

令和 4 年 5 月 19 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07668

研究課題名(和文)金ナノロッドによる放射線癌治療増強法の開発

研究課題名(英文)Enhancement of radiation cancer therapy by gold nanorods

研究代表者

近藤 隆 (KONDO, Takashi)

富山大学・学術研究部医学系・特別研究教授

研究者番号：40143937

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：金ナノ粒子が放射線細胞死の増強作用を示すことが知られている。一方、金ナノロッドについては光温熱作用の増感を示した論文は多いが、放射線との併用に関する報告は少ない。本研究では、金ナノロッドと電離放射線の併用効果について、アポトーシスを指標として、増強効果およびその機序について検討したところ、一定の放射線アポトーシス増強効果があることが示された。金ナノロッド処理により細胞内GSHが低下し、細胞内に酸化ストレスが誘起され、放射線アポトーシス増強の原因となる。増強機序については、DNA損傷、Fasおよび小胞体ストレス関連の指標で増強が認められたことより、増強分子機構としてこれらが関係すると思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金ナノロッドによる放射線がん治療効果の増強を目的とし、アポトーシスを指標として、その増強効果および分子機序について検討した。本成果はナノ粒子の医学応用を目指す、ナノメディシンの発展に寄与するとともに、放射線がん治療に関する増感剤開発についても有用な情報を提供する。

研究成果の概要(英文)： Although radio-sensitization using gold-nanoparticles is well known, less information is available on gold-nanorods. In this study, combined effects of gold-nanorods and ionizing radiation on apoptosis were investigated. Enhancement of radiation-induced apoptosis in the presence of gold-nanorods was observed under some proper condition. Gold-nanorods reduced intracellular GSH concentration and induced increase in intracellular oxidative stress. DNA damage, Fas expression and ER stress related molecules were enhanced by the combination.

研究分野：放射線科学

キーワード：ナノメディシン 金ナノロッド 放射線増感

## 1. 研究開始当初の背景

放射線ナノメディシンとして、抗酸化作用を有する白金ナノ粒子を用いた研究を実施してきた(1)。逆に抗酸化作用を示すことのない金ナノ粒子が放射線細胞死の増強作用を示すことは、よく知られている(2)。著者らも金ナノ粒子が大気圧プラズマによる細胞死を増強することを報告してきた(3,4)。一方、金ナノロッドについては光温熱作用の増感を示した論文は多いが(5)、電離放射線との併用に関する報告は少ない。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、金ナノロッドと電離放射線の併用効果について、アポトーシスを指標として、放射線増強効果を検証し、併せてその機序について検討した。

## 3. 研究の方法

細胞として、細胞死の機序の解明とアポトーシスを指標とするため、ヒト白血病細胞株である Molt-4 細胞を使用した。金ナノロッド(10 nm 長)濃度は 0.1 および 0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  を用いた。18 時間前処理した後、X 線を 2.5 Gy 照射した。その後、6 時間を主な観察時間として、細胞死、細胞内酸化ストレス、低ミトコンドリア膜電位細胞の割合および細胞内カルシウムイオン濃度についてフローサイトメトリーにより調べた。Fas 発現、カスパーズ-8 の活性化、 $\gamma\text{H2AX}$ 、BIP、CHOP についてはウエスタンブロット法にて調べた。

## 4. 研究成果

(1) 金ナノロッド 0.1 および 0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  として処理前 18 時間処理して、X 線を 2.5 Gy 照射した。6 時間後の DNA 断片化率で調べたアポトーシス指標において 0.1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  では毒性を示さなかった。0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  はわずかに毒性を示した。放射線との併用では毒性のない 0.1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ではアポトーシス増強作用は殆どなかったが、0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  では放射線による 16.6%から併用により 42.1%とアポトーシスを増強した(図 1)。

