

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25460095

研究課題名(和文) 黒質ドパミンニューロンによる線条体神経支配における細胞接着分子インテグリンの役割

研究課題名(英文) Role of integrin alpha5beta1 in dopaminergic innervation of striatal neurons.

## 研究代表者

泉 安彦 (Izumi, Yasuhiko)

京都大学・薬学研究科(研究院)・助教

研究者番号：60456837

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：発生期に線条体に到達した黒質ドパミン神経軸索が、線条体全体に伸展する機序は明らかではない。本研究では、ノックダウンおよび過剰発現実験により、ドパミン神経軸索が細胞接着分子のインテグリン $\alpha 5 \beta 1$ を介して線条体細胞領域を伸展することが明らかにした。パーキンソン病に対する線条体へのドパミン神経細胞移植治療において、インテグリン $\alpha 5 \beta 1$ を過剰発現したドパミン神経を移植すると効率的に線条体を神経支配するかもしれない。

研究成果の概要(英文)：The mechanisms by which dopaminergic axons from the substantia nigra extend to the striatum in developmental processes remains to be known. Using knockdown and overexpression experiments, we demonstrated that integrin  $\alpha 5 \beta 1$ , one of cell adhesion molecules, played a role in the process of dopaminergic innervation of striatal neurons. We expect that integrin  $\alpha 5 \beta 1$ -overexpressing dopaminergic neurons grafted into the striatum will effectively innervate the striatal neurons in the transplantation therapy for Parkinson disease.

研究分野：神経薬理学

キーワード：ドパミンニューロン インテグリン 神経突起伸長 パーキンソン病

### 1. 研究開始当初の背景

発生過程の脳内で、神経細胞がどのように軸索を正しい位置に投射し、特定の神経細胞とシナプスを形成するのか、そのメカニズムは完全には解明されていない。特に、黒質-線条体系ドパミン神経投射は、難治性神経変性疾患であるパーキンソン病と関連が深く国内外で大いに注目されているところである。胎生期に黒質で産生されたドパミンニューロンの軸索は軸索誘導因子および反発因子により吻側へ方向付けられ、内側前脳束を通り線条体へと到達する。しかし、線条体へ到達したドパミン神経軸索が比較的広範な脳領域である線条体全体に伸展するメカニズムは未だ明らかではない。黒質ドパミンニューロンが線条体組織を識別する特異的な受容体が予想されるが、その実体は不明である。

### 2. 研究の目的

細胞接着分子の一つであるインテグリンは鎖と鎖からなるヘテロ二量体を形成し、細胞外からの情報伝達に参与する。ドパミンニューロンによる線条体神経支配はインテグリン 5 1 選択的阻害ペプチドやインテグリン 5 および 1 中和抗体により抑制されたことから、インテグリン 5 1 が参与することが示唆される。そこで本研究では、ドパミン神経軸索が線条体に伸展するメカニズムにおいて、インテグリン 5 1 がどのように関わるか明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1)ラット胎仔から調製した中脳細胞と線条体細胞を対峙して培養すると、中脳細胞領域から線条体細胞領域にドパミン神経突起の伸長が観察された。この線条体細胞領域へのドパミン神経突起伸長を計測した。

(2)マウス ES (胚性幹)細胞にインテグリン 5 遺伝子を導入し、SDIA 法によりドパミンニューロンに分化させた。ES 細胞由来ドパミンニューロンを線条体細胞上に播種し、ドパミン神経突起伸長を計測した。

### 4. 研究成果

(1)RT-PCR によりインテグリン 5 および 1 は中脳細胞にも線条体細胞にも発現していることを確認した。どちらの細胞に発現するインテグリン 5 1 が線条体へのドパミン神経突起伸長に参与するかは明らかにするため、中脳細胞選択的にインテグリン 5 をノックダウンしたところ、線条体細胞領域へのドパミン神経突起伸長は抑制された。一方、線条体細胞のインテグリン 5 をノックダウンしてもドパミン神経突起伸長は抑制されなかった。したがって、ドパミンニューロンに発現するインテグリン 5 1 が重要な役割を果たすことが明確になった。

