

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 17 日現在

機関番号：32686

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2012

課題番号：22247007

研究課題名（和文） 色素体とミトコンドリアの分裂マシンの全貌解明

研究課題名（英文） Studies on total regulation system of plastid and mitochondrial division machineries

研究代表者

黒岩 常祥 (KUROIWA TSUNEYOSHI)

立教大学・理学部・特定課題研究員

研究者番号：50033353

研究成果の概要（和文）：

申請者らは、世界ではじめて粘菌や原始紅藻類で、色素体とミトコンドリアの分裂増殖に必要な分裂リング（PD リング、MD リングと命名）を発見した。本研究では、これまでに確立した原始紅藻シズンの細胞分裂の同調培養化、オルガネラの分裂マシンの単離、100%ゲノム解読に加えて、新たに開発した液体クロマトグラフ（液クロ）と遺伝子破壊技術を駆使して、オルガネラの分裂マシンの分裂統御機構の全貌を解明することであった。その結果、全オルガネラの分裂を統御する TOP 遺伝子を発見し、細胞全体の分裂・増殖機構の解明の手掛かりを得た。

研究成果の概要（英文）：

The applicants discovered already organelle-dividing rings (named as PD ring and MD ring) essential for the proliferation of mitochondria and plastids in the primitive red algae and slime mold. After that, the applicant developed the synchronization of organelle divisions of the primitive red alga, *Cyanidioschyzon merolae*, the 100% sequencing of genome nucleotides, the isolation of the organelle-dividing machinery, and the methods of gene disruption and of the liquid chromatography. The aim of this work was to understand the whole picture of the mechanism of organelle division by using these technologies. As a result, We have found a gene, TOP, that controls the division of all organelles including mitochondria and plastids and got the beneficial leads to elucidate the division of the whole cell.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	18,100,000	5,430,000	23,530,000
2011 年度	10,800,000	3,240,000	14,040,000
2012 年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
年度			
年度			
総計	34,300,000	10,290,000	44,590,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・植物分子生物・生理学

キーワード：葉緑体分裂マシン、ミトコンドリア分裂マシン、シズンゲノム、プロテオミクス

## 1. 研究開始当初の背景

1977年-1982年、筆者らは粘菌と車軸藻で、ミトコンドリアが分裂マシンを使って分

裂・増殖していることを発見した。1986年には原始紅藻のシアニジウム (*Cyanidium caldarium*) の葉緑体で、1993年と1994年に

は同じく原始紅藻のシズン (*Cyanidioschyzon merolae*) で、ミトコンドリアと葉緑体のそれぞれで明瞭な分裂マシンを発見した。シズンの細胞と細胞小器官の分裂の同調化、分裂期中細胞小器官の単離、さらに分裂マシンの単離、ゲノム解読、ポストゲノム解析、更に最近開発した高分解液体質量分析や遺伝子破壊技術を駆使して、色素体とミトコンドリアの分裂マシン更にはその他のオルガネラの分裂マシンの全タンパク質を同定することが可能となった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、シズンを使い、ミトコンドリアの分裂マシンより大きく単離し易い色素体の分裂マシンを先ず単離し、その全構成タンパク質を同定するとともに、これまで全く困難であったミトコンドリアの分裂マシンの単離とその全構成タンパク質を同定することであった。更にこの成果を踏まえて色素体とミトコンドリアを含むオルガネラの分裂機構の全貌を解明することであった。

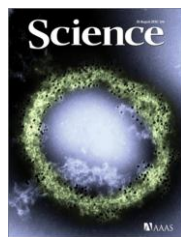
## 3. 研究の方法

次の順に研究を進めた。

- (1) シズンの細胞・細胞小器官の分裂を高度に同調化する。
- (2) 分裂期色素体を単離する。
- (3) 分裂期色素体から分裂マシンを単離する。
- (4) ミトコンドリア分裂マシンを単独に単離することが難しいので、色素体-ミトコンドリア分裂装置複合体を単離し、その情報と色素体の分裂マシンの情報を使って、ミトコンドリア分裂マシンの構成タンパク質を明らかにする。
- (5) それぞれの分画を高感度質量分析器にかけ、全タンパク質とともにそれらの遺伝子をゲノム情報を使って解析する。
- (6) 得られた分裂マシンを構築するタンパク質について遺伝子とその機能を抗体、マイクロアレイなどを使って順次を調べる。
- (7) 全オルガネラの分裂の全貌を解明するため、上記のデータを基盤に全体を統御する遺伝子に関しても解析する。

