

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24249065

研究課題名(和文)腫瘍分子イメージングによる効果的がん治療法開発のための総合研究

研究課題名(英文)Development of functional imaging method for effective cancer therapy

研究代表者

岡沢 秀彦(Okazawa, Hidehiko)

福井大学・高エネルギー医学研究センター・教授

研究者番号：50360813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 28,000,000円

研究成果の概要(和文)：我が国最大の死因であるがんの死亡率は増加し続けており、がん診療の強化は国民的課題である。治療抵抗性難治がん治療も大きな課題の一つであり、新たな治療戦略が求められている。本研究では、進行がん集学的治療の成績向上を図るため、治療計画の高精度化を実現する分子イメージングを治療前に行い、機能画像に基づく放射線・化学療法等の治療有効性評価法を検討した。低酸素、細胞増殖能、受容体活性等、腫瘍組織の特異性を非侵襲的に可視化する分子イメージング技術を臨床腫瘍診断に取り入れるとともに、MRIによる描出法開発も並行して進め、PETおよびMRIを用いたマルチモダリティー解析により、汎用性の高い検査法開発を目指した。

研究成果の概要(英文)：We developed a new application method of functional PET and MRI imaging for treatment of advanced resistant cancers based on the molecular imaging technique. Various aspects of tumor functions such as proliferation, hypoxia, changes in receptor-phenotype were delineated by the functional PET imaging methods as well as diffusion MRI. The multimodal tumor functional imaging provided useful information before treatment, and prognostic values and aggressiveness of the cancers were able to be estimated.

研究分野：医歯薬学

キーワード：分子イメージング ポジトロンCT (PET) がん治療 低酸素イメージング 治療抵抗性 がん特異性
細胞増殖能 受容体イメージング

1. 研究開始当初の背景

我が国最大の死因である“がん”の死亡率は、高齢化社会の到来とともに増加し続け、がん診療の強化は国民的課題である。正常組織を温存しつつがん組織全てを照射野に入れる最新の放射線機器や、がん特異的な分子やタンパクをターゲットとする分子標的薬が開発・導入され、精度の高いがん治療が可能となった一方で、治療抵抗性難治がんに対してこれまで以上に的確な適用・照射野決定が必要とされ、新たな治療戦略が求められている。そのため、治療計画の高精度化を実現する分子イメージング・生体機能画像を治療に取り入れる集学的取り組みが急務である。

現在、がん治療計画への生体機能イメージングの応用として FDG-PET 画像が普及し、腫瘍活性の描出と治療計画への臨床応用が進められている。本研究課題では、治療抵抗性領域をターゲットとする効果的治療法を実現するため、低酸素プローブの Cu-ATSM を用いた画像技術開発を行った。Cu-ATSM は一般的な低酸素イメージング剤である ^{18}F -fluoromisonidazole (^{18}F -FMISO) 等ニトロイミダゾール系薬剤との分布の相違が報告されている。しかし、Cu-ATSM 集積域とがん幹細胞存在域 (= 治療抵抗部位) とがよく相関するとする報告もあり、注目されている。本課題では、Cu-ATSM 集積域と酸化ストレス・過還元域を比較して両者の関係を明確にするとともに、いずれの分子イメージング剤が治療抵抗部位描出に最適かを評価した。また、臨床応用に最適な他の腫瘍特異的 PET 指標も検討した。さらに、3T 高磁場 MRI を用いた分子イメージング法を検討し、PET 画像との比較により MRI による悪性腫瘍の描出法開発を進めた。PET および MRI を用いたマルチモダリティ解析により精度を高めるとともに、汎用性の高い検査法開発を目指した。

2. 研究の目的

本研究は腫瘍分子イメージングの基礎検討とその臨床応用を繋ぐ橋渡し研究であるが、最終的には実際のがん治療に役立つ機能画像法の開発を目指した。具体的には、

・各種分子プローブによる がん細胞・モデル動物がん組織の治療抵抗性の検討：腫瘍の集積性のみでなく、放射線照射、粒子線照射、抗がん剤等の治療効果の差異も比較する。

・MR 機能画像法の開発と PET 分子プローブの集積との比較：組織特異性の高い MR 画像と PET の対比や、MR 機能画像・分子イメージング画像の分子生物学的機序を検討し、PET 画像を参照しながら腫瘍や臓器機能の分子基盤を確立する。

