

Fig. 5. ^{241}Am spectra obtained with the 1.3 cm CdTe DSD. The solid and dotted lines indicate spectra from the Al and Pt strips, respectively. A bias voltage of 500 V was applied at operating temperature of -20°C . An energy resolution of 1.8 keV(FWHM) at 59.54 keV was obtained for both sides.

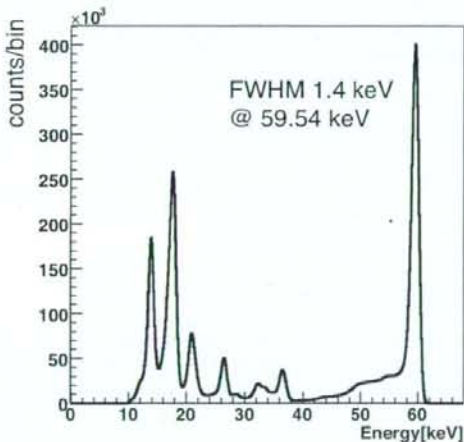


Fig. 6. ^{241}Am spectra obtained with the 1.3 cm CdTe DSD. The average of the both sides' energy information was used. The energy resolution was improved to 1.4 keV(FWHM) at 59.54 keV.

5.0 mm \times 7.8 mm in size and 725 μm thick. The front-end part of VA32TA6 is based on VA64TA1 [13]. It has 32 channels of circuits, including a charge-sensitive amplifier, slow CR-RC shaper and sample/hold (VA section), and fast CR-RC shaper and discriminator chain (TA section). The shaping time of the slow shaper is variable from 2 to 4 μs ; that of the fast shaper is 600 ns. A detailed description of this VA-TA architecture is given in other references [12], [14]. The measured power consumption on average was 16.5 mW per chip, corresponding to 0.5 mW per channel by considering a simple division of channel numbers.

The main new feature of VA32TA6 is the inclusion of on-chip ADC circuitry. VA32TA6 implements a Wilkinson-type ADC that digitizes the 32 sampled pulse heights of the slow shapers in parallel. The ramp speed is adjustable via the

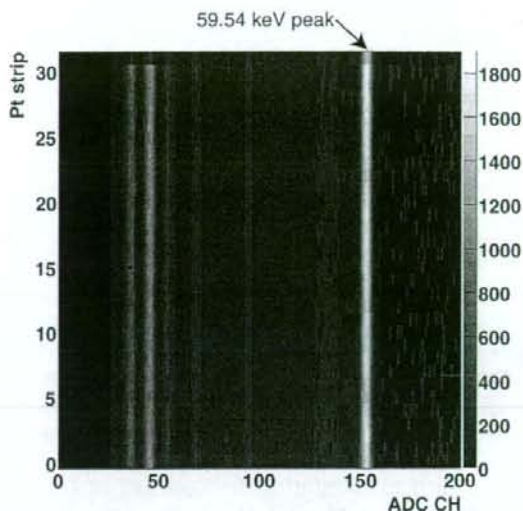


Fig. 7. ^{241}Am spectra obtained with one Al strip of the 1.3 cm CdTe DSD. The X and Y axes correspond to the Al strip's pulse height in the ADC channel and the hit strip on the Pt side, respectively.

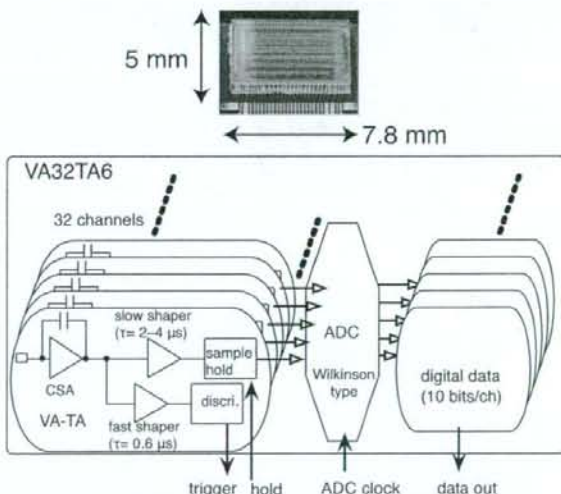


Fig. 8. Photograph of VA32TA6 and a schematic diagram.

internal DAC. The ADC clock's maximum speed is 10 MHz. Each channel has a 10-bit digital counter. The maximum dead time due to AD conversion is $\sim 100 \mu\text{s}$ under the 10 MHz ADC clock. The ADC circuitry is equipped with a global Common Mode Detection Unit. This unit latches the ADC counter value when a certain number of channel discriminators have fired. For VA32TA6, the threshold of the Common Mode Detection Unit has one default setting (16 channels). The common mode value is stored in a separate counter and output as part of the data stream.

To evaluate the functions and performance of the ASIC, we constructed CdTe pad detectors for connection to VA32TA6. Each pad is 1.35 mm \times 1.35 mm in size. A total of 32 pads

(in $8 \times 8 = 64$ pads) are connected to the ASIC. The pad capacitance is expected to be 3–4 pF per channel. We used two types of CdTe pad detectors. One is an In/CdTe/Pt-pad type detector [18], in which VA32TA6 is connected to Pt cathode pads, for processing positive charge signals. The other is an Al-pad/CdTe/Pt type detector [10]. The ASIC in this detector is connected to Al anode pads for processing negative charge signals.

By applying a detector bias voltage and irradiating the detector with X-rays/gamma rays emitted by a radioisotope, we have successfully made VA32TA6s work and have obtained digital pulse height data. The ADC circuitry works properly with clock speed up to 10 MHz. Fig 9 shows the obtained spectra from the CdTe pad detectors. These spectra are obtained from a single channel of the pad detectors. The pedestal level is corrected, and the common mode is subtracted by using the data from the Common Mode Detection Unit. An energy resolution of 1.2 keV (FWHM) at 59.54 keV was achieved for both pad detectors. This energy resolution in CdTe corresponds to 110 e^- in ENC (equivalent noise charge). This spectral performance is comparable with that of VA64TA1 [13].

For our astrophysical application, it is important to achieve as low an energy threshold as possible. Fig 10 demonstrates the low energy threshold. This is an X-ray spectrum from ^{55}Fe obtained with one channel of the Al-pad/CdTe/Pt detector. The Mn K X-ray line combining a 5.9 keV $K\alpha$ and a 6.4 keV $K\beta$ was detected and clearly resolved. The energy threshold can be set as low as 4 keV, which satisfies the energy coverage goal of Hard X-ray Imagers used in the ASTRO-H (NeXT) project.

IV. CONCLUSION

We developed CdTe diode double-sided strip detectors that have Al anode and Pt cathode strips. Two types of prototypes were assembled and we evaluated their imaging capability and spectral performance. Gamma-ray imaging spectroscopy with a position resolution of 400 μm was demonstrated by using the 2.6 cm CdTe DSD. The energy resolution of 1.8 keV (FWHM) at 59.54 keV was obtained with the 1.3 cm CdTe DSD.

For semiconductor detector readout, we have developed a new analog ASIC, VA32TA6, characterized by a main new feature of including an on-chip ADC. By constructing CdTe pad detectors, we tested the functions and performance of VA32TA6. The ADC worked properly and good noise performance was obtained.

