

令和 4 年 5 月 26 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K10318

研究課題名(和文)放射線・薬剤抵抗性を制御する細胞膜脂質過酸化と細胞内小器官とのクロストーク

研究課題名(英文) Crosstalk between lipid peroxidation of the plasma membrane and intracellular organelles that control radiation and drug resistance

研究代表者

富田 和男 (Tomita, Kazuo)

鹿児島大学・医歯学域歯学系・講師

研究者番号：60347094

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)：放射線や過酸化水素などの薬物に抵抗性の細胞(CRR細胞)とミトコンドリアDNAを持たない感受性の細胞( $\text{O}$ 細胞)を用いて細胞膜過酸化とミトコンドリアの関係について研究を行った。その結果、CRR細胞では、miR7-5pの亢進により、二価鉄の量が少なく、細胞膜脂質の過酸化が起きにくくなること、 $\text{O}$ 細胞では、細胞膜を過酸化するリポキシゲナーゼの発現が高く、細胞膜の過酸化が亢進していること、 $\text{O}$ 細胞に正常ミトコンドリアを移植すると、過酸化水素感受性がなくなることなどを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果によりミトコンドリア機能を向上させると放射線や活性酸素などのストレスに対して抵抗性が出ること、逆に、ミトコンドリア機能を低下させることで治療に対して抵抗性を示すがん細胞の抵抗性を失わせることが出来ることを明らかにした。これらのことから、ミトコンドリアをターゲットとした抗がん治療の可能性を提示することが出来た。これは一生のうち2人のうち1人が罹患するといわれているがんに対する新しい治療戦略を示すこととなり、学術的にだけでなく、社会的にも大きなインパクトを与えることが出来ると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We investigated the relationship between lipid peroxidation of the plasma membrane and mitochondria using CRR and  $\text{O}$  cells. As a result, the amount of  $\text{Fe}^{2+}$  and the lipid peroxidation was low compared with its parental cells via high miR7-5p expression in CRR cells. The expression of lipoxigenase was enhanced and the plasma membrane was peroxidized in  $\text{O}$  cells. When the normal mitochondria were transplanted into  $\text{O}$  cells, the sensitivity to hydrogen peroxide was lost.

研究分野：がん治療抵抗性

キーワード：ミトコンドリア 細胞膜 フェロトーシス 活性酸素 リポキシゲナーゼ

1. 研究開始当初の背景

がんの治療法として手術以外に放射線治療や薬物治療などがあげられるが、これらに抵抗性を示す細胞の存在は治療の障害として問題となっている。そこで、この抵抗性機構を明らかにするために放射線に抵抗性の細胞株(CRR細胞)と感受性の細胞株( $\rho^0$ 細胞)を樹立し、これらをモデルに酸化ストレス応答機構を検討してきた。これまでに、放射線だけでなく過酸化水素にも同様に抵抗性と感受性を示し、これは細胞膜の酸化状態により規定されているという結果が得られていた。

2. 研究の目的

本研究ではこの細胞膜状態を規定する細胞内因子について、細胞膜と細胞内小器官、特にミトコンドリアとの関係に焦点を絞り解析し、放射線・薬剤抵抗性機構を明らかにし、新規治療薬を提示することを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) リポソーム膜を用いた脂質の密度・酸化度合いと過酸化水素取り込み量の検討
- (2) 細胞膜酸化を制御する因子の解明 (活性酸素や鉄、リポキシゲナーゼの発現量の検討)
- (3) miR-7-5p 下流因子からの放射線・薬剤抵抗性因子の探索
- (4)  $\rho^0$ 細胞にミトコンドリア移植を行ったあとの薬物抵抗性とミトコンドリア機能変化解析

を行った

4. 研究成果

- (1) 酸化の度合いを変化させたリポソーム膜を作成し、過酸化水素の透過性について検討した。その結果、脂質の過酸化が変化すると、過酸化水素の透過性も変化することが明らかとなった(Tomita et al, Cancer Sci 2019, 図1)。