(2)レンチウイルスベクターを用いてインテグリン 5 遺伝子を ES 細胞に導入し、インテグリン 5 過剰発現 ES 細胞を作製した。インテグリン 5 発現 ES 細胞から分化したドパミンニューロンを線条体細胞上で培養すると、通常のドパミンニューロンより神経突起長が長いことを明らかにした。以上の結果より、インテグリン 5 をドパミンニューロンに過剰発現させると線条体神経支配が促進することが示唆された。

(3)本研究成果として、胎生期に黒質で産生されたドパミンニューロンの軸索は線条体へ到達した後、ドパミン神経軸索に発現するインテグリン 5 1 を介して線条体全体に進展することが明らかになった。今後、線条体側に発現するインテグリン 5 1 のリガンドを明らかにすることで、より詳細なメカニズムが解明されることが期待される。また、インテグリン 5 を過剰発現したドパミンニューロンは線条体神経支配を効率的に行えることが示唆された。パーキンソン病に対する再生治療として、幹細胞由来ドパミンニューロンを線条体に細胞移植することが試みられている。少ない移植細胞数で、効率よく線条体を神経支配することは、がん化のリスクを抑えつつ治療効果を上げると期待される。インテグリン 5 を過剰発現したドパミンニューロンを線条体に細胞移植することでそれが達成できるかもしれない。

### 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 11 件)

Nazari, QA., Kume, T., Takada-Takatori, Y., Izumi, Y., and Akaike, A.: Protective Effect of Luteolin on an Oxidative-Stress Model Induced by Microinjection of Sodium Nitroprusside in Mice. *J Pharmacol Sci.* (2013) 122, 109-117. (査読有)

doi: 10.1254/jphs.13019FP

Izuo, N., Murakami, K., Sato, M., Iwasaki, M., Izumi, Y., Shimizu, T., Akaike, A., Irie, K., and Kume, T.: Non-toxic conformer of amyloid may suppress amyloid -induced toxicity in rat primary neurons: implications for a novel therapeutic strategy for Alzheimer's disease. *Biochem Biophys Res Commun.* (2013) 438, 1-5. (査読有)

doi: 10.1016/j.bbrc.2013.05.106.

Nazari, QA., Kume, T., Izuo, N., Takada-Takatori, Y., Imaizumi, A., Hashimoto, T., Izumi, Y., and Akaike, A.: Neuroprotective effects of curcumin and highly bioavailable curcumin on oxidative stress induced

by sodium nitroprusside in rat striatal cell culture. *Biol Pharm Bull.* (2013) 36, 1356-1362. (査読有)  
doi: <http://dx.doi.org/10.1248/bpb.13-00300>

Iloroi, T., Taguchi, K., Izumi, Y., Takada-Takatori, Y., Akaike, A., and Kume, T.: Protective effect of serofendic acid, administered intravenously, on cerebral ischemia-reperfusion injury in rats. *Brain Res.* (2013) 1532, 99-105. (査読有)  
doi: [10.1016/j.brainres.2013.08.013](http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2013.08.013)

Wakita, S., Izumi, Y., Nakai, T., Adachi, K., Takada-Takatori, Y., Kume, T., and Akaike, A.: Staurosporine induces dopaminergic neurite outgrowth through AMP-activated protein kinase/mammalian target of rapamycin signaling pathway. *Neuropharmacology.* (2014) 77, 39-48. (査読有)  
doi: [10.1016/j.neuropharm.2013.09.012](http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.09.012)

Nazari, QA., Takada-Takatori, Y., Hashimoto, T., Imaizumi, A., Izumi, Y., Akaike, A., Kume, T.: Potential protective effect of highly bioavailable curcumin on an oxidative stress model induced by microinjection of sodium nitroprusside in mice brain. *Food Funct.* (2014) 5, 984-989. (査読有)  
doi: [10.1039/c4fo00009a](http://dx.doi.org/10.1039/c4fo00009a)

