

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24591198

研究課題名(和文) 第二のシスチン尿症関連輸送体の分子同定とその生理機能の解明

研究課題名(英文) Identification and the physiological role of a cystine transporter

研究代表者

永森 収志(Nagamori, Shushi)

大阪大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90467572

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：シスチン尿症は、rBAT(補助サブユニット)とb0,+AT(活性サブユニット)の二つの蛋白からなるヘテロ二量体型シスチン輸送体の変異により発症するが、さらに未知の輸送体の関与が示唆されていた。本研究は、b0,+ATと同じファミリーに属する輸送体SLC7A13が長年不明であったrBATの第二の結合パートナーであり、尿細管シスチン再吸収に寄与するものであることを実証して、シスチン尿症の新規原因遺伝子候補を提示するものである。本研究の成果は、尿細管シスチン輸送機構の長年のパラドックスを解決し、尿細管物質輸送生理学に新たな展開をもたらすものと期待される。

研究成果の概要(英文)：The heterodimeric amino acids transporter (HAT) family, which consists of heavy chains (Slc3) and light chains (Slc7), has important roles for amino acid transports in many types of organs. Among the family, rBAT forms a heterodimeric complex only with b0,+AT. Mutations in the two genes cause cystinuria, an autosomal recessive disorder of renal reabsorption of cystine at the apical membranes of proximal tubules. However, the expression paradox of the proteins has been remaining. While rBAT highly express in the S3 segment of the proximal tubules, the expression of b0,+AT decrease from the S1 to the S3 segment. In this study, Slc7a13, one of the HAT family members with an unknown heavy chain, was found to form a heterodimer with rBAT. Slc7a13 was expressed dominantly in the S3 segment and transported cystine. These findings strongly indicate that Slc7a13 is the secondary cystine transporter at the S3 segment in the kidney, which was postulated the presence in 70's.

研究分野：膜タンパク質の生化学

キーワード：シスチン尿症 アミノ酸トランスポーター 腎臓 ヘテロダイマー

1. 研究開始当初の背景

シスチン尿症(OMIM220100)は、腎近位尿細管のシスチン再吸収不全により生じる常染色体劣性の遺伝性疾患であり、腎近位尿細管管腔側の1回膜貫通型タンパク質 rBAT (SLC3A1)と12回膜貫通型タンパク質  $b^{0,+}$ AT (SLC7A9)の二つのサブユニットからなるヘテロ二量体型シスチン輸送体(図1)の変異により発症する。 $b^{0,+}$ ATは輸送体の本体(活性サブユニット)であり、rBATは $b^{0,+}$ ATの膜移行を推進する補助サブユニットであって、両者はS-S結合(ジスルフィド結合)を介してヘテロ二量体を形成するが、どちらの遺伝子の変異によってもシスチン尿症となる。しかし、どちらにも変異の見られない症例が存在する。また、シスチン尿症では一般にシスチンとともに塩基性アミノ酸の漏出が起こるが、これとは異なり、シスチン単独排泄型のシスチン尿症も存在する。これらの事実から、rBAT、 $b^{0,+}$ AT以外の因子の存在が想定されてきた。その新規因子の存在をさらに支持するもうひとつの事実は、rBATは近位尿細管のS3分節に強く発現するのに対し(Kanai et al *Am J Physiol* 1992)、その結合相手として現在同定されている $b^{0,+}$ ATはS1分節に強く発現し(Chairoungdua et al *JBC* 1999)、両者の発現パターンに相違があるというものである(図2)。これは、rBATが強発現する近位尿細管S3分節に、rBATとヘテロ二量体を形成する $b^{0,+}$ AT以外の第二のrBATの結合相手が存在することを示唆するもので、それを同定することで新たなシスチン尿症関連輸送体を見いだすことができると期待されていた。

