

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24390047

研究課題名(和文) 支持細胞における脂質恒常性維持の分子基盤と生体機能

研究課題名(英文) Molecular basis and physiological function of cellular lipid homeostasis in the brain and immune stromal cells

研究代表者

大和田 祐二 (Owada, Yuji)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20292211

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究によって、神経系の支持細胞であるグリア細胞が、その内部の脂質恒常性の変化によって活性状態を変化させ、神経細胞の形態や伝達活性にまで影響を及ぼすことが明らかになった。また脂肪酸結合タンパク質FABPの変異マウスモデルによって、グリア細胞膜に存在する微小な構造である脂質ラフトの機能障害が、神経細胞の樹状突起形態や行動異常につながることを示された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we revealed for the first time that alteration of lipid homeostasis in the glial cells affects their response to the external stimuli such as growth factors. We showed that intracellular lipid binding protein, FABP7, regulates the membrane lipid raft function in astrocytes through the caveolin gene expression. We also showed that glial FABP7 is involved in the control of excitatory synaptic neurotransmission in the medial frontal cortex, and possible associated with the human psychiatric diseases including schizophrenia.

研究分野：神経科学 解剖学

キーワード：FABP アストロサイト 脂肪酸 クッパー細胞

1. 研究開始当初の背景

支持細胞における脂質代謝や脂質シグナルの生体意義の詳細は解明されていない。特に神経系や免疫系の支持細胞には、脂質の細胞内動態制御に関わる様々な分子が発現しているが、それらの分子機能については、不明であった。

脂肪酸結合タンパク質 (FABP) は、水に不溶性脂肪酸や脂肪酸代謝物の細胞内取り込み・輸送・代謝の調節を介して様々な細胞機能に関わっていると考えられている。すなわち外来 (食餌・循環血液) あるいは細胞自身に由来する脂肪酸が機能を発揮するための制御分子である。神経系や免疫系組織の支持細胞には、相異なる FABP 分子種が時空間的に多様な発現様式を示しているが、それらの FABP により制御される脂質恒常性の機能的意義、すなわち神経細胞や他のグリア細胞間相互作用に対して果たす役割については不明であった。

2. 研究の目的

神経系支持細胞 (星状グリア細胞 AC およびオリゴ前駆細胞 OPC) に発現する FABP7 をはじめとする脂肪酸代謝に関わる分子に着目し、下記からの疑問に対して申請期間中に分子・細胞生物学的に検証する。

(1) AC および OPC における脂質構成およびシグナルに対する制御機構

FABP は核内受容体 PPAR の活性化に関与するのか?

リン脂質などの脂質膜生成に関与するのか?

FABP や FASN を介してシグナル伝達制御に関与するのか?

(2) AC から神経細胞、および OPC から他のグリア細胞への作用メカニズムの同定

FABP7 欠損支持細胞は、神経細胞形態に影響を及ぼすのか?

液性因子 (タンパク質性サイトカイン・脂質性リポカイン) 産生への関与は?

細胞接着への影響は?

(3) 脂質代謝分子の疾患への関与の検証
悪性グリオーマにおける FABP や FASN の関与は?

3. 研究の方法

(1) グリア系培養細胞への FABP, FASN の強制発現系およびノックダウン系の樹立と解析を施行した。この細胞を用いて、核内受容体の転写活性はルシフェラーゼアッセイを施行した。脂質の分析は質量分析による解析を行った。

(2) 各種 FABP ノックアウトマウスの神経系細胞 (ニューロン, AC, OPC) の形態の観

察は、免疫染色やゴルジ染色法を行い、光学顕微鏡および電子顕微鏡を用いた解析を施行した。

さらに、グリアおよびニューロンの共培養系におけるシナプス形態解析と可塑性調節因子の発現解析は、シナプスマーカーの免疫染色により解析した。

(3) ヒトグリオーマ細胞および患者由来グリオーマ幹細胞における解析は、U87 などの細胞株に加えて、手術検体より樹立した患者特異的幹細胞株 (G144, Y10, Y14 など) に対して、FABP や FASN の強制発現や FASN 活性の薬剤阻害を行い、分裂能、分化能、腫瘍浸潤能について評価した。