Izumi, Y., Ezumi, M., Takada-Takatori, Y., Akaike, A., and Kume, T.: Endogenous dopamine is involved in the herbicide paraquat-induced dopaminergic cell death. *Toxicol Sci.*, (2014) 139, 466-478. (査読有)  
doi: [10.1093/toxsci/kfu054](http://dx.doi.org/10.1093/toxsci/kfu054)

Iloroi, T., Akao, M., Iguchi, M., Kato, M., Kimura, T., Izumi, Y., Akaike, A., and Kume, T.: Serofendic Acid Protects Against Myocardial Ischemia-Reperfusion Injury in Rats. *J Pharmacol Sci.*, (2014) 126, 274-280. (査読有)  
doi: [10.1254/jphs.14139FP](http://dx.doi.org/10.1254/jphs.14139FP)

Fujimura, K., Niidome, T., Shinozuka, Y., Izumi, Y., Kihara, T., Sugimoto, H., Akaike, A., and Kume, T.: Integrin-associated protein promotes neuronal differentiation of neural stem/progenitor cells. *PLoS One.*, (2015) 10, e0116741. (査読有)  
doi: [10.1371/journal.pone.0116741](http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0116741)

Izumi, Y., Yamamoto, N., Matsushima, S., Yamamoto, T., Takada-Takatori, Y.,

Akaike, A., and Kume, T.: Compensatory role of the Nrf2-ARE pathway against paraquat toxicity: Relevance of 26S proteasome activity. *J Pharmacol Sci.*, (2015) 129, 150-159. (査読有)  
doi: [10.1016/j.jphs.2015.09.003](http://dx.doi.org/10.1016/j.jphs.2015.09.003)

Kume, T., Suenaga, A., Izumi, Y., and Akaike, A.: Protective effect of dimethyl fumarate on an oxidative stress model induced by sodium nitroprusside in mice. *Biol Pharm Bull.* (2016) 39, 1055-1059. (査読有)  
doi: [http://doi.org/10.1248/bpb.b16-00134](http://dx.doi.org/10.1248/bpb.b16-00134)

[学会発表](計 44 件)

竹内啓喜, 泉安彦, 澤田秀幸, 赤池昭紀, 下濱俊, 高橋良輔 ニコチン受容体刺激のドーパミン神経保護に関するオートファジーの関与の検討 Neuro2013 第 36 回日本神経科学大会 第 56 回日本神経化学学会大会 第 23 回日本神経回路学会大会 合同大会 国立京都国際会館(京都、2013年6月20日)

泉安彦, 脇田誓子, 神原知里, 中井利恵, 久米利明, 赤池昭紀 ドパミンニューロンによる線条体ニューロンの神経支配におけるインテグリン 5 1 の関与 Neuro2013 第 36 回日本神経科学大会 第 56 回日本神経化学学会大会 第 23 回日本神経回路学会大会 合同大会国立京都国際会館(京都、2013年6月21日)

久米利明, 岩尾歩美, 入江一浩, 泉安彦, 赤池昭紀 A およびその変異体による成体マウス海馬ニューロン新生抑制作用 第 123 回日本薬理学会近畿部会ウイנק あいち(名古屋、2013年7月12日)

赤池昭紀, 久米利明, 泉安彦, 高鳥悠記 ニューロン保護・新生におけるニコチン受容体シグナルの役割の解明喫煙科学研究財団研究発表会喫煙科学研究財団(東京、2013年7月23日)

泉安彦, 江角将之, 久米利明, 赤池昭紀 細胞内ドパミンによるパラコート誘発細胞死の制御 第 17 回活性アミンに関するワークショップ A O S S A 福井(福井、2013年8月24日)

武政翔大, 上里彩夏, 高鳥悠記, 藤井健志, 田口和哉, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 培養ヒト表皮細胞における酸化ストレスに対するDDCの保護作用 次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム 2013 熊本大学薬学部キャンパス(熊本、2013年8月31日)

Sawahata, M., Taguchi, K., Izumi, Y., Akaike, A. and Kume, T. Different effects of acetylcholinesterase inhibitors on the locomotor activity

in zebrafish larvae. 19th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting, Sendai City Information & Industry Plaza, AER building 5F Sendai, Japan. 2013 (September, 21).