rBATの第二の結合相手を探するために、スヘテロ二量体型アミノ酸輸送体

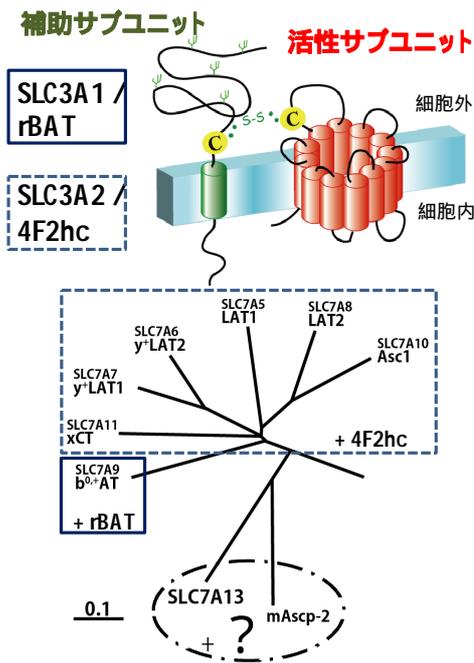


図1 ヘテロ二量体型アミノ酸輸送体補助および活性サブユニットがジスルフィド結合を介し、ヘテロ二量体を形成する。

ペインのPalacineらは、rBATを免疫沈降し、その共沈降物を質量分析により同定することを目指したが、目的とするタンパク質の同定には至らなかった(Fernández et al *Am J Physiol Renal Physiol* 2002)。また、rBATの現在知られている結合相手である $b^{0,+}$ ATが属する輸送体ファミリー(SLC7ファミリー)のなかにはあるはずであるという考え方を元に、その探索はファミリー内の輸送体を対象に行われてきた。SLC7ファミリーは、ヘテロ二量体型アミノ酸輸送体(HAT)群をサブファミリーとして含み(図1)、 $b^{0,+}$ ATはそのなかでrBATと連結する唯一の輸送体として知られている。 $b^{0,+}$ AT以外にHATサブファミリーには8種の輸送体が知られており、そのうち6種類はrBATと類似の構造を持つ1回膜貫通型タンパク質4F2hc(SLC3A2)を補助サブユニットとしてヘテロ二量体を形成するが、残りの2種(SLC7A13とmAscp-2)は結合補助サブユニットがわかっていない(Matsuo et al *JBC* 2002, Chairoungdua et al *JBC* 2001)。SLC7A13は腎特異的に発現するため、以前rBATとの関係が検討されたが、初期の解析では結論は得られなかった。

2. 研究の目的

前述の背景を踏まえ、本研究ではSLC7A13が結合する未知の補助サブユニットを同定し、それによって、rBATの相手がSLC7A13であるか否かを明らかにすることを目的とした。SLC7A13と連結してヘテロ二量体を形成する補助サブユニットを同定するためには、SLC7A13を免疫沈降し、共沈降してきた分子を解析する方法が適用できるはずである。しかし既存の抗SLC7A13抗体は免疫沈降には使用できなかったため、研究代表者らは抗体を再作製し、腎皮質のウエスタンブロットでヘテロ二量体に相当するバンドを特異的に検出する新たな抗体を得た。この抗体を用いて腎皮質粗膜画分から免疫沈降を行い、免疫沈降

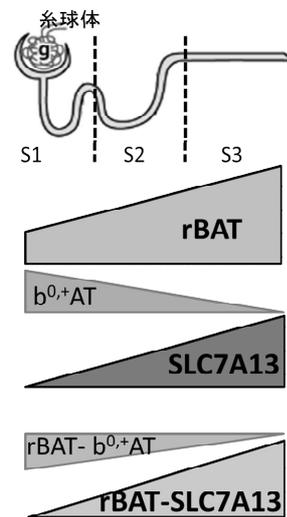


図2 rBATと連結する輸送体の局在

試料を質量分析計でショットガン解析したところ、SLC7A13に共免疫沈降するタンパク質としてrBATが同定された。rBATの抗体によっても、SLC7A13と共沈降するものがrBATであることが確認された。さらに、抗rBAT抗体を用いた免疫沈降でも

SLC7A13 が共沈降することが明らかになり、SLC7A13 の補助サブユニットが rBAT であることが強く示唆された。代表者らが作製した抗 SLC7A13 抗体で腎組織の免疫染色を行ったところ、SLC7A13 は S3 分節に強く染色され、これは rBAT の発現部位と一致した (図 3)。本研究は、SLC7A13 が、求められていた rBAT と連結する第二の輸送体であることを実証し、その尿細管シスチン輸送における意義を明らかにすることを目的とした。SLC7A13 に結合する補助サブユニットが rBAT であり、長年謎だった rBAT の近位尿細管 S3 分節における結合相手であることを明らかにし、このヘテロ二量体が S3 分節の管腔側膜上でアミノ酸輸送機能、とくにシスチン輸送機能を発揮することを実証する。そのため、in vitro 発現系およびプロテオリポソーム再構成系を用いて、SLC7A13 輸送活性の詳細、基質特異性と輸送キネティクスを明らかにすることを目指した。