4. 研究成果

アストロサイトの脂肪酸恒常性の変化によって、細胞膜の微小ドメインであるカベオラの活性が制御されることを見出した (Glia 2015)。さらにアストロサイトの脂肪酸結合蛋白質 (FABP7) の欠損によって、ニューロンの樹状突起および棘突起の形態や、興奮性神経伝達に異常が起こることを明らかにした (Glia 2016)。またヒト統合失調症や自閉症で見つかった FABP 遺伝子変異の細胞生物学的解析を行い、n-3 系脂肪酸への結合能が変化していることを突き止めた (Hum Mol Genet 2014)。

さらに、神経膠腫に高い発現を示す FABP7 に着目し、その診断的価値と腫瘍幹細胞性維持の役割について検証した。脳腫瘍患者の髄液および血清サンプルに対して、FABP7 蛋白質の高感度検出系を樹立した。さらに神経膠腫の悪性度に相関して FABP7 発現が高く、しかも腫瘍幹細胞マーカーと非常に良く共存することを明らかにするとともに (Pathol Int 2013)、グリオーマ腫瘍幹細胞に高い発現を示す脂肪酸合成酵素 (FASN) が、幹細胞性維持に重要な役割を担うことを明らかにした (Plos One 2016)。

加えて、神経系以外の支持細胞にも解析を広げ、FABP7 が、肝クッパー細胞の死細胞の貪食や炎症性サイトカインの産生が細胞内の脂肪酸動態の変化によって影響を受け、肝線維芽細胞の活性化や、ひいては肝線維化の病態に関与することを明らかにした (Am J Pathol 2014)。

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 36 件)