We are developing the next version of the CdTe DSD, that will use VA32TA6s as the readout ASICs. By using VA32TA6s, the readout system may be simplified, because it is possible to control the ASICs and read data by only using digital signals. Such a new configuration would offer improvements in performance as required for the the ASTRO-H (NeXT) Hard X-ray Imager and future X-ray/gamma-ray telescopes.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by KAKENHI(19740172).

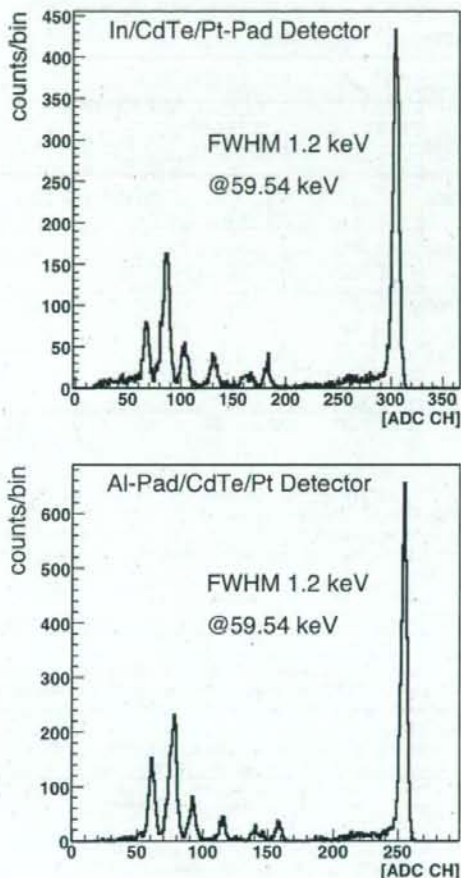


Fig. 9. ^{241}Am gamma-ray spectra obtained with CdTe pad detectors using VA32TA6. At an operating temperature of -20°C , bias voltages of 600 V and 400 V were applied for the In/CdTe/Pt-pad detector and Al-pad/CdTe/Pt detector, respectively. The pedestal level was corrected, and the common mode was subtracted by using the data from the Common Mode Detection Unit. An energy resolution of 1.2 keV (FWHM) at 59.54 keV was achieved.

REFERENCES

- [1] T. Takahashi and S. Watanabe "Recent Progress in CdTe and CdZnTe Detector," *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol. 48, No. 4, pp. 950-959, 2001.
- [2] O. Limousin "New trends in CdTe and CdZnTe detectors for X- and gamma-ray applications", *Nucl. Instr. Meth.*, A 504, pp. 24-37, 2003.
- [3] F. A. Harrison, S. E. Boggs, A. E. Bolotnikov, C. M. H. Chen, W. R. Cook, and S. M. Schindler "Development of CdZnTe pixel detectors for astrophysical applications", *Proc. SPIE*, 4141, pp. 137-143, 2000.
- [4] A. E. Bolotnikov, W. R. Cook, S. E. Boggs, F. A. Harrison, and S. M. Schindler "Development of high spectral resolution CdZnTe pixel detectors for astronomical hard X-ray telescopes", *Nucl. Instr. Meth.*, A 458, pp. 585-592, 2001.
- [5] K. Oonuki, H. Inoue, K. Nakazawa, T. Mitani, T. Tanaka, T. Takahashi, C. M. H. Chen, W. R. Cook, and F. A. Harrison "Development of uniform CdTe pixel detectors based on caltech ASIC", *Proc. SPIE*, 5501, pp. 218-228, 2004.
- [6] K. R. Slavis et al. "High altitude balloon flight of CdZnTe detectors for high energy X-ray astronomy", *Proc. SPIE*, 3445, pp. 169-183, 1998.
- [7] E. Kalemci and J. L. Matteson "Investigation of charge sharing among electrode strips for a CdZnTe detector", *Nucl. Instr. Meth.*, A 478, pp. 527-537, 2002.
- [8] H. Toyama, A. Nishihira, M. Yamazato, A. Higa, T. Machama, R. Ohno, and M. Toguchi "Formation of Aluminum Schottky Contact on

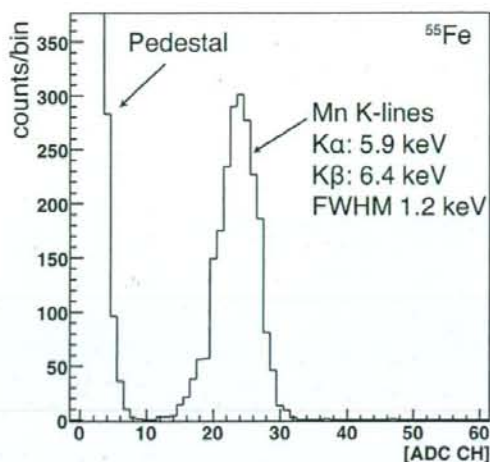


Fig. 10. ^{55}Fe X-ray spectrum obtained with the Al-pad/CdTe/Pt detector using VA32TA6. At operating temperature of -20°C , 400 V of bias voltage was applied. The pedestal level was corrected, and the common mode was subtracted by using the data from the Common Mode Detection Unit.

Plasma-Treated Cadmium Telluride Surface", *J.J.Appl.Phys.*, 43, No.9A pp. 6371–6375, 2004.

- [9] H. Toyama, M. Yamazato, A. Higa, T. Maehama, R. Ohno, and M. Toguchi "Effect of He Plasma Treatment on the Rectification Properties of Al/CdTe Schottky Contacts", *J.J.Appl.Phys.*, 44, No.9A, pp. 6742–6746, 2005.
- [10] S. Watanabe, S. Ishikawa, S. Takeda, H. Odaka, T. Tanaka, T. Takahashi, K. Nakazawa, M. Yamazato, A. Higa, and S. Kaneku "New CdTe Pixel Gamma-Ray Detector with Pixelated Al Schottky Anodes", *J.J.Appl.Phys.*, 46, No.9A, pp. 6043–6045, 2007.
- [11] A. Meuris, O. Limousin, F. Lugiez, O. Gevin, F. Pinsard, I. Le Mer, E. Delagnes, M.C. Vassal, F. Soufflet, and R. Bocage "Caliste 64, an Innovative CdTe Hard X-Ray Micro-Camera", *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol. 55, pp. 778–784, 2008.
- [12] H. Tajima, T. Nakamoto, T. Tanaka, S. Uno, T. Mitani, E do Couto e Silva, Y. Fukazawa, T. Kamae, G. Madejski, D. Marlow, K. Nakazawa, M. Nomachi, Y. Okada, and T. Takahashi "Performance of a Low Noise Front-end ASIC for Si/CdTe Detectors in Compton Gamma-ray Telescope", *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol. 51, pp. 842–847, 2004.
- [13] T. Tanaka, S. Watanabe, S. Takeda, K. Oonuki, T. Mitani, K. Nakazawa, T. Takahashi, H. Tajima, N. Sawamoto, Y. Fukazawa, and M. Nomachi "Recent results from a Si/CdTe semiconductor Compton telescope", *Nucl. Instr. Meth.*, A 568, pp. 375–381, 2006.
- [14] H. Tajima, T. Kamae, S. Uno, T. Nakamoto, Y. Fukazawa, T. Mitani, T. Takahashi, K. Nakazawa, Y. Okada, and M. Nomachi "Low Noise Double-Sided Silicon Strip Detector for Multiple-Compton Gamma-ray Telescope", *Proc. SPIE*, 4851, pp. 875–884, 2003.
- [15] S. Takeda, S. Watanabe, T. Tanaka, K. Nakazawa, T. Takahashi, Y. Fukazawa, H. Yasuda, H. Tajima, Y. Kuroda, M. Onishi, and K. Genba "Development of double-sided silicon strip detectors (DSSD) for a Compton telescope", *Nucl. Instr. Meth.*, A 579, pp.859–865, 2007.
- [16] T. Takahashi et al. "High Resolution CdTe Detector and Applications to Image Devices", *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol. 48, pp.287–291, 2001.
- [17] T. Takahashi, S. Ishikawa, S. Watanabe, K. Nakazawa, Y. Kuroda, and M. Onishi "A CdTe Diode Double-sided Strip Detector", submitted to *Nucl. Instr. Meth.*, A, in 2008.
- [18] S. Watanabe, S. Takeda, S. Ishikawa, H. Odaka, M. Ushio, T. Tanaka, K. Nakazawa, T. Takahashi, H. Tajima, Y. Fukazawa, Y. Kuroda, and M. Onishi "Development of Semiconductor Imaging Detectors for a Si/CdTe Compton Camera", *Nucl. Instr. Meth.*, A 579, pp.871–877, 2007.