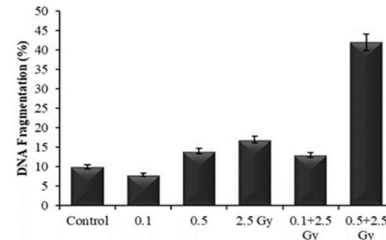


図 1 DNA 断片化を指標としたアポトーシス

(2) Annexin-V-FITC および PI 染色細胞についてフローサイトメトリー調べた。6 時間後のアポトーシス指標では 0.1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  は毒性を示さなかった。一方で、0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  は単独でアポトーシス (19.4%) を示した。放射線との併用では毒性のない 0.1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ではアポトーシス増強作用が認められ、放射線では 13.1%のアポトーシスが約 2 倍の 29.1%となった。0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  で 19.4%のアポトーシスを誘導するが、併用によりは放射線による 13.1%から 66.6%へとアポトーシスを増強した(図 2)。

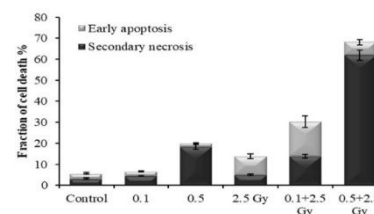


図 2 Annexin-V-FITC および PI 染色によるアポトーシス

(3) 細胞内スーパーオキシド、細胞内過酸化水素および細胞内 GSH 細胞についてフローサイトメトリー法で調べた。6 時間後の結果では 0.1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  では有意な変化を示さなかった。一方で、0.5

μg/mL は単独で細胞内のスーパーオキシドおよび過酸化水素量を増やし、細胞内 GSH 量を減らした。放射線単独では有意な変化はなく、0.1 mg/mL 併用でも有意な変化を示さなかったが、0.5 mg/mL 使用時には有意に細胞内スーパーオキシドおよび細胞内過酸化水素を金ナノロッド処理に比べて約 2 倍に増強した。併せて、細胞内 GSH 量の低い細胞の割合も約 3 倍に増やした (図 3)。

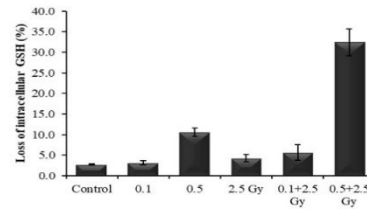


図 3 低細胞内 GSH 量を示す細胞の割合

(4) ミトコンドリア膜電位の低い細胞の割合および細胞内カルシウムイオン濃度について調べた。0.1 μg/mL では単独での変化は殆どなかったが、併用群でも有意な変化を示さなかった。一方、2.5 Gy 併用時には 14.9%から 26.3%に増加した。0.5 μg/mL では 43.4%に増加した。細胞内カルシウムイオン濃度については、金ナノロッド処理単および放射線照射では変化はなかったが、0.5 μg/mL 処理では放射線併用により、増強効果が認められた (図 4, a, b)。

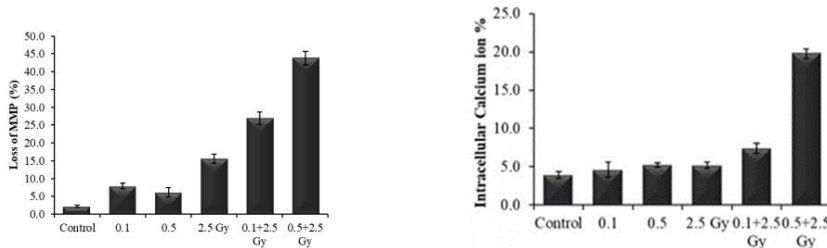


図 4 低ミトコンドリア膜電位細胞の割合(a)および細胞内カルシウムイオン濃度(b)

(5) カスパー-8 の活性化、Fas, γH2AX, BIP, CHOP を調べた。金ナノロッド 0.5 μg/mL 処理し、X 線を 2.5 Gy 照射した場合、すべてにおいてに増強が認められた (図 5, a, b)。



図 5 Fas (a)およびγH2AX(b)の発現に関するウエスタンブロット

(6) 金ナノロッドには一定の放射線アポトーシス増強効果があることが示された。金ナノロッド 0.5 μg/mL 処理時には細胞内 GSH が低下し、その結果、細胞内に酸化ストレスが誘起され、アポトーシスの原因となる。金ナノロッドは使用濃度により、細胞毒性を示すので、毒性を示さない濃度で放射線増強効果を確実に得るのは難しいと思われる。今後、適正な増感効果を示す濃度の探索や毒性の低減化法の開発が必要となる。アポトーシス増強については、DNA 損傷、

Fas および小胞体ストレス関連の指標で増強が認められたことより、これらが関係する分子機構が関与すると思われる。

<引用文献>

近藤 隆、清水忠道、白金ナノ粒子と物理学的治療因子との相互作用、化学工業 72、2021、275-280

三澤雅樹、近藤 隆：放射線ナノメディシンの新展開-金および白金ナノ粒子を用いた放射線細胞死の修飾効果-、放射線生物研究 55、2020、322-341

Jawaid P, Rehman MR, Zhao QL, Misawa M, Ishikawa K, Hori M, Shimizu T, Saitoh J, Noguchi K, Kondo T: Small size gold nanoparticles enhance apoptosis-induced by cold atmospheric plasma via depletion of intracellular GSH and modification of oxidative stress. Cell Death Discovery 6, 2020 , 83

Rehman MU, Jawaid P, Zhao Q-L, Kondo T, Saitoh J-I, Noguchi K: Physical and chemical enhancement of cancer cell death induced by cold atmospheric plasma. Jpn J Appl Phys 60, 2021, 030501

Liao S, Yue W, Cai S, Tang Q, Lu W, Huang L, Qi T, Liao J: Improvement of gold nanorods in photothermal therapy: Recent progress and perspective. Front Pharmacol 12, 2021, 664123.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Furusawa Y, Kondo T, Tachibana K, Feril LB	4. 巻 197
2. 論文標題 Ultrasound-induced DNA damage and cellular response: Historical review, mechanisms analysis, and therapeutic implications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiation Res	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) 10.1667/RADE-21-00140.1.S1	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 Uehara T, Kurachi M, Kondo T, Abe H, Zhao QL, Sumiyoshi T, Suzuki M	4. 巻 3
2. 論文標題 Apocynin-tandospirone derivatives demonstrate antioxidant properties in the animal model of schizophrenia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Redx Research	6. 最初と最後の頁 100013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.arres.2021.100013	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 Rehman MU, Jawaid P, Zhao QL, Kondo T, Saitoh J-I, Noguchi K	4. 巻 60
2. 論文標題 Physical and chemical enhancement of cancer cell death induced by cold atmospheric plasma	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JpnJ Appl Phys	6. 最初と最後の頁 30501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abde55	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 近藤 隆、清水忠道	4. 巻 72
2. 論文標題 金ナノ粒子と物理的治療因子との相互作用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 275-280
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 近藤 隆	4. 巻 97
2. 論文標題 がん治療をめざした大気圧プラズマによるアポトーシス機構の解明 物理的・化学的増感をめざして	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌	6. 最初と最後の頁 129-133
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 近藤 隆, 趙 慶利, 水上達治, 齋藤淳一	4. 巻 37
2. 論文標題 温熱誘発細胞死 アポトーシスから新たなステージへ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Thermal Med	6. 最初と最後の頁 63-77
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 Jawaid P, Rehman MU, Zhao QL, Misawa M, Ishikawa K, Hori M, Shimizu T, Saitoh J, Noguchi K, Kondo T	4. 巻 6
2. 論文標題 Small size gold nanoparticles enhance apoptosis-induced by cold atmospheric plasma via depletion of intracellular GSH and modification of oxidative stress	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cell Death Discovery	6. 最初と最後の頁 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41420-020-00314-x	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 Ahmed K, Zaidi SF, Rehman MU, Rehman R, Kondo T	4. 巻 91
2. 論文標題 Hyperthermia and protein homeostasis: Cytoprotection and cell death	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Thermal Biol	6. 最初と最後の頁 102615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtherbio.2020.102615	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 古澤 之裕, 工藤 信樹, 近藤 隆	4. 巻 47
2. 論文標題 超音波によるDNA 損傷と細胞応答	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn J Med Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 3-13
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 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 近藤 隆, 鈴木文男, 水上達治, 齋藤淳一, 河合憲康, 井藤 彰	4. 巻 55
2. 論文標題 ハイパーサーミアの新展開-基礎医学・臨床応用に関する最近の進歩-	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 210-228
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 三澤雅樹, 近藤 隆	4. 巻 55
2. 論文標題 放射線ナノメディシンの新展開-金および白金ナノ粒子を用いた放射線細胞死の修飾効果-	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 322-341
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 Ikegame M, Hattori A, Tabata MJ, Kitamura K, Tabuchi Y, Furusawa Y, Maruyama Y, Yamamoto T, Sekiguchi T, Matsuoka R, Hanmoto T, Ikari T, Endo M, Omori K, Nakano M, Yashima S, Ejiri S, Taya T, Nakashima H, Shimizu N, Nakamura M, Kondo T et al.	4. 巻 67 ( 3 )
2. 論文標題 Melatonin is a potential drug for the prevention of bone loss during space flight	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Pineal Research	6. 最初と最後の頁 e12594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jpi.12594	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 Moniruzzaman R, Rehman MU, Zhao QL, Jawaid P, Mitsuhashi Y, Sakurai K, Heshiki W, Ogawa R, Tomihara K, Saitoh J, Noguchi K, Kondo T, Noguchi M	4. 巻 451
2. 論文標題 Combination of 5-aminosalicylic acid and hyperthermia synergistically enhances apoptotic cell death in HSC-3 cells due to intracellular nitric oxide/peroxynitrite generation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cancer Lett	6. 最初と最後の頁 58-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.canlet.2019.03.004	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 Han LG, Zhao QL, Yoshida T, Okabe M, Soko C, Rehman MU, Kondo T, Nikaido T	4. 巻 135
2. 論文標題 Differential response of immortalized human amnion mesenchymal and epithelial cells against oxidative stress	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Free Radic Biol Med	6. 最初と最後の頁 79-86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.freeradbiomed.2019.02.017	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 Zhao QL, Ito H, Kondo T, Uehara T, Ikeda M, Abe H, Saitoh JI, Noguchi K, Suzuki M, Kurachi M	4. 巻 53
2. 論文標題 Anti-psychotic drugs scavenge radiation-induced hydroxyl radicals and intracellular ROS formation, and protect apoptosis in human lymphoma U937 cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Free Radic Res	6. 最初と最後の頁 304-312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10715762.2019.1572889	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 近藤 隆	4. 巻 54
2. 論文標題 大気圧プラズマの生物作用とバイオ・医療への応用	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 136-148
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 Moniruzzaman R, Rehman MU, Zhao QL, Jawaid P, Mitsuhashi Y, Imaue S, Fujiwara K, Ogawa R, Tomihara K, Saitoh J-I, Noguchi K, Kondo T, Noguchi M	4. 巻 129
2. 論文標題 Roles of intracellular and extracellular ROS formation in apoptosis induced by cold atmospheric helium plasma and X-irradiation in the presence of sulfasalazine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Free Radic Biol Med	6. 最初と最後の頁 537-547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.434	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 Alam J, Kitamura T, Saitoh Y, Ohkawa N, Kondo T, Inokuchi K	4. 巻 38
2. 論文標題 Adult neurogenesis conserves hippocampal learning capacity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Neuroscinece	6. 最初と最後の頁 6854-6863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.2976-17.2018	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 Cui ZG, Jin YJ, Sun L, Zakki SA, Li ML, Feng QW, Kondo T, Ogawa R Inadera T	4. 巻 38
2. 論文標題 Potential hazards of fenvalerate in massive pollution influence the apoptosis sensitivity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Appl Toxicol	6. 最初と最後の頁 240-247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jat.3517	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 Uchiyama H, Ishikawa K, Zhao QL, Andocs G, Nojima N, Takeda K, Krishna MC, Ishijima T, Matsuya Y, Hori M, Noguchi K, Kondo T	4. 巻 51
2. 論文標題 Free radical generation by non-equilibrium atmospheric pressure plasma in alcohol-water mixtures: an EPR-spin trapping study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Phys D: Applied Phys	6. 最初と最後の頁 95202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/aaa885	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14件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Rehman MU, Jawaid P, Zhao QL, Saitoh J-I, Kondo T, Noguchi K
2. 発表標題 Size dependent effects of gold nanoparticles in combination with cold atmospheric plasma, radiation and ultrasound
3. 学会等名 ISPlasma 2021/IC-PLANTS2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kondo T
2. 発表標題 Free radical formation induced by radiation, ultrasound and cold-atmospheric plasma and its biological implications
3. 学会等名 7th Global Plasma Forum. Radicals at Air and Water Interfaces (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rehman MU, Jawaid P, Zhao QL, 齋藤淳一, 野口 京, 近藤 隆
2. 発表標題 Size dependent effects of gold nanoparticles in combination with cold atmospheric plasma, ultrasound and radiation
3. 学会等名 第58回日本放射線腫瘍学会生物部会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 隆
2. 発表標題 ソノケミストリー：医学・生物学の立場から見た30年の歩み
3. 学会等名 第30回ソノケミストリー討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ishikawa K, Miron C, Kondo T, Tanaka H, Hori M
2. 発表標題 Plasma-biological reaction networks and aqueous radical chemistry
3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会, プラズマライフサイエンス シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 隆
2. 発表標題 ワークショップ:ハイパーサーミアに関する最近の話題. 最近の温熱を利用した治療法の発展について
3. 学会等名 日本ハイパーサーミア学会第37回大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤 隆、安田啓司
2. 発表標題 超音波の生物効果に関するウルトラファインバブルおよびナノ粒子の影響
3. 学会等名 第29回ソノケミストリー討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤 隆
2. 発表標題 研究紹介: ワークショップ:放射線とナノメディシン-放射線生物・治療学におけるナノ粒子の役割-
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 近藤 隆, Jawaid P, Rehman MU, 小川良平, 趙 慶利, 斎藤淳一, 野口京, 三澤雅樹
2. 発表標題 放射線、超音波、および大気圧プラズマ誘発細胞死に関する金ナノ粒子の影響
3. 学会等名 第21回菅原・大西記念癌治療増感研究シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤 隆
2. 発表標題 放射線照射の細胞への影響 - 細胞死 -
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会 第9回放射線生物学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jawaid P, Rehman MU, Zhao QL, Noguchi K, Kondo T
2. 発表標題 Metal nanoparticles enhance cell death via modulation of cellular redox signaling in human lymphoma U937 cells
3. 学会等名 第25回癌治療増感研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kondo T, Han LG, Zhao QL, Nikkaido T
2. 発表標題 Differential response of immortalized human amnion mesenchymal and epithelial cells against ionizing radiation and hydrogen peroxide
3. 学会等名 第57回日本放射線腫瘍学会生物部会学術大会、第48回放射線による制癌シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤 隆
2. 発表標題 ハイパーサーミア誘発細胞死の化学的増強 高温条件下での不思議な細胞応答
3. 学会等名 日本ハイパーサーミア学会第33回東海ハイパーサーミア研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jawaid P, Rehman MU, Zhao QL, Ogawa R, Misawa M, Kondo T, Saitoh J, Noguchi K
2. 発表標題 Effects of small size gold nanoparticles on radiation- and ultrasound induced apoptosis in human lymphoma U937 cells.
3. 学会等名 The 61st Annual Meeting of the Japan Radiation Research Society
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 齋藤淳一、近藤隆	4. 発行年 2020年
2. 出版社 六花出版	5. 総ページ数 12
3. 書名 アクティブラーニングで学ぶ震災・復興学	

1. 著者名 工藤信樹, 近藤 隆	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 2
3. 書名 放射線医学の事典	

1. 著者名 Kondo T, Rehman MU, Jawaid P, Tabuchi Y, Uchiyama H, Noguchi K	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Academic Press	5. 総ページ数 7
3. 書名 Plasma Medical Science	

〔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	野口 京 (NOGUCHI Kyo) (10242497)	富山大学・学術研究部医学系・教授  (13201)	
研究分担者	齋藤 淳一 (SAITOH Jun-ichi) (70572816)	富山大学・学術研究部医学系・教授  (13201)	
研究分担者	趙 慶利 (ZHAO Qing-Li) (90313593)	富山大学・学術研究部医学系・助教  (13201)	
研究分担者	REHMAN MATI UR (REHMAN Mati Ur) (10810921)	富山大学・学術研究部医学系・特命助教  (13201)	

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