- 1 Yasumoto, Y., Miyazaki, H., Koshy L, Kagawa, Y., Ebrahimi, M., Yamamoto, Y.,

- Ogata, M., Katsuyama, Y., Sadahiro H., Suzuki, M., Owada, Y. (2016): Inhibition of fatty acid synthase decreases expression of stemness markers in glioma stem cells. *Plos One* 11, e0147717, doi:10.1371/journal.pone.0147717 査読あり
- 2 Imai, H., Shoji, H., Ogata, M., Kagawa, Y., Owada, Y., Miyakawa, T., Sakimura, K., Terashima, T. and Katsuyama, Y. (2016): Dorsal forebrain-specific deficiency of Reelin-Dab1 signal causes behavioral abnormalities related to psychiatric disorders. *Cerebral Cortex*, in press, pii: bhv334 査読あり
- 3 Ebrahimi, M., Yamamoto, Y., Sharifi, K., Kida, H., Kagawa, Y., Yasumoto, Y., Islam, A., Miyazaki, H., Shimamoto, C., Maekawa, M., Mitsushima, D., Yoshikawa, T. and Owada, Y. (2016): Astrocyte-expressed Fabp7 regulates dendritic morphology and excitatory synaptic function of cortical neurons. *Glia*, 64, 48-62, doi: 10.1002/glia.22902 査読あり
- 4 Pan, Y., Scanlon, M.J., Owada, Y., Yamamoto, Y., Porter, C.J., Nicolazzo, P.A. (2015): Fatty acid binding protein 5 facilitates the blood-brain barrier transport of docosahexaenoic acid. *Mol Pharm*, 12, 4375-4385, doi: 10.1021/acs.molpharmaceut.5b00580 査読あり
- 5 Maekawa, M., Iwayama, Y., Ohnishi, T., Toyoshima, M., Shimamoto, C., Hisano, Y., Toyota, T., Balan, S., Matsuzaki, H., Iwata, Y., Takagi, S., Yamada, K., Ota, M., Fukuchi, S., Okada, Y., Akamatsu, W., Tsujii, M., Kojima, N., Owada, Y., Okano, H., Mori, N. and Yoshikawa, T. (2015): Investigation of the fatty acid transporter-encoding genes *SLC27A3* and *SLC27A4* in autism. *Sci Rep*, 5, 16239, doi: 10.1038/srep16239 査読あり
- 6 Kaczocha, M., Glaser, S.T., Maher, T., Clavin, B., Hamilton, J., O'Rourke, J., Rececchi, M., Puopolo, M., Owada, Y., Thanos, P.K. (2015): Fatty acid binding protein deletion produces endocannabinoid/N-acylethanolamine mediated antinociceptive effects. *Mol Pain*, 11, 52-58, doi: 10.1186/s12990-015-0056-8 査読あり
- 7 Islam, A. and Owada, Y. (2015): Fatty acid binding protein 3 (FABP3) deficiency does not impact on fetoplacental morphometry and fatty acid transporters in mice. *Biores Comm*, 1, 57-61, http://www.bioresearchcommunications.com/article/issue-1-volume-2-july-page-57-61.html#.Vz6pNPmLSUk 査読あり
- 8 Tokiwa, T., Zimin, L., Ishizuka, S., Inoue, T., Fujii, M., Ishiguro, H., Kajigaya, H., Owada, Y., Suzuki, M. and Yamakawa, T. (2015): The palm-sized cryoprobe system based on refrigerant expansion and boiling and its application to an animal model of epilepsy. *IEEE Trans Biomed Eng*, 62, 1949-1958, doi: 10.1109/TBME.2015.2407692 査読あり
- 9 Pakkarato, S., Chomphoo, S., Kagawa, Y., Owada, Y., Mothong, W., Iamsaard, S., Sawatpanich, T., Kondo, H. and Hipkaso, W. (2015): Morphology of sustentacular cells in the adrenal medulla, in comparison with the carotid body and sympathetic ganglion, of mice by immunohistochemistry with an antibody for brain-type fatty acid-binding protein. *J Anat*, 226, 348-353, doi: 10.1111/joa.12285 査読あり
- 10 Kagawa, Y., Yasumoto, Y., Sharifi, K., Ebrahimi, M., Islam, A., Miyazaki, H., Yamamoto, Y., Sawada, T., Kishi, H., Kobayashi, S., Maekawa, M., Yoshikawa, T., Takaki, E., Nakai, A., Kogo, H., Fujimoto, T. and Owada, Y. (2015): Fatty acid-binding protein 7 regulates lipid raft formation in astrocytes through expression of caveolin-1. *Glia*, 63, 780-794, doi: 10.1002/glia.22784 査読あり
- 11 Shibue, K., Yamane, S., Harada, N., Hamasaki, A., Suzuki, K., Joo, E., Iwasaki, K., Nasteska, D., Harada, T., Hayashi, Y., Adachi, Y., Owada, Y., Takayanagi, R. and Inagaki, N. (2015): Fatty acid binding protein 5 (FABP5) regulates diet-induced obesity (DIO) via GIP secretion from enteroendocrine K-cells in response to fat ingestion. *Am J Physiol, Endocrinol Metab*, 308, E581-591, doi: 10.1152/ajpendo.00543.2014 査読あり
- 12 Maekawa, M., Yamada, K., Toyoshima, M., Ohnishi, T., Iwayama, Y., Shimamoto, C., Toyota, T., Nozaki, Y., Balan, S., Matsuzaki, H., Iwata, Y., Suzuki, K., Miyashita, M., Kikuchi, M., Kato, M., Okada, Y., Akamatsu, W., Mori, N., Owada, Y., Itokawa, M., Okano, H. and Yoshikawa, T. (2015): Utility of scalp hair follicles as a novel source of biomarker genes for psychiatric disease. *Biol Psychiat*, 78, 116-125, doi: 10.1016/j.biopsych.2014.07.025 査読あり