泉安彦, 山本憲幸, 松村敦子, 久米利明, 赤池昭紀 Nrf2-ARE 経路活性化を介したドパミン神経保護作用の機序解析およびその活性化物質の探索 第63回日本薬学会近畿支部総会・大会 同志社女子大学(京田辺キャンパス)(京都、2013年10月12日)(招待)

上里彩夏, 高鳥悠記, 武政翔大, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明, 藤井健志 青ジソ由来 Nrf2-ARE 経路活性化物質のヒト表皮細胞への酸化ストレスに対する保護作用 第63回日本薬学会近畿支部総会・大会 同志社女子大学(京田辺キャンパス)(京都、2013年10月12日)

高鳥悠記, 武政翔大, 上里彩夏, 藤井健志, 田口和哉, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 青ジソ由来DDCによる培養ヒト表皮細胞の酸化ストレスへの細胞保護作用 第124回日本薬理学会近畿部会 京都ガーデンパレス(京都、2013年11月1日)

中井利恵, 泉安彦, 脇田誓子, 神原知里, 赤池昭紀, 久米利明 ドパミンニューロンによる線条体神経支配に関するインテグリン サブユニットの特定およびES細胞への遺伝子導入 第124回日本薬理学会近畿部会 京都ガーデンパレス(京都、2013年11月1日)

泉安彦, 松村敦子, 久米利明, 入江一浩, 赤池昭紀 食品からのNrf2-ARE経路活性化物質の同定および薬効解析 第5回食品薬学シンポジウム京都大学薬学部記念講堂(京都、2013年11月2日)

久米利明, 岩尾歩美, 入江一浩, 泉安彦, 赤池昭紀 成体マウス海馬におけるAのニューロン新生抑制作用 第7回次世代を担う若手医療薬科学シンポジウム東北大学片平キャンパスさくらホール(仙台、2013年11月23日)

南奈央子, 高鳥悠記, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 トロピセトロン<sub>1</sub>の神経保護作用は7ニコチン受容体を介さない 第7回次世代を担う若手医療薬科学シンポジウム 東北大学片平キャンパスさくらホール(仙台、2013年11月23日)

田口和哉, 武政翔大, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 グルタミン酸神経毒性に対するDDCの保護作用 第87回日本薬理学会年会 東北大学百周年記念会館川内萩ホール、仙台国際センター(仙台、2014年3月19日)

泉尾直孝, 久米利明, 村上一馬, 佐藤瑞穂, 入江一浩, 泉安彦, 赤池昭紀, 横手幸太郎, 清水孝彦 A 42 誘発神経毒性

には「毒性コンホマー」による酸化ストレスの誘導が重要である 第87回日本薬理学会年会 東北大学百周年記念会館川内萩ホール、仙台国際センター(仙台、2014年3月19日)

川畑伊知郎, 延新来, 大宅史織, 森田淳一, 加藤茂樹, 田淵明子, 福地守, 津田正明, 大橋一正, 水野健作, 泉安彦, 久米利明, 赤池昭紀, 富岡佳久, 一瀬(鷲見)千穂, 近藤一直, 一瀬宏, 小林和人, 山國徹 V-1によるアクチン重合依存的な黒質線条体ドパミン生合成酵素群の統合的新規発現制御機構 第87回日本薬理学会年会 東北大学百周年記念会館川内萩ホール、仙台国際センター(仙台、2014年3月19日)

久米利明, 泉安彦, 赤池昭紀 成体マウスにおけるAによる海馬ニューロン新生抑制作用へのミクログリアの関与 第87回日本薬理学会年会 東北大学百周年記念会館川内萩ホール、仙台国際センター(仙台、2014年3月20日)

