行動をビデオ撮影し、数値化すると照射魚の遊泳行動は、照射期間の5日目と6日目に向上した。クロレラを摂取すると、サイトカインと炎症メディエーター遺伝子の発現が低下した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慢性的な炎症状態の持続は様々な疾患の原因となることが近年急速に明らかになっているが、軽微な炎症反応は自然と治癒・沈静化するためにこれまで大きな注意を払われてこなかった。低線量率長期被ばくが脊椎動物(メダカ)の体のハード(組織構築)とソフト(行動と遺伝子発現パターン)に与えるインパクトを網羅したデータを収集し、RNA-Seq解析とマクロファージと好中球の動態と精巢卵形成が低線量率長期被ばくの生物影響評価に有効な指標となることが明らかにされた。照射下での遊泳行動には、変化が認められたので、再現性と線量依存性の確認が必要である。また、未成熟期での亞致死線量照射に発癌抑制効果があることを示した。

研究成果の概要(英文)：Wild-type medaka was irradiated with a total dose of 100 mGy gamma rays over seven days. At seven days after irradiation, the pathological examination of each organ was performed in serial tissue sections of the whole body. A decrease in the number of type B spermatogonial cells and a reduction in the proliferation of gill epithelium were observed. Transcriptome analysis showed that the expression of genes related to glycolytic and pentose phosphate pathways was suppressed. The production of NADPH, which plays an important role in antioxidation, was enhanced. The swimming behaviors during the irradiation were videotaped and quantified. The swimming activity of the irradiated fish was enhanced at 5 and 6 days of irradiation period. Chlorella feeding reduced the expression of cytokines and inflammatory mediator genes that promote neutrophil activity and mobilization and macrophage activity associated with inflammatory responses.

研究分野：放射線生物学

キーワード：放射線 炎症 遺伝子 メダカ 精巢卵 腎臓 好中球

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

低線量率被ばくで誘導される DNA 損傷応答は弱く、組織の中の高感受性細胞集団に局限される。むしろ放射線の間接作用により生成された活性酸素 (ROS) 等がミクログリア、マクロファージ等の免疫担当細胞を活性化することを介して炎症が惹起されると考えられている。急性被ばくなどの影響と比べて顕著でないことから実験的解析が困難であった低線量率長期被ばくの生物影響として、疫学的知見から炎症による症状が、注目されている。炎症部位では酸化ストレスが増大し、ROS、サイトカインなどが免疫細胞をさらに活性化して炎症が悪化・維持され、免疫細胞が沈静化するまでその状況が持続する。最近、心血管疾患や白内障に対して低線量放射線を含む各種ストレスによる慢性的炎症が様々な疾患の原因となっていることが注目され、その定量的評価と機構解明が大きな課題となっている。

我々は、地上の 100 倍の宇宙放射線にばく露される国際宇宙ステーションに長期滞在したメダカでは、全身性の炎症を起こしていることを応募者らに見出した (Murata et al., 2015)。一方で、色素細胞特異的な mitf プロモーターの下で癌遺伝子 xmrk をメダカに遺伝子導入すると、色素沈着や色素細胞腫瘍が誘発される。xmrk 遺伝子を導入した未熟なメダカに 1Gy の放射線を照射し、腫瘍の進行を数値化したところ、放射線が xmrk 遺伝子で誘導される皮膚がんを系統間で異なる程度で抑制することが示された (Dutta et al., 2020)。

2. 研究の目的

メダカはゼブラフィッシュと並ぶ生命科学の主要なモデル動物の一つであり、かつ我が国を中心に放射線生物影響の研究のための実験動物として長い歴史があり、様々な知見が蓄積している。小さなボディサイズは、ガンマ線照射装置での低線量率長期照射実験も容易とし、メンテナンスフリーでの長期連続照射実験とその間の行動記録が可能である。本研究は、行動、組織病理および遺伝子発現の 3 つの視点から、低線量率放射線の長期被ばくによる炎症をはじめとする全身性の影響を、動物個体において網羅的に情報収集し、ヒトにおける低線量率放射線の長期被ばく影響評価の参照となるデジタルデータベースを構築し、被ばく影響を特徴付ける指標を見つけ、抗酸化能・抗炎症機能を向上させる環境因子を見つけることを目的とする。本年度は、組織内の免疫細胞の挙動と全身 RNA 発現の解析を実施して、クロレラ食餌の炎症にたいする影響と放射線応答を解析した。