・治療抵抗部位描出能の最適性が実証された分子プローブや MRI 撮像法の臨床応用：放射線・粒子線照射、抗がん剤の単独および併用療法を行う患者を対象として、治療開始前に複数の PET 薬剤や MRI によるマルチモダリティ・イメージングを行い、経過観察中の

PET・MR 検査を参考に、腫瘍活性の変化や治療効果を検討する。残存腫瘍の有無や治療効果と各種分子プローブ集積性との相関を解析し、治療抵抗性を示す部位と PET 薬剤集積の関連を検証する。

以上 3 つの課題を検討した結果を基に、効果的治療を実現するための適切な画像評価法を開発し、その治療への適用法を提言する。

3. 研究の方法

研究は、分子プローブ開発や解析法の開発等基礎研究と、分子イメージングの臨床応用の 2 つの柱で行った。

(1) PET 分子イメージングの基礎的検討

様々ながん細胞の薬剤取り込み実験および、腫瘍を移植したモデルマウスを用いた基礎検討により、各種分子プローブの腫瘍取り込み率の特徴を確認するとともに、同じ環境下にあるがん細胞・がん組織の治療抵抗性を、放射線・粒子線の照射や抗がん剤投与により検討した。PET 分子イメージングにおける薬剤集積や分布の相違を確認し、集積の変化を解明した。この基礎実験では、腫瘍の集積性と治療効果のみでなく、各種放射線の治療効果を比較することも試みた。

さらに、がん特性の描出を可能とする新たな分子プローブの開発を行い、分子病態基盤に基づく画像法の確立を目指した。最終的には効果的治療を実現する最適な分子イメージング評価法と、そのがん治療への適用法を確立するための基礎検討を行った。

(2) 分子イメージングのがん診療への応用と治療抵抗性の評価

基礎検討により、治療抵抗部位描出能の最適性が検証された分子プローブを用いた PET 画像を、実際のがん診療に応用した。現在本学で臨床使用可能な腫瘍 PET 分子プローブには、FDG に加えて、 ^{18}F -fluorothymidine (FLT: 増殖能)、 ^{11}C -酢酸 (脂質膜合成能)、 ^{18}F -estradiol (FES: 受容体密度)、 ^{62}Cu -ATSM (低酸素) 等があるが、これらの薬剤を適宜組み合わせることで、予後評価、良悪鑑別、治療効果判定等 臨床上有用な情報提供が可能か、様々な疾患について検討を行った。一部は既にある一定の評価が得られているものの、最適な腫瘍イメージング薬剤であるかの評価は詳細な検討が必要であり、基礎検討での結果と合わせて、最適ながん分子イメージングの確立を目指した。

4. 研究成果

主な業績は以下の通りである：

(1) PET 分子イメージングの基礎的検討

マウスの大腸がん細胞および腫瘍モデルマウスに X 線・陽子線・炭素線を照射し、細胞数や腫瘍サイズの変化により、各種放射線の有効性と PET 用薬剤の集積性に関する検討を行った。 ^{18}F -FDG および ^{18}F -FLT-PET による照射後早期の取り込みから、治療効果予測の

可能性を検討したところ、後者の方が早期に高感度で予測可能であることが分かった。(J Nucl Med, 2015に論文発表、図1)

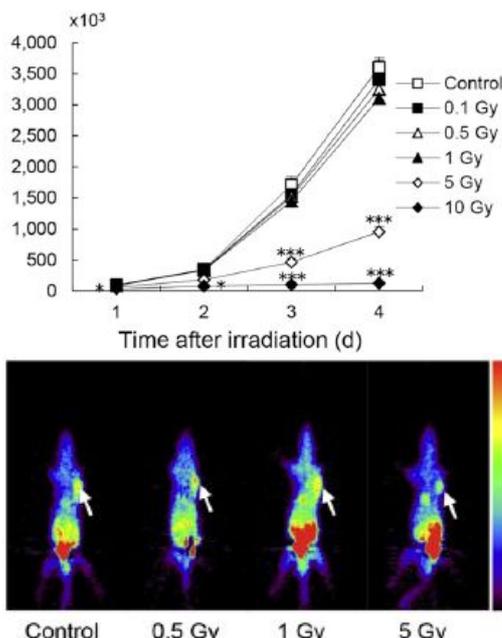


図1. X-線照射後の細胞数の変化(グラフ)と腫瘍モデルマウスへの¹⁸F-FLTの取り込み。FLT-PETでは照射翌日の取り込み量で効果を予測可能であった。同様の実験を陽子線、炭素線照射でも行った。(論文 5)