Many tracers make light work

A new type of biological camera can trace several different molecules at once in a live animal

Doctors and scientists can visualize specific biological processes in living creatures by monitoring radioactive tracer molecules. So far, imaging techniques have largely been limited to seeing one tracer molecule at a time, which is unlikely to provide the full picture of complex functions or diseases.

Now Shuichi Enomoto, Shinji Motomura and co-workers at the RIKEN Center for Molecular Imaging Science (formerly the RIKEN Molecular Imaging Research Program) in Kobe and Wako have produced images of three radioactive isotopes at the same time in a live mouse¹. The researchers adapted a gamma-ray imaging device called a semiconductor Compton camera, which was originally developed for gamma-ray astrophysics.

"We had been working on research and development of 'multitracer' technology," explains Motomura. "A multitracer contains radioisotopes of various chemical elements, so that many elements and their interactions can be observed by one experiment. Later we proposed realizing multiple molecular imaging with a semiconductor Compton camera."

The Compton camera consists of two detectors made from intermeshed strips of germanium, and can probe a wide range of gamma ray energies. "An extremely pure crystal of germanium can work as a radiation detector with high energy resolution," explains Motomura. "Two sets of germanium electrodes are arranged in strips at right angles, so that the gamma-ray energy and hit positions can be detected."

To test their modified Compton camera for biological imaging, the researchers

chose three common radioactive tracers— isotopes of iodine, strontium and zinc— and injected them into an eight-week-old male mouse. The mouse was anaesthetized and scanned for 12 hours, producing both 2D and 3D images. The three tracers were distinguished by identifying their different emission energy peaks, and could be represented together in images by allocating three different colors: red, green and blue (Fig. 1).

All the tracers collected in areas where they would normally be expected: zinc tends to accumulate in the liver or in tumors, while strontium collects in the bones and iodine is taken up into the adrenal and thyroid glands. The researchers observed similar concentrations and distributions of

the tracers every 3 hours over the 12-hour scanning period, implying a fast and long-lasting imaging capability.

The researchers believe their results show great promise for the Compton camera in biological imaging. At present these germanium-based detectors are very expensive, but there could be strong demand in future, once the researchers improve their equipment to provide higher resolution images in a shorter time. ■

1. Motomura, S., Kanayama, Y., Haba, H., Watanabe, Y. & Enomoto, S. Multiple molecular simultaneous imaging in a live mouse using semiconductor Compton camera. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 23, 1089–1092 (2008).



Figure 1: Compound image from a Compton camera showing the positions of three different radioisotopes, zinc (red), strontium (blue) and iodine (green), in a live mouse. (This work was completed in compliance with Japan's ethical standards for experiments on live animals.)

次世代分子イメージング装置

放射性薬剤を同時撮像

理研が成功

次世代の分子イメージング技術である半導体コンプトンカメラを用いたイメージング装置を、理化学研究所の研究グループが開発した。この装置を用いてマウス体内に投与した複数の放射性薬剤が、それぞれ異なる場所

で動く様子を同時に撮像することに世界で初めて成功した。理研の研究グループは、同時に複数の

分子をイメージングするための診断薬の開発も進めており、より高度で正確な診断が可能になる実用レベルの撮像に向けて開発を推進する計画。

理研メタロミクス研究ユニットの榎本秀一

ニトリダーと分子イメージング研究プログラムの本村信治研究員らのグループは、放射性医薬品を利用して病気の予防、診断、治療などを行う分子イメージング装置として、高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたコンプトンカメラ方式による複数分子を同時にイメージングできる装置を開発した。

これを用いて3種類の放射性薬剤を健康なマウスに同時投与し、麻酔下で12時間の撮像を行った。その結果、それぞれ

の放射性薬剤の特徴的な分布を同時に2次元および3次元的に画像化できた。同研究グループは、次世代分子イメージング装置によるリアルタイムイメージングの可能性を高めることに成功したもので、さらに実用レベルの開発を加速する。

分子イメージング研究プログラム
メタロミクスイメージング研究ユニット

複数薬剤の動きを
体内で同時画像化
理研など開発

複数の薬剤の動きを動物の体内で一度に画像化する手法を、理化学研究所などが開発した。現在、がんの診断などに使われているPET(陽電子放射断層撮影)は単一の薬剤しか追跡できないが、複数の薬剤の動きを同時に見ることで、がんと潰瘍を見分けるなど、より精密な診断が可能になるという。

PETは、薬剤に含まれる陽電子が出すガンマ線を検出し、体内での薬剤の場所を画像化する。理研の本秀一ユニットリーダーらは、さまざまな放射性同位元素から放射されるガンマ線を元素ごとに識別できる装置を開発。ヨウ素、亜鉛、



(左から)亜鉛、ストロンチウム、ヨウ素の同位体で標識した薬剤を投与したマウスの体内画像。薬剤によって蓄積される場所が異なる—理化学研究所提供

ストロンチウムの放射性同位体で標識をつけた3種類の薬剤をマウスに投与し、それぞれの場所を画像化することに成功した。榎本さんは15年後をめどに、人間に使える試作機を作りたいと話している。

【西川拓】

分子イメージング研究プログラム
メタロミクスイメージング研究ユニット

マウス体内の放射性薬剤 複数個所の作用同時撮像

理研が
世界初

理研放射線医学研究所の榎本秀一・メタボリック研究センター長、理研分子イメージング研究所ロウランの本村順治研究員を中心とした研究グループは、半導体コンプトンカメラを用いたイメージング装置を開発し、マウス体内に投与した放射性薬剤が、それぞれ異なる場所で動く様子を同時に撮像することに、世界で初めて成功した。複数箇所の病状診断や腫瘍増殖に役立ちるとも期待される。