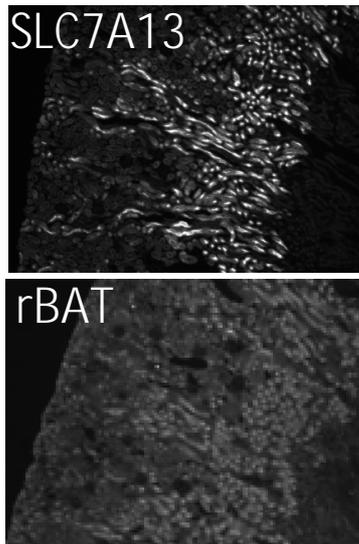


図3 腎皮質近位尿細管S3分節におけるSLC7A13とrBATの共局在

### 3. 研究の方法

SLC7A13 が rBAT とヘテロ二量体を形成し、近位尿細管管腔側膜上で第二のシスチン輸送体として機能していることを示すために、本研究では、安定共発現細胞の樹立、それを用いたヘテロ二量体化による細胞膜局在性と機能の解析、細胞の内因性のアミノ酸輸取り込み能による影響を完全に除外するために精製タンパク質を用いた基質結合解析、及び再構成プロテオリポソームによる機能解析を行う。さらに高解像度顕微鏡 Superresolution Structured Illumination Microscopy (SR-SIM) を用いて、組織における両タンパク質の共局在を示した。

### 4. 研究成果

本研究ではプロテオミクスを用いて明らかにした SLC7A13 と rBAT のヘテロ二量体の生理機能の解析、すなわち SLC7A13 が rBAT と結合して輸送機能を獲得することを実証するために、培養細胞を用いた一過性発現系での SLC7A13 と rBAT のヘテロ二量体化、そ

の細胞膜への局在、および輸送活性と基質特異性の解析を行い、SLC7A13 が細胞膜に局在するために rBAT が必須であることを明らかにした。さらに高効率に二量体の細胞膜局在が可能な培養細胞系を得るために、安定発現細胞を作製し、両者が複合体として発現する細胞株を選択した。この安定発現細胞を用いて SLC7A13 の輸送基質特異性を解析し、SLC7A13 がシスチンを輸送することを示した。一方で、培養細胞を用いた実験は細胞の内因性のアミノ酸輸取り込みのため、背景値が高かった。そこでさらに、正確な輸送機構を解析する目的で、内因性のアミノ酸輸取り込み能を完全に除外するために、精製タンパク質を用いたプロテオリポソーム再構成法による活性解析系を確立した。FLAG タグを付加した SLC7A13-rBAT 複合体を安定発現株より精製し、プロテオリポソームに再構成し、輸送機能を得た (図 4)。また、イオン選択性および基質選択性を解析し、SLC7A13-rBAT 複合体のアミノ酸トランスポーターとしての機能を明らかにした。