テロメアは、染色体の末端部分に位置する特有のDNA塩基配列等からなる構造であり、染色体を安定に保つ役割を果たしているが、がん細胞ではテロメアを伸長させるテロメラーゼの活性が高いため、分裂寿命に至らず分裂を続けるとされる。本研究ではテロメラーゼ活性を阻害すると期待されるフタロシアニン(PcTS)に⁶⁴Cuを標識し、テロメアイメージング用PET分子プローブの開発を行った。細胞への取り込み実験は、ヒト由来前立腺がん・大腸がん細胞であるPC3、LNCaP、colon26の3種類を用い、1日インキュベート後⁶⁴Cu PcTSを添加し、経時的に各wellの放射線量とたんぱく量、取り込み量(%ID/mg)を算出し、評価した。一部のがん細胞では、⁶⁴Cu PcTSの取り込み量が経時的に増加する傾向が見られたため、⁶⁴Cu PcTSはテロメアイメージング用PET薬剤として使用可能と考えられた。

(2) 分子イメージングのがん診療への応用と治療抵抗性の評価

低酸素イメージング剤⁶²Cu-ATSMによる治療抵抗部位の描出と予後評価に関する検討：肺がん、頭頸部がん、脳腫瘍、前立腺がん、婦人科がん等を対象に⁶²Cu-ATSM-PETを行い、腫瘍の治療抵抗性評価による予後予測が臨床上有効な手段となり得るか、従来のFDG-PETによる糖代謝画像(腫瘍活性)との比較で検討

した。上記症例のうち、最も症例数の多い頭頸部がんを主な解析対象とした。予後評価は、再発・転移をエンド・ポイントとする無増悪生存期間(PFS)の評価をKaplan-Meier法により行い、⁶²Cu-ATSM, FDGそれぞれにおいて適切なPET指標を設定し、大小・高低等の2群間で解析した。PET薬剤集積性の指標である最大標準化集積量(SUV_{max})及び腫瘍/筋集積比(T/M比: TMR)を比較すると、⁶²Cu-ATSM集積においてのみ、高集積群が有意に低集積群より予後不良であった。FDG集積は2群間で差異があったものの、予後に有意差は認めなかった。(図2, Clin Nucl Med 2014に発表)

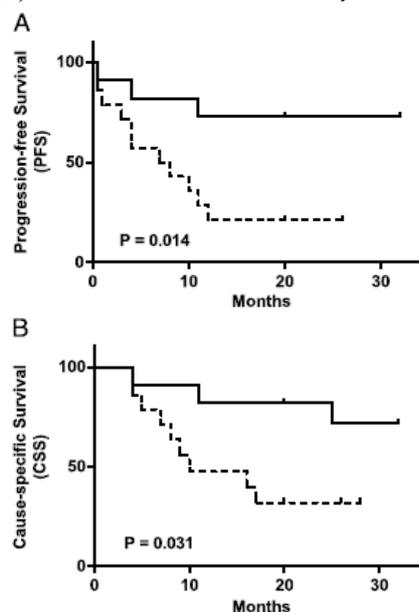


図2. Cu-ATSM T/M比での予後予測 (論文 8)

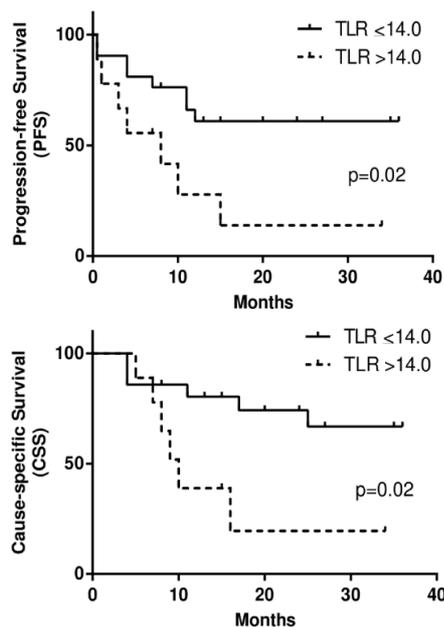


図3. Cu-ATSM TLRでの予後評価 (論文 3)

一方、FDG-PETにおいて近年用いられている体積指標 (MTV: metabolic-tumor-volume)では、高値(大)群において低値(小)群より有意に

予後が不良であった。さらに、 ^{62}Cu -ATSM集積を酸化ストレスの指標と考え、集積値と集積部体積の積であるtotal-lesion-reduction (TLR)を定義することで、これも予後評価の指標として有効であることが明らかとなった。(図3, PLoS ONE 2016に発表)

子宮肉腫および子宮筋腫の鑑別：

エストロゲン受容体(ER)発現と ^{18}F -FES集積を比較し、病理学的免疫組織染色の手法により、FES集積がER α 発現と良好に相関する一方、ER β 発現とはあまり相関がないことを示した。また、悪性腫瘍である子宮肉腫ではER α 発現が低下しており、PET画像のFES集積低下とよく一致した。筋腫では一般にER発現が保たれ、悪性になると受容体発現が低下するパターンは、子宮体がんでの結果と同様であり、FDG-PETを同時期に行うことで得られるFDG/FES比が腫瘍の悪性度とよく相関することを論文報告した(J Nucl Med, 2013, 図4)。

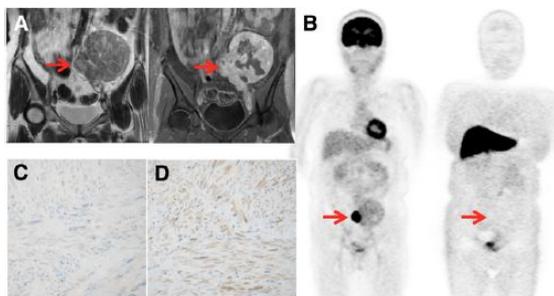


図4. 子宮肉腫のMRI (A), PET画像(B)および免疫染色(C, D)。FES-PET画像(B右)では集積をほとんど認めない(論文13)

がんMR分子イメージング法の開発：

現在MRスクリーニング画像として、拡散強調画像(DWI)による全身スキャンが期待されているが、本課題では、悪性リンパ腫の患者を対象に、病期判定に対するDWI画像の有効性を、FDG-PETとの比較で検討した。全身FDG-PETと比べ、全身DWI-MRは画質の点で見劣りするものの、T2強調(T2WI)画像との組合せにより、適切な病期判定が可能であった。(J Magn Reson Imaging, 2015に論文発表、図5)

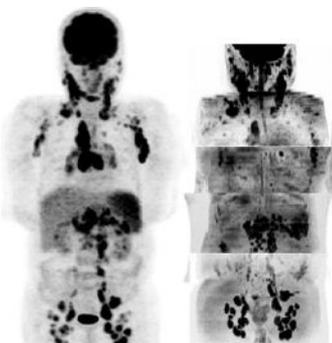


図5. 悪性リンパ腫のFDG-PET(左)と全身DWI-MR画像(右)(論文4)

5. 主な発表論文等

(研究代表者・分担者、連携研究者に下線)

(雑誌論文)(計16件、他20件、和文以外は査読あり)