3. 研究の方法

京都大学放射線生物研究センターの¹³⁷Cs ガンマ線照射装置を使用し、7日間 (合計 10,080 分) かけて総線量 100 mGy となるようにガラス製の水槽 (幅 30 cm、奥行 10 cm、高さ 25 cm) を照射室に設置した (図 1)。ガンマ線による慢性照射実験中の 7 日間は水槽中でメダカを自由遊泳させ、1 日 1 回照射装置を停止し粉餌 (Tetra-fin) を給餌した。また毎日水質検査を行い、水質が悪化して

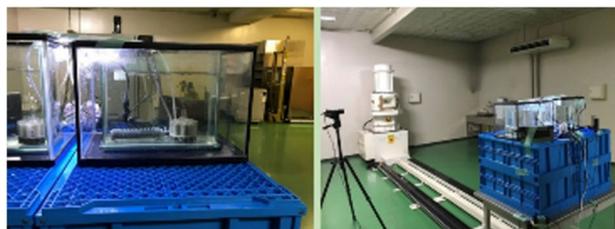


図 1 京都大学放射線生物研究センターでの慢性照射実験

いる場合には飼育水の交換を行った。照射期間中は、メダカの遊泳行動をビデオ撮影して比較を行い、照射期間中にメダカ健康状態が悪化していないことを確認した。非照射コントロールとして、野生型メダカ成魚を同様に東京大学柏キャンパスから京都大学放射線生物研究センターに輸送し、京都大学放射線生物研究センター内の照射区域外にて同じ期間、同じ方法にて飼育した。抗炎症効果の報告のあるクロレラ藻体を飼育水に懸濁させた後、小型水槽 (4 匹を収容) には、1 日あたり 5.744×10^7 個のクロレラ細胞を 14 日間与えた。クロレラ食餌有無の 2 群について、10Gy 放射線照射後 24 時間で、サンプリングした。安楽死後、Davidson 氏固定液による化学固定した後にメダカ成魚の口先から肛門の位置まで横断面で厚さ $5 \mu\text{m}$ に薄切し、全身組織切片を作製した。HE 染色と抗 PCNA 抗体、抗 MPX 抗体と抗 CAPG 抗体により組織内の増殖細胞、好中球とマクロファージを組織切片上で特異的に検出した。ガンマ線低線量率照射期間中のメダカを連続ビデオ録画し、UMATracker (個体追跡ソフト) で遊泳速度と加速度の解析を行った。

4. 研究成果

メダカ成魚をモデルとして、低線量（率）慢性 100 mGy 放射線によって脊椎動物個体に誘導される生物影響を評価した。照射終了後さらに非照射状態で 7 日間飼育した後に全身の連続組織切片の作製による各臓器の病理組織とトランスクリプトーム解析を全身、精巢、腸において行なった。精巢の B 型精原細胞が一時的に細胞死を引き起こして 28 日後には、完全に回復していた。p53 変異体メダカを 50mGy、100mGy を急照射した場合には、精巢卵が 7 日後に生じた（図 2）。この系統

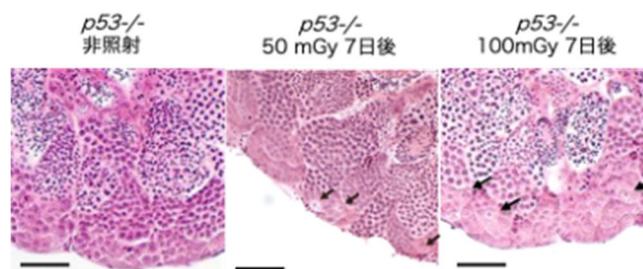


図 2 低線量放射線で p53 変異体メダカ精巢に誘導される精巢卵（矢印）

を用いた低線量率照射実験がコロナ禍のため実施できなかったが、総線量 5Gy では、精巢卵形成については、線量率非依存的に形成されることを確認した。鰓上皮では細胞増殖をしている細胞の減少が見られた。腸上皮や筋肉では組織像の異常は、認められなかった。

全身のトランスクリプトーム解析では、オスとメスで共通して解糖系およびペントースリン酸経路に関する遺伝子が発現抑制された。抗酸化に重要な役割を持つ NADPH の産生が促進され、ATP が不足した状態にあることが推測された。組織像で変化のなかった腸では、リソソーム関連遺伝子の発現抑制と小胞体ストレス関連遺伝子の発現上昇が認められた。ATP 不足によってリソソームの機能低下が起こり、補填するために小胞体ストレス関連遺伝子を発現上昇している可能性がある。