泉安彦, 神原知里, 脇田誓子, 中井利恵, 足立佳奈美, 赤池昭紀, 久米利明 中脳ドパミンニューロンによるinvitro線条体神経支配における中脳選択的インテグリン5ノックダウンの影響 日本薬学会第134年会 ホテル日航熊本、他(熊本、2014年3月28日)

牧谷洗希, 高鳥悠記, 南奈央子, 河本啓, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 ニューロンにおけるドネペジルのglycogen synthase kinase-3の活性抑制作用 日本薬学会第134年会 ホテル日航熊本、ほか(熊本、2014年3月28日)

⑳ 片岡春恵, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 化合物ライブラリーからのNrf2-ARE経路活性化物質の探索 第125回日本薬理学会近畿部会(岡山、2014年6月20日)

㉑ 赤池昭紀, 久米利明, 泉安彦, 高鳥悠記 ニューロン保護・新生におけるニコチン受容体シグナルの役割の解明 公益財団法人喫煙科学研究財団 第29回平成25年度助成研究発表会(東京、2014年7月15日)

㉒ 澤幡雅仁, 武政翔大, 川本雄士, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 ゼブラフィッシュを用いた低酸素負荷による脳虚血・再灌流モデルの確立 生体機能と創薬シンポジウム2014(大阪、2014年8月28日)

㉓ 岩崎真実, 泉安彦, 村上一馬, 入江一浩, 赤池昭紀, 久米利明 青じそ由来化合物DDCのA誘発神経毒性に対する保護作用 次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム2014(大阪、2014年8月30日)