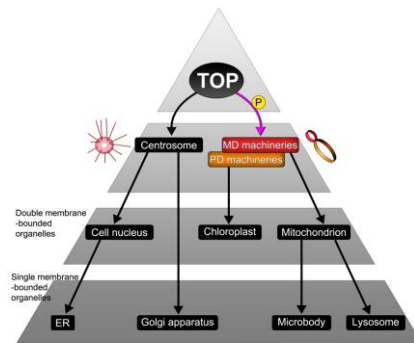
## 4. 研究成果

色素体分裂マシンを純化し、その全タンパク質を解析しても、色素体分裂マシンの本体である繊維構造の構成成分を同定することが出来なかった。そこで、繊維は別の成分からできていると考え解析したところ、糖分子が含まれていることが明らかとなった。この糖繊維の合成に関わるタンパク質をMSを使って解析し、糖合成酵素を発見した。色素体の



分裂マシンはこの酵素で作られた糖繊維を基盤にして、ダイナミン等分裂に関わるタンパク質とともに形成されていることが明らかとなった。この研究成果は Science 誌に掲載されるとともに、その単離した分裂マシンの免疫電子顕微鏡写真は表紙を飾った。

ミトコンドリアの分裂マシンについても類似の遺伝子が見つかり、色素体も類似の機構が推定された。この解析過程で色素体とミトコンドリアが分裂に際して、単膜系のオルガネラであるリソソームやペルオキシソームを従えて分裂することが分かり、これらの分裂様式を総合的に解析した。その結果、色素体とミトコンドリアの分裂マシン複合体の中に、色素体、ミトコンドリア、更に細胞核の分裂まで制御するタンパク質があることが発見され TOP (three organelle-dividing induce protein) と命名した。TOP は 2 重膜に包まれ、DNA を含む 3 つの細胞小器官と、単膜に包まれた 4 つの細胞小器官の増殖・遺伝を統御しており、まさにミトコンドリアと葉緑体マシンの全貌解明における最重要な遺伝子の発見となった。



## 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 25 件)

- ① Imoto Y, Kuroiwa H, Yoshida Y, Ohnuma M, Fujiwara T, Yoshida M, Nishida K, Yagisawa F, Hirooka S, Miyagishima S-y, Misumi O, Kawano S, Kuroiwa T (2013) Single-membrane-bounded peroxisome division revealed by isolation of dynamin-based machinery. Proc Natl Acad Sci USA DOI:10.1073/pnas.1303483110/-/DC Supplemental 査読有
- ② Yoshida Y, Ohnuma M, Hirooka S, Misumi O, Kuroiwa H, Kato S, Matsunaga S, Kuroiwa T (2013) The kinesin-like protein TOP promotes Aurora localization and induces