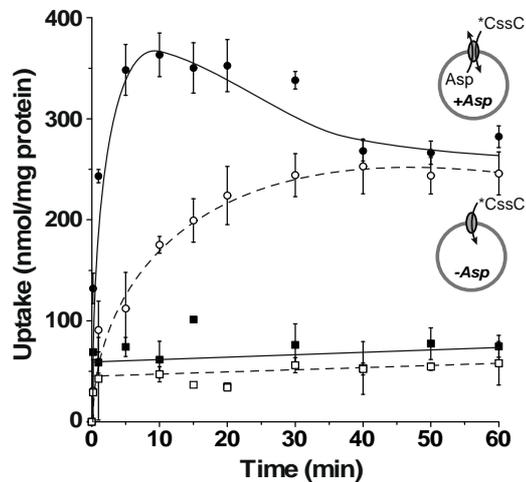


図4 再構成プロテオリポソームを用いたシスチン輸送活性測定。

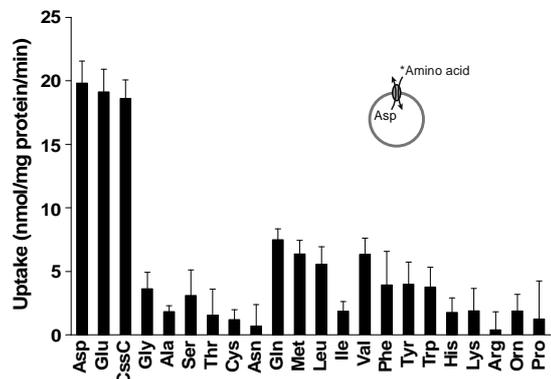


図5 SLC7A13-rBATの基質選択性

さらに、Superresolution Structured Illumination Microscopy (SR-SIM) で得られた解像度の高い免疫染色像は、SLC7A13 と rBAT 二分子の共局在を明確に示した。以上の結果から、SLC7A13 が長年不明であった

S3 分節における rBAT の結合相手であることを結論した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 23 件)

1. Kaira K, Arakawa K, Shimizu K, Oriuchi N, Nagamori S, Kanai Y, Oyama T, Takeyoshi I. Relationship between CD147 and expression of amino acid transporters (LAT1 and ASCT2) in patients with pancreatic cancer. *Am J Transl Res*. 2015 Feb 15;7(2):356-63.
2. Hanaoka H, Ohshima Y, Suzuki Y, Yamaguchi A, Watanabe S, Uehara T, Nagamori S, Kanai Y, Ishioka NS, Tsushima Y, Endo K, Arano Y. Development of Widely Usable Amino Acid Tracer, <sup>76</sup>Br- $\alpha$ -Methyl-Phenylalanine for Tumor PET Imaging. *J Nucl Med*. 2015; 56(5):791-7. doi: 10.2967/jnumed.114.152215.
3. Wongthai P, Hagiwara K, Miyoshi Y, Wiriyasermkul P, Wei L, Ohgaki R, Kato I, Hamase K, Nagamori S, Kanai Y. Boronophenylalanine, a boron delivery agent for boron neutron capture therapy, is transported by ATB<sup>0+</sup>, LAT1 and LAT2. *Cancer Sci*. 2015 Jan 8. doi: 10.1111/cas.12602. [Epub ahead of print]
4. Namikawa M, Kakizaki S, Kaira K, Tojima H, Yamazaki Y, Horiguchi N, Sato K, Oriuchi N, Tominaga H, Sunose Y, Nagamori S, Kanai Y, Oyama T, Takeyoshi I, Yamada M. Expression of amino acid transporters (LAT1, ASCT2 and xCT) as clinical significance in hepatocellular carcinoma. *Hepatol Res*. 2014 Oct 9. doi: 10.1111/hepr.12431.
5. Chiba T, Matsuo H, Kawamura Y, Nagamori S, Nishiyama T, Wei L, Nakayama A, Nakamura T, Sakiyama M, Takada T, Taketani Y, Suma S, Naito M, Oda T, Kumagai H, Moriyama Y, Ichida K, Shimizu T, Kanai Y, Shinomiya N. NPT1/SLC17A1 is a renal urate exporter in humans and its common gain-of-function variant decreases the risk of renal underexcretion gout. *Arthritis Rheumatol*. 2015;67(1):281-7. Doi: 10.1002/art.38884
6. Isoda A, Kaira K, Iwashina M, Oriuchi N, Tominaga H, Nagamori S, Kanai Y, Oyama T, Asao T, Matsumoto M, Sawamura M. Expression of L-type amino acid transporter 1 (LAT1) as a prognostic and therapeutic indicator in multiple myeloma. *Cancer Sci*. 2014;105(11):1496-502. doi: 10.1111/cas.12529