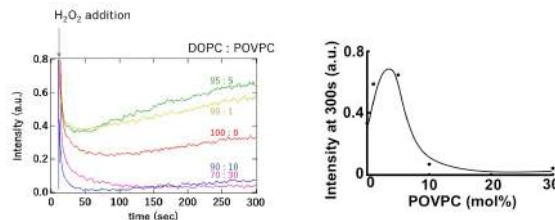


図1. 酸化度合いの異なるリポソーム膜における過酸化水素透過性変化

- (2) 細胞膜酸化に関与する活性酸素量、細胞内で過酸化水素からヒドロキシラジカルを生成するフェントン反応に必要な二価鉄、細胞膜酸化に関与し、酸化ストレス下でミトコンドリアをターゲットとして細胞死を誘導するリポキシゲナーゼの発現は、親株に比べ CRR 細胞ではその発現が少なく、 $\rho^0$ 細胞ではその量が亢進していた(Tomita et al, BBRC 2017, 2019, Tomita et al, Cancer Sci 2019, Takashi, Tomita et al, FRBM 2020, 図2)。

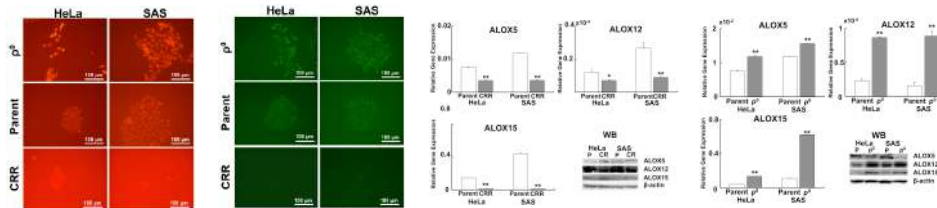


図2. CRR細胞、 $\rho^0$ 細胞における細胞内(赤)及びミトコンドリア(緑)二価鉄量、リポキシゲナーゼの発現

- (3) CRR細胞では、miR7-5pの発現が亢進しており、mir7-5pの発現を抑制すると放射線抵抗性が失われた(Tomita et al, BBRC 2019, 図3)。このとき、細胞内の鉄貯蔵タンパク質であるフェリチンの発現は減少し、二価鉄の量が増加した(Tomita et al, IJMS 2021)。また、細胞内の活性酸素の量とリポキシゲナーゼ12の遺伝子発現が増加し、細胞膜脂質の過酸化

が起きやすくなった (Tomita et al, IJMS 2021, 図 3)。さらに、リポキシゲナーゼ 12 を CRR 細胞で過剰発現させると、細胞内の過酸化水素量や脂質の過酸化が増加した (Tomita et al, IJMS 2021, 図 3)。

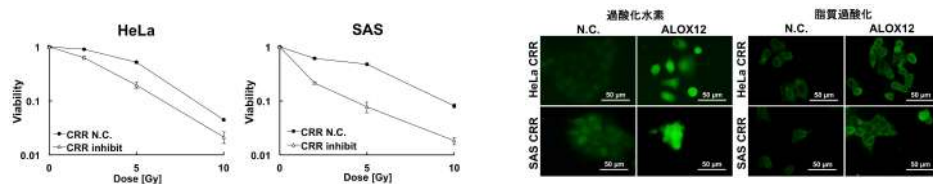


図 3. mir7-5p 発現抑制による放射線抵抗性の変化とリポキシゲナーゼ過剰発現による過酸化水素と脂質過酸化の検出

(4)  $\rho^0$  細胞に正常なミトコンドリア移植を行い、過酸化水素抵抗性の変化について検討を行ったところ、過酸化水素抵抗性がキャンセルされた。また、その時にミトコンドリア構成タンパク質であるプロヒピチン 2 の発現が回復した (Roushandeh, Tomita et al, Mol Biol Rep 2020, Takashi Tomita et al, FRBM 2020, 図 4)。