1. Yamamoto M, Tsujikawa T, Shinagawa A, Chino Y, Kurokawa T, Kiyono Y, Okazawa H, Yoshida Y. Metabolic tumor burden predicts prognosis of ovarian cancer patients who receive platinum-based adjuvant chemotherapy. *Cancer Sci*. 2016. (in press)
DOI: 10.1111/cas.12890.
2. Tsujikawa T, Asahi S, Oh M, Sato Y, Narita N, Makino A, Kiyono Y, Tsuchida T, Kimura H, Fujieda S, Okazawa H. Assessment of the tumor redox status in head and neck cancer by ^{62}Cu -ATSM PET *PLoS ONE* 2016; 11(5): e0155635. DOI:10.1371/journal.pone.0155635
3. Rahman T, Tsujikawa T, Yamamoto M, Chino Y, Shinagawa A, Kurokawa T, Tsuchida T, Kimura H, Yoshida Y, Okazawa H. Different prognostic implications of ^{18}F -FDG PET between histological subtypes in patients with cervical cancer. *Medicine*. 2016; 95(9): e3017. DOI: 10.1097/MD.0000000000003017
4. Tsuji K, Kishi S, Tsuchida T, Yamauchi T, Ikegaya S, Urasaki Y, Fujiwara Y, Ueda T, Okazawa H, Kimura H. Evaluation of staging and early response to chemotherapy with whole-body diffusion-weighted MRI in malignant lymphoma patients: A comparison with FDG-PET/CT. *J Magn Reson Imaging*. 2015; 41: 1601-1607. DOI: 10.1002/jmri.24714
5. Lin C, Kume K, Mori T, Martinez ME, Okazawa H, Kiyono Y. Predictive value of early stage uptake of 3'-deoxy-3'- ^{18}F -fluorothymidine in cancer cells treated with charged particle irradiation. *J Nucl Med* 2015; 56: 945-950. DOI: 10.2967/jnumed.114.152983
6. Kobayashi M, Mori T, Tsujikawa T, Ogai K, Sugama J, Kiyono Y, Kawai K, Okazawa H. Comparison of image quality with ^{62}Cu and ^{64}Cu -labeled radiotracers in positron emission tomography whole-body phantom imaging. *Hell J Nucl Med*. 2015; 18: 103-107. DOI: 10.1967/s002449910203
7. Yoshii Y, Furukawa T, Waki A, Okuyama H, Inoue M, Itoh M, Zhang MR, Wakizaka H, Sogawa C, Kiyono Y, Yoshii H, Fujibayashi Y, Saga T. High-throughput screening with nanoimprinting 3D culture for efficient drug development by mimicking the tumor environment. *Biomaterials*, 2015; 51, 278-289. DOI:doi:10.1016/j.biomaterials.2015.02.008
8. Sato Y, Tsujikawa T, Oh M, Mori T, Kiyono Y, Fujieda S, Kimura H, Okazawa H. Assessing tumor hypoxia in head and neck cancer by PET with ^{62}Cu -diacetyl-bis(N 4 -methylthiosemicarbazone). *Clin Nucl Med*. 2014; 39: 1027-1032. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000537