ガンマ線照射期間中のメダカを連続ビデオ録画し、遊泳行動を数値化し UMATracker（個体追跡ソフト）で解析を行った。100 mSv の低線量ガンマ線中の 1 週間の連続録画が可能な録画システムを照射室に設置し、1 週間にわたりコントロール群及び照射群の全遊泳行動をビデオ録画した。その映像から 1 時間ごとに 5 分間のメダカの動きの数値化データを UMATracker（個体追跡ソフト）で抽出し比較を可能とした。遊泳速度と加速度データでコントロール群と照射 5 日目と照射 6 日目では遊泳行動に違いがあったが、低線量率放射線によるものか再現性の検証が必要である。

メダカの造血組織である腎臓への放射線局所照射では、末梢血の細胞密度が低下し、造血細胞に細胞死や細胞周期の停止が起こり、赤血球の供給が一過性に停止することが示唆されている。魚類では、好中球やマクロファージは、哺乳類と腎臓で分化成熟し、感染細胞を貪食したり、様々なサイトカインや炎症性メディエーターを分泌するなど、炎症反応において哺乳類と同様に重要な役割を果たしている。メダカでも抗 MPX 抗体と抗 CAPG 抗体により好中球とマクロファージを組織切片上で特異的に検出される。高線量ガンマ線照射後、心臓のマクロファージと好中球が減少する傾向が見られ、脾臓でも減少した。また、腎臓の好中球も減少した。特に心臓は、組織切片での好中球の動態が観察しやすいことが明らかになった。さらに、RNA-Seq 解析では、炎症反応に関連するいくつかの生物学的プロセスが放射線照射により低下し、好中球やマクロファージの活性や動員を促進するその他の炎症メディエーター遺伝子の発現も低下した。

微細藻類のクロレラの成分には抗炎症作用があり、炎症性メディエーターや特定のサイトカインの産生を抑制するという研究結果も多く報告されている。クロレラを摂取すると、心臓と脾臓のマクロファージの数と好中球の数が減少したが腎臓の好中球の数は変化しなかった。また、炎症反応に関連する好中球の活動や動員を促進したり、マクロファージの活動を促進したりするサイトカインやその他の炎症メディエーター遺伝子の発現が低下したことからクロレラ食餌に抗炎症効果があることが示唆された。

引用文献

Dutta, B., T. Asami, T. Imatomi, K. Igarashi, K. Nagata, T. Asaka-Watanabe, T. Yasuda, S. Oda, M. Schartl, H. Mitani, (2021). Strain difference in transgene-induced tumorigenesis and suppressive effect of ionizing radiation. *J.Radiat.Res.* 62(1) 12-24.

Murata, Y., T. Yasuda, T. Watanabe-Asaka, S. Oda, A. Mantoku, K. Takeyama, M. Chatani, A. Kudo, S. Uchida, H. Suzuki, F. Tanigaki, M. Shirakawa, K. Fujisawa, Y. Hamamoto, S. Terai, H. Mitani. (2015). Histological and transcriptomic analysis of adult Japanese medaka sampled onboard the international space station. *PLoS One* 10(10): e0138799.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 7件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Dutta Bibek, Asami Taichi, Imatomi Tohru, Igarashi Kento, Nagata Kento, Watanabe-Asaka Tomomi, Yasuda Takako, Oda Shoji, Shartl Manfred, Mitani Hiroshi	4. 巻 62
2. 論文標題 Strain difference in transgene-induced tumorigenesis and suppressive effect of ionizing radiation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 12～24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/jrr/rraa103	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 該当する
1. 著者名 Yasuda Takako, Funayama Tomoo, Nagata Kento, Li Duolin, Endo Takuya, Jia Qihui, Suzuki Michiyo, Ishikawa Yuji, Mitani Hiroshi, Oda Shoji	4. 巻 9
2. 論文標題 Collimated Microbeam Reveals that the Proportion of Non-Damaged Cells in Irradiated Blastoderm Determines the Success of Development in Medaka (<i>Oryzias latipes</i>) Embryos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biology	6. 最初と最後の頁 447～447
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/biology9120447	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 Matsumoto Yoshifumi, Oda Shoji, Mitani Hiroshi, Kawamura Shoji	4. 巻 12
2. 論文標題 Orthologous Divergence and Paralogous Anticonvergence in Molecular Evolution of Triplicated Green Opsin Genes in Medaka Fish, Genus <i>Oryzias</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Genome Biology and Evolution	6. 最初と最後の頁 911～923
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/gbe/evaa111	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 Sayed Alaa El-Din H., Watanabe-Asaka Tomomi, Oda Shoji, Kashiwada Shosaku, Mitani Hiroshi	4. 巻 27
2. 論文標題 -H2AX foci as indication for the DNA damage in erythrocytes of medaka (<i>Oryzias latipes</i>) intoxicated with 4-nonylphenol	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 18966～18971
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11356-018-2985-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 該当する