- mitochondrial, chloroplast and nuclear division. J Cell Sci DOI:10.1242/jcs.116798 査読有
- ③ Yagisawa F, Fujiwara T, Ohnuma M, Imoto Y, Yoshida Y, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2013) Mitotic inheritance of Golgi apparatus in the primitive red alga *Cyanidioschyzon merolae*. Protoplasma DOI:10.1007/s00709-012-0467-6 査読有
- ④ Aoyama H., Kuroiwa T, Nakamura S (2013) Chronological transition of mitochondrial morphology in long-term culture of *Chlamydomonas reinhardtii*. J Phycol DOI:10.1111/jpy.12040 査読有
- ⑤ Imoto Y, Kuroiwa H, Ohnuma M, Kawano S, Kuroiwa T (2012) Identification of peroxisome-dividing ring in *Cyanidioschyzon merolae* based on organelle partner hypothesis. Cytologia 77:515-522 査読有
- ⑥ Hirooka S, Hanaoka M, Enami K, Kanazawa T, Sone T, Imoto Y, Ando A, Kuroiwa H, Kuroiwa T, Tanaka K (2012) Nuclear-encoded plastid sigma factor SIG6 exclusively contributes to chloroplast differentiation in plastid differentiation of *Arabidopsis thaliana*. Cytologia 77:73-82 査読有
- ⑦ Kuroiwa T, Ohnuma M, Imoto Y, Misumi O, Fujiwara T, Miyagishima S-y, Sumiya, N, Kuroiwa H (2012) Lipid droplets of bacteria, algae and fungi and a relationship between their contents and genome sizes as revealed by BODIPY and DAPI staining. Cytologia 77:289-299 査読有
- ⑧ Yoshida Y, Miyagishima S, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2012) Plastid-dividing machinery: formation, contraction and fission. Curr Opin Plant Biol. 15:1-8 査読有
- ⑨ Tagami K, Nanamiya H, Kazo Y, Maehashi M, Suzuki S, Nmba E, Hnai R, Rozawa Y, Morimoto T, Ogasawara N, Kageyama Y, Ara K, Ozaki K, Yoshida M, Kuroiwa H, Kuroiwa T, Ohashi Y, Kawamura F (2012) A novel ribosome dimerization factor (RDF), YvyD, in *Bacillus subtilis*. Microbiology Open. 1:115-134 査読有
- ⑩ Yagisawa F, Fujiwara T, Ohnuma M, Imoto Y, Yoshida Y, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2012) Mitotic inheritance of ER in the primitive red alga *Cyanidioschyzon merolae*. Protoplasma 249:1129-1135 査読有
- ⑪ Kato S, Imoto U, Ohnuma M, Matsunaga TM, Kuroiwa H, Kawano S, Kuroiwa T, Matsunaga S (2011) Aurora kinase of the red alga *Cyanidioschyzon merolae* is related to both mitochondrial division and mitotic spindle formation. Cytologia 76:455-462 査読有
- ⑫ Imoto U, Nishida K, Yagisawa F, Yoshida Y, Ohnuma M, Yoshida M, Fujiwara T, Kuroiwa H, Kawano S, Kuroiwa T (2011) Involvement of elongation factor-1 $\alpha$  but not an actomyosin contractile ring, in cytokinesis in the primitive red alga *Cyanidioschyzon merolae*. Cytologia 76:31-437 査読有
- ⑬ Ohnuma M, Misumi O, Kuroiwa T (2011) Phototaxis in the unicellular red algae *Cyanidioschyzon merolae* and *Cyanidium caldarium*. Cytologia 76:295-300 査読有
- ⑭ Imoto Y, Yagisawa F, Yoshida Y, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2011) Cytological aspect of cell cycle and organelle dividing cycle. J. Electron Microscopy 60: S117-S136 査読有
- ⑮ Ohnuma M, Kuroiwa T, Tanaka K (2011) Optimization of cryopreservation conditions for the unicellular red alga *Cyanidioschyzon merolae*. J. Gen. Appl. Microbiol. 57:137-143 査読有
- ⑯ Yoshida M, Yoshida Y, Fujiwara T, Misumi O, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2011) Proteomic comparison between interphase and metaphase of isolated chloroplasts of *Cyanidioschyzon merolae* (Cyanidiophyceae, Rhodophyta). Phycol. Res. 59: 1-15 査読有
- ⑰ Itoh K, Izumi A, Mori T, Dohmae N, Yui R, Sano K, Shirai Y, Kanaoka M, Kuroiwa T, Higashiyama T, Murakami-Murofushi K, Kawano S, Sasaki N (2011) DNA packaging proteins Glom and Hlom2 coordinately organize the mitochondrial nucleoid of *Physarum polycephalum*. Mitochondrion 11:575-586 査読有
- ⑱ Kobayashi Y, Ohnuma M, Kuroiwa T, Tanaka K, Hanaoka M (2010) The basics of cultivation and molecular genetic analysis of the unicellular red alga *Cyanidioschyzon merolae*. J. Endocytobiosis Cell Res. 20:53-61 査読有
- ⑲ Yoshida Y, Kuroiwa H, Misumi O, Yoshida M, Ohnuma M, Fujiwara T, Yagisawa F, Hirooka S, Matsushita K, Kawano S, Kuroiwa T (2010) Plastid division is driven by glycoprotein PDR1 with poly-glucan filaments. Science