近年PET(ポジトロン断層撮影)などの分子イメージング技術によって、生体内の様々な反応や分子の動きを正確に捉えた画像情報として得られるようになってきている。特にPET

では、造影に不可欠な造影剤を注入することなく、非侵襲的に病状を診断し、病気の進行や様子を細かく診断・治療を可能にしている。しかし、がんや神経障害

原因が複雑・多発的に発生しており、単一の分子の動きを捉えただけでは、その複雑な動きを捉えきれない。そこで、それぞれ異なる種類の放射性薬剤を同時にマウスに投与し、その動きを同時に撮像することによって、

分子の動きを同時に撮像することができれば、複数の異なるマウスや他の生体区画での相互作用がより正確に把握でき、より高度な正確な診断が可能になる。

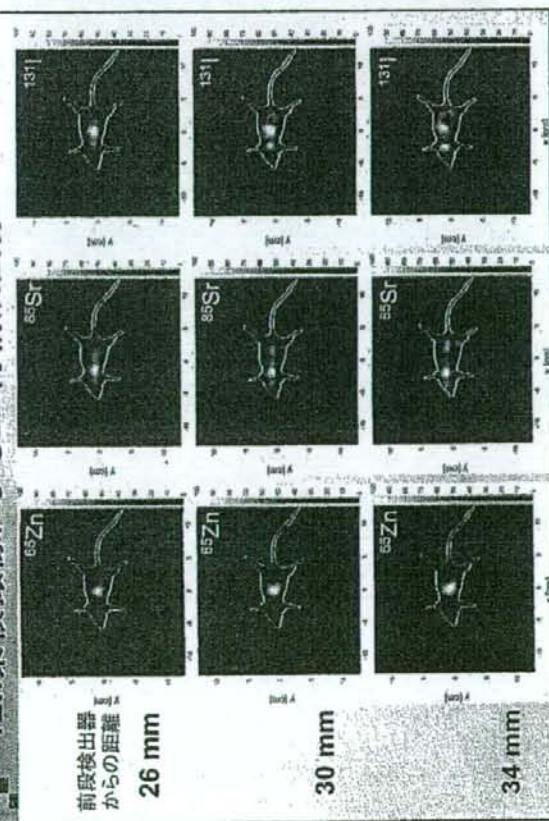
研究グループでは、高純度のガドリニウム半導体検出器を用いたコンプトンカメラによる複数分子を同時にイメージングする装置の開発を進めてきた。複数の放射性薬剤から放出される光子を線エネルギーを計

測することで、それぞれの分子を識別することができると期待されている。またコンプトンカメラは、一方からの固定撮像でも、多次分布の情報が得られる。

今回の研究では、この装置を使って、3種類の放射性薬剤を異なるマウスに同時投与し、同時に撮像を行い、それぞれの放射性薬剤に特徴的な分布を同時に次元・3次元的に可視化し、リアルタイムイメージングの可能性を高めることに成功した。

研究グループでは、5年以上にわたって使ってきたコンプトンカメラを開発し、その後、実用機器に向けて開発に取り組んでいくという。

12h累積撮像による2D再構成画像



体内の分子の動き 一目で

新薬開発や病気の原因を探る有効な手段として、分子イメージング技術が注目されている。欧米で応用が先行しているが、日本でも理化学研究所の神戸研究所と拠点を整備するなど、普及が始まっている。(野俣英治)

分子イメージングは、たんに質をなく、生体内の様々な分子の動きをリアルタイムに観察する技術。研究では陽電子放射断層撮影(PET)の新たな応用方法を開発、病気の原因解明などを進めている。

PETは、陽電子を放出する標識分子(分子プローブ)を自印として使う観察装置。標識分子を体内に注射すると、陽電子は周囲の電子と衝突して消滅し、線

線や質量も少ないのが特徴という。

渡邉恭良・分子イメージング研究プログラマーは「死後の解剖ではわからなかった病気の状況を、生きている状態のまま把握することも可能。生体の仕組みを全く新たな視点で観察できると話す。

理研と大阪市大は、アルツハイマー病患者に特徴的にあるβアミロイドたんぱく質(Aβ)が、脳内のどの場所にとどれば蓄積していくのか、放射性線素を含む分子を注射して測定した。この分子は脳内に蓄積する性質がある。

測定の結果、アルツハイマー病患者では、健康者の

突き止めた。データを集めれば、どの時点でアルツハイマー病に移行していくかわかり、早期診断や治療が可能になるだろう。渡邉さんは先ごろ、東京テクノ・フォーラムで、この分野の現状を報告した。

複数の分子を同時追跡する試みもある。理研の榎本秀一・メタロミクスイメージング研究ユニットリーダーのチームは、幅広い領域の放射線をキャッチするコンプトンカメラを使う装置を作製。副腎、腎臓、肝臓に集まる種類の放射性薬剤を投与して、マウスの体内で動きを正確にとらえることに成功、今月初めに発表した。研究チームは「単

独体試験だ。新薬開発に際し、人体に影響のないごく微量の候補薬を投与、分子イメージング技術によって、体内での動きを自ら手法。この試験が有望なのか、速に絞り込めるが、日本での実施例はない。

厚生労働省は先月、「マイクロドーズ臨床試験実施に関するガイドライン」を医療機関などに通知した。そこには①実施回数は一回で、投与量は人に効くと推定される量の100分の1以下、または100μg以下②臨床試験の前に、哺乳動物を使った試験を行う③臨床試験実施ごとに、被験者の安全性を評価する必要があると盛り込まれている。

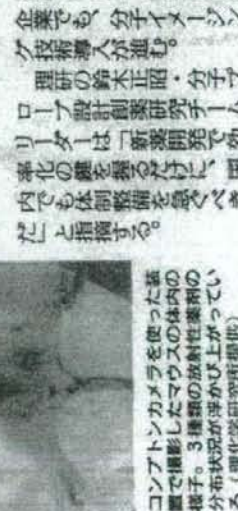
イメージング技術 早期診断や新薬開発に

を出す。この線素を測定し、標識分子が体内の組織でどのように動いたかを観察する仕組みだ。陽電子の寿命は数時間と短く、被験者の

約3割のAβが蓄積されていることが確認できたほか、軽度認知障害の患者でも、Aβがたまる人と健康者レベルの人がいることを

一放射線しかとらえられないという弱点を補う手段として、5年以内に人にも使える試作品を完成させたいと意気込む。

国内でも実施に向け一歩を踏み出したわけだが、米食医薬局局は既に昨年11月、分子イメージング技術を活用した新薬開発の指針を出している。欧米の製薬企業でも分子イメージング技術導入が進む。



コンプトンカメラを使った装置で撮影したマウスの体内の様子。3種類の放射性薬剤の分布状況が浮かび上がっている。(理化学研究所提供)

「軍部の関心は勇ましい艦隊同志の決戦に向かい、輸送船を」と以来、日本人は艦隊の華やかさに目を奪われ、海運なしに生き残れないという国の成りがそれを支えているが、心を向けることがあるだろうか。「残念ながら日本は農耕民族