9. Oyama N, Ito H, Takahara N, Miwa Y, Akino H, Kudo T, Okazawa H, Fujibayashi Y, Komatsu K, Tsukahara K, Yokoyama O. Diagnosis of complex renal cystic masses and solid renal lesions using PET imaging: Comparison of C-11 acetate and F-18 FDG PET imaging. *Clin Nucl Med*. 2014; 39: e208-214. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000287
 10. Tsuyoshi H, Morishita F, Orisaka M, Okazawa H, Yoshida Y. ¹⁸F-Fluorothymidine positron emission tomography is a potential predictive imaging biomarker of the response to gemcitabine-based chemotherapeutic treatment for recurrent ovarian cancer: preliminary results in three patients. *Clin Nucl Med* 2013; 38: 560-3. DOI: 10.1097/RLU.0b013e318292ee9c
 11. Yoshii Y, Furukawa T, Oyama N, Hasegawa Y, Kiyono Y, Nishii R, Waki A, Tsuji AB, Sogawa C, Wakizaka H, Fukumura T, Yoshii H, Fujibayashi Y, Lewis JS, Saga T. Fatty acid synthase is a key target in multiple essential tumor functions of prostate cancer : uptake of radiolabeled acetate as a predictor of the targeted therapy outcome. *PLoS One* 2013; 8(5): e64570. DOI: 10.1371/journal.pone.0064570
 12. Tsuchida T, Morikawa M, Demura Y, Umeda Y, Okazawa H, Kimura H. Imaging the early response to chemotherapy in advanced lung cancer with diffusion-weighted magnetic resonance imaging compared to fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography and computed tomography. *J Magn Reson Imaging*. 2013; 38: 80-88. DOI: 10.1002/jmri.23959
 13. Zhao Z, Yoshida Y, Kurokawa T, Kiyono Y, Mori T, Okazawa H. FES- and FDG-PET for differential diagnosis and quantitative evaluation of mesenchymal uterine tumors: Correlation with immunohistochemical analysis. *J Nucl Med*. 2013; 54: 499-506. DOI: 10.2967/jnumed.112.113472
 14. 津吉秀昭, 辻川哲也, 岡沢秀彦, 吉田好雄 : PET による悪性腫瘍の治療戦略 5 . 卵巣癌. PET ジャーナル. 2013; 21: 33-35.
 15. Tsujikawa T, Yoshida Y, Maeda H, Tsuchida T, Mori T, Kiyono Y, Kimura H, Okazawa H. Oestrogen-related tumour phenotype: PET characterisation with ¹⁸F-FDG and ¹⁸F-FES. *Br J Radiol*. 2012; 85: 1020-1024. DOI: 10.1259/bjr/26645378
 16. 吉田好雄, 岡沢秀彦 PET 画像診断による子宮筋腫・肉腫の鑑別診断法 日本医事新報 2012; 4590: 65-70.
- [学会発表](計 19 件、他 82 件)
1. 岡沢 秀彦 : ジェネレータ各種の使用経験 「⁶²Zn/⁶²Cu ジェネレータの臨床応用」. PET サマーセミナー2015 in 東京ベイ : シンポジウム . 浦安市 . 2015.09
 2. Tsujikawa T, Asahi S, Oh M, Mori T, Kiyono Y, Okazawa H. Prediction of head and neck cancer outcome evaluated by tumor redox status using ⁶²Cu-ATSM PET. The 62th Annual Meeting of The Society of Nuclear Medicine . Baltimore (USA) . 2015.06
 3. Tsujikawa T, Chino Y, Shinagawa A, Yamamoto M, Makino A, Mori A, Kurokawa T, Kiyono Y, Yoshida Y, Okazawa H. Assessment of hormone sensitivity in uterine leiomyoma patients using ¹⁸F-FES PET. The 62th Annual Meeting of The Society of Nuclear Medicine . Baltimore (USA) . 2015.06
 4. Kiyono Y, Lin C, Kume K, Mori T, Martinez ME, Okazawa H. Predictive value of early stage uptake of 3'-deoxy-3'-¹⁸F-fluorothymidine in colorectal cancer treated with charged particle irradiation. The 62nd Annual Meeting of Society of Nuclear Medicine . Baltimore (USA) . 2015.06
 5. Tsujikawa T, Asahi S, Oh M, Sato Y, Mori T, Kiyono Y, Fujieda S, Kimura H, Okazawa H. Hypoxic intensity and tumor burden measured by ⁶²Cu-ATSM-PET in head and neck cancer patients: Comparison of prognostic prediction with FDG-PET. 第 74 回日本医学放射線学会 学術集会 . 横浜市 . 2015.04
 6. Okazawa H. Imaging oxidative stress, European Conference on Clinical Neuroimaging, Rome (Italy), 2015.03
 7. Okazawa H, Tsujikawa T, Oh M, Sato Y, Mori T, Fujieda S, Kiyono Y. Hypoxic volume measurement using Cu-ATSM PET may be a predictive index for prognosis of advanced head-and-neck cancers: Comparison with FDG-PET, World Molecular Imaging Conference, Seoul (Korea), 2014.09
 8. Lin C, Kume K, Mori T, Martinez ME, Okazawa H, Kiyono Y. Predictive value of early stage uptake of ¹⁸F-FLT in colorectal cancer treated with charged particle radiotherapies, World Molecular Imaging Congress 2014, Seoul (Korea), 2014.09
 9. Tsujikawa T, Asahi S, Oh M, Sato Y, Tsuchida T, Makino A, Mori T, Kiyono Y, Fujieda S, Okazawa H. Volume-based hypoxic parameters of ⁶²Cu-ATSM PET as prognostic indicators in head and neck cancer, The 61st Annual Meeting of The Society of Nuclear Medicine, ST.Louis (USA), 2014.06
 10. Sato Y, Oh M, Kimura Y, Kiyono Y, Mori T, Fujieda S, Okazawa H. Cu-ATSM uptake may predict prognosis after treatment in advanced head-and-neck cancers : Evaluation of resistant hypoxic tissue with tumor-to-muscle ratio, RSNA 2013, Chicago(USA), 2013.11
 11. Sato Y, Oh M, Kimura Y, Kiyono Y, Mori T, Fujieda S, Okazawa H. Tumor-to-muscle ratio of Cu-ATSM uptake may reflect outcome of treatment in head-and-neck cancers:

