

## 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24年 6月 6日現在

機関番号：17101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21650214

研究課題名（和文）中学校技術科の「生物育成」必修化に即応する栽培・バイオテクノロジー教材の開発

研究課題名（英文）Development of teaching materials of plant cultivation and biotechnology responsive to “Nurturing of Living things” as a compulsory subject of the junior high school technology education

研究代表者

平尾 健二 (HIRAO KENJI)

福岡教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：70301348

研究成果の概要（和文）：

中学校技術科において必修化された「生物育成」の内容に即応する教材として、イネゲノム研究の内容をわかりやすく指導するための系統材料を作出した。作出された2つの近似同質遺伝系統は、1つの量質形質遺伝子座の導入によって形態的形質（草丈伸長能、および多分げつ能）が大きく変化する系統である。これらの材料を用いた授業実践を中学校で行った結果、多くの中学生の栽培やバイオテクノロジーに関する興味が向上することが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

Rice lines for the teaching of rice genomic research were produced as a teaching material to responsive to “Nurturing of Living things” as a compulsory subject of the junior high school technology education. In the two near isogenic rice lines produced in this study, each morphological character (ability of elongation of plant height and much tillering) is changed significantly by the introduction of each quantitative trait locus (QTL). As a result of the teaching practice carried out at technology education class with these rice material lines, it was cleared that a lot of interest in plant cultivation and biotechnology of junior high school students was improved.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	0	1,200,000
2010年度	800,000	0	800,000
2011年度	500,000	1,50000	650,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	150,000	2,650,000

研究分野：技術教育，農業教育

科研費の分科・細目：分科 科学教育・教育工学、細目 科学教育

キーワード：技術教育，生物育成，バイオテクノロジー教育，イネ，QTL，教材開発，作物栽培，ゲノム研究

## 1. 研究開始当初の背景

現在，わが国の食料自給率は39%と低

迷い、「生きるための糧」を海外に依存する現状にある。一方，子どもたちの「科学技術・ものづくり離れ」が指摘される

中でも、食料生産（生物育成・生産）についての科学技術に関する観点からの教育的対処は少ない。しかしながら、生物育成技術に関しては、遺伝子組換え作物の世界的普及などに代表されるようにその技術が急速に発達している現状にあり、中学校技術科を中心とした技術・ものづくり教育の中において「生物育成に関する技術」の必修化の意義は大変大きく、その学習はきわめて重要となっている。

その生物育成技術の最先端の一つである「ゲノム研究」は生物の DNA 遺伝情報を利用して、医学から農学までの幅広い領域で現在目覚ましい進歩を遂げている研究分野である。その中で、他の農作物に先駆けたモデルとして「イネ（コメ）」を対象としたイネゲノム研究は、ヒトゲノム研究と並んで人間の生活に直結する応用研究であることから、最重要なものとして位置付けられている。

言うまでもなく、イネ（コメ）は我が国を始めとするアジアの国々の主食であり、イネゲノム研究は日本が先駆的に研究を進めている先端技術である。申請者もこれまで、農学的な専門領域において、この一研究手法を用いたイネの優良遺伝子の探索を進めているところである。この研究のプロセスにおいては、染色体の一部の置換により、そこに存在する当該遺伝子の発現によって生育が向上することが肉眼や数値によって容易に判別できるイネ（系統）が作成可能となる。そこで、生み出されるイネを最先端の生物育成技術を学ぶ学習教材として整備し、教育現場へ普及できれば、中学校技術科において教材が少なく、課題の多い生物育成技術に関する内容に即応できるのではないかと考え、本研究の着想に到った。

## 2. 研究の目的

中学生の「科学技術・ものづくり離れ」に対応するために、農作物（イネ）の栽培をベースとしながら最先端の「生物育成技術（ゲノム研究手法）」を学ぶことが可能な教材の開発を行うことを研究の目的と

した。現在、ゲノム情報を基に、交雑により染色体の領域の一部を部分的に別種に置換したイネ系統を利用して、生育の向上をもたらす有用遺伝子が存在する染色体上の位置（QTL: Quantitative Trait Loci）を特定できる実験系が存在する。それを科学技術教育の分野へと応用すれば、「ある有用遺伝子の作用と生育の向上との関係」を目で見て、数を調べて、理解しながら、ゲノム研究による農作物の改良の道りをイメージできる教材を提案することが可能となる。この教材の活用により、ゲノム研究という最先端の技術を子どもたちに理解させ、身近に感じさせることが出来るものと考えられる。さらにそれを教育現場において実証すべく、開発教材を用いた授業実践を行い、その学習指導計画を考案するとともに、本教材の教育的効果について検証を行うことにした。

## 3. 研究の方法

### (1) 生物育成技術に関する教材化を目指したイネ系統の作出・育成

これまでの研究から、アフリカイネ染色体部分置換系統群（以下 GILs, Glaberrima Introgression Lines の略）41 系統の中から特徴的な形質を示す系統を見出しており、それぞれの系統のパフォーマンスが親系統を上回ることを明らかにしている。

茎数（穂数）の増加・・・系統 No. 34

草丈の伸長・・・系統 No. 116

当該年度においては、それぞれの系統と親系統との交雑に由来する分離後代について DNA マーカーを用いた遺伝子型分析を基に遺伝解析を行い、その結果から、それぞれの形質の特徴に関与する遺伝子座（QTL）のみをアフリカイネ型としてもつ系統（NIL, Near Isogenic line: 近似同質遺伝系統）を選抜し NIL 教材とする。さらに、NIL 教材と両親系統との比較を行い、ターゲットの遺伝子の作用により、目的の形質が変化するかどうかを確認する。

(2) 学校現場を想定した栽培方法の確立  
NIL を教材として学校現場で活用する際には、各遺伝子の作用による形質の変化が最大となる栽培条件を見出すことも重要となる。本研究においてはポット（小型容器）を用いた個体栽培とし、外部環境要因（日照条件、肥料条件等）を変化させた下での NIL 教材の生育状況を把握し、教材を活用する上での最適な条件を明らかにする。

### (3) 開発教材を用いた中学校技術科での授業実践

学校現場での事業実践に際し、これまでに明らかとなった本教材の特徴や、その活用による授業展開案等を研究協力者の複数の中学校の技術科の授業において実践し、生徒の反応や学習成果から本教材の教育的効果について検証する。

## 4. 研究成果

### (1) 2009 年度

GILs に由来する分離集団から見出され、その後代系統の中から特異的な形質を示すイネ固定系統（近似同質遺伝系統）の作出に一部成功した。候補となる系統の中から、置換染色体領域が絞り込まれていることを DNA (SSR) マーカーを用いた PCR 法による DNA 多型（ジェノタイプ）解析により明らかにし、一方で形質の変化（草丈伸長）が著しいこと（計測結果：フェノタイプ）の対応から、個体選抜を行った結果である。選抜された数系統の固定系統は、遺伝的背景である親系統（アジア稲）に対して、有意に草丈が高い特徴をもち、この特徴は、個体栽培（ポット栽培や水耕栽培）であっても、水田における群落栽培であっても高い再現性をもって発現することを確認した。これらのことから、ゲノム組成がほとんど親系統（アジアイネ）であっても、別の親系統（アフリカイネ）由来の作用の大きい QTL 領域に置き換わることにより、形質の変化を観察するのに非常に適したイネ系統であり、中学校の技術・家庭科（技術分

野）の中の生物育成の学習の中でバイオテクノロジーを教える教材として、発展させることが期待される。同様の方法で穂数（茎数）が増加する系統の選抜に向けた候補系統の育成にも着手したことにより、2010 年度は複数の形質に関して教材化に向けた研究を行うこととなった。

### (2) 2010 年度

GILs の中から、「多分けつ能」に注目し、これまで行って来た QTL の絞り込み、固定化をすすめ、比較対照の親系統より、生育期間を通じて分けつが 20~30% 多く発生する系統（近似同質遺伝系統：NIL）を選出した。また、親系統との生育、収量の比較により、選抜された NIL 系統は、遺伝的背景である親系統（アジア稲）に対して、

①分けつが増えることで最終的な穂数が増加すること（図 1）

②穂数が増えることで、1 個体の着生粒数が増加すること

③粒数が増加する中、登熟歩合は低下しないこと

④その結果、1 個体当たりの収量が親系統より大きく向上すること

が示された。再現性の問題もあるので、収量については、さらに年度を改め、継続して調査を進める必要がある。以上、2 年間の研究で、草丈伸長、分けつ（穂数）増加といったイネの生育を大きく変化させる 2 種類の NIL 教材を作出することができたことにより、中学校技術科の生物育成学習の中でバイオテクノロジーを教える教材として発展させることが次の課題となった。そこで、上記の研究に並行して、まず近隣の中学校において、試行的に本教材を用いた生物育成に関する授業実践を行ったところ、中学生にとって「バイオテクノロジー」という概念の浸透が問題であり、概念を解説するための教材も必要であることが明らかとなった。以上により、植物材料（種子や栽培技術）、提示資料、ならびに評価方法といったものを総合的にパッケージ化することが、教材化を行う上で重要であることが確認された。

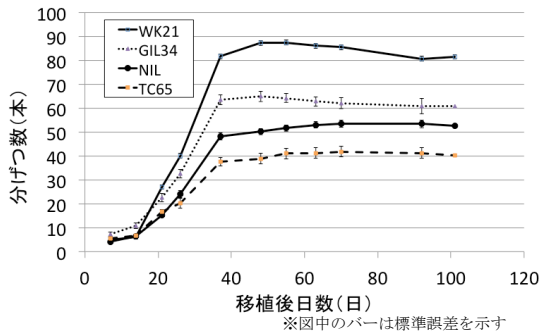


図1. 多分げつ能 QTL をもつ作出 NIL の分げつ数の推移

WK21: アフリカイネ親系統, GIL34: 多分げつ能を有する GIL 系統, NIL: 多分げつ能 NIL, TC65: アジアイネ親系統

### (3) 2011 年度

2カ年の研究により, GILs から2つの農業関連形質(草丈伸長能および多分げつ能)に注目した NIL をを中学校技術科において必修化される「生物育成」の内容における新しい教材として用いる授業を研究協力者の協力を得て実施した。草丈伸長, 分げつ(穂数)増加といったイネの形態的特徴を大きく変化させることのできる2種類の NIL 教材を用いることで, 中学校技術科の生物育成学習の中でバイオテクノロジーを分かりやすく教える教材として授業実践を行った。また, 栽培方法には, 代表者が手法を開発した教材「ペットボトル稲」の栽培方法を駆使し, 安価で大人数が同時に実践できる取り組みとし, 教育現場で実際に実践可能な栽培方法を確立した。前年度における試行的実践の結果を踏まえて, 提示資料(プレゼンによる実践の背景の説明)を工夫したが, 実践の事前・事後のアンケート結果から, 中学生にとって「ゲノム」や「バイオテクノロジー」という言葉の理解度は本来低く, 興味も低い傾向(5件法: 5ポイント中, 2.97ポイント)にあったが, 実践により興味が向上すること(5件法: 5ポイント中, 3.68ポイント)が明らかとなり, 各生徒ごとの変化(事後-事前)では, プラスに変化する生徒が多いことが確認された(図2)。さらに, 今後の展開を考え, 2つの形質に関わる各遺伝作用の集積による多収性の成立,

いわゆる「ピラミディング効果」を理解させる教材の開発を目指し, 今年度中に F<sub>2</sub> 種子を得ることができた。

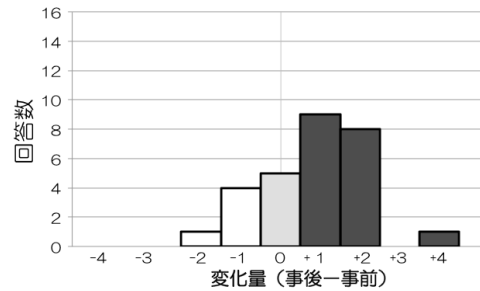


図2. 生徒へのアンケート「バイオテクノロジーに対する興味」の事前, 事後の変化量の分布(5件法のポイントの各生徒ごとの変化)

### 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3件)

- ① 平尾健二・山川隆憲・大山晋介・土肥ますみ イネの簡易栽培教材「ペットボトル稲」の開発 -2. 栽培対象に関する諸検討-, 日本産業技術教育学会九州支部論文集, 査読有, 第19巻, 2012, 107-111
- ② 平尾健二・荒牧英樹・塩塚真史・イネの簡易栽培教材「ペットボトル稲」の開発 -1. 植え付け開始に関する諸検討 -, 日本産業技術教育学会九州支部論文集, 査読有, 第18巻, 2011, 89-94
- ③ 平尾健二・さあ, はじめよう! ペットボトル稲栽培, 食農教育, 査読有, 第66巻, 2009, 26-29

[学会発表] (計8件)

- ① 平尾健二・藤本祥・松尾啓司・生物育成に関する新しい教材の開発 第3報 イネの穂数増加に関連するバイオテクノロジー教材の提案, 日本産業技術教育学会九州支部, 2011年10月1日, 沖縄県男女共同参画センター
- ② 平尾健二・平成24年度からの中学校技術科における農業関連学習「生物育成」の必修化, 日本作物学会, 2011年9月2日, 山口大学
- ③ 藤本祥・松尾啓司・鎌田英一郎・平尾健

二、生物育成に関する新しい教材の開発  
第2報染色体部分置換イネを用いたバイオテクノロジー教材による授業実践、日本産業技術教育学会九州支部、2010年10月9日、鹿児島大学

- ④ 平尾健二・渋江公太・他3名、ペットボトルを利用したイネの簡易栽培教材化について -第8報 緩効性肥料を用いた元肥一発型栽培法の確立について-、日本産業技術教育学会、2010年8月28日、岐阜大学
- ⑤ 田中雄基・平尾健二・他2名、生物育成に関するバイオテクノロジー教材の開発 -草丈伸長 QTL をもつ近似同質遺伝子イネ系統の作出とそれを用いた授業実践-、日本産業技術教育学会、2010年8月28日、岐阜大学
- ⑥ 平尾健二・田中雄基・他2名、生物育成に関する新しい教材の開発 第1報 草丈伸長 QTL をもつ染色体部分置換系統イネのバイオテクノロジー教材化の試み、日本産業技術教育学会九州支部、2009年10月10日、熊本大学
- ⑦ 平尾健二・藤本祥・他5名、アフリカイネ由来の QTL を有する近似同質遺伝子系統における分けつ発生な r びに収量形成の特徴、日本作物学会、2009年9月30日、静岡県コンベンションアーツセンター
- ⑧ 平尾健二・矢動丸竜真・他3名、ペットボトルを利用したイネの簡易栽培教材化について 第7報 省スペース化に特化した栽培法の検討、日本産業技術教育学会、2009年8月22日、新潟大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

平尾 健二 (HIRAO KENJI)  
福岡教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号：70301348