- 13 Shirao, S., Yoneda, H., Shinoyama, M., Sugimoto, K., Koizumi, H., Ishihara, H., Oka, F., Sadahiro, H., Nomura, S., Fujii, M., Tamechika, M., Kagawa, Y., Owada, Y. and Suzuki, M. (2015): A novel trigger for cholesterol-dependent smooth muscle contraction mediated by sphingosylphosphorylcholine-Rho-kinase pathway in the rat basilar artery: a mechanistic role for lipid rafts. *J Cerebr Blood Flow Metab*, 35, 835-842, doi: 10.1038/jcbfm.2014.260 査読あり
- 14 Ebrahimi, M., Sharifi, K., Islam, A., Miyazaki, H., Yasumoto, Y., Kagawa, Y., Tokuda, N., Sawada, T., Kitagawa, T., Kuramitsu, Y., Nakamura, K. and Owada, Y. (2015): Proteomic differential display analysis reveals decreased expression of PEA-15 and vimentin in FABP7-deficient astrocytes. *J Proteom Bioinform* 8, 9-1, <http://www.omicsonline.org/open-access/proteomic-analysis-of-fabp7-deficient-astrocytes-jpb.1000347.php?aid=36639> 査読あり
- 15 Shioda, N., Yabuki, Y., Kobayashi, Y., Onozato, M., Owada, Y. and Fukunaga, K. (2014): FABP3 promotes a-synuclein oligomerization associated with 1-methyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-induced neurotoxicity. *J Biol Chem*, 289, 18957-18965, doi: 10.1074/jbc.M113.527341 査読あり
- 16 Bando, Y., Yamamoto, M., Sakiyama, K., Inoue, K., Takizawa, S., Owada, Y., Iseki, S., Kondo, H. and Amano, O. (2014): Expression of epidermal fatty acid binding protein (E-FABP) in septoclasts in the growth plate cartilage of mice. *J Mol Histol*, 45, 507-518, doi: 10.1007/s10735-014-9576-1 査読あり
- 17 Shimamoto, C., Ohnishi, T., Maekawa, M., Watanabe, A., Ohba, H., Arai, R., Iwayama, Y., Hisano, Y., Toyota, T., Toyoshima, M., Suzuki, K., Nakamura, K., Mori, N., Shirayama, Y., Owada, Y., Kobayashi, T. and Yoshikawa, T. (2014): Functional characterization of FABP3, 5 and 7 gene variants identified in schizophrenia and autism spectrum disorder and mouse behavioral studies. *Hum Mol Genet*, 23, 6495-6511, doi: 10.1093/hmg/ddu369 査読あり
- 18 Islam, A., Kagawa, Y., Sharifi, K., Ebrahimi, M., Miyazaki, H., Yasumoto, Y., Kawamura, S., Yamamoto, Y., Sakaguti, S., Sawada, T., Tokuda, N., Sugino, N., Suzuki, R. and Owada, Y. (2014): Fatty acid binding protein 3 is involved in n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid transport in mouse trophoblasts. *J Nutrition*, 144, 1509-1516, doi: 10.3945/jn.114.197202 査読あり
- 19 Miyazaki, H., Sawada, T., Kiyohira, M., Yu, Z., Nakamura, K., Yasumoto, Y., Kagawa, Y., Ebrahimi, M., Islam, A., Sharifi, K., Yamamoto, Y., Adachi, Y., Tokuda, N., Terai, S., Sakaida, I., Ishikawa, T. and Owada, Y. (2014): Fatty acid binding protein 7 regulates phagocytosis and cytokine production in Kupffer cells during liver injury. *Am J Pathol*, 184, 2505-2515, doi: 10.1016/j.ajpath.2014.05.015 査読あり
- 20 Suzuki, J., Oshima, T., Yoshida, N., Kimura, R., Takata, Y., Owada, Y., Kobayashi, T. and Osumi, N. (2014): Preservation of cochlear function in *Fabp3* (H-Fabp) knockout mice. *Neurosci Res*, 81-82, 64-68, doi: 10.1016/j.neures.2014.02.003. 査読あり
- 21 Ishikawa, T., Suzuki, H., Ishikawa, K., Yasuda, S., Matsui, T., Yamamoto, M., Kakeda, T., Yamamoto, S., Owada, Y. and Yaksh, T.L. (2014): Spinal cord ischemia/injury. *Curr Pharm Design*, 20, 5738-5743, doi: 10.1016/j.bbr.2014.02.007 査読あり
- 22 Nomura, S., Fujii, M., Inoue, T., He, Y., Maruta, Y., Koizumi, H., Suehiro, E., Imoto, H., Ishihara, H., Oka, F., Matsumoto, M., Owada, Y., Yamakawa, T. and Suzuki, M. (2014): Changes in glutamate concentration, glucose metabolism, and cerebral blood flow during focal brain cooling of the epileptogenic cortex in humans. *Epilepsia*, 55, 770-776, doi: 10.1111/epi.12600 査読あり
- 23 Ishikawa, J., Ogawa, Y., Owada, Y. and Ishikawa A. (2014): Hyperlocomotor activity and stress vulnerability during adulthood induced by social isolation after early weaning are prevented by voluntary running exercise before normal weaning period. *Behavior Brain Res*, 264, 197-206, doi: 10.1016/j.bbr.2014.02.007 査読あり
- 24 Sadahiro, H., Yoshikawa, K., Ideguchi, M., Kajiwara, K., Ishii, A., Ikeda, E., Owada, Y., Yasumoto, Y. and Suzuki, M. (2014): Pathological features of highly invasive glioma stem cells in a mouse xenograft model. *Brain Tumor Pathol*, 31, 77-84, doi: 10.1007/s10014-013-0149-x 査読あり
- 25 Kizuka-Shibuya, F., Tokuda, N., Takagi, K., Adachi, Y., Lee, L., Tamura, I., Maekawa, R., Tamura, H., Suzuki, T.,

