

東京農工大学遺伝子実験施設  
第18回「教員のための遺伝子組換え実験教育研修会」  
遺伝子リテラシー教育と米国の教育教材



2018年7月25日  
おおとう みちえい  
大藤 道衛

トピックス

1. 遺伝子リテラシー教育
2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材

遺伝子リテラシー教育

生命科学分野の人材

初等・中等教育機関  
生物系以外の高等教育(大学学部)  
市民教育(博物館等)

生命科学の教養を備えた市民

遺伝子リテラシー教育 ( Gene literacy education )  
→Public understanding (PU)

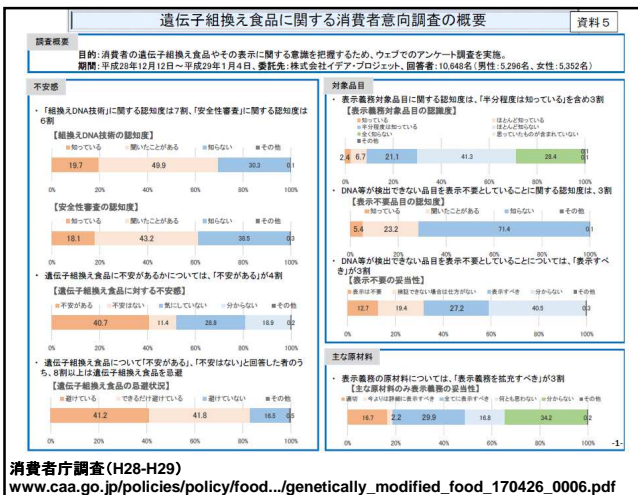
遺伝子リテラシー教育と Public understanding

生命科学・バイオに関する記事や情報が溢れている  
遺伝子医療など生命科学は更に身近になってくる

「知らないため、解らないために起こる無用な不安」

- ・生命科学やバイオ技術を知ること、情報を取捨選択し自分の考えを持つことができる(市民の常識・教養)
- ・ゲノム医療・再生医療を受ける側の判断力
- ・食の安全・安心を自ら判断する力

第4期科学技術基本計画(平成23年～平成27年)では、「次代を担う人材の育成、科学技術の国民理解を促す科学技術コミュニケーション活動の推進」が強化された。



トピックス

1. 遺伝子リテラシー教育
2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材

## 米国高校(特にCA)における遺伝子教育の歴史

1980年～ 生命科学がバイオ技術を通じ産業に発展



高校の生物学と実社会のバイオテクノロジーとの間でのギャップ(高校教員)



一般教養としてのバイオ教育/遺伝子教育の必要性



ギャップを埋めるカリキュラムの草の根的発生(高校教員)

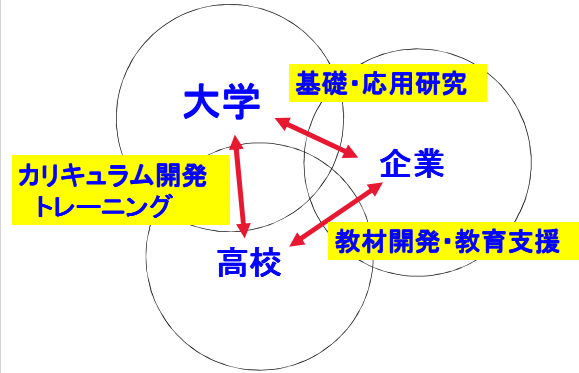


1985年～ 研究者と高校教員による共同カリキュラム  
大学での高校教員の遺伝子教育トレーニング  
(Stanford Univ.などで、生命科学のAPプログラム)

CA: [California州](#)

7

## 大学・企業・高校の連携



8

1980年代後半

カリキュラム開発に対する国の研究助成  
バイオ技術の発展と遺伝子教育は車の両輪



1990年

初の“DNA SCIENCE”教科書  
教育目的実験は、NIHガイドラインと無関係



クリントン大統領

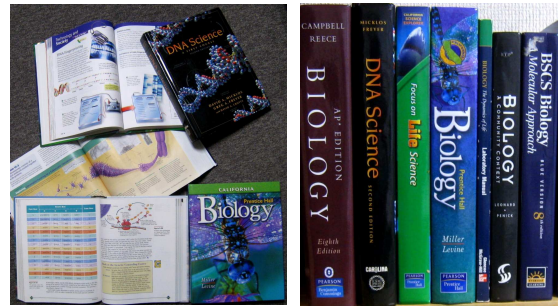
**1995年 DNA SCIENCEが  
National Science Education Standardに掲載**  
(K11, 12にて実施)