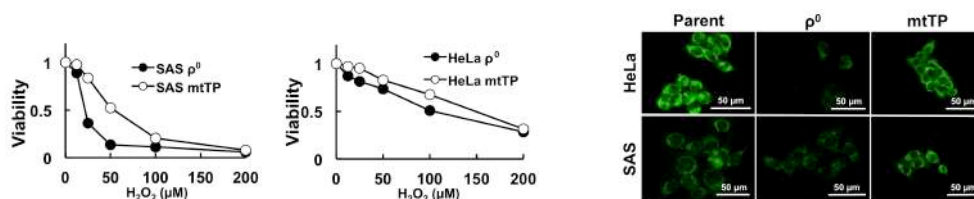


図 4. ミトコンドリア移植(mtTP)後の細胞生存率(左)とプロヒピチン 2 の発現(右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Roushandeh AM, Tomita K, Kuwahara Y, Jahanian-Najafabadi A, Igarashi K, Roudkenar MH, Sato T.	4. 巻 47
2. 論文標題 Transfer of healthy fibroblast-derived mitochondria to HeLa 0 and SAS 0 cells recovers the proliferation capabilities of these cancer cells under conventional culture medium, but increase their sensitivity to cisplatin-induced apoptotic death.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Biology Reports	6. 最初と最後の頁 4401-4411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11033-020-05493-5	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 Pourmohammadi-Bejarpassi Z, Roushandeh AM, Saber A, Kheirandish-Rostami M, Toosi SMR, Jahanian-Najafabadi A, Tomita K, Kuwahara Y, Sato T, Roudkenar MH.	4. 巻 165
2. 論文標題 Mesenchymal stem cells-derived mitochondria transplantation mitigates I/R-induced injury, abolishes I/R-induced apoptosis, and restores motor function in acute ischemia stroke rat model.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brain research bulletin	6. 最初と最後の頁 70-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.brainresbull.2020.09.018	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 Takashi Y, Tomita K, Kuwahara Y, Roudkenar MH, Roushandeh AM, Igarashi K, Nagasawa T, Nishitani Y, Sato T.	4. 巻 161
2. 論文標題 Mitochondrial dysfunction promotes aquaporin expression that controls hydrogen peroxide permeability and ferroptosis.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Free Radical Biology & Medicine	6. 最初と最後の頁 60-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.freeradbiomed.2020.09.027	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 Kuwahara Y, Tomita K, Roudkenar MH, Roushandeh AM, Urushihara Y, Igarashi K, Nagasawa T, Kurimasa A, Fukumoto M, Sato T.	4. 巻 19
2. 論文標題 The Effects of Hydrogen Peroxide and/or Radiation on the Survival of Clinically Relevant Radioresistant Cells.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Technol Cancer Res Treat	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1533033820980077	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 五十嵐健人、富田和男、桑原義和、栗政明弘、佐藤友昭	4. 巻 67
2. 論文標題 精神疾患の応用に向けたアプローチ.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東北医科薬科大学研究誌	6. 最初と最後の頁 41-45
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 富田和男、桑原義和、五十嵐健人、福本学、佐藤友昭	4. 巻 55
2. 論文標題 放射線耐性におけるミトコンドリアの役割	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 放射線生物研究	6. 最初と最後の頁 370-383
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kheirandish-Rostami M, Roudkenar MH, Jahanian-Najafabadi A, Tomita K, Kuwahara Y, Sato T, Roushandeh AM.	4. 巻 244
2. 論文標題 Mitochondrial characteristics contribute to proliferation and migration potency of MDA-MB-231 cancer cells and their response to cisplatin treatment.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Life Sciences	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) 10.1016/j.lfs.2020.117339	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 Tomita K, Fukumoto M, Itoh K, Kuwahara Y, Igarashi K, Nagasawa T, Suzuki M, Kurimasa A, Sato T.	4. 巻 518
2. 論文標題 MiR-7-5p is a key factor that controls radioresistance via intracellular Fe <sup>2+</sup> content in clinically relevant radioresistant cells.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BBRC	6. 最初と最後の頁 2856-2866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.08.117	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 Tomita K, Takashi Y, Ouchi Y, Kuwahara Y, Igarashi K, Nagasawa T, Nabika H, Kurimasa A, Fukumoto M, Nishitani Y, Sato T.	4. 巻 100
2. 論文標題 Lipid peroxidation increases hydrogen peroxide permeability leading to cell death in cancer cell lines that lack mtDNA.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cancer Science	6. 最初と最後の頁 81-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cas.14132	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 五十嵐 健人、富田 和男、佐藤 友昭	4. 巻 149
2. 論文標題 隔離飼育ストレス負荷マウスの嘔みつき行動に対する加味逍遙散の作用について.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鹿児島歯科医師会報	6. 最初と最後の頁 11-13
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 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 -

