

学校教員のための遺伝子組換え実験教育研修会  
海外における遺伝子リテラシー教育の動向



大藤道衛  
東京テクニカルカレッジ・バイオ科

トピックス

1. 米国での遺伝子リテラシー教育の歴史
2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材
3. 米国高校生のインターンシップ  
University of Illinois at Rockford
4. 科学館での遺伝子リテラシー教育  
The Tech Museum of Innovation at San Jose  
Singapore Science Center

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

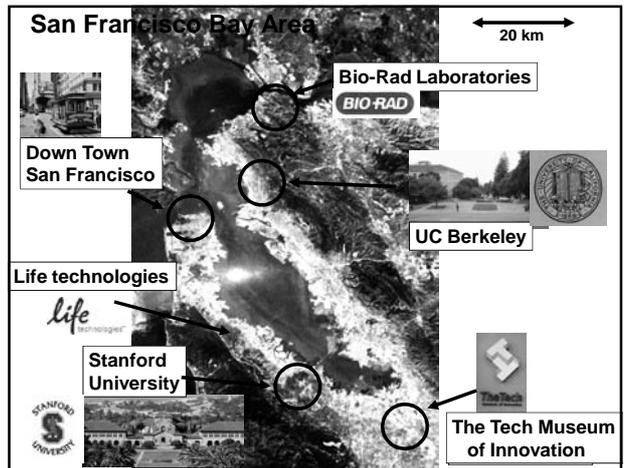


ギャップを埋めるカリキュラムの草の根的発生（高校教員）

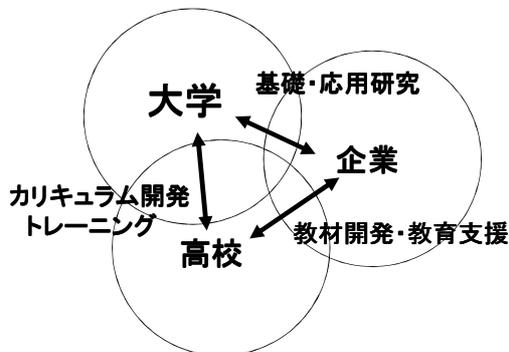


1985年～ 研究者と高校教員による共同カリキュラム  
大学での高校教員の遺伝子教育トレーニング  
(Stanford Univ.などで、生命科学のAPプログラム)

3



大学・企業・高校の連携



5

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



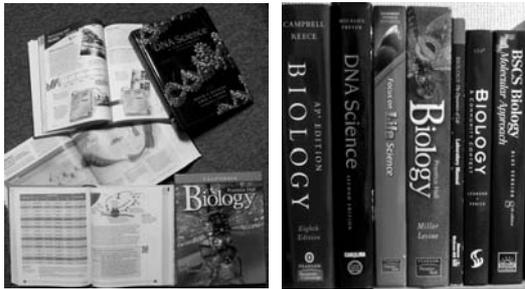
クリントン大統領

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

Biotechnology Explorer Program 開発・発売

6

## 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

7

## 米国高等学校生物学における実験授業

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いない  
 表現型に関わる遺伝子はいない  
 親子鑑定や民族の違いに関わるDNA配列はいない

8

Review

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

Maureen Munn,<sup>1,4</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>Henny M. Gunn High School, Palo Alto, California 94306 USA; <sup>5</sup>Human Cancer Genetics Division, Ohio State University, Columbus, Ohio 43210 USA



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



**Figure 1** High school students participate in authentic research projects. US Through a grant supported by the National Science Foundation, Stanford University, and the National Human Genome Research Institute, we have developed a curriculum for high school students to use PCR to amplify DNA from their own cheek cells and examine human polymorphisms through DNA microarrays. In order to give the project more impact for our high school students, we have developed a curriculum that includes a human story, students learn DNA tools while exploring issues of privacy, family, and legal issues surrounding DNA typing and its uses.

9

## “Biotechnology Explorer Kits & Curriculum ”

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  
 Bio-Rad Laboratories



## 遺伝子工学と実習キットシリーズ

### ゲノムDNA抽出

Genes in a Bottle 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

### タンパク質解析

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

### 遺伝子クローニング

Cloning and Sequencing Explorer Series  
 Secrets of the Rainforest kit

### 遺伝子導入(形質転換)

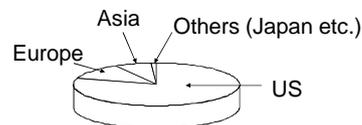
pGLO™ Bacterial Transformation kit

### 遺伝子発現タンパク質

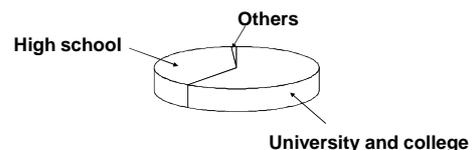
Green Fluorescent Protein Chromatography Kit

11

## Biotechnology Explorer : Global Markets (2004)



### US Customers



12

Table 153. Age range for compulsory school attendance, special 1997, 2000, 2002, and 2004

State	Compulsory attendance			
	1997	2000	2002	2004
Alabama	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
Alaska	7 to 18	7 to 18	7 to 18	7 to 18
Arizona	6 to 18	6 to 18	6 to 18	6 to 18
Arkansas	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
California	5 to 18	5 to 18	5 to 18	5 to 18
Colorado	7 to 18	7 to 18	7 to 18	7 to 18
Connecticut	5 to 18	5 to 18	5 to 18	5 to 18
Delaware	5 to 18	5 to 18	5 to 18	5 to 18
District of Columbia	5 to 18	5 to 18	5 to 18	5 to 18
Florida	6 to 18	6 to 18	6 to 18	6 to 18
Georgia	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Hawaii	5 to 18	5 to 18	5 to 18	5 to 18
Idaho	5 to 18	5 to 18	5 to 18	5 to 18
Illinois	7 to 17	7 to 17	7 to 17	7 to 17
Indiana	6 to 16	6 to 16	6 to 16	6 to 16
Iowa	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Kansas	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
Kentucky	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Louisiana	6 to 16	6 to 16	6 to 16	6 to 16
Maine	5 to 17	5 to 17	5 to 17	5 to 17
Maryland	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Massachusetts	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Michigan	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Minnesota	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Mississippi	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Missouri	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
Montana	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
Nebraska	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
Nevada	7 to 16	7 to 16	7 to 16	7 to 16
New Hampshire	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
New Jersey	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
New Mexico	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
New York	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
North Carolina	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
North Dakota	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Ohio	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Oklahoma	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Oregon	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Pennsylvania	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Rhode Island	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
South Carolina	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
South Dakota	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Tennessee	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Texas	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Utah	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Vermont	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Virginia	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Washington	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
West Virginia	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Wisconsin	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16
Wyoming	5 to 16	5 to 16	5 to 16	5 to 16

**米国の義務教育**  
18歳まで義務教育: 13州

California ..... 6 to 18<sup>+</sup>

Georgia ..... 6 to 16

Hawaii ..... 6 to 18

Idaho ..... 7 to 16

Illinois ..... 7 to 16

Indiana ..... 7 to 16

**カリフォルニア**  
K6-8: middle school  
K9-12: high school

National Center for Education Statistics  
<http://nces.ed.gov/>  
Digest of Education Statistics, 2006  
<http://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2007017>

Tracy High School  
Merrill F. West High School  
Delta Charter High School  
Kimball High School

Welcome to the TRACY UNIFIED SCHOOL DISTRICT

Tracy High School

Mr. J. Kirk Brown  
<http://www.jkirkbrown.com/>

10年生 (K10):  
化学 (Chemistry)、生物学 (Biology)  
バイテック1 (Biotech 1)

11年生 (K11):  
国際バカロレアカリキュラムIB Advanced Biology I  
バイテック2 (Biotech 2)

12年生 (K12):  
国際バカロレアカリキュラムIB Advanced Biology II  
実験 バイテック3 (Biotech 3)

生物教育 (含: 遺伝子教育)

バイテックは、自ら研究するラボワーク中心。  
全員がテーマを設定して自ら研究する (~45名)。  
一般の高校であるため、生徒のレベルはまちまち。  
各人のテーマレベルもまちまち、プラスミド精製条件から、  
大学と連携した研究 (ミトコンドリアル解析等) まで様々。  
大学教員に生徒自身がメールで質問してサポートを受けることもある。  
ラボワークでは、何人かの生徒がメンターをつとめる。

16

企業・大学インターンシップ  
The University of Illinois College of Medicine at Rockford  
& The Thermo Fisher Scientific

University of Illinois College of Medicine  
ROCKFORD

Thermo Fisher Scientific

Rockford

130km

Chicago

Chicago River

17

UNIVERSITY OF ILLINOIS  
COLLEGE OF MEDICINE  
AT ROCKFORD

CAMPUSES: CHICAGO PEORIA ROCKFORD URBANA

ABOUT ADMISSIONS DEPARTMENTS & PROGRAMS RESEARCH STUDENT SERVICES PATIENT SERVICES NEWS GIVING

University of Illinois College of Medicine at Rockford » Departments & Programs » Departments » Biomedical Sciences » Summer Science Program

Summer Science Program

Summer Science Fellowship

For almost 20 years, the partnership between the University of Illinois College of Medicine at Rockford and Thermo Fisher Scientific has allowed science-minded high school students, teachers and college students to participate in a paid summer internship that delivers hands-on laboratory experience.

Students get the opportunity to work side-by-side with researchers for 40 hours per week, conducting cutting edge medical research and making new discoveries.

MS DEGREE IN MEDICAL BIOTECHNOLOGY  
BIOMEDICAL RESEARCH  
SUMMER SCIENCE PROGRAM  
SMART PROGRAM

募集: インターネット  
選考審査: 自己推薦書、成績、面談  
志願者40-50名 10名程度を選抜  
テーマ: 企業・大学研究室テーマの一部  
アッセイ法の開発・現製品の改良等  
実施期間: 12週間 (夏休み)

<http://rockford.medicine.uic.edu/>

18



- インタビューでの留意点
1. 自分の位置づけが理解できているか？  
プロジェクトの目的は何か？  
貴方は、プロジェクトのどの部分を担当したか？  
それは、全体の中でどのような役割か？
  2. 主体的に実験を行っているか？  
実験の原理を答えられるか？  
用いた試薬(ベクターなど)の構造は何か？  
プライマーやsiRNAのデザインを自分で行ったか？  
どのような根拠で設定されたか理解しているか？  
対照実験はどれか？何を見たいのか？
  3. 実験で苦労したこと迷ったことは何か？  
方向性を考えているか？  
これからどのような実験を行ったらよいか？  
今後のプロジェクトのゴールは何か？  
貴方は、将来どのようにしたいか？



- The Tech Museum of Innovation  
Genetics展示内容
- 染色体からDNA(ビデオ上映)
  - DNAシーケンサー(シミュレーション体験)
  - DNAマイクロアレイ(シミュレーション体験)
  - GFP形質転換(Wet Lab. 実験体験)**
  - 遺伝子治療(記事、日記展示)
  - 遺伝子の全体像(ビデオ討論上映)
  - 遺伝カウンセリング(ビデオによる事例紹介)
  - 質問コーナー
  - 意見公開(ビデオ撮影、メモ掲示)



### 遺伝子組換え大腸菌からのGFPの精製



実験機材一式



GFP

疎水カラム



火曜日-金曜日限定  
Stanford大学の大学院生がInstructor

25

### “Be a genetic scientist”ラボ

2004年スタート

実験系開発:

Tsen博士とコラボ

現在の実験系:

プラスミドは、Bio-Rad製ではなく、  
独自に作成した常時発現性プラスミド



学校向けの実験教室開催

先生引率で

主に小学生が参加

・細胞の染色

・GFP観察他



### 点変異と病気



DNAシーケンサーのシミュレーション体験

### SNPと薬(テーラーメイド医療)



ワーファリン  
抗血液凝固剤

コデイン  
鎮痛剤



CYP2C9  
代謝



CYP2D6  
活性化×

心筋梗塞や脳梗塞  
での血液凝固阻害  
副作用: 鼻血・内出血

痛み止め  
副作用: 効かない

DNAチップのシミュレーション体験

### 遺伝カウンセリング



### DNA fingerprintingの模擬体験実験

サンプルの採取

ピペット操作と電気泳動



実験機材一式



電気泳動結果解析



火曜日-金曜日限定  
Stanford大学の大学院生がInstructor

30