群馬大などと研究協定

JAXA 先端宇宙技術を供与

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は20日、同機構が保有する宇宙先端基盤技術で群馬大学、日本原子力研究機構、理学研究所、高輝度光科学研究センターとそれぞれ共同研究する協定契約を結んだと発表した。JAXAが2018年に打ち上げる次期X線天文衛星

「ASTRO(アストロ)1-H」に搭載する軟ガンマ線検出器(SGD)や硬X線撮像検出器(HXI)で使う技術を提供し、それぞれで実用化を目指す。

具体的には群馬大と重慶子線治療に関する医学応用研究、原子力機構とライフサイエンス研究、

理研と分子イメージングマ線の入射方向とエネルギー、高輝度光科学研究と放射光利用研究を、それぞれ両者共同で進めていく。

今回、JAXAが技術提供するうち、注目されるのがSGDに使われるガンマ線望遠鏡技術のコンプトンカメラ。ガンマ線の散乱を利用してガン

マ線の入射方向とエネルギーを計算できる技術で、位置分解能が高い。

従来、医療などで使われている検出器では高エネルギーガンマ線の撮像は困難だったが、SGDでは可能になるという。JAXAでは宇宙科学のセンサー技術は「シーズの宝庫」として異分野への応用が期待できるとしている。

分子イメージング研究プログラム メタロミクスイメージング研究ユニット

宇宙機構

X線天文衛星、 実用にも一役

検出器技術の医薬や
素材開発応用で協定

何億光年も離れた宇宙を観測する天文衛星の技術が、身近な医療や素材開発に役立つ。宇宙航空研究開発機構は、13年

に打ち上げを自指す次期X線天文衛星「アストロH」に搭載されるX線やガンマ線の検出器の技術を、医薬品や新素材の開発など異分野にも生かすため、群馬大学や理化学研究所、日本原子力研究開発機構などと協定協定を結んだ。

アストロHをはじめ、天文衛星の観測機器は、微弱な信号をとらえる高感度センサーや、限られた体積の中で性能を發揮する高密度基盤などの先端技術に支えられている。こうした技術は宇宙

以外の分野でも有効活用できるため、宇宙機構は研究機関などの連携を進めてきた。

群馬大、厚労省との連携では、リンボーントでがん細胞を狙う重粒子線治療の際に、癌変部位の大きさや、どこまで重粒子線を照射すべきかなどを精密に測定するため、天文衛星の検出器技術を応用。このほか、たん白質の立体構造の可視化や生体内の元素の観察、材料の強度測定などに幅広い分野での応用研究が予定されている。

分子イメージング研究プログラム メタロミクスイメージング研究ユニット

開発項目「半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング機器の開発に係わる先導研究」
平成19年度～平成21年度のうち平成20年度分中間年報

作成者：独立行政法人理化学研究所

1. 研究開発の内容及び成果等

(1) Ge コンプトンカメラの空間解像度向上のための開発

両面直交ストリップ電極式 Ge 半導体検出器における検出信号処理法の高度化による、 γ 線相互作用位置の高精度測定法の開発を進めた。検出器信号の積分値を比較する方式を考案し、シミュレーションの結果 1 mm 以下の分解能が得られることが明らかになった。実際に試作回路を撮像装置に組込んだ実証実験の結果、解像度の向上をみた。さらに今後、信号処理パラメータの最適化を行うにより、シミュレーション通りの分解能 (1 mm) を達成することが可能であると考えられる。

(2) Ge コンプトンカメラの感度向上のための開発

現有の Ge コンプトンカメラは、前段検出器で1回散乱され、後段検出器で光電吸収された事象を選択的に利用しているが、実際にはより複雑な相互作用過程が生起しており、それらを利用可能にするデータ解析システムを構築することによって感度を向上させることが可能である。 γ 線トラッキング法について検出器シミュレーター GEANT4 によるモンテカルロシミュレーションと、その結果に基づいたアルゴリズム開発を行い、GREI への実装を試みた。 γ 線トラッキング法を利用したデータ解析システムの構築に成功し、 γ 線エネルギーに依存して約 3-5 倍の撮像効率の向上を実証した。

(3) Si/Ge コンプトンカメラの開発

現有の Ge コンプトンカメラの前面に位置感応型 Si 検出器を追加することにより、SPECT 核種、PET 核種および新核医学核種の同時撮像を可能にする新しい撮像装置の創出を推進している。平成 20 年度は AXA の有する Si/CdTe のノウハウの技術移転を受け、製作のための設計とシミュレーションを完了した。これにより、100keV の γ 線における検出感度が 6 倍に上昇することが明らかとなった。JAXA が開発した両面シリコンストリップ検出器 (DSSD) および ASIC の技術利用を含めたプロトタイプ開発のための準備が整った。

(4) デジタル波形処理法の開発

上記の空間解像度向上のためには連続する3本のストリップ電極を必要とするため、感度向上に用いるトラッキング事象の大部分は信号が重なり合う。現在のアナログベースの信号処理系では、重なり合った信号を処理することは不可能であるため、解像度と感度の両方を同時に最大限向上させることは困難である。この問題の解決策として、デジタル波形処理による信号分解法が考えられる。この手法は、信号波形を AD 変換器でデジタル化して取り込み、複数信号の重りを分解するものである。平成20年度、デジタル波形処理の研究的開発を行い、この手法の有用性を証明した。

(12) Ge と Si/CdTe による小動物実験と既存モダリティとの比較、臨床用装置開発のための先導研究

理研 Ge コンプトンカメラと既存モダリティの一つである PET との比較を可能にするため、比較的長半減期のポジトロン放出核種 ^{64}Cu を用いた同一試料による撮像実験を実施した。 ^{64}Cu 標識抗体プローブを用いた担癌モデルマウスの PET、GREI 撮像により、ともに腫瘍部への顕著な集積を捉えることに成功した。現有 Ge コンプトンカメラは取得データの転送装置の部分に問題があり、計測時間の多くがデッドタイムになってしまうことが明らかになった。この解決のため、データ処理装置や転送装置を改善したシステムの導入に着手した。また、PET 用核種などの 500keV 程度以下の γ 線を撮像すると、画像中に γ 線の後方散乱事象の影響が顕著に現れることが明らかになった。この後方散乱事象を γ 線エネルギースペクトルの情報を用いて除去する方法を実装し、後方散乱事象の影響を除去した画像生成が可能となった。

2. 成果 (当該年度分についてのみ記載)

(1) 研究発表・講演 (口頭発表も含む)

【誌上発表】

- 1) S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, K. Igarashi, Y. Watanabe, S. Enomoto: "Development of

- multi-elemental molecular imaging on semiconductor compton telescope as a tool for metallomics research", *Pure Appl. Chem.* 80, 2657-2666, (2008).
- 2) S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, Y. Watanabe, and S. Enomoto: "Multiple molecular simultaneous imaging in a live mouse using semiconductor Compton camera", *J. Anal. Atom. Spectrom.*, 23, 1089-1092, (2008).
 - 3) A. Toyoshima, Yoshitaka Kasamatsu, Y. Kitatsuji, K. Tsukada, H. Haba, A. Shinohara and Y. Nagame: "Development of an electrochemistry apparatus for the heaviest elements", *Radiochimica Acta*, 96(6), 323-326 (2008).
 - 4) H. Haba, H. Kikunaga, D. Kaji, T. Akiyama, K. Morimoto, K. Morita, T. Nanri, K. Ooe, N. Sato, A. Shinohara, D. Suzuki, T. Takabe, I. Yamazaki, A. Yokoyama, and A. Yoneda: "Performance of the Gas-jet Transport System Coupled to the RIKEN Gas-filled Recoil Ion Separator GARIS for the $^{238}\text{U}(^{22}\text{Ne},\text{Sn})^{255}\text{No}$ Reaction", *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 9(1), 27-31 (2008).
 - 5) Y. Kasamatsu, A. Toyoshima, H. Haba, H. Toume, K. Tsukada, K. Akiyama, T. Yoshimura, and Y. Nagame: "Adsorption of Nb, Ta and Pa on anion-exchanger in HF and HF/HNO₃ solutions: Model experiments for the chemical study of Db", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 279, 371-376 (2009).
 - 6) K. Tsukada, H. Haba, M. Asai, A. Toyoshima, K. Akiyama, Y. Kasamatsu, I. Nishinaka, S. Ichikawa, K. Yasuda, Y. Miyamoto, K. Hashimoto, Y. Nagame, S. Goto, H. Kudo, W. Sato, A. Shinohara, Y. Oura, K. Sueki, H. Kikunaga, N. Kinoshita, A. Yokoyama, M. Schadel, W. Bruchle and J. V. Kratz Radiochim: "Adsorption of Db and its homologues Nb and Ta, and the pseudo-homologue Pa on anion-exchange resin in HF solution", *Radiochimica Acta*, 97(2), 83-89 (2009).
 - 7) N. T. Inamura, H. Haba, "Search for a "3.5-eV isomer" in ^{229}Th in a hollow-cathode electric discharge", *Physical Review C*, in press.
 - 8) H. Haba, K. Akiyama, K. Tsukada, M. Asai, A. Toyoshima, T. Yaita, M. Hirata, K. Sueki, and Y. Nagame: "Chloride Complexation of Zr and Hf in HCl Investigated by Extended X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy - Toward Characterization of Chloride Complexation of Element 104, Rutherfordium (Rf) -", *Bull. Chem. Soc. Japan*, in press.
 - 9) 本村信治, 榎本秀一: "マインニングコラム 核医学における分子イメージング技術の動向; コンプトンカメラと複数分子同時イメージング", *Medical Bio*, in press.
 - 10) 榎本秀一: "カレントレビュー 複数分子の同時イメージングを実現した世界初の診断装置を開発", *Medical Bio*, 11, 14-15, (2008).
 - 11) 榎本秀一, 羽場宏光: "展望 マルチトレーサーの開発と利用", *Isotope News*, 8, 9-15, (2008).
 - 12) 谷田貝 文夫, 高橋 昭久, 本間 正充, 鈴木 ひろみ, 大森 克徳, 関 真也, 橋爪 藤子, 嶋津 徹, 榎本 秀一, 大西 武雄, 石岡 憲昭: "“きぼう”での生物実験に向けて: LOH解析による宇宙放射線の生物影響の検討", *日本マイクログラフィティ応用学会誌*, 25(4), 695-700 (2008).
 - 13) 谷田貝 文夫, 菅澤 薫, 榎本 秀一, 本間 正充: "DSB修復から適応応答を推測する", *放射線生物研究*, 3(4), 476-486 (2008).

【口頭発表】

- 1) Toyoshima A., Kasamatsu Y., Tsukada K., Kitatsuji A., Haba H., Asai M., Ishii Y., Toume H., Akiyama K., Ooe K., Sato W., Shinohara A., Nagame Y.: "Electrochemical oxidation of element 102, nobelium", 2nd International Nuclear Chemistry Congress (2nd-INCC), Cancun, Mexico, April (2008)
- 2) Akiyama K., Haba H., Sueki K., Tsukada K., Asai M., Toyoshima A., Nagame Y., Katada M.: "Metallofullerene Encapsulating ^{225}Ac " 2nd International Nuclear Chemistry Congress (2nd-INCC) Cancun, Mexico, April (2008).
- 3) Toyoshima A., Kasamatsu Y., Tsukada K., Kitatsuji Y., Haba H., Ishii Y., Toume H., Asai M., Akiyama K., Ooe K., Sato W., Shinohara A., Nagame Y.: "Characterization of heavy actinides with electrochemistry" Spring 2008 ACS National Meeting & Exposition, New Orleans, USA, April (2008).
- 4) Enomoto S.: "Development and Application Studies of Multitracer Technology", 6th International Conference on Isotopes, Seoul, Korea, May (2008).
- 5) Fukuchi T., Motomura S., Kanayama Y., Watanabe Y., Enomoto S.: "Development of a gamma-ray Compton camera for multi-molecular imaging", 6th International Conference on Isotopes, Seoul, Korea, May (2008).
- 6) 木寺 正憲, 高橋 和也, 榎本 秀一, 中川 孝秀, 戸田 勝善: "電子サイクロトロン共鳴イオン源(ECRIS)を用いた質量分析装置による分子イオン化の試み", 第 69 回分析化学討論会, 名古屋, 5月(2008).

- 7) 本村 信治, 福地 知則, 金山 洋介, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一: "複数分子同時イメージングのための半導体コンプトンカメラの高度化", 第3回日本分子イメージング学会総会・学術集会, さいたま, 5月 (2008).
- 8) 金山 洋介, 本村 信治, 野崎 聡, 廣村 信, 五十嵐 香織, 福地 知則, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一: "病態モデルマウスを用いた複数分子同時生体イメージングの検討", 第3回日本分子イメージング学会総会・学術集会, さいたま, 5月 (2008).
- 9) 齋藤 大地, 廣村 信, 東 文香, 五十嵐 香織, 榎本 秀一: "細胞内亜鉛の変化の観察", 第25回日本微量栄養素学会学術集会, 京都, 5月 (2008).
- 10) 五十嵐 香織, 齋藤 大地, 中西 由季子, 鈴木 美季子, 坂口 騰, 廣村 信, 木村 修一, 榎本 秀一: "CoQ10 製剤の単回投与による血中濃度推移検討", 第25回日本微量栄養素学会学術集会, 京都, 5月 (2008).
- 11) 金山 洋介, 廣村 信, 五十嵐 香織, 本村 信治, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一: "正常およびMg欠乏マウスにおける ^{24}Na , ^{28}Mg , ^{43}K の同時イメージング", 第25回日本微量栄養素学会学術集会, 京都, 5月 (2008).
- 12) 廣村 信, 齋藤 大地, 五十嵐 香織, 榎本 秀一: "細胞外刺激による細胞内亜鉛の変化", 第18回金属の関与する生体関連反応シンポジウム, 名古屋, 6月 (2008).
- 13) 金山 洋介, 本村 信治, 福地 知則, 羽場 宏光, 野崎 聡, 渡辺 恭良, 榎本 秀一: "半導体コンプトンカメラによるPETプローブを用いた複数分子同時イメージングの試み", 第18回金属の関与する生体関連反応シンポジウム, 名古屋, 6月 (2008).
- 14) 廣村 信, 齋藤 大地, 東 文香, 五十嵐 香織, 榎本 秀一: "細胞外刺激による細胞内亜鉛の変化", 第19回日本微量元素学会, 東京, 7月 (2008).
- 15) 金山 洋介, 本村 信治, 福地 知則, 羽場 宏光, 廣村 信, 五十嵐 香織, 野崎 聡, 渡辺 恭良, 榎本 秀一: "複数分子同時イメージングの実現とその生体微量元素研究への応用", 第19回日本微量元素学会, 東京, 7月 (2008).
- 16) 五十嵐 香織, 齋藤 大地, 中西 由季子, 鈴木 美季子, 坂口 騰, 廣村 信, 木村 修一, 榎本 秀一: "CoQ10 製剤の吸収および各種元素との相互作用の検討", 第19回日本微量元素学会, 東京, 7月 (2008).
- 17) 榎本 秀一, 羽場 宏光: "新しいRIの利用促進を目指して理研加速器によるRiの製造とその応用", 第45回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京, 7月 (2008).
- 18) 古川 純, 羽場 宏光, 榎本 秀一, 佐藤 忍: "ミヤコグサ *Lotus japonicus* における金属集積とその系統間差", 第45回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京, 7月 (2008).
- 19) Enomoto S.: "Multiple Molecular Imaging Using the γ -Ray Emission Imaging GREI as a Tool for Metallomics Researches", 4th International Conference on Metals and Genetics, Paris, France, July (2008).
- 20) Hiromura M., Saito D., Igarashi K., and Enomoto S.: "Regulation of intracellular zinc by extracellular stimuli", 4th International Conference on Metals and Genetics, Paris, France, July (2008).
- 21) 菊永 英寿, 栗林 隆宏, 吉村 崇, 高橋 成人, 篠原 厚, 羽場 宏光, 江崎 豊, 榎本 秀一, 三頭 聡明: " α -HIBA/酢酸溶液中での電気泳動法によるランタニドおよびアメリカウム, キュリウム, カリホルニウムの錯安定度定数の導出と加速器実験への適用", 2008年日本放射化学学会年会/第52回放射化学討論会, 広島, 9月 (2008).
- 22) 江崎 豊, 神原 正, 羽場 宏光, 高橋 和也: "理研AVFサイクロトロンによるRIの製造と有償頒布" 2008年日本放射化学学会年会/第52回放射化学討論会, 広島, 9月 (2008).
- 23) 藤沢 弘幸, 大江 一弘, 矢作 亘, 小森 有希子, 高山 玲央奈, 菊永 英寿, 吉村 崇, 高橋 成人, 高久 圭二, 羽場 宏光, 江崎 豊, 榎本 秀一, 篠原 厚: " $^{238}\text{U}(^{16}\text{O}, 4n)^{250}\text{Fm}$ 反応によるFmの生成と溶媒抽出挙動", 2008年日本放射化学学会年会/第52回放射化学討論会, 広島, 9月 (2008).
- 24) 南里 朋洋, 荒木 幹生, 西尾 正樹, 羽場 宏光, 江崎 豊, 横山 明彦: "Rf溶液化学のための極微量濃度におけるTIOAを用いた逆相クロマトグラフィーの研究", 2008年日本放射化学学会年会/第52回放射化学討論会, 広島, 9月 (2008).
- 25) 菊永 英寿, 藤沢 弘幸, 矢作 亘, 篠原 厚, 羽場 宏光, 江崎 豊, 笠松 良崇, 廣瀬 健太郎, 大槻 勲: "ガスジェット運搬装置を用いた $^{90\text{m}}\text{Nb}$ の精密半減期測定", 2008年日本放射化学学会年会/第52回放射化学討論会, 広島, 9月 (2008).
- 26) 大江 一弘, 矢作 亘, 小森 有希子, 藤沢 弘幸, 菊永 英寿, 吉村 崇, 佐藤 渉, 高橋 成人, 高久

- 圭二, 羽場 宏光, 工藤 祐生, 江崎 豊, 篠原 厚, "106 番元素シーボーギウムの化学実験に向けたタングステンの溶媒抽出挙動の研究", 2008 年日本放射化学学会年会/第 52 回放射化学討論会, 広島, 9 月 (2008).
- 27) 工藤 祐生, 羽場 宏光, 大江 一弘, 加治 大哉, 森本 幸司, 篠原 厚, 森田 浩介: "GARIS用回転式²⁴⁸Cm標的の作成", 2008 年日本放射化学学会年会/第 52 回放射化学討論会, 広島, 9 月 (2008).
- 28) 谷田貝 文夫, 高橋 昭久, 本間 正充, 鈴木 ひろみ, 大森 克徳, 関 真也, 橋爪 藤子, 嶋津 徹, 榎本 秀一, 大西 武雄, 石岡 憲昭: "ISS実験に向けて: LOH検出系の利用", 日本宇宙生物科学会第 22 回大会, 奈良, 9 月 (2008).
- 29) 福地 知則, 本村 信治, 金山 洋介, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一: "ガンマ線直線偏光を利用したコンプトンカメラの高度化", 日本物理学会 2008 年秋季大会, 山形市, 9 月 (2008).
- 30) 佐藤 望, 加治 大哉, 森田 浩介, 森本 幸司, 羽場 宏光, 米田 晃, 菊永 英寿, 大関 和貴, 工藤 祐生, 住田 貴之: "理研における新たな反跳分離装置GARIS-IIの開発" 日本物理学会 2008 年秋季大会, 山形市, 9 月 (2008).
- 31) Kanayama Y., Motomura S., Fukuchi T., Nozaki S., Haba H., Watanabe Y., and Enomoto S.: "Simultaneous imaging of ¹⁸F-FDG, ⁵⁴Mn-MnCl₂, ⁶⁵Zn-ZnCl₂ in mice using semiconductor Compton camera", 2008 World Molecular Imaging Congress, Nice, France, Sept. (2008).
- 32) Fukuchi T., Motomura S., Kanayama Y., Haba H., Enomoto S., and Watanabe Y.: "Gamma-ray tracking for Ge telescope Compton camera imaging", 2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference and 16th Room Temperature Semiconductor Detector Workshop, Dresden, Germany, Oct. (2008).
- 33) Fukuchi T., Motomura S., Kanayama Y., Haba H., Enomoto S., and Watanabe Y.: "Gamma-ray tracking for Ge telescope Compton camera imaging", 2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Satellite Workshops: Compton Cameras for Medical and Industrial Application "Compton Camera III", Dresden, Germany, Oct. (2008).
- 34) Motomura S., Fukuchi T., Kanayama Y., Haba H., Watanabe Y., and Enomoto S.: "Sophistication of semiconductor Compton camera for multiple molecular imaging--fast and accurate image-reconstruction method for three-dimensional imaging", 2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference and 16th Room Temperature Semiconductor Detector Workshop, Dresden, Germany, Oct. (2008).
- 35) Motomura S., Fukuchi T., Kanayama Y., Haba H., Watanabe Y., and Enomoto S.: "Sophistication of Semiconductor Compton Camera for Multiple Molecular Imaging--Fast and Accurate Image-Reconstruction Method for Three-Dimensional Imaging", 2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Satellite Workshops: Compton Cameras for Medical and Industrial Application "Compton Camera III", Dresden, Germany, Oct. (2008).
- 36) Haba H.: "RIKEN GARIS for superheavy element chemistry", 7th Workshop on Recoil Separator for Superheavy Element Chemistry (TASCA 08), Darmstadt, Germany, Oct. (2008).
- 37) 長谷川 功紀, 金山 洋介, 西村 三恵, 佐古 健生, 和田 康弘, 渡辺 恭良: "固相上での簡便な無保護DOTAのペプチドへの修飾法と⁶⁸Ga-DOTA-somatostatinの合成", 第 45 回ペプチド討論会 東京, 10 月 (2008).
- 38) Ooe K., Yahagi W., Komori Y., Fujisawa H., Kikunaga H., Yoshimura T., Sato W., Takahashi N., Takahisa K., Haba H., Kudou Y., Ezaki Y., Shinohara A.: "Studies of Extraction Behavior of Tungsten toward Solution Chemistry of Seaborgium (Element 106)" The International Workshop on Molecular Information and Dynamics 2008, Taipei, Taiwan, Nov. (2008).
- 39) Tanaka K., Siwu E., Minami K., Hasegawa K., Kanayama Y., Mizuma H., Nozaki S., Wada Y., Watanabe Y., Fukase K.: "First positron emission tomography (PET) imaging of glycoproteins and glycodendrimers by efficient chemical labeling with [⁶⁸Ga]-DOTA", Consortium for Functional Glycomics (HGPI), Fort Worth, USA, Nov. (2008).
- 40) Tanaka K., Siwu E., Minami K., Hasegawa K., Kanayama Y., Mizuma H., Wada Y., Watanabe Y., Fukase K.: "First positron emission tomography (PET) imaging of glycoproteins and glycodendrimers by efficient chemical labeling with [⁶⁸Ga]-DOTA", 2008 Annual Meeting of the Society for Glycobiology, Fort Worth, USA, Nov. (2008).
- 41) 谷田貝 文夫, 菅澤 薫, 榎本 秀一, 本間 正充: "DSB修復効率からの適応応答の追及", 日本放射線影響学会第 51 回大会, 北九州, 11 月 (2008).
- 42) 羽場 宏光: "超重元素化学研究に利用できる理研の実験設備" 理研超重元素化学ワークショップ 2008, 和光, 11 月 (2008).

- 43) 羽場 宏光: "国外の超微量元素化学研究の現状-TASCA08 報告-", 理研超微量元素化学ワークショップ 2008, 和光, 11月 (2008).
- 44) 金山 洋介: "半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージングとメタロミクス研究", 第1回メタロミクス研究フォーラム 東京, 11月 (2008).
- 45) 谷田貝 文夫, 高橋 昭久, 本間 正充, 鈴木 ひろみ, 大森 克徳, 関 真也, 橋爪 藤子, 嶋津 徹, 榎本 秀一, 大西 武雄, 石岡 憲昭: "宇宙実験:放射線影響のLOH検出系による解析", 日本環境変異原学会第37回大会, 宜野湾, 12月 (2008).
- 46) 長谷川 功紀, 金山 洋介, 西村 三恵, 佐古 健生, 和田 康弘, 渡辺 恭良: "DOTAコンジュゲートペプチドの調製とPETイメージング" 第8回放射性診断薬・画像診断薬研究会 京都, 12月 (2008).
- 47) 金山 洋介: "生体高分子を用いたPETイメージング" Molecular Imaging 2008—飛躍を迎えた創薬・疾患診断研究—, 神戸, 12月 (2008).
- 48) 榎本 秀一: "先端計測技術の開発と応用研究 分子イメージングによる創薬科学へのアプローチ", 岡山大学創薬科学セミナー, 岡山市, 12月 (2008).
- 49) 榎本 秀一: "種々の γ 線放出核を用いた早期疾患診断プローブ開発とコンプトンカメラによる複数核種同時イメージング", 総合科学技術会議 科学技術連携施策群 ナノバイオテクノロジー連携群成果報告会, 東京, 1月 (2009).
- 50) 榎本 秀一: "半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング機器の研究開発に係る先導研究", 総合科学技術会議 科学技術連携施策群 ナノバイオテクノロジー連携群成果報告会, 東京, 1月 (2009).
- 51) 谷田貝 文夫, 高橋 昭久, 鈴木 ひろみ, 大森 克徳, 嶋津 徹, 榎本 秀一, 大西 武雄, 石岡 憲昭: "ISSきぼう棟内での細胞培養実験による宇宙放射線影響研究", 第25回宇宙利用シンポジウム, 相模原, 1月 (2009).
- 52) 榎本 秀一: "種々の γ 線放出核を用いた早期疾患診断プローブ開発とコンプトンカメラによる複数核種同時イメージング", 平成20年度 厚生労働科学研究費研究成果普及啓発事業 医療機器開発推進研究 ナノメディシン研究成果発表会, 東京, 2月 (2009).
- 53) 羽場 宏光: "超微量元素の核化学研究に向けて" アクチノイド元素実験棟利用研究会, 大洗, 2月 (2009).

(2) 特許等

- 1) デジタル手法による位置感応型半導体放射線計測装置、福地知則、本村信治、榎本秀一、金山洋介、特願 2008-278727、H20.10.29

(3) 受賞実績

- 1) 2008年5月 日本微量栄養素学会第25回学術集会ベストポスター賞: 齋藤 大地, 廣村 信, 東 文香, 五十嵐 香織, 榎本 秀一「細胞内亜鉛の変化の観察」
- 2) 2008年7月 第19回日本微量元素学会学術集会若手優秀演題: 金山 洋介, 本村 信治, 福地 知則, 羽場 宏光, 廣村 信, 五十嵐 香織, 野崎 聡, 渡辺 恭良, 榎本 秀一「複数分子同時イメージングの実現とその生体微量元素研究への応用」

3. その他特記事項 (当該年度分についてのみ記載)

(1) 成果普及の努力 (プレス発表等)

- 1) 榎本秀一監修, サイエンス チャンネル, 2009年放映予定, 「生命と金属 ~メタロミクスの世界~」全13話
- 2) 榎本秀一, 記事, X線天文衛星、実用にも一役, 2008.8.22.
- 3) 榎本秀一, 記事, 群馬大などと研究協定, 日刊工業新聞, 2008.8.21.
- 4) 榎本秀一, サイエンスページ記事, イメージング技術, 読売新聞, 2008.7.20.
- 5) 榎本秀一, 記事, マウス体内の放射性薬剤 複数個所の作用 同時撮像, 科学新聞, 2008.7.18.
- 6) 榎本秀一, 記事, 複数薬剤の動きを体内で同時画像化, 毎日新聞, 2008.7.13.
- 7) 榎本秀一, 記事, 次世代分子イメージング装置 放射性薬剤を同時撮影, 化学工業日報, 2008.7.4.

(2) その他
特になし

| | |
|--------|------------|
| 契約管理番号 | 07002145-0 |
|--------|------------|