1. 著者名 Sayed AE-DH, Soliman HAM, Mitani H.	4. 巻 18
2. 論文標題 UVA-induced neurotoxicity in Japanese medaka (<i>Oryzias latipes</i>).	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Photochem Photobiol Sci.	6. 最初と最後の頁 71-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8PP00169C	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 Katsumura T, Oda S, Mitani H, Oota H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Medaka population genome structure and demographic history described via genotyping-by-sequencing.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 G3 Genes, Genomes, Genet.	6. 最初と最後の頁 217-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1534/g3.118.200779	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 松田朝陽, 高橋悟, 川端邦明, 尾田正二, 金子俊一	4. 巻 139
2. 論文標題 メダカの行動解析に向けた遊泳軌跡抽出手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 424-432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.139.424	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 永田 健斗, 保田 隆子, 尾田 正二, 三谷 啓志	4. 巻 54
2. 論文標題 低線量率放射線によって誘導されるメダカ精巣卵	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 放射線生物研究	6. 最初と最後の頁 198-209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Watanabe-Asaka Tomomi, Oda Shoji, Mitani Hiroshi	4. 巻 83
2. 論文標題 Development of a Misrepair Visualization Assay in the Live Embryo of <i>Oryzias latipes</i> by Partial Duplication System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CYTOLOGIA	6. 最初と最後の頁 221 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1508/cytologia.83.221	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 該当する

1. 著者名 Sayed AH, Ismail RF, Mitani H.	4. 巻 183
2. 論文標題 Oocyte atresia in WT (HdrR) and P53 (-/-) medaka (<i>Oryzias latipes</i>) exposed to UVA.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Photochem Photobiol B Biol.	6. 最初と最後の頁 57-63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotobiol.2018.04.016.	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 Sayed AE-DH, Watanabe-Asaka T, Oda S, Kashiwada S, Mitani H.	4. 巻 27
2. 論文標題 -H2AX foci as indication for the DNA damage in erythrocytes of medaka (<i>Oryzias latipes</i>) intoxicated with 4-nonylphenol.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environ Sci Pollut Res.	6. 最初と最後の頁 18966-18971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-018-2985-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 該当する

1. 著者名 Sayed AE-DH, Kataoka C, Oda S, Kashiwada S, Mitani H.	4. 巻 58
2. 論文標題 Sensitivity of medaka (<i>Oryzias latipes</i>) to 4-nonylphenol subacute exposure; erythrocyte alterations and apoptosis.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environ Toxicol Pharmacol.	6. 最初と最後の頁 18966-18971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.etap.2017.12.023	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 Yasuda T, Ishikawa Y, Shioya N, Itoh K, Kamahori M, Nagata K, Takano Y, Mitani H, Oda S.	4. 巻 13
2. 論文標題 Radical change of apoptotic strategy following irradiation during later period of embryogenesis in medaka (<i>Oryzias latipes</i>).	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLoS One.	6. 最初と最後の頁 e0201790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0201790.	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 -

[学会発表] 計16件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Erge Sha, Kento Nagata, Takako Yasuda, Shoji Oda, Tomoko Ishikawa-Fujiwara, Takeshi Todo and Hiroshi Mitani
2. 発表標題 Gamma-Ray Irradiation Induces Testis-Ova in rev1 Gene Deficient Medaka (<i>Oryzias latipes</i>)
3. 学会等名 日本放射線影響学会年会第63回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Duolin Li, Erge Sha, Ikumi Matsumoto, Fumitaka Kakimoto, Tomoko Ishikawa-Fujiwara, Takeshi Todo, Shoji Oda, Hiroshi Mitani, Takako Yasuda
2. 発表標題 3D reconstructed brain image revealed the slight increase of irradiation-induced apoptotic neural deaths in embryonic brain of OGG1-deficient medaka (<i>Oryzias latipes</i>)
3. 学会等名 日本放射線影響学会年会第63回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nagata K, Yasuda T, Suzuki M, Funayama T, Oda S, Suzuki Y, Mitani H
2. 発表標題 Low-dose/low-dose-rate irradiation can induce transdifferentiation of spermatogonia into testis-ova in p53 deficient medaka (<i>Oryzias latipes</i>)
3. 学会等名 16th International Congress of Radiation Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沙 尔格, 永田 健斗, 保田 隆子, 石川-藤原 智子, 藤堂 剛, 三谷 啓志, 尾田 正二
2. 発表標題 OGG1および REV1遺伝子欠損メダカ(Oryzias latipes)においてガンマ線急性照射は精巢卵形成を誘導する
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中澤 拓哉, 永田 健斗, 小林 純也, 三谷 啓志, 尾田 正二
2. 発表標題 メダカを用いた低線量(率)慢性被ばくにおける全身性応答
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保田 隆子, 中澤 拓哉, 三谷 啓志, 尾田 正二
2. 発表標題 メダカ胚で明らかになった放射線損傷した網膜の再生へ寄与するSOX2発現前駆細胞
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Alex Peh Cheng Guan, Tomomi Watanabe-Asaka, Shoji Oda, Hiroshi Mitani, Takako Yasuda
2. 発表標題 Establishment of pApoEb-Kaede Transgenic Medaka and The Study of Radiation Effect Toward ApoEb-Expressing Microglia in Embryonic Brain
3. 学会等名 第25回小型魚類研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erge Shaa, Kento Nagata, Takako Yasuda, Hiroshi Mitani and Shoji Oda
2. 発表標題 Testis-ova induction in OGG1 and REV1 gene deficient medaka(<i>Oryzias latipes</i>) by acute irradiation of gamma-rays
3. 学会等名 第25回小型魚類研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Duolin Lee, Hiroshi Mitani, Shoji Oda
2. 発表標題 The kinematics and morphology analysis of undulatory body movement during steady swimming among 3 medaka(<i>Oryzias latipes</i>) atrains
3. 学会等名 第25回小型魚類研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takako Yasuda
2. 発表標題 SOX2 expressing Muller glia is essential for tissue regeneration in irradiated embryonic retina of medaka (<i>Oryzias latipes</i>)
3. 学会等名 第9回国際放射線神経生物学会大会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保田隆子、平川慶、中澤拓哉、釜堀みゆき、永田健斗、三谷啓志、尾田正二
2. 発表標題 メダカ胚網膜で見出された休止組織幹細胞の増殖再開による放射線損傷の修復機構
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永田健斗、保田 隆子、中澤拓哉、鈴木芳代、尾田正二、舟山知夫、小林純也、三谷啓志
2. 発表標題 低線量（率）放射線被ばくによるメダカ精巣卵の誘導
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梶原堯之、近藤夏子、櫻井良憲、高田卓志、鈴木実、久米恭、三谷啓志、尾田正二、保田隆子
2. 発表標題 イベルメクチンは放射線誘発性脳内慢性炎症を抑制する
3. 学会等名 日本放射線影響学会第62回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kento Nagata, Takako Yasuda, Tomoko Ishikawa-Fujiwara, Takeshi Todo, Shoji Oda Hiroshi Mitani
2. 発表標題 Long-term gamma-ray irradiation formed testis-ova in adult male medaka (<i>Oryzias latipes</i>)
3. 学会等名 第24回小型魚類研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Duolin Li, Hiroshi Mitani and Shoji Oda
2. 発表標題 Analysis of medaka body undulatory motion during swimming by high-speed movie
3. 学会等名 第24回小型魚類研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takako Yasuda, Kei Hirakawa, Kento Nagata, Takuya Nakazawa, Hiroshi Mitani and Shoji Oda
2. 発表標題 Retinal regeneration by ectopic proliferation of SOX2-positive cells in embryonic retina of medaka (<i>Oryzias latipes</i>)
3. 学会等名 第24回小型魚類研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学大学院新領域創成科学研究科先端生命科学専攻動物生殖システム分野 http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/K-medaka/TOP.html 東京大学大学院新領域創成科学研究科先端生命科学専攻動物生殖システム分野 http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/K-medaka/TOP.html</p>

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	尾田 正二 (Oda Shoji) (50266714)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授 (12601)	
研究分担者	小賀 厚徳 (Oga Atsunori) (90243633)	山口大学・大学院医学系研究科・准教授 (15501)	

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
---------	---------