充実した生物学教科書、多数出版

**Bio-Rad Explorer**

9

## 米国高校生物学教科書



分子生物学含む遺伝について: ~20%  
**ヒト生物学、実験、ストーリー性**  
Advanced placement (AP) Biology

10

## 米国高等学校における遺伝子実験授業

実施学年: 主にK11, 12  
(National Science Education Standard )  
**Regular, Advanced Placement (AP)**

組換えDNA実験:  
大腸菌K12株を用いるような教育レベルの実験は、NIH  
ガイドラインの除外事項でありどこでも実施可能

ヒトゲノムDNAを用いた実験:  
倫理的問題に関わらない範囲で実施可能  
病気に関係する遺伝子は用いない  
表現型に関わる遺伝子は用いない  
親子鑑定や民族の違いに関わるDNA配列は用いない

11

Review

### The Involvement of Genome Researchers in High School Science Education

Maureen Munn,<sup>1,6</sup> Peggy O'Neill Skinner,<sup>2</sup> Lane Conn,<sup>3</sup> H. Geraldine Horsma,<sup>4</sup>  
and Paula Gregory<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Biotechnology, University of Washington, Seattle, Washington 98195 USA; <sup>2</sup>The Bush School, Seattle, Washington 98112 USA; <sup>3</sup>Stanford DNA Sequencing and Technology Center, Stanford University, Palo Alto, California 94304 USA; <sup>4</sup>Henry M. Gunn High School, Palo Alto, California 94306 USA; <sup>5</sup>Human Cancer Genetics Division, Ohio State University, Columbus, Ohio 43210 USA



**Lane Conn**  
Stanford Human Genome Center  
Director, Education Program  
<http://www.SHGSC.stanford.edu/bio-ed>  
e-mail: [lane@shgsc.stanford.edu](mailto:lane@shgsc.stanford.edu)

### Genome Res.9, 597-607 (1999)



**Figure 1** High school students participate in authentic research projects. (A) Through a project developed at the Human Genome Education Program at Stanford University, local high school students participate in an experiment called DNA Singshots—Peeking at your DNA. Students use PCR to amplify DNA from their own cheek cells and examine human mitochondrial DNA through DNA microarrays. In parallel to the program used to help locate sick children from the “Grey Wolf” in Argentina, through this compelling human story, students learn DNA basics while exploring issues of privacy, family, and legal issues surrounding DNA typing and its uses.

12

## Bio-Rad Explorer

高等学校等での実習授業を想定したキット  
各レッスンは50分、レッスンごとに目標を示し、レッスン開始、最後に理解度チェック実施  
<Kit内容>

- ①実習に必要な試薬・器具
- ②実習準備マニュアル
- ③教員用テキスト(授業目標、実習指導テキスト、理解度テスト)
- ④生徒用テキスト(授業目標、実習テキスト、理解度テスト)
- ⑤実習に必要な用語説明・参考資料



[explorer.bio-rad.com](http://explorer.bio-rad.com)

## pGLOキットとBio-Rad Explorer の開発

pGLOキットは、1990年代、設備のない高等学校の教室でもすぐに使える教材として、高校教員、大学教員のアイディアにより開発された。(1995年βサイト、1997年発売)  
その後、分子生物学教材としてシリーズ化された。



Mr. Ron Mardigian (元高校教員、Bio-Rad社社員)  
Mr. Kirk Brown (高校生物教員)  
Mr. Stan Hitomi (高校生物教員)  
Dr. Lane Conn (大学教員) 他



## 文部省(当時)主催:産業教育新技術講習会

遺伝子組換え実験(pGLOキット)の学校現場導入の可能性を検討



Ron Mardigian氏の講演

於:東京テクニカルカレッジ・バイオ科(1998)

15

## 学校教員のための遺伝子組換え実験教育研修会

2001年(平成13年)8月:  
筑波大学遺伝子実験センター(鎌田博教授)  
東京農工大学遺伝子実験施設(丹生谷博教授)  
2002年(平成14年)度:  
筑波大学・東京農工大学・東京学芸大学教育学部  
山形大学、中国地区遺伝子実験施設コンソーシアム(広島大学・鳥取大学・島根大学・岡山大学・山口大学)、各地の遺伝子実験施設等十数か所で開催

### 「教育目的遺伝子組換え実験」において キット教材を使用する利点

1. 必要な試薬・器具が含まれている。
2. 実験条件の設定が不要で、簡単な操作で実験ができる。
3. 各試薬を別々に購入するよりも安価である。
4. 学習目標を、自由に設定できる。

16

## 教員のための教育目的遺伝子組換え実験研修会参加者

大学名	年度	中学校	高等学校	中高一貫校	博物館	その他	総数
筑波大学 遺伝子実験センター	2001	1	13(3)	2	3	1	20
	2002	1	31(26)	1	1	2	36
	2003	4	31(3)	0	2	1	38
	2004	1	12(1)	1	6	2	22
	2005	0	21(2)	0	0	0	21
東京農工大学 遺伝子実験施設	2001	0	17(2)	3	0	0	20
	2002	5	13(1)	2	0	0	20
	2003	1	15(3)	2	2	0	20
	2004	0	18(2)	1	1	0	20
	2005	3	14(2)	2	1	0	20
東京学芸大学	2002	11	19(5)	1	1	0	32
	2003	17	14(2)	0	1	0	32
	2004	11	18(2)	0	0	0	29
	2005	22	10(3)	0	0	0	32

Oto M, Ono M and Kamada H, Plant Biotechnology, 23, 339-346 (2006) 邦訳

## 遺伝子工学と実習キットシリーズ Bio-Rad Explorer program

### ゲノムDNA抽出

Genes in a Bottle Kit

### 遺伝子クローニング

Cloning and Sequencing Explorer Series  
Secrets of the Rainforest kit

### 遺伝子解析

DNA Fingerprinting kit  
PV92 PCR | Informatics kit  
Crime Scene Investigator PCR Basics™ kit  
GMO investigator™ kit  
Lambda DNA kit

### 遺伝子導入(形質転換)

pGLO™ Bacterial Transformation kit

### 遺伝子発現タンパク質

Green Fluorescent Protein Chromatography Kit

### タンパク質解析

Got Protein™ kit  
Comparative Proteomics kit I, II  
ELISA Immuno Explorer™ kit  
Size Exclusion Chromatography kit

### STEM教育

IDEA Kit  
STEM Electrophoresis Kit

18

## STEM教育

科学教育、工学教育、技術教育、数理教育を統合・体系化した教育で、新たなイノベーションを生み出す人材を育む教育。オバマ政権の最優先課題の一つ(2009年11月)

President Obama Launches "Educate to Innovate" Campaign for Excellence in Science, Technology, Engineering & Math (Stem) Education **November 23, 2009**

The White House Science Fair 2010



<http://www.whitehouse.gov/blog/2010/10/18/robots-solar-cars-and-rockets-white-house-science-fair>

19

## Next Generation Science Standards (NGSS: 次世代科学スタンダード)

2012年に全米学術研究評議会(NRC)が提唱した学習達成度を示したスタンダード。

NGSSは、STEM教育の考え方を、実際のカリキュラムに落とし込むための到達目標である。学校でのカリキュラム、教材を含めた教育システムを構築するための基盤となる。NRC、NSTA(全米科学教員協会)、AAAS(米国科学振興協会)が協力し、実践を前提として進めている。



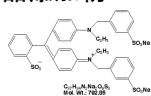
<http://www.nextgenscience.org/>

20

## STEM教材事例1. 電気泳動による色素分析

### Science

化学  
食品添加物



### Technology

電気泳動による色素の分離

### Engineering

電気泳動装置

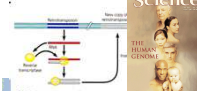
### Mathematics

移動度計測  
色素の同定

STEM Electrophoresis kit **BIO-RAD**

## STEM教材事例2. PCR-電気泳動によるヒトAlu配列の多型解析

### Science



### Engineering



Alu配列の挿入多型  
**個人遺伝情報の取扱い**

### Technology



### Mathematics

$p=0.375$ ,  $q=0.625$   
 $+/+$   $p^2 = 0.14$  (0.25)  
 $+/-$   $2pq = 0.47$  (0.25)  
 $-/-$   $q^2 = 0.39$  (0.50)

Hardy-Weinbergの法則  
 $\chi^2$ 乗検定

PV92 PCR/Informatics kit **BIO-RAD**

## STEM教材事例3. GM作物の栽培と解析

### Growing and Testing Roundup Ready Soybean Kit

- 育種・遺伝学・遺伝子組換え技術・農業
- GM / nonGM大豆の栽培
- 種/葉からのタンパク質抽出とGMタンパク質の検知(イムノクロマト)
- DNA粗抽出とPCRによるGM遺伝子の検知

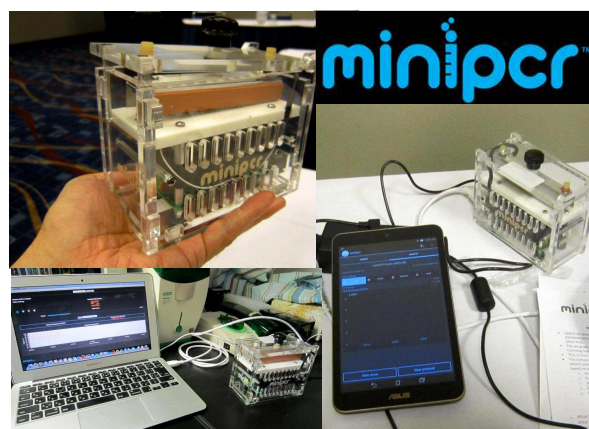


MONSANTO

minipcr

NSTA  
National Science Teachers Association

23



<http://www.minipcr.com/>

## 色々なサーマルサイクラー(定性PCR反応装置)

**BIO-RAD**

T100™ Thermal Cycler  
800,000円



**miniPCR**

miniPCR  
\$650



**ThermoFisher**  
SCIENTIFIC  
ProFlex™ PCR システム, 96-Well  
1,340,000円



北海道システム・サイエンス株式会社  
Hokkaido System Science Co., Ltd.

PCRくん(販売終了)  
180,000円



## 遺伝子リテラシー教育に向けた教育教材

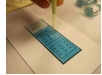
### 1. 実際のサンプルを用いて、研究現場と同様の実験を行う教材

- ・大腸菌を用いた**遺伝子組換え実験**(GFP遺伝子による形質転換など)
- ・食品や作物からのDNA抽出とGM作物由来成分の**PCR検知実験**
- ・ヒト細胞のDNA抽出と**PCR-電気泳動**による遺伝子解析 (PTCのSNP、Alu配列など)

**BIO-RAD** **CAROLINA** **EDVOTEK**

### 2. シミュレーションサンプルを用いた模擬実験を行う教材

- ・模擬検体を用いたDNAシーケンシング
- ・模擬検体を用いたDNA鑑定実験
- ・模擬検体を用いたがん細胞の遺伝子解析 他



### 3. 実験を含まず、教室でのディスカッションを提供する教材

- ・研究者の講演映像 (DVD, 動画のweb配信)
- ・模擬データをもちいた解析 (がん患者カード) 他



**hhmi**  
BioInteractive

**CSH** Cold Spring Harbor Laboratory

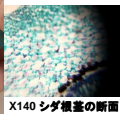
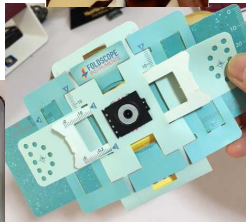
## Foldscope (Origami-microscope)



**Dr. Manu Prakash**  
Stanford University



**FOLDSCOPE**  
INSTRUMENTS



X140 シング構造の断面

OPEN ACCESS [Freely available online](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197371.g001)

**Foldscope: Origami-Based Paper Microscope**

James S. Cybulski<sup>1</sup>, James Clements<sup>2</sup>, Manu Prakash<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, California, United States of America, <sup>2</sup>Department of Biomechanics, Stanford University, Stanford, California, United States of America

June 2014 | Volume 9 | Issue 6 | e98731

## まとめ

### 1. 遺伝子リテラシー教育

- ・実験を通じた生命科学を育む教育
- ・教科書の充実、実験教材の普及により広まった(米国)。

### 2. 米国高等学校での遺伝子リテラシー教育と教育教材

- ・pGLOキットは、高校教員、大学教員により共同開発された。
- ・科学的な思考を重視したSTEM教育に向けた教材が普及している。

### 参考文献

1. 丹生谷博 「理科教員のための遺伝子組換え実験教育研修会誌上再現。」 バイオテクニシャン17(2):48-59 (2009)
2. 笹川由紀, 佐々義子, 大藤道衛, 小野道之「教育目的ヒトゲノム・遺伝子解析実験の普及と実験指針についての検討。」生物教育49(2):90-107 (2009)
3. Oto M, Ono M & Kamada H "Gene literacy education in Japan –Fostering public understanding through practice of hands-on laboratory activities in high schools." Plant Biotechnol 23: 339-346 (2006)
4. 大藤道衛 「リテラシーとしての遺伝子教育 (1) 遺伝子教育とアメリカにおける動向。」 バイオテクニシャン 13(1):27-35 (2005)