- 329:949-953 査読有
- ⑳ Sakajiri T, Asano K, Hirooka S, Ohnuma M, Misumi O, Yoshida M, Fujiwara T, Doi S, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2010) The Overexpression of *Cyanidioschyzon merolae* S-adenosylmethionin synthetase enhances salt tolerance in transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Cytologia* 75:341-352 査読有
- ㉑ Mori T, Hirai M, Kuroiwa T, Miyagishima S (2010) The functional domain of GCS1-based gamete fusion resides in the amino terminus in plant and parasite species. *Plos one* 5:e1595 査読有
- ㉒ Fujiwara T, Yagisawa F, Ohnuma M, Yoshida Y, Yoshida M, Nishida K, Misumi O, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2010) The vacuole binding to mitochondria by VIG1 contributes an equal inheritance of the vacuoles in *Cyanidioschyzon merolae*. *Cytologia* 75:189-194 査読有
- ㉓ Hirabaru C, Izumo A, Fujiwara S, Tadokoro Y, Shimonaga T, Konishi M, Yoshida M, Fujita N, Nakamura Y, Yoshida Y, Kuroiwa T, Tsuzuki M (2010) The primitive rhodophyte *Cyanidioschyzon merolae* contains a semi-amylopectin -type, but not an amylose-type  $\alpha$ -glucan. *Plant Cell Physiol.* 51:682-693 査読有
- ㉔ Kuroiwa T (2010) Origin of eukaryotic cells as deduced from organelle division machineries. *Proc. Jpn. Acad. Seri. B.* 86, 455-471 査読有
- ㉕ Imoto Y, Fujiwara T, Misumi O, Nishida K, Kuroiwa H, Kuroiwa T (2010) Division and segregation of cell nucleus, mitochondrion and microbody mediated by centrosomes (mitotic spindle pole bodies) in the primitive red alga *Cyanidioschyzon merolae*. *Protoplasma* 241:63-74 査読有

[学会発表] (計 42 件)

- ① 黒岩常祥 細胞、原始から未来への鍵 三愛会文化講演会 東京銀座東武ホテル 2012年11月1日
- ② 黒岩常祥 われわれの細胞誕生の謎を解く：未来への鍵 経済同友会講演 東京経済同友会 2012年10月25日
- ③ 黒岩晴子、三角修己、大沼みお、井元祐太、黒岩常祥 藻類におけるバイエネルギー生産に関わる機能の細胞学的研究 日本植物学会 第76回大会 兵庫県立大学 2012年9月17日
- ④ 黒岩常祥、黒岩晴子、大沼みお、井元祐太、三角修己 シゾンのオルガネラの増

- 殖から分かった油滴形成の真核生物における一般性 日本植物学会 第76回大会 兵庫県立大学 2012年9月15日
- ⑤ 青山洋昭、斎藤星耕、黒岩常祥、中村宗一 Junior を用いた減数分裂初期のクラミドモナスにおける転写産物 日本植物学会第76回大会 兵庫県立大学 2012年9月15日
- ⑥ 中村宗一、大野良和、青山洋昭、黒岩常祥 コンフォーカル顕微鏡によるクラミドモナスミトコンドリアの形態観察 日本植物学会 第76回大会 兵庫県立大学 2012年9月15日
- ⑦ 井元祐太、西田敬三、八木沢芙美、吉田大和、大沼みお、吉田昌樹、藤原崇之、黒岩晴子、黒岩常祥、河野重行 ミトコンドリア、マイクロボディ、複合体の分裂分配後における非アクトミオシン依存型細胞質分裂機構の解明 日本植物学会 第76回大会 兵庫県立大学 2012年9月15日
- ⑧ 三角修己、小林優介、藤原崇之、黒岩晴子、黒岩常祥 原始紅藻の熱耐性関連遺伝子の探索とその特徴付け 日本植物学会 第76回大会 兵庫県立大学 2012年9月15日
- ⑨ 黒岩常祥 オルガネラの増殖と遺伝のしくみから真核生物の誕生機構を読む 新学術領域講演会 国立感染症研究所 2012年7月21日
- ⑩ 黒岩常祥 ミトコンドリアの起源からわれわれの細胞の「基」を読む 分析電子顕微鏡学会 幕張メッセ 2012年7月10日
- ⑪ 黒岩常祥 われわれの細胞の起源をゲノム形態学から観る 日本顕微鏡学会 特別講演 つくば国際会議場 2012年5月15日
- ⑫ 黒岩常祥 真核細胞の誕生機構をオルガネラの分裂装置のゲノム科学解析から読む 日本微生物ゲノム学会 立教大学 2012年3月11日
- ⑬ 黒岩常祥 極限藻シゾンのゲノムに学ぶ 生命の基本原理の解明から新産業へ アグリビジネス創出フェア 2011 幕張メッセ 2011年12月1日
- ⑭ 黒岩常祥 20億年前のわれわれの細胞誕生の瞬間を観る 全国理系学長会議講演 群馬大学 2011年10月21日
- ⑮ 黒岩晴子、黒岩常祥 被子植物ゼラニウムの受精前後における胚嚢の変動について 日本植物学会 第75回大会 東京大学駒場 2011年9月18日
- ⑯ 三角修己、小林優介、中村真心、藤田亜希子、黒岩晴子、黒岩常祥 硫化水素泉から採取された新規原始紅藻藻類の特性について 日本植物学会 第75回大