1. 著者名 桑原 義和、富田 和男、高島 貴志、漆原 佑介、五十嵐 健人、佐藤 友昭、栗政 明弘、福本 学.	4. 巻 66
2. 論文標題 臨床的放射線耐性細胞のこれまでとこれから.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東北医科薬科大学研究誌	6. 最初と最後の頁 19-24
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐 健人、高 裕子、長澤 大成、山西 沙祐里、西谷 佳浩、漆原 佑介、宮脇 正一、栗政 明弘、福本 学、佐藤 友昭.	4. 巻 66
2. 論文標題 細胞内鉄動態と酸化ストレス抵抗性.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東北医科薬科大学研究誌	6. 最初と最後の頁 25-31
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomita K, Nagasawa T, Kuwahara Y, Torii S, Igarashi K, Roudkenar MH, Roushandeh AM, Kurimasa A, Sato T.	4. 巻 22
2. 論文標題 Involved in Ferroptosis Signaling and Radioresistance Thru the Generation of ROS in Radioresistant HeLa and SAS Cell Lines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Int. J. Mol. Sci.	6. 最初と最後の頁 8300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22158300	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 Tomita K, Kuwahara Y, Igarashi K, Roudkenar MH, Roushandeh AM, Kurimasa A, Sato T.	4. 巻 12
2. 論文標題 Mitochondrial Dysfunction in Diseases, Longevity, and Treatment Resistance: Tuning Mitochondria Function as a Therapeutic Strategy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Genes	6. 最初と最後の頁 1348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/genes12091348	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 Kuwahara Y, Tomita K, Roudkenar MH, Roushandeh AM, Urushihara U, Igarashi K, Kurimasa A, Sato T.	4. 巻 286
2. 論文標題 Decreased mitochondrial membrane potential is an indicator of radioresistant cancer cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Life Sciences	6. 最初と最後の頁 120051
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lfs.2021.120051	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 Valashedi MR, Najafi-Ghalehlou N, Nikoo A, Bamshad C, Tomita K, Kuwahara Y, Sato T, Roushandeh AM, Roudkenar MH.	4. 巻 285
2. 論文標題 Cashing in on ferroptosis against tumor cells: Usher in the next chapter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Life Sciences	6. 最初と最後の頁 119958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lfs.2021.119958	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