㉔ 川畑伊知郎, 延新来, 大宅史織, 森田淳一, 加藤茂樹, 富岡佳久, 田淵明子,

- 福地守, 津田正明, 一瀬 - 鷲見千穂, 近藤一直, 泉安彦, 久米利明, 赤池昭紀, 大橋一正, 水野健作, 一瀬宏, 小林和人, 山国 徹 V-1 遺伝子によるアクトン重合依存的な黒質線条体ドパミン生合成酵素群の統合的新規発現制御機構 第 37 回日本神経科学大会 Neuroscience2014 (横浜、2014年9月12日)
- ②⑥ 神原知里, 泉安彦, 脇田誓子, 足立佳奈美, 中井利恵, 赤池昭紀, 久米利明 中脳細胞に発現するインテグリン 5 がドパミンニューロンによる線条体神経支配に重要である 第 37 回日本神経科学大会 Neuroscience2014 (横浜、2014年9月13日)
- ②⑦ Sawahata, M., Takemasa, S., Kawamoto, T., Izumi, Y., Akaike, A. and Kume, T. Hypoxia-induced brain ischemia-reperfusion model in zebrafish larvae. The 20th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting, Tokyo, Japan. 2014 (September, 20).
- ②⑧ 泉安彦, 神原知里, 脇田誓子, 赤池昭紀, 久米利明 ドパミン神経突起はインテグリン 5 を介して線条体ニューロンに沿って伸長する 第 126 回日本薬理学会近畿部会 (和歌山、2014年10月24日)
- ②⑨ 赤池昭紀, 久米利明, 泉安彦 シソ由来カルコン誘導体の細胞保護作用 日本病院薬剤師会東海ブロック・日本薬学会東海支部合同学術大会 2014 (第 24 回日本病院薬剤師会東海ブロック学術大会・平成 26 年度日本薬学会東海支部例会)(静岡、2014年11月9日)(招待)
- ③⑩ 澤幡雅仁, 武政翔大, 川本雄士, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 低酸素負荷によって誘発されるゼブラフィッシュの脳虚血再灌流障害 第 88 回日本薬理学会年会 (名古屋、2015年3月18日)
- ③⑪ 近藤直人, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 シソ由来カルコン DDC の -synuclein 凝集抑制作用 第 88 回日本薬理学会年会 (名古屋、2015年3月19日)
- ③⑫ 泉安彦, 神原知里, 脇田誓子, 中井利恵, 赤池昭紀, 久米利明 ドパミンニューロンによる線条体神経支配におけるインテグリンの関与:神経投射再生の可能性 第 88 回日本薬理学会年会 (名古屋、2015年3月20日)
- ③⑬ 久米利明, 澤幡雅仁, 泉安彦, 赤池昭紀 低酸素負荷によるゼブラフィッシュ脳梗塞モデルの確立 日本薬学会第 135 年会 (神戸、2015年3月27日)
- ③⑭ 門脇麻友, 加藤久美子, 白木孝憲, 保母暁史, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 青じそ亜臨界抽出物による Nrf2-ARE 経路活性化作用 日本ケミカルバイオロジー第 10 回年会 東北大学 川内キャンパス 東北大学百周年記念会館 川内萩ホール (仙台、2015年6月11日)
- ③⑮ 門脇麻友, 加藤久美子, 白木孝憲, 保母暁史, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 青じそ亜臨界抽出物による Nrf2-ARE 経路活性化作用 第 127 回日本薬理学会近畿部会 長良川国際会議場 (岐阜、2015年6月26日)
- ③⑯ 高橋良輔, 竹内啓喜, 泉安彦 パーキンソン病とニコチン受容体 公益財団法人喫煙科学研究財団 第 30 回平成 26 年度助成研究発表会 京王プラザホテル 42 階、43 階、47 階 (東京、2015年7月23日)
- ③⑰ Yasuhiko Izumi, Naoto Kondo, Hiroki Takeuchi, Akinori Akaike, Toshiaki Kume, Ryosuke Takahashi Conformational changes of endogenous -synuclein by exogenous -synuclein fibrils 第 38 回日本神経科学大会 神戸国際会議場・神戸国際展示場 (神戸、2015年7月30日)
- ③⑱ 高鳥悠記, 牧谷洗希, 南奈央子, 河本啓, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明, 土田勝晴 Glycogen synthase kinase-3 を介したドネペジルの保護作用機序 生体機能と創薬シンポジウム 2015 日本大学薬学部 (千葉、2015年8月27日)
- ③⑲ 泉安彦 ドパミンニューロンによる線条体神経支配の in vitro 評価系構築と細胞接着分子の関与 (招待講演) 生体機能と創薬シンポジウム 2015 日本大学薬学部 (千葉、2015年8月28日)
- ④⑰ 牧谷洗希, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 アストロサイトにおけるブラジキニン誘発細胞内 Ca<sup>2+</sup>濃度上昇に対するドネペジルの抑制作用 次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム 2015 東京大学薬学部 (東京、2015年8月29日)
- ④⑱ Sawahata, M., Miyamoto, M., Takemasa, S., Kawamoto, T., Izumi, Y., Akaike, A. and Kume, T. Hypoxia-reoxygenation Induces Brain Ischemia-reperfusion, Resulting in Neuronal Damage in Zebrafish Larva. 第 21 回小型魚類研究会 the 21th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting 大阪大学 銀杏会館 (Osaka、2015年9月20日)
- ④⑳ 正木雄太, 泉安彦, 松村敦子, 赤池昭紀, 久米利明 6-Hydroxydopamine 毒性に対するシソ由来カルコン DDC の中脳ドパミン神経保護作用 第 128 回日本薬理学会近畿部会 千里ライフサイエンスセンター (大阪、2015年11月20日)

- ④③ 牧谷洸希, 中川翔太, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明 プラジキニンによって惹起されるアストロサイト内カルシウム濃度上昇のドネペジルによる抑制  
第 89 回日本薬理学会年会 パシフィコ横浜 (横浜、2016年3月9日)
- ④④ 高鳥悠記, 牧谷洸希, 南奈央子, 河本啓, 泉安彦, 赤池昭紀, 久米利明, 土田勝晴 ドネペジルの神経保護作用における GSK-3 の活性制御の役割  
第 89 回日本薬理学会年会 パシフィコ横浜 (横浜2016年3月10日)

〔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〕

該当なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

泉 安彦 (IZUMI, Yasuhiko)  
京都大学・大学院薬学研究科・助教  
研究者番号： 60456837

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし