

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23570003

研究課題名(和文) 真核植物における生物時計の普遍性と進化の解明

研究課題名(英文) Analysis of evolution and functions of plant clock system.

研究代表者

小内 清 (Onai, Kiyoshi)

名古屋大学・遺伝子実験施設・研究員

研究者番号：00402454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：ほぼ全ての生物の生命活動は、24時間周期のリズム(概日リズム)を示し、リズム発振の分子機構を生物時計と呼ぶ。概日リズムの性質は普遍的であるが、植物細胞においては、シアノバクテリア、真核緑藻クラミドモナス、高等植物シロイヌナズナで時計遺伝子に普遍性が見出されていない。本研究では、植物時計の進化と普遍性を解明することを目的として、よりシンプルな真核植物における時計遺伝子の探索、様々な植物系細胞における生物時計支配下の生理現象の解析、シアノバクテリアの時計装置の解析を試みた。

研究成果の概要(英文)：Circadian rhythms which are daily activities have been widely observed in many organisms from cyanobacteria to human. Properties of the rhythms are common among organisms but the clock genes which generate oscillation are not evolutionally conserved among plants. In this project, we aimed to elucidate the evolution of plant clock genes and tried to isolate novel clock and clock-related genes from lower eukaryotic plant cells. We also analyzed the functions of clock proteins and their interactions with other proteins in cyanobacteria, and clock-controlled physiological phenomena in both prokaryotic and eukaryotic plants.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、ゲノム機能・発現

キーワード：生物時計 概日リズム 生物発光 生物発光リアルタイム測定法 原始紅藻 真核藻類 藍色細菌 高等植物

1. 研究開始当初の背景

ほぼ全ての生物の生命活動は、24 時間周期のリズム (概日リズム) を示し、リズム発振の分子機構を生物時計と呼ぶ。概日リズムの性質は生物種に関係なく普遍的であるが、生物時計を構成する時計遺伝子は、動物、植物、真菌で全く異なる。葉緑体の祖先である藍色細菌では *kaiABC* が時計遺伝子であるが、真核植物には *kai* は存在していないので、真核植物では進化の過程で *kai* が消失して新たな時計遺伝子を獲得したと考えられている。

モデル高等植物シロイヌナズナにおいては、我々を含む多くの研究者によって時計遺伝子が多数発見されている。しかし、未だに植物時計の本質 (一般性) が不明である。これは、時計遺伝子の発現制御が、遺伝子相互の複雑な多重制御によって形成されていること、発見された時計遺伝子の多くが遺伝子重複によって類似した複数コピーを持つこと、それぞれのコピーが微妙に異なった働きをしていることに原因がある。また、シロイヌナズナにおいては、時計に関係する新たな遺伝子が続々と発見されており (未発見の時計遺伝子が多数存在しており)、生物時計のモデルはさらに複雑化しつつある。さらに、多くの研究者が個々に構築した生物時計のモデル間には、データの不一致や矛盾点が多々あり、これが植物時計の解明をさらに困難にしている。

この状況を打開するために我々は、単細胞性真核緑藻クラミドモナスを生物時計の研究における新たなモデル真核植物として研究を進めた。そして、クラミドモナスの時計遺伝子を多数発見した。発見した時計遺伝子の多くが、シロイヌナズナの時計タンパク質と共通のモチーフを持つタンパク質をコードしていたが、シロイヌナズナの時計遺伝子のオーソログと結論できる高い類似性は持っていなかった。また、時計遺伝子の発現制御は、既にクラミドモナスにおいても相当に複雑化しており、藍色細菌、単細胞性真核緑藻クラミドモナス、モデル高等植物シロイヌナズナの生物時計を比較しても、植物時計の本質は見い出せていない。

2. 研究の目的

本研究では、シロイヌナズナやクラミドモナスよりも単純で進化的に原始的な真核植物である原始紅藻を新たにモデル生物に加えて、原核植物である藍色細菌から高等植物までの生物時計を遺伝子レベルや現象レベルで比較し、植物時計の共通性や普遍性を見出すことで、植物時計の一般性と進化を明らかにすることを目的とした。

なお、各生物種の概日リズムの測定には、我々のこれまでの研究と同様に、「生物発光リアルタイム測定法」をフルに活用する。生

物発光リアルタイム測定法とは、着目する遺伝子の発現をルシフェラーゼなどの生物発光遺伝子の発現に起因する生物発光として、生きたままの細胞で連続的に自動測定する手法である。また、必要に応じて新たな研究ツール (発光遺伝子、発光株、実験手法、測定装置、解析ソフトウェアなど) を開発しつつ、研究を推進する。

3. 研究の方法

本研究では、真核植物として原始紅藻 *Cyanidioschyzon merolae*、単細胞性真核緑藻クラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii*)、モデル高等植物シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) およびイネ (*Oryza sativa*)、原核植物として常温性藍色細菌 *Synechocystis* sp. PCC 6803 と *Synechococcus* sp. PCC 7942、好熱性藍色細菌 *Thermosynechococcus elongatus* BP-1 を使用した。培地や培養方法は、それぞれの生物種における常法に従って行った。

使用する各生物種の概日リズムは、「生物発光リアルタイム測定法」によって測定した。測定に必要な発光レポーター株は、既に確立済みでない場合は、必要に応じて随時、新たに発光レポーター遺伝子およびベクターを作製し、各生物のゲノムに遺伝子移入することで作製した。遺伝子操作の方法は、常法に従って行った。

詳細な方法やその他の実験手法に関しては、発表論文リストに記載した各論文の「材料と方法」(Experimental procedures や Materials & methods) に記載した。

4. 研究成果

以下に本研究で得た成果とその概要を記載する。

原始紅藻における遺伝子移入系の改良:

原始紅藻 *C. merolae* においては、遺伝子移入系が確立されているが、形質転換体を選抜するために必要な選択マーカー遺伝子が 1 種類しか存在せず、複雑な遺伝子操作、特に複数の遺伝子の操作が不可能な状況であった。本研究で新たな選択マーカー遺伝子 (複数種類) を開発することに成功した。これによって、遺伝子操作を行った株に対して、さらに遺伝子操作を加えるといったような複雑な操作が可能になった (小内ら、投稿準備中)。

原始紅藻における生物発光レポーター系の改良:

本研究開始前に既に我々は原始紅藻 *C. merolae* において、生物発光系の開発に成功し、生物発光リズムのリアルタイム測定に成功していた (小内ら、未発表)。しか

し、その生物発光リズムは、発光レベルやリズムの綺麗さ、再現性の点に課題があった。特に「生物発光リアルタイム測定法」によるリズム変異体の大規模スクリーニングを実施するためには、生物発光レベルが測定装置の光検出感度を相当に上回っていることや生物発光リズムの再現性が極めて高いことが不可欠である。これまで我々は、この条件をシロイヌナズナやクラミドモナスでクリアし、リズム変異体の大規模スクリーニングからその原因遺伝子として時計遺伝子の特定してきた (Onai *et al.*, 2005, *Plant J.* 40:1-11; Onai & Ishiura, 2005, *Genes Cells* 10:963-972; Matsuo *et al.*, 2006, *Mol. Cell. Biol.* 26:863-870; Matsuo *et al.*, 2008, *Genes Dev.* 22:918-930)。原始紅藻においても、同じ戦略を適用するために、大規模スクリーニングに使用できる発光株 (標準株) を作製することにした。

既に公表されている原始紅藻のアレイデータ (Fujiwara *et al.*, 2009, *DNA Res.* 16:59-72) を参照して、発現レベルが比較的高く、遺伝子発現が綺麗な概日リズムを示すと予想される9種類の遺伝子を選び出した。そして、各遺伝子のプロモーター配列とホタル型ルシフェラーゼ遺伝子のコード領域を接続した発光レポーター遺伝子を作製した。これらをゲノムの特定の遺伝子座に相同組換によって遺伝子移入した。作製した発光株の生物発光をリアルタイム測定したところ、生物発光リズムを確認することができた。しかし、いずれの発光株においても、発光レベルは十分であったが、発光リズムの振幅が小さく、再現性があまり高くなかった。生物発光リズムが再現良く測定できる条件を詳細に検討したが、十分な条件を見出せなかった。

いずれの発光株も発光レベルは十分であったが、リズムの振幅が低く、高発光のまま光り続けてしまう傾向があり、内在遺伝子の mRNA レベルの変動を鋭敏には反映していなかった。細胞内の発光タンパク質の分解速度が遅く過剰蓄積している可能性があったため、発光タンパク質に分解シグナルを付加して、安定性を低下させることにした。タンパク質分解シグナル配列を付加した発光タンパク質をコードする人工的な遺伝子 (*EL2*) を設計してシゾンのコドンに最適化して人工合成した。そして、*EL2* を4種類のプロモーターそれぞれと接続してレポーター遺伝子を作製し、それぞれをゲノムに相同組換で遺伝子移入することで、新たな発光株を作製した。

新たに作成した発光レポーター株は、以前のレポーター株と同等の生物発光レベルを示し、発光レベルの変化も鋭敏になった。しかし、依然として、ハイスループットな変異体スクリーニングを効率的に実施するためには不十分であった。現在、遺伝子プロモーターや遺伝子移入部位およ

び測定条件の再検討を進めている。

原始紅藻におけるリズム変異体の大規模スクリーニングと時計遺伝子の特定:

前項に記載したように、ハイスループットなリズム変異体スクリーニングを効率的に実施できておらず、時計遺伝子の特定には至っていない。今後も生物発光系の改良を継続し、シロイヌナズナやクラミドモナスで成功を収めた戦略を適用することで、原始紅藻においても、早急に時計遺伝子を同定し、比較解析することによって、本研究の目的を完全に達成したいと考えている。

クラミドモナスにおける生物時計の光リセッティング機構の解明:

クラミドモナスの時計遺伝子 *ROC15* は我々がシロイヌナズナで発見した時計遺伝子 *PCL1* と共通のモチーフを持つ転写因子であるが、生物時計における具体的な機能が不明であった。*ROC15* とホタルルシフェラーゼの融合タンパク質を発現する発光レポーター株を作製し、*ROC15* タンパク質の細胞内レベルを生物発光リアルタイム測定法で測定したところ、*ROC15* タンパク質が細胞に対する照射光によって速やかに分解されること、その分解に *ROC15* タンパク質のリン酸化とユビキチン・プロテアソーム系が関与していること、*ROC15* が生物時計の光リセッティングに極めて重要であることなどを明らかにした (Niwa *et al.*, 2013)。

イネにおける *SPS* (sucrose phosphate synthase) 遺伝子の発現制御の解析:

イネにおいては、*SPS* は複数のクラスに分類されているが、発現制御の解析はほとんど行われていなかった。そこで、2つのクラスの代表的な遺伝子 *OsSPS1* と *OsSPS2* において、発光レポーター株を作製し生物発光リアルタイム測定法で発現解析を行った。その結果、各遺伝子が光と生物時計による制御を受けるが、糖による制御を受けないこと、光と生物時計による制御が2つの遺伝子で異なることなどを明らかにした (Yonekura *et al.*, 2013)。

藍色細菌の時計タンパク質および時計関連タンパク質の相互作用の解析:

好熱性藍色細菌 *T. elongatus* BP-1 および常温性藍色細菌 *Synechococcus* sp. PCC 7942 の時計タンパク質 *KaiC* と時計タンパク質 *KaiB* および時計関連タンパク質 *SasA* との相互作用が、時間情報の出力に重要であること、*KaiC* と *KaiB* の相互作用がリズム発振に重要であることなどを明らかにした (Valencia *et al.*, 2012; Murakami *et al.*, 2012; Mutoh *et al.*, 2013)。

藍色細菌における水チャンネルおよび機械刺激感受性チャンネルの機能と遺伝子発現制御の解析：

常温性藍色細菌 *Synechocystis* sp. PCC 6803 における水チャンネル Aqp と機械刺激感受性チャンネル MscL が浸透圧調整に重要であること、それらの遺伝子発現が生物時計によって制御されていることなどを明らかにした (Akai *et al.*, 2012; Nanatani *et al.*, 2013)。また、Aqp が細胞内のグルコース代謝に極めて重要であることなどを明らかにした (Akai *et al.*, 2011)。

小型自動種まき機の開発と実用化：

植物の小型種子を固体培地に自動で播種する「小型自動種まき機」を中立電機株式会社 (名古屋) と共同開発し、2013 年 5 月に実用化 (市販化) した (小内と石浦、論文未発表)。なお、開発した装置は本研究における実験で活用した。

生物発光測定装置の開発と実用化：

生物発光リアルタイム測定を高感度に行うための「生物発光測定装置」の新モデルを中立電機株式会社 (名古屋) と共同開発し、2013 年 12 月に実用化 (市販化) した (小内と石浦、論文未発表)。なお、開発した装置は本研究における実験で活用した。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

Niwa Y, Matsuo T, Onai K, Kato D, Tachikawa M, Ishiura M (2013): A phase-resetting mechanism of the circadian clock in *Chlamydomonas reinhardtii*. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, 110:13666-13671.、査読有 (DOI:10.1073/pnas.1220004110/-/DCSupplemental)

Nanatani K, Shijuku T, Akai M, Yukutake Y, Yasui M, Onai K, Morishita M, Ishiura M, Uozumi N (2013): Characterization of the role of a mechanosensitive channel in osmotic down shock adaptation in *Synechocystis* sp. PCC 6803. **Channels**, 7:238-242.、査読有 (DOI: 10.4161/chan.25350)

Mutoh R, Nishimura A, Yasui S, Onai K, Ishiura M (2013): The ATP-mediated regulation of KaiB-KaiC interaction in the cyanobacterial circadian clock. **PLOS ONE**, 8(11), e80200.、査読有 (DOI:10.1371/journal.pone.0080200)

Yonekura M, Aoki N, Hirose T, Onai K,

Ishiura M, Okamura M, Ohsugi R, Ohto C (2013): The promoter activities of sucrose phosphate synthase genes in rice, *OsSPS1* and *OsSPS11*, are controlled by light and circadian clock, but not by sucrose. **Frontiers Plant Sci.**, 4: article 31.、査読有 (DOI:10.3389/fpls.2013.00031)

Murakami R, Mutoh R, Iwase R, Furukawa Y, Imada K, Onai K, Morishita M, Yasui S, Ishii K, J. Valencia S., Uzumaki T, Namba K, and Ishiura M (2012): The roles of the dimeric and tetrameric structures of the clock protein KaiB in the generation of circadian oscillations in cyanobacteria. **J. Biol. Chem.**, 287:29506-29515.、査読有 (DOI:10.1074/jbc.M112.349092)

Valencia S J, Bitou K, Ishii K, Murakami R, Morishita M, Onai K, Furukawa Y, Imada K, Namba K, Ishiura M (2012): Phase-dependent generation and transmission of time information by the KaiABC circadian clock oscillator through SasA-KaiC interaction in cyanobacteria. **Genes Cells**, 17:398-419.、査読有 (DOI:10.1111/j.1365-2443.2012.01597.x)

Akai M, Onai K, Morishita M, Mino H, Shijuku T, Maruyama H, Arai F, Itoh S, Hazama A, Checchetto V, Szabó I, Yukutake Y, Suematsu M, Yasui M., Ishiura M, Uozumi N (2012): Aquaporin AqpZ is involved in cell volume regulation and sensitivity to osmotic stress in *Synechocystis* sp. strain PCC 6803. **J. Bacteriol.**, 194:6828-6836.、査読有 (DOI:10.1128/JB.01665-12)

Akai M, Onai K, Kusano M, Sato M, Redestig H, Toyooka K, Morishita M, Miyake H, Hazama A, Checchetto V, Szabo I, Matsuoka K, Saito K, Yasui M, Ishiura M, Uozumi N (2011): Plasma membrane aquaporin AqpZ protein is essential for glucose metabolism during photomixotrophic growth of *Synechocystis* sp. PCC 6803. **J. Biol. Chem.**, 286:25224-25235.、査読有 (DOI:10.1074/jbc.M111.236380)

[学会発表] (計 25 件)

小内清、石浦正寛：「生物発光リアルタイム測定解析システムの開発と活用・普及促進」、JASIS 2013 コンファレンス 科学技術推進機構 (JST)「先端計測分析技術・機器開発プログラム」開発成果の活用・普及促進、2013 年 9 月 5 日、幕張メッセ国際会議場 (招待講演)

小内清、石浦正寛：「植物の遺伝子発現や動態のリアルタイム計測～計測システムの開発から実例まで～」、第167回農林交流センターワークショップ「植物科学・作物育種におけるフェノーム解析～だれでも使える画像解析入門から先端技術まで～」、つくば 情報通信共同利用館、つくば、2012年11月12日（招待講演）

小内清：「生物発光リアルタイムモニタリング」、第12回名古屋大学遺伝子実験施設公開セミナー「リアルタイムモニタリング、イメージング—個体レベルから原子レベルまで—」、名古屋大学理学南館大講堂(坂田・平田ホール)、名古屋、2012年11月29日（招待講演）

河合都妙、棚橋亮弥、小内清、前尾健一郎、石浦正寛、中村研三：「発光レポーターを使った種子成熟遺伝子の発芽後抑制に異常を示すシロイヌナズナ変異株の網羅的スクリーニング」、第55回日本植物生理学会年会、2014年3月18日～20日、富山大学（五福キャンパス）

河合都妙、鶴飼聖子、御堂育子、塚越啓央、前尾健一郎、小内清、石浦正寛、中村研三：「種子成熟遺伝子の発現におけるB3転写因子HSI2とHSL1の機能」、第55回日本植物生理学会年会、2014年3月18日～20日、富山大学（五福キャンパス）

能手良佳、小澤藍子、小内清、辻本良真、高谷信之、前田真一、石浦正寛、小俣達男：「窒素条件で異なるヒメツリガネゴケの硝酸イオン輸送体遺伝子NRT2;1とNRT2;3の発現の制御機構の解析」、第55回日本植物生理学会年会、2014年3月18日～20日、富山大学（五福キャンパス）

Niwa Y, Kinoshita A, Matsuo T, Onai K, Kato D, Tachikawa M, Ishiura M: "Role of RHYTHM OF CHLOROPLAST 15 protein in the circadian clock of the unicellular green alga *Chlamydomonas reinhardtii*."、第55回日本植物生理学会年会、2014年3月18日～20日、富山大学（五福キャンパス）

能手良佳、小澤藍子、小内清、今枝真二郎、手島理、辻本良真、高谷信之、前田真一、石浦正寛、小俣達男：「ヒメツリガネゴケにおける硝酸イオン輸送体NRT2の機能発現」、日本植物学会第77回大会、2013年9月13日～15日、北

海道大学（高等教育推進機構）

丹羽由実、松尾拓哉、小内清、立川誠、加藤大策、石浦正寛：「単細胞緑藻クラミドモナスにおける生物時計の位相リセット機構」、第36回日本分子生物学会年会、2013年12月3日～6日、神戸ポートアイランド（神戸ポートピアホテル）

飯田高広、安井聡、武藤梨沙、小内清、森下めぐみ、石浦正寛："The roles of the dimeric and tetrameric structures of the cyanobacterial circadian clock protein KaiB in the generation of circadian oscillations."、IGER Annual meeting 2012、名古屋大学、名古屋、2013年1月10日、ポスター

丹羽由実、松尾拓哉、小内清、加藤大策、石浦正寛：「単細胞緑藻クラミドモナスにおける概日時計の位相リセット機構」、第54回日本植物生理学会年会、岡山大学・津島キャンパス、岡山、2013年3月21-23日、ポスター

河合都妙、鶴飼聖子、御堂育子、近藤有里、前尾健一郎、小内清、石浦正寛、中村研三：「発光レポーターを使用した種子成熟プログラム抑制機構の解析」、第54回日本植物生理学会年会、岡山大学・津島キャンパス、岡山、2013年3月21-23日、ポスター

米倉円佳、青木直大、廣瀬竜郎、小内清、石浦正寛、岡村昌樹、大杉立、大音徳：「イネの *sucrose phosphate synthase* 遺伝子のプロモーター活性は光と生物時計の制御を受けるがショ糖による制御を受けない」、第54回日本植物生理学会年会、岡山大学・津島キャンパス、岡山、2013年3月21-23日、ポスター

能手良佳、小澤藍子、小内清、辻本良真、高谷信之、前田真一、石浦正寛、小俣達男：「ヒメツリガネゴケの硝酸イオン輸送体遺伝子NRT2の発現解析」、第54回日本植物生理学会年会、岡山大学・津島キャンパス、岡山、2013年3月21-23日、ポスター

Niwa Y, Matsuo T, Onai K, Ishiura M: "Light-induced rapid degradation of the *Chlamydomonas* clock protein ROC15."、15th International Conference on the Cell & Molecular Biology of *Chlamydomonas*.; Jun 5-10, 2012; Kongresshotel Postdam, Germany

武藤梨沙、西村篤人、安井聡、小内清、石浦正寛："The regulation of

cyanobacterial circadian clock proteins KaiB-KaiC interaction by ATP." ; 第 50 回 日本生物物理学会年会、2012 年 9 月 22 日 ~ 24 日、名古屋大学 東山キャンパス、名古屋

岩田慶太、武藤梨沙、小内清、石浦正寛 : "ATP release from cyanobacterial circadian clock protein KaiC." ; 第 50 回 日本生物物理学会年会、2012 年 9 月 22 日 ~ 24 日、名古屋大学 東山キャンパス、名古屋

小澤藍子、小内清、辻本良真、高谷信之、前田真一、石浦正寛、小俣達男 : 「発光レポーターによるヒメツリガネゴケの硝酸イオン輸送体遺伝子 NRT2 の発現解析」、第 53 回 日本植物生理学会年会、2012 年 3 月 16-17 日、京都産業大、京都

鶴飼聖子、河合都妙、近藤有里、前尾健一郎、小内清、石浦正寛、中村研三 : 「シロイヌナズナ B3 因子 HSI2、HSL1 による種子成熟プログラムの抑制機構」、2012 年 3 月 16-17 日、京都産業大、京都

橋本実佳、河合都妙、前尾健一郎、小内清、石浦正寛、中村研三 : 「シロイヌナズナ種子油脂合 成系遺伝子の新奇活性化因子の遺伝学的同定」、2012 年 3 月 17-18 日、京都産業大、京都

- 21 赤井政郎、草野都、Redestig Henning、斉藤和季、森下めぐみ、小内清、石浦正寛、魚住信之 : 「*Synechocystis* グリコーゲン蓄積変異株の AqpZ 遺伝子発現と代謝変動」、第 63 回 日本生物工学会大会、2011 年 9 月 27 日、東京農工大学、小金井
- 22 丹羽由実、松尾拓哉、立川誠、小内清、石浦正寛 : 「クラミドモナスの時計タンパク質 ROC15 は光依存的に減少する」、第 9 回クラミドモナスワークショップ、2011 年 11 月 25-26 日、自然科学研究機構基礎生物学研究所・岡崎コンファレンスセンター、岡崎
- 23 Kawai T, Onai K, Hashimoto M, Maeo K, Ishiura M, Nakamura K: "Large scale screenings of Arabidopsis seed oil mutant by using bioluminescence monitoring system.", The 4th Asian Symposium on Plant Lipids, Dec 2-4, 2011, Hong Kong
- 24 Nakamura K, Ukai S, Kawai T, Onai K, Ishiura M: "Repression of genes involved in seed oil accumulation after seed germination.", The 4th Asian Symposium on Plant Lipids, Dec 2-4, 2011, Hong Kong
- 25 石浦正寛、松尾拓哉、小内清 : 「葉緑

体で機能するホタルルシフェラーゼ遺伝子とそれをういた葉緑体遺伝子発現のリアルタイムモニタリング」、第 4 回 名古屋大学医学・バイオ系知財フェア、2011 年 12 月 16 日、名古屋大学医学部、名古屋

〔図書〕(計 0 件)
該当なし。

〔産業財産権〕
該当なし。

〔その他〕
プレス発表及び新聞記事・WEB 記事 : 松尾拓哉、石浦正寛、小内清、丹羽由実(科学技術振興機構、名古屋大学 共同発表); 「緑藻の体内時計 ~ 時刻合わせの分子メカニズムを解明 ~」; 発表日: 2013 年 7 月 25 日; 場所: 国立大学法人名古屋大学本部 4 号館 第 8 会議室

上記プレス発表に関する新聞記事と WEB 記事 :

- ・中日新聞 (2013 年 7 月 30 日朝刊)
- ・科学新聞 (2013 年 8 月 2 日、1 面)
- ・日経産業新聞 (2013 年 8 月 7 日)
- ・時事ドットコム (2013 年 7 月 30 日)

植物の小型種子を固体培地に自動で播種する「小型自動種まき機」を中立電機株式会社と共同開発して実用化した (2013 年 5 月に中立電機株式会社および椿本興業株式会社より商品名「アクアシード」として販売を開始した)

温調と CO₂ ガス制御対応の「高感度生物発光測定装置」を中立電機株式会社と共同開発して実用化した (2013 年 12 月に中立電機株式会社、コスモ・バイオ株式会社、椿本興業株式会社から商品名「高感度生物発光測定装置 CL24A および CL96A」として販売を開始した)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

小内 清 (ONAI, Kiyoshi)
国立大学法人名古屋大学・遺伝子実験施設・研究員
研究者番号 : 0 0 4 0 2 4 5 4

(2) 研究分担者

該当なし。

(3) 連携研究者

該当なし。