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 富田和男、高裕子、五十嵐健人、西谷佳浩、佐藤友昭
2. 発表標題 ミトコンドリアの機能不全は過酸化水素取り込みを制御するアクアポリン3, 5, 8の発現を亢進させ過酸化水素処理によるフェロトーシスを誘導する
3. 学会等名 第62回歯科基礎シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐 健人、栗政 明弘、福本 学、佐藤 友昭
2. 発表標題 細胞内遊離鉄がストレス抵抗性を制御する
3. 学会等名 第79回日本癌学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 五十嵐健人、口岩俊子、口岩聡、富田和男、田中康一、北中順恵、北中純一、西山信好、竹村基彦、佐藤友昭
2. 発表標題 隔離飼育ストレス負荷マウスの対物攻撃行動に基づく加味逍遙散の作用の解析
3. 学会等名 第73回日本薬理学会西南部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、鳥居 征司、五十嵐 健人、高 裕子、長澤 大成、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、栗政 明弘、西谷 佳浩、西山 信好、竹村 基彦、佐藤 友昭
2. 発表標題 ALOXによる酸化ストレス抵抗性制御
3. 学会等名 第73回日本薬理学会西南部会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名	Kazuki Hasegawa, Ryo Saga, Roman Fukui, Yoshikazu Kuwahara, Kazuo Tomita, Eichi Tsuruga, Yoichiro Hosokawa
2. 発表標題	Regulation of radiosensitivity of radioresistant cells via hyaluronan synthesis inhibitor
3. 学会等名	The 3rd Workshop on Radiation Research and Its Related Issue 2020 & the 7th Educational Symposium on the Radiation and Health by Young Scientists Joint Symposium (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Roman Fukui, Ryo Saga, Yusuke Matsuya, Kazuki Hasegawa, Yoshikazu Kuwahara, Kazuo Tomita, Yoichiro Hosokawa
2. 発表標題	Investigation of dose- rate effects consideration of cancer stem cells
3. 学会等名	The 3rd Workshop on Radiation Research and Its Related Issue 2020 & the 7th Educational Symposium on the Radiation and Health by Young Scientists Joint Symposium (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	田中康一、鈴木航、富田和男、五十嵐健人、北中順恵、北中純一、佐藤友昭、竹村基彦、西山信好
2. 発表標題	アストロサイトにおけるヌクレオシド輸送体ENT3の発現に関する免疫細胞学的検討
3. 学会等名	第94回日本薬理学会年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	北中純一、北中順恵、堀江詩卯、河崎祐実、坂本昂士、矢代順哉、田中康一、五十嵐健人、富田和男、汐元亜美、渡部要、仲野靖、高橋仁、西山信好、佐藤友昭、竹村基彦
2. 発表標題	モルヒネ誘導Straubの拳尾反応に対する選択的GSK-3阻害薬SB216763の抑制効果
3. 学会等名	第94回日本薬理学会年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 五十嵐健人、口岩俊子、口岩聡、富田和男、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、西山 信好、竹村 基彦、佐藤友昭
2. 発表標題 隔離飼育ストレス負荷マウスの対物攻撃行動に対する加味逍遙散の作用とエストロゲン受容体 の関与
3. 学会等名 第94回日本薬理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田 和男、山西 沙祐里、五十嵐 健人、桑原 義和、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、栗政 明弘、宮脇 正一、西山 信好、竹村 基彦、佐藤 友昭
2. 発表標題 LPSはラット初代培養神経系細胞とPC-12のKCC2発現を減少させる
3. 学会等名 第94回日本薬理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長澤大成、富田和男、五十嵐健人、佐藤友昭
2. 発表標題 過酸化水素抵抗性がん細胞における過酸化水素抵抗メカニズムの解析
3. 学会等名 第1回南九州歯学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原 義和、富田 和男、五十嵐 健人、佐藤 友昭、栗政 明弘、福本 学
2. 発表標題 X線で誘発される細胞死
3. 学会等名 第28回 日本Cell Death学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田和男 桑原義和 五十嵐健人 福本学 佐藤友昭.
2. 発表標題 治療耐性がん細胞の膜動態
3. 学会等名 第2回放射線耐性研究セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐 健人、高 裕子、長澤 大成、山西 沙祐里、漆原 佑介、宮脇 正一、栗政 明弘、西谷 佳浩、福本 学、佐藤 友昭
2. 発表標題 miR-7-5pは細胞内Fe <sup>2+</sup> 抑制を介して放射線抵抗性を制御する
3. 学会等名 第21回応用薬理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐 健人、栗政明弘、福本 学、佐藤 友昭
2. 発表標題 がんの治療抵抗性を制御する細胞膜動態とリボキシゲナーゼの関与
3. 学会等名 第78回 日本癌学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田和男、高裕子、五十嵐健人、西谷佳浩、佐藤友昭
2. 発表標題 ALOXは 0細胞において脂質過酸化と過酸化水素取り込みを制御する
3. 学会等名 第61回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshikazu Kuwahara, Kazuo Tomita, Yusuke Urushihara, Kento Igarashi, Tomoaki Sato, Keiju Kamijo, Akihiro Kurimasa, Manabu Fukumoto
2. 発表標題 X線照射で誘発される細胞死のイメージング解析
3. 学会等名 第62回 放射線影響学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、高 裕子、五十嵐 健人、長澤 大成、並河 英紀、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、栗政 明弘、西谷 佳浩、西山 信好、竹村 基彦、福本 学、佐藤 友昭
2. 発表標題 0 細胞における酸化ストレス誘導死はAktシグナルを介する
3. 学会等名 第72回日本薬理学会西南部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田和男、桑原義和、五十嵐健人、福本学、栗政明弘、佐藤友昭
2. 発表標題 CRR細胞のストレス抵抗性に対する膜動態と遊離鉄の関与
3. 学会等名 第3回生体応答科学研究センターセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐 健人、高 裕子、長澤 大成、山西 沙祐里、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、栗政 明弘、宮脇 正一、西谷 佳浩、西山 信好、竹村 基彦、福本 学、佐藤 友昭
2. 発表標題 CRR細胞の酸化ストレス抵抗性に対する細胞内遊離鉄の関与
3. 学会等名 第93回日本薬理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐健人、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、栗政 明弘、西山 信好、佐藤 友昭
2. 発表標題 miR-7-5pの抑制は臨床的放射線抵抗性がん細胞のROSとFe2+量を増加させフェロトーシスを誘導する
3. 学会等名 第95回日本薬理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田 和男、桑原 義和、五十嵐 健人、田中 康一、北中 純一、北中 順恵、栗政 明弘、西山 信好、佐藤 友昭
2. 発表標題 臨床的放射線抵抗性がん細胞の放射線抵抗性はミトコンドリアの機能減衰がその一因である
3. 学会等名 第74回 日本薬理学会 西南部会
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	桑原 義和  (Kawahara Yoshikazu)  (00392225)	東北医科薬科大学・医学部・准教授   (31305)	
研究 分担者	五十嵐 健人  (Igarashi Kento)  (00822876)	鹿児島大学・歯学部歯学系・助教   (17701)	
研究 分担者	佐藤 友昭  (Sato Tomoaki)  (10284887)	鹿児島大学・歯学部歯学系・教授   (17701)	

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	並河 英紀  (Nabika Hideki)  (30372262)	山形大学・理学部・教授     (11501)	

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