- 会 東京大学駒場 2011年9月18日
- ①⑦ 青山洋昭、黒岩常祥、中村宗一 クラミドモナスの培養日数がミトコンドリアに与える影響 日本植物学会 第75回大会 東京大学駒場 2011年9月17日
- ①⑧ 廣岡俊亮、華岡光正、黒岩晴子、黒岩常祥、田中寛、葉緑体文化に関わる色素体シグマ因子 SIG6 の機能解析 日本植物学会 第75回大会 東京大学駒場 2011年9月17日
- ①⑨ 黒岩常祥、吉田大和、井元祐太、大沼みお、黒岩晴子 シゾンの運動性を利用した自然（非無菌）純化・同調培養法の開発 日本植物学会 第75回大会 東京大学駒場 2011年9月17日
- ②⑩ 井元祐太、吉田大和、大沼みお、藤原崇之、吉田昌樹、三角修己、八木沢英美、廣岡俊輔亮、黒岩晴子、黒岩常祥 原始紅藻シゾンにおけるマイクロボディ分裂制御遺伝子の解析 日本植物学会 第75回大会東京大学駒場 2011年9月17日
- ②⑪ 松崎素道、増田功、黒岩晴子、黒岩常祥、野崎久義、北潔 蛍光融合タンパク質を利用したパーキンサス色素体およびミトコンドリアの細胞学・生化学的解析 日本植物学会 第75回大会 東京大学駒場 2011年9月17日
- ②⑫ 大沼みお、吉田大和、井元祐太、藤原貴之、黒岩常祥 オルガネラの分裂または分配に関する新規遺伝子の探索と解析 日本植物学会 第75回大会 東京大学駒場 2011年9月17日
- ②⑬ 黒岩常祥 Origin and proliferation of eukaryotic cell 埼玉医科大学特別セミナー 埼玉医科大学 2011年6月21日
- ②⑭ 黒岩常祥 われわれの細胞誕生を見る 日本学士院例会講演 日本学士院 2011年3月14日
- ②⑮ 黒岩常祥 われわれの細胞誕生、現在、未来をゲノム科学で読む 立教大学校友会代議員会講演 立教大学講堂 2011年3月12日
- ②⑯ 黒岩常祥 細胞誕生の鍵を握る分裂マシン繊維(糖)の謎を解く 糖鎖科学コンソシアム 東京(品川) 2010年11月29日
- ②⑰ 黒岩常祥 Origin of eukaryote Symposium of Peking University. 北京大学生命科学院 2010年10月7日
- ②⑱ 黒岩常祥 “細胞誕生の謎を限環境生物”シゾン”で解く 極限環境生物学会 2010年度大会 京都大学宇治キャンパス 2010年10月1日
- ②⑲ 吉田大和、黒岩晴子、黒岩常祥 光ピンセット法による色素体・ミトコンドリア分裂装置の構造と分子機構の解明 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月11日
- ③⑩ 三角修己、廣岡俊亮、八木沢英美、黒岩晴子、黒岩常祥 シゾンのゲノム情報と環境適応特性に基づくストレス耐性遺伝子の同定とその発展的利用 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月10日
- ③⑪ 森稔幸、黒岩晴子、黒岩常祥、宮城島進也 配偶子融合因子 GCS1 の分子構造・機能解析 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月10日
- ③⑫ 黒岩晴子、吉田大和、大沼みお、吉田昌樹、藤原崇之、三角修己、井元祐太、黒岩常祥 色素体分裂マシンに関する形態学的研究 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月10日
- ③⑬ 井元祐太、大沼みお、吉田昌樹、吉田大和、藤原崇之、黒岩晴子、黒岩常祥 細胞核、ミトコンドリア及び葉緑体の3分裂周期を基盤とした、ミトコンドリア紡錘体の発見とその機能解析 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月10日
- ③⑭ 黒岩常祥 ゲノム科学時代での細胞質遺伝機構の研究 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月10日
- ③⑮ 藤原崇之、黒岩晴子、八木沢英美、大沼みお、黒岩常祥 原始紅藻シアニディオシゾンにおける液胞分配機構の解析 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月9日
- ③⑯ 伊藤喜重、泉亜紀子、森 稔幸、由比 良子、前田桂、堂前 直、金岡雅浩、黒岩常祥、東山哲也、室伏きみ子、河野重行、佐々木成江 真正粘菌のミトコンドリア核の構築と機能発現に協調的に機能する Glom と Glom2 の解析 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月9日
- ③⑰ 大沼みお、井元祐太、吉田大和、藤原崇之、黒岩常祥 単細胞性紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* の色素体核の中心型から周辺型へのダイナミクス 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月9日
- ③⑱ 松崎素道、黒岩晴子、黒岩常祥、野崎久義、北潔 寄生性原虫パーキンサスにおける色素体の構造とタンパク質輸送 日本植物学会第74回大会 愛知県中部大学 2010年9月9日
- ③⑲ 吉田大和、黒岩晴子、三角修己、吉田昌樹、大沼みお、藤原崇之、八木沢英美、廣岡俊亮、井元祐太、松下一信、河野重

- 行、黒岩常祥 色素体分裂リング遺伝子の機能解析 日本植物形態学会第24回大会 愛知県中部大学 2010年9月8日
- ④⑩ 井元祐太、大沼みお、吉田昌樹、吉田大和、藤原崇之、黒岩晴子、黒岩常祥 細胞核、ミトコンドリア及び葉緑体の3分裂周期を基盤とした、ミトコンドリア紡錘体の発見とその機能解析 日本植物形態学会第24回大会 愛知県中部大学 2010年9月8日
- ④⑩ 黒岩晴子、廣岡俊亮、藤原崇之、三角修己、安彦真文、平野博之、黒岩常祥 原始紅藻シズン由来の遺伝子を導入した高等植物の葉緑体機能変異について 日本植物形態学会第24回大会 愛知県中部大学 2010年9月8日
- ④⑩ 大沼みお、井元祐太、吉田大和、藤原崇之、黒岩常祥 単細胞性紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* の色素体核の中心型から周辺型へのダイナミクス 日本植物形態学会第24回大会 愛知県中部大学 2010年9月8日

[図書] (計11件)

- ① 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第1巻ゲノム科学の基礎) 岩波書店 (2011) 1-278
- ② 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第2巻ゲノム科学の展開) 岩波書店 (2011) 1-184
- ③ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第3巻構造機能生物学) 岩波書店 (2011) 1-274
- ④ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第4巻脳神経生物学) 岩波書店 (2011) 1-208
- ⑤ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第5巻免疫感染生物学) 岩波書店 (2011) 1-214
- ⑥ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第6巻地球環境と保全生物学) 岩波書店 (2011) 1-198
- ⑦ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第7巻再生医療生物学) 岩波書店 (2011) 1-164
- ⑧ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第8巻システムバイオロジー) 岩波書店 (2011) 1-184
- ⑨ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第9巻合成生物学) 岩波書店 (2011) 1-200
- ⑩ 浅島誠、黒岩常祥、小原雄治 編 現代生物科学入門 (第10巻極限環境生物学) 岩波書店 (2011) 1-236
- ⑪ 石川統、黒岩常祥、松本忠夫、山本正幸 他編 生物学辞典 東京化学同人 (2010) 1-1615

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒岩 常祥 (KUROIWA TSUNEOYOSHI)  
立教大学・理学部・特定課題研究員  
研究者番号：50033353

(2) 研究分担者

中村 宗一 (NAKAMURA SOICHI)  
琉球大学・理学部・教授  
研究者番号：00201674