7. Toyoda M., Kaira K., Shino M., Sakakura K., Takahashi K., Takayasu Y., Tominaga H., Oriuchi N., Nikkuni O., Suzuki M., Iijima M., Tsukamoto N., Nagamori S, Kanai Y, Oyama T., Chikamatsu K. CD98 is a novel prognostic indicator for patients with stage III/IV hypopharyngeal squamous cell carcinoma. *Head Neck* 2014 Jun 10. doi: 10.1002/hed.23797.
8. Kaira K., Sunose Y., Arakawa K., Sunaga N., Shimizu K., Tominaga H., Oriuchi N., Nagamori S, Kanai Y, Oyama T., Takeyoshi I. Clinicopathological Significance of ASC-Amino Acid Transporter 2 (ASCT2) Expression in Pancreatic Ductal Carcinoma. *Histopathology* 2015; 66(2): 234-43. doi: 10.1111/his.12464
9. Toyoda M., Kaira K., Ohshima Y., Ishioka NS., Shino M., Sakakura K., Takayasu Y., Takahashi K., Tominaga H., Oriuchi N., Nagamori S, Kanai Y, Oyama T., Chikamatsu K. Prognostic significance of amino-acid transporter expression (LAT1, ASCT2, and xCT) in surgically resected tongue cancer. *Br J Cancer* 2014; 110(10):2506-13 doi: 10.1038/bjc.2014.178
10. Shimizu K., Kaira K., Tomizawa Y., Sunaga N., Kawashima O., Oriuchi N., Tominaga H., Nagamori S, Kanai Y, Yamada M., Oyama T., Takeyoshi I. ASC amino acid transporter 2 (ASCT2) as a novel prognostic marker in non-small cell lung cancer. *Br J Cancer* 2014 ; 110(8):2030-9. doi: 10.1038/bjc.2014.88.
11. Watashi K., Sluder A., Daito T., Matsunaga S., Ryo A., Nagamori S, Iwamoto M., Nakajima S., Tsukuda S., Borroto-Esoda K., Sugiyama M., Tanaka Y., Kanai Y, Kusuhara H., Mizokami M., Wakita T. Cyclosporin A and its analogs inhibit hepatitis B virus entry into cultured hepatocytes through targeting a membrane transporter NTCP. *Hepatology* 2014; 59(5):1726-37 doi: 10.1002/hep.26982
12. Kaira K., Sunose Y., Ohshima Y., Ishioka NS., Arakawa K., Ogawa T., Sunaga N., Shimizu K., Tominaga H., Oriuchi N., Itoh H., Nagamori S, Kanai Y, Yamaguchi A., Segawa A., Ide M., Mori M., Oyama T., Takeyoshi I. Clinical significance of L-type Amino Acid Transporter 1 Expression as a Prognostic marker and Potential of New Targeting Therapy in Biliary Tract Cancer. *BMC Cancer* 2013; 13(1): 482 doi: 10.1186/1471-2407-13-482.
13. Oda A., Yamagata K., Nakagomi S., Uejima H., Wiriyasermkul P., Ohgaki R, Nagamori S, Kanai Y, Tanaka H. Nicotine induces dendritic spine remodeling in cultured

- hippocampal neurons. *J Neurochem.* 2013 128(2):246-55 doi: 10.1111/jnc.12470
14. Matsuzaki S., Enomoto T., Serada S., Yoshino K., Nagamori S., Morimoto A., Yohoyama T., Kimura T., Ueda Y., Fujita M., Fujimoto M., Kanai Y., Kimura T., Naka T. Annexin A4-conferred platinum resistance is mediated by copper transporter ATP7A. *Int. J. Cancer* 2013; 134(8):1796-809 doi: 10.1002/ijc.28526
  15. Mizuta I., Takafuji K., Ando Y., Satake W., Kanagawa M., Kobayashi K., Nagamori S., Shinohara T., Ito C., Yamamoto M., Hattori N., Murata M., Kanai Y., Murayama S., Nakagawa M., Toda T. YY1 binds to  $\alpha$ -synuclein 3'-flanking region SNP and stimulates antisense noncoding RNA expression. *J Hum Genet.* 2013; 58(11): 711-9 doi: 10.1038/jhg.2013.90
  16. Moser M., Nagamori S., Huber M., Tokuda H., Nishiyama K. Glycolipozyme MPIase is essential for topology inversion of SecE during preprotein translocation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2013; 110: 9734-9 doi: 10.1073/pnas.1303160110.
  17. Ohshima Y., Hanaoka H., Tominaga H., Kanai Y., Kaira K., Yamaguchi A., Nagamori S., Oriuchi N., Tsushima Y., Endo K., Ishioka NS. Biological evaluation of 3-[(18)F]fluoro- $\alpha$ -methyl-D-tyrosine (D-[(18)F]FAMT) as a novel amino acid tracer for positron emission tomography. *Ann Nucl Med* 2013; 27:314-24 doi: 10.1007/s12149-013-0687-7
  18. Segawa A., Nagamori S., Kanai Y., Masawa N., Oyama T. L-type amino acid transporter 1 expression is highly correlated with Gleason score in prostate cancer. *Mol Clin Oncol* 2013; 1:274-280.
  19. Hagiwara K., Nagamori S., Umemura Y., Ohgaki R., Tanaka H., Murata D., Nakagomi S., Nomura K., Kage-Nakadai E., Mitani S., Nomura K., Kanai Y. NRFL-1, the C. elegans NHERF orthologue, interacts with Amino Acid Transporter 6 (AAT-6) for age-dependent maintenance of AAT-6 on the membrane. *PLoS One* 2012; 7: e43050 doi: 10.1371/journal.pone.0043050
  20. \*Khunweeraphong N., \*Nagamori S., Wiriyasermkul P., Nishinaka Y., Wongthai P., Ohgaki R., Tanaka H., Tominaga H., Sakurai H., Kanai Y. \*Equal contribution Establishment of stable cell lines with high expression of heterodimers of human 4F2hc and human amino acid transporter LAT1 or LAT2 and delineation of their differential interaction with  $\alpha$ -alkyl moieties. *J Pharmacol Sci.* 2012; 119: 368-80
  21. Kaira K., Sunose Y., Arakawa K., Ogawa T., Sunaga N., Shimizu K., Tominaga H., Oriuchi N., Itoh H., Nagamori S., Kanai Y., Segawa A., Furuya M., Mori M., Oyama T., Takeyoshi I. Prognostic Significance of L-type Amino Acid Transporter 1 Expression in Surgically Resected Pancreatic Cancer. *Br J Cancer* 2012; 107: 632-8 doi: 10.1038/bjc.2012.310.
  22. Wiriyasermkul P., Nagamori S., Tominaga H., Oriuchi N., Kaira K., Nakao H., Kitashoji T., Ohgaki R., Tanaka H., Endou H., Endo K., Sakurai H and Kanai Y. Transport of 3-fluoro-L- $\alpha$ -methyl tyrosine by tumor-upregulated amino acid transporter LAT1: a cause of the tumor uptake in PET. *J Nucl Med.* 2012; 53: 1253-61 doi: 10.2967/jnumed.112.103069
  23. Tanaka H., Takafuji K., Taguchi A., Wiriyasermkul P., Ohgaki R., Nagamori S., Suh P-G, Kanai Y. Linkage of N-cadherin to Multiple Cytoskeletal Elements Revealed by a Proteomic Approach in Hippocampal Neurons. *Neurochem Int.* 2012; 61: 240-50 doi: 10.1016/j.neuint.2012.05.008
- [学会発表](計18件)
1. Nagamori S and Kanai Y. Identification of a new heterodimeric amino acid transporter in the apical membrane of renal proximal tubule. 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会・第92回日本生理学会大会、大会企画シンポジウム「細胞極性形成の分子メカニズムとその生理学的機能—極性分布するトランスポーターの機能から」、2015年3月22日、神戸
  2. Nagamori S and Kanai Y. Comprehensive evaluation of cancer specific amino acid transporter LAT1 reveals multiple physiological functions of LAT1 and mechanism of anti-tumor activity by LAT1 inhibitors. 第88回日本薬理学会年会、シンポジウム「Toward the next transport protein-targeted drug discovery」、2015年3月20日、名古屋
  3. 永森收志、トランスポーターの網羅的プロテオミクスによるアミノ酸輸送系のプロファイリングと変動解析、第19回アミノ酸セミナー 基礎と臨床を結ぶ会、2014年12月5日、東京
  4. 永森收志、金井好克 がん細胞特異的アミノ酸トランスポーターLAT1を標的としたPETプローブの開発、第54回日本核医学会学術総会・第34回日本核医学技術学会総会学術大会 シンポジウム：新規放射性薬剤開発の最前線、2014年11月7日、大阪
  5. Nagamori S. Transportsomes; the physical and/or functional complexes of transporters, The 2nd International Symposium on Epithelial Barrier and Transport, Nov. 1,

- 2014, Ritsumeikan University, Shiga
6. Nagamori S. Functions and roles of amino acid transporters. The 2<sup>nd</sup> International Conference of D-Amino Acid Research (IDAR 2014) Chiral science seminar, Sep. 3, 2014, Utsunomiya
  7. 永森收志 アミノ酸トランスポーターを標的とした創薬研究から見えてきた標的分子の新たな機能 第 87 回日本生化学会大会 シンポジウム「トランスポーターの「再発見」～広がる膜輸送の世界～」, 2014 年 10 月 17 日、京都
  8. 永森收志 がん特異的アミノ酸トランスポーターを標的とする診断と治療 第 87 回日本生化学会大会 フォーラム「疾患マーカーの探索と利用」, 2014 年 10 月 16 日、京都
  9. Nagamori S. A new cystine transporter in S3 segment of the renal proximal tubule is an “unknown-partner” of Slc3a1 (rBAT), Gordon Research Conference Membrane Transport Proteins., poster, July 13-18, 2014 West Dover, VT, United States
  10. Nagamori S and Kanai Y. Amino acid transporters in cancer. The 2nd Awaji International Workshop on “Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications” 2014 年 6 月 17 日、兵庫県淡路島
  11. 永森收志、金井好克「網羅的定量オミクスによるトランスポーター研究の新しい展開 Comprehensive and quantitative "omics" bring up new world of transporter research.」2014 年度日本農芸化学会シンポジウム「トランスポーターを通して見る生命現象」, 2014 年 3 月 30 日、東京
  12. 永森收志「アミノ酸トランスポーターと細胞内アミノ酸シグナリング」, 生理学研究所研究会「細胞センサーの分子機構・相互関連・ネットワーク研究会」, 招待講演、2013 年 11 月 28-29 日、岡崎
  13. 永森收志「膜輸送複合体におけるトランスポーターの機能共役」第 4 回難治疾患共同研究拠点シンポジウム、招待講演、2013 年 10 月 23 日、東京
  14. Nagamori S., He X, Hirata T, Wiriyasermkul P, Nakagomi S, Ishikawa T, Soga T, Kanai Y. Metabolomics and proteomics analyses of knockout mice reveal real physiological substrates of an organic anion transporter. 第 86 回日本生化学会大会、International Session “The way to study my membrane transport protein(s); how to listen to their whispers.” 2013 年 9 月 13 日、横浜
  15. 永森收志、金井好克「がん細胞のアミノ酸トランスポーター」, 第 31 回日本ヒト細胞学会学術集会 シンポジウム「分子標的診断・治療の進歩と今後」, 招待講演、2013 年 8 月 10 日、所沢
  16. Nagamori S. Functional coupling of transporters in a complex 1st Awaji International Workshop on “Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications” 2013 年 6 月 18 日、兵庫県淡路島
  17. 永森收志、奥山裕久、Wiriyasermkul P.、中込咲綾、西中由美子、高藤和輝、大垣隆一、金井好克 質量分析計と再構成プロテオリポソームを用いた新規トランスポーター複合体の解析 - 腎尿細管に残された第二のシスチントランスポーターの分子同定. 第 85 回日本生化学会大会、2012 年 12 月 15 日、福岡市
  18. Nagamori S. Studies of transporter complexes by proteomics and reconstitution approaches, Barcelona BioMed Seminars, 10 Oct 2012, IRB Barcelona, 10 October 2012, Aula Fèlix Serratosa, Parc Cièntific de Barcelona, Spain
- 〔図書〕(計 1 件)
1. 永森收志、金井好克 アミノ酸科学の最前線-基礎研究を活かした応用戦略- 監修: 鳥居邦夫、門脇基二 シーエムシー出版 ISBN:978-4-7813-0932-3 2014 年、全 281 頁 第二章 4 アミノ酸の吸収の仕組み、p. 71-78
- 〔その他〕  
ホームページ等
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
永森收志 (NAGAMORI, Shushi)  
大阪大学大学院医学系研究科・准教授  
研究者番号: 90467572
  - (2)研究分担者  
大垣隆一 (Ohgaki, Ryuichi)  
大阪大学大学院医学系研究科・助教  
研究者番号: 20467525

西園啓文 (Nishizono, Hirofumi)  
富山大学生命科学先端研究センター・助教  
研究者番号: 10502289

  - (3)連携研究者  
金井好克 (Kanai, Yoshikatsu)  
大阪大学大学院医学系研究科・教授  
研究者番号: 60204533