- Owada, Y. and Sugino N. (2014): Involvement of bone marrow-derived vascular progenitor cells in neovascularization during follicular development in mice. *J Ovarian Res*, 7, 10, doi: 10.1007/s10014-013-0149-x 査読あり
- 26 Sharifi, K., Ebrahimi, M., Kagawa, Y., Islam, A., Tuerxun, T., Yasumoto, Y., Hara, T., Yamamoto, Y., Miyazaki, H., Tokuda, N., Yoshikawa, T. and Owada, Y. (2013): FABP5 and FABP7 as novel markers and biological regulators of oligodendrocyte lineage. *Cell and Tissue Res*, 354, 683-695, doi: 10.1007/s00441-013-1730-7 査読あり
- 27 Morihiro, Y., Yasumoto, Y., Koshy, VL., Sadahiro, H., Uchida, T., Inamura, A., Sharifi, K., Ideguchi, M., Nomura, S., Tokuda, N., Kashiwabara, S., Ishii, A., Ikeda, E., Owada, Y. and Suzuki, M. (2013): Fatty acid binding protein 7 as a marker for glioma stem cells. *Pathol Int*, 63, 546-553, doi: 10.1111/pin.12109 査読あり
- 28 Kida, H., Nomura, S., Shinoyama, M., Ideguchi, M., Owada, Y. and Suzuki, M. (2013): The effect of hypothermia therapy in neonatal mice on the cortical laminar disruption following ischemic injury in neonatal mice. *PLoS One*, 8, e68877, doi: 10.1371/journal.pone.0068877 査読あり
- 29 Inamura, A., Adachi, Y., Inoue, T., He, Y., Tokuda, N., Nawata, T., Shirao, S., Nomura, S., Fujii, M., Ikeda, E., Owada, Y. and Suzuki, M. (2013): Cooling treatment transiently increases the permeability of brain capillary endothelial cells through translocation of claudin-5. *Neurochem Res*, 38, 1641-1647, doi: 10.1007/s11064-013-1066-4 査読あり
- 30 He, Y., Fujii, M., Inoue, T., Nomura, S., Maruta, Y., Oka, F., Shirao, S., Owada, Y., Kida, H., Kunitsugu, I., Yamakawa, T., Tokiwa, T., Yamakawa, T., Suzuki, M. (2013): Neuroprotective effects of focal brain cooling on photochemically-induced cerebral infarction in rats: analysis from a neurophysiological perspective. *Brain Res*, 1497, 53-60, doi: 10.1016/j.brainres.2012.11.041 査読あり
- 31 Kizuka, F., Tokuda, N., Takagi, K., Adachi, Y., Lee, L., Tamura, I., Maekawa, R., Taketani, T., Tamura, H., Suzuki, T., Owada, Y. and Sugino, N. (2012): Involvement of bone marrow-derived vascular progenitor cells in neovascularization during the corpus luteum formation in mice. *Biol Reprod*, 87(3) 55, 1-7, doi: 10.1095/biolreprod.2012.09.002 査読あり
- 32 Miyake, T., Ogawa, E., Mikoshiba, A., Kobayashi, A., Hosoe, H., Kashiwabara, S., Uhara, H., Owada, Y. and Okuyama, R. (2012): Epidermal-type FABP is a predictive marker of clinical response to systemic treatment and ultraviolet therapy in psoriatic skin lesions. *J Dermatol Sci*, 68, 199-202, doi: 10.1016/j.jdermsci.2012.09.002 査読あり
- 33 Matsumata, M., Sakayori, N., Maekawa, M., Owada, Y., Yoshikawa, T. and Osumi, N. (2012): The effects of Fabp7 and Fabp5 on postnatal hippocampal neurogenesis in the mouse. *Stem Cells*, 30, 1532-1543, doi: 10.1002/stem.1124 査読あり
- 34 Adachi, Y.* , Hiramatsu, S.* , Tokuda, N., Sharifi, K., Ebrahimi, M., Islam, A., Kagawa, Y., Koshy, LV., Sawada, T., Hamano, K. and Owada, Y. (2012): Fatty acid-binding protein 4 (FABP4) and FABP5 modulate cytokine production in the mouse thymic epithelial cells. *Histochem Cell Biol*, 138, 397-406, doi: 10.1007/s00418-012-0963-y 査読あり
- 35 Sugawara, T.* , Nemoto, K.* , Adachi, Y., Yamano, N., Tokuda, N., Muto, M., Okuyama, R., Sakai, S. and Owada, Y. (2012): Reduced size of sebaceous gland and altered sebum lipid composition in mice deficient in the fatty acid-binding protein 5 gene. *Exp Dermatol*, 21, 543-546, doi: 10.1111/j.1600-0625.2012.2012.00000.x 査読あり
- 36 Fujii, M., Inoue, T., Nomura, S., Maruta, Y., He, Y., Koizumi, H., Shirao, S., Owada, Y., Kunitsugu, I., Yamakawa, T., Tokiwa, T., Ishizuka, S., Yamakawa, T. and Suzuki, M. (2012): Cooling of the epileptic focus suppresses seizures with minimal influence on neurologic functions. *Epilepsia* 53, 489-493, doi: 10.1111/j.1528-1167.2011.03388.x 査読あり
- 〔学会発表〕(計 10 件)
1. 大和田祐二：脂肪酸タンパク質 (FABP)を通して、栄養と精神疾患の関連を理解する 第11回 日本疲労学会総会・学術集会 2015年5月15日 山口市 山口県総合保健会