- Predictability of resistant hypoxic tissue. The 60th Annual Meeting of The Society of Nuclear Medicine, Vancouver (Canada), 2013.06
12. Yoshida Y, Kurokawa T, Tsuyoshi H, Shinagawa A, Kiyono Y, Mori T, Okazawa H. Predictability of later developed relapse in endometrial carcinoma in young women with functional imaging parameters of FES/FDG SUV ratio after hormone treatment. The 60th Annual Meeting of The Society of Nuclear Medicine, Vancouver (Canada), 2013.06
13. Yoshida Y, Okazawa H, Shinagawa A, Kiyono Y, Mori T, Kurokawa T. Predictability of later developed relapse in endometrial carcinoma in young women with functional imaging parameters of FES/FDG SUV ratio after hormone treatment. ASCO, Annual'13 Meeting, Chicago (USA), 2013.06
14. Okazawa H, Kimura Y, Oh M, Kiyono Y, Mori T, Fujieda S. Relationship between effects of treatment and Cu-ATSM uptake in head-and-neck cancers: Predictability of resistant hypoxic tissue in cancers. Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine (EANM2012), Milan (Italy), 2012.10
15. Kiyono Y, Ikeda R, Mori T, Yoshii Y, Asai T, Fujibayashi Y, Okazawa H. Evaluation of 5-^{[77]Br}bromo-4'-thio-2'-deoxyuridine as a radiopharmaceutical for DNA targeted internal radiation therapy. Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine (EANM2012), Milan (Italy), 2012.10
16. Okazawa H, Kimura Y, Oh M, Kiyono Y, Mori T, Fujieda S. Predictability of treatment effects with Cu-ATSM PET in head-and-neck cancers: Comparison with FDG-PET. 2012 World Molecular Imaging Congress, Dublin (Ireland), 2012.09
17. Okazawa H, Kimura Y, Kiyono Y, Mori T, Fujieda S. Predictability of ⁶²Cu-ATSM uptake to evaluate resistant hypoxic tissue and effects of treatment in head-and-neck cancers. SNM 2012 Annual Meeting, Miami Beach (USA), 2012.06
18. Kiyono Y, Ikeda R, Mori T, Yoshii Y, Fujibayashi Y, Okazawa H. Evaluation of 5-^{[77]Br}bromo-4'-thio-2'-deoxyuridine as a radiopharmaceutical for DNA targeted nano-irradiation therapy. SNM 2012 Annual Meeting, Miami Beach (USA), 2012.06
19. Kiyono Y, Mori T, Asai T, Fujibayashi Y, Okazawa H. Evaluation of radiobromine-labeled (2S,αS)-2-(α-(2-bromophenoxy)benzyl)morpholine as an imaging probe for brain norepinephrine transporter. Evaluation of radiobromine-labeled (2S,αS)-2-(α-(2-bromophenoxy)benzyl)morpholine as an imaging probe for brain norepinephrine transporter. SNM 2012 Annual Meeting, Miami Beach (USA), 2012.06

〔図書〕(計 1件)

1. 岡沢 秀彦：5章「脂質代謝に基づく腫瘍PETイメージング」. 浦野 泰照編『がんの分子イメージング』.(株)化学同人(京都). 2015, pp. 30-35.

〔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：http://www.med.u-fukui.ac.jp/birc/study/idx_study.html

報道関連：福井新聞(2015.4.23掲載)「粒子線治療効果 PETで早期予測」

福井新聞、県民福井新聞(2015.10.28掲載)「がん、認知症に威力：福井大学最新画像診断装置を導入」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡沢 秀彦 (OKAZAWA HIDEHIKO)
福井大学・高I科^{*}-医学研究センター・教授
研究者番号：50360813

(2) 研究分担者

清野 泰 (KIYONO YASUSHI)
福井大学・高I科^{*}-医学研究センター・教授
研究者番号：50305603
辻川 哲也 (TSUJIKAWA TETSUYA)
福井大学・高I科^{*}-医学研究センター・准教授
研究者番号：30380033
森 哲也 (MORI TETSUYA)
福井大学・高I科^{*}-医学研究センター・助教
(H22：研究分担者に追加)
研究者番号：40397287

木村 浩彦 (KIMURA HIROHIKO)
福井大学・医学部・教授
研究者番号：10242569

吉田 好雄 (YOSHIDA YOSHIO)
福井大学・医学部・教授
研究者番号：60220688

塩浦 宏樹 (SHIOURA HIROKI)
福井大学・医学部附属病院・講師
研究者番号：50235488

大山 伸幸 (OYAMA NOBUYUKI) (~H26)
福井大学・医学部附属病院・講師
研究者番号：20223977

(3) 連携研究者

山本 和高 (KAZUTAKA YAMAMOTO)
福井大学・高I科^{*}-医学研究センター・客員教授
(福井県立陽子線がん治療センター・センター長)
研究者番号：50158268