- 館
2. 大和田祐二: 脂肪酸結合タンパク質によるグリア細胞の膜微小ドメイン制御 第 66 回 超微形態懇話会 2015 年 7 月 16 日 仙台市 民陵会館
 3. Yuki Yasumoto, Yuji Owada : Possible role of hypothalamic FABP7 in the control of glial cell proliferation and leptin sensitivity. Tools and Technologies, Frontiers of Brain Science, Tohoku Forum for Creativity 2015 年 7 月 25 日 仙台 東京エレクトロンハウス
 4. 安本有希、大和田祐二: Possible role of hypothalamic FABP7 in the control of glial cell proliferation and leptin sensitivity. 第 38 回日本神経科学大会 2015 年 7 月 29 日 神戸市 神戸国際会議場
 5. 香川慶輝、大和田祐二: FABP7 is an epigenetic modulator of caveolin-1 gene expression in astrocytes. 第 38 回日本神経科学大会 2015 年 7 月 30 日 神戸市 神戸国際会議場
 6. 勝山裕、杉山拓、大隅典子、大和田祐二: アンモン角錐体ニューロンと歯状回顆粒ニューロンの前駆細胞は発生過程で混在する 第 61 回日本解剖学会 東北・北海道連合支部会学術集会 2015 年 8 月 29 日 盛岡市 観光文化交流センター
 7. 尾形雅君、大和田祐二、伊藤恒敏 腸上皮細胞間リンパ球 (IEL) の活性化および細胞死の形態学的解析 第 61 回日本解剖学会 東北・北海道連合支部会学術集会 2015 年 8 月 29 日 盛岡市 観光文化交流センター
 8. 山本 由似、木田 裕之、美津島 大、福永 浩司、大和田 祐二: FABP3 遺伝子欠損マウスの認知・情動行動異常とメチオニンによる改善作用 第 37 回日本生物学的精神医学会・第 45 回日本神経精神薬理学会 (合同年会) (東京) 2015 年 9 月 25 日 東京都 タワーホール船堀
 9. 山本由似、澤田知夫、徳田信子、大和田祐二: 脂肪酸結合タンパク質 FABP3 による抑制性介在神経制御機構 第 70 回 日本解剖学会 中国・四国支部学術集会 2015 年 10 月 25 日 松山市 愛媛大学南加記念ホール
 10. 児玉孝憲、宮崎啓史、澤田知夫、大

和田祐二、徳田信子: マクロファージ M1/M2 分化における FABP の関与 第 70 回 日本解剖学会 中国・四国支部学術集会 2015 年 10 月 24 日 松山市 愛媛大学南加記念ホール

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大和田祐二 (OWADA, Yuji)
東北大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号 : 20292211

(2) 研究分担者

吉川武男 (YOSHIKAWA, Takeo)
理化学研究所・脳科学研究センター・主任
研究員
研究者番号 : 30249958

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :