

10. 県花のじぎく, 県樹くすのきと博士
11. 神戸生物クラブの生字引
12. NHK趣味の園芸でのタレント振り
13. ラジオ関西, こども電話相談室での博識
14. 東奔西走, 講演のこぼれ話
15. ひょうご自然百科, 愛読者との交流
16. 華道界との縁
17. 著者の鬼の佛顔
18. 禁酒, 禁煙への意地
19. 教壇でのエピソード
20. 人間, 室井緯の素顔

- 6 第12回公開講座 11. 9 豊岡市民会館
 - ・細見末雄「但馬の植物」について
7. 常任理事会・40年委員合同会議
 - S. 61. 3. 8 県立明石高等学校
8. 理事会 4. 26 県立明石高等学校
9. 会計監査委員会 4. 26 県立明石高等学校
10. その他
 - ・創立40周年記念行事組織委員長 平畑政幸
 - ・高校生物ハンドブック編集長 山田 隆(留任)
 - ・淡路の自然 編集状況報告 岡田清隆
 - ・但馬の自然 発刊計画 今井幸夫

5. 役員改選と補充
 - ・5人委員会 (一色八郎・岡村はた・金澤龍・近藤浩文・谷口博各氏)

会員研究発表

1. 竹下 信 猪名川のβ中腐水域に分布する淡水海綿
2. 藤本光博 野生ザルの生態について

講演

「河川生物の生態研究の発展と展望」

とくに流水棲昆虫を中心に

金沢大学日本海域研究所研究員

理学博士 西村 登

1. はじめに
2. 流水棲昆虫の生態研究の動向
 - 1) 流水における底生昆虫の niche など
 - 2) 研究の動向(概観)
3. 河川環境と生物群集(静態論)
 - 1) 可児の河川形態論
 - 2) すみわけ理論の誕生
 - 3) 瀬と淵における昆虫群集の分布

4. 流水棲昆虫の生態研究の発展(動態論)

- 1) 幼虫の移動
- 2) 成虫の溯上
- 3) 出水による環境の変化
- 4) 出水の流水棲昆虫への影響と回復

5. 流水棲昆虫の生態研究の展望

1. はじめに

河川の生物は, おおまかにみると, 附着藻類, 底生動物および魚類などである。

そして, 河川生物の生態研究は, 一般生態学の一分野であるが, 一方淡水生物学または陸水生物学の一分野でもあるし, また藻類学, 昆虫学, 動物学および魚類学などにも含まれる。すなわち, 生物学=生命科学というケーキを図1のように水平に切って基本的分科に分けることもできるし, また一方でケーキを垂直に切って自然分類的分科に分けることもできる。

基本的分科
“層別”

分子生物学
発生生物学
遺伝学
生態学
その他

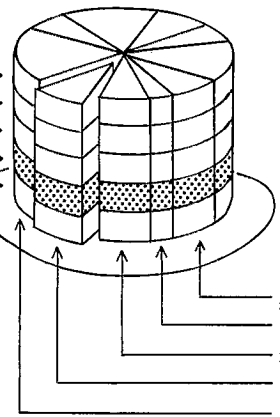


図1 生物学という“ケーキ”の基本的分科(横割り)と自然分類群分科(縦割り)(Odum, 1974)

上述のほか, 河川生物を生態学的に研究しようとすれば, 各生物の生息場所としての河川環境の諸条件を十分理解することが必要であり, そのためにはフォーレル(Forel, 1844-1912)によって創始され, ティーネマン(Thienemann, 1882-1960)によって体系づけられた陸水学(limnology)の知識が重要である。

しかし, 陸水学は当初より湖沼研究の成果によって発展したものである。湖沼は環境が閉鎖的で, それ自体ひとつの生態系としてまとまっているが, 河川は開放系である。1年という短時日または生物の1世代に限っていても, 河川ではその間度々洪水が起こり, その度に環境も生物群集も大きく変動してしまう。このように, 環境も生物群集も絶えず変動する河川では, 湖沼に比べ調査

が極めて困難で、そのため研究が著しく遅れているのが現状である。

また、最初陸水学は、水の物理・化学的性質などの無生物環境を扱うものと、生物のみを扱う陸水生物学として研究されたが、次第に両者を結びつけた生態系の構造と機能を対象として研究する方向に進んでいる。さらに、最近みられる顕著な傾向は、陸水と人間活動との関係に目が向けられるようになったことである。

今回は短時間の講演であるから、上述のすべてについて言及すわけにはいかない。そこで、今回は私の専攻する流水棲昆虫の生態研究の発展のあとをたどりながら、研究の動向についてアウトラインを述べることにしたい。

2. 流水棲昆虫の生態研究の動向

1) 流水における底生昆虫のniche など

陸水域に生息する生物を生活形によって分けるときは、一般に次の4つに区分される。

1. 浮漂生物(neuston) 水の表面に浮かんでいる生物。
2. 浮遊生物(plankton) 水中に浮かんでいる生物。自分の力ではあまり大きい移動はできない。
3. 底生生物(benthos) 水底にいる生物。
4. 遊泳生物(nekton) 自由に泳げる生物。

さらに細分する研究者もある。たとえば、ベントスや植物付着生物、泥生生物、砂中生物などと分け人もある。

ここで重要なことは、ある水域で1つの生活形の生物が単独で生活しているのではなくて、生活形を異にする多種が共存していることである。したがって、同種間または異種間に相互の関係がみられる。なかでも食物連鎖関係はその顕著な例である。いま円山川中流域の早瀬と淵における1例を示すと図2のとおりである。図2は魚の消化管内容物からみたもので、完全な食物連鎖関係を示していない(底生昆虫の一部には肉食のものがいる)。しかし、流水にすむ底生昆虫の多くが魚の餌として密接に関係し、捕食連鎖において一次消費者の位置(niche)を占めていることがわかる。

つぎに、川にすむ底生昆虫が分類群でどの位置に属するかを知るために表1、図3などを示す。川にすむ昆虫類は陸生のものほど種類は多くなく、トビケラ目・カゲロウ目・カワゲラ目に属するものが多い。

表1 八木川での採集種類数
(1956~1980)

トビケラ目	45	トンボ目	11
カゲロウ目	32	脈翅目	4
カワゲラ目	16	半翅目	1
双翅目	11	膜翅目	1
鞘翅目	5	昆虫以外	10

同定済み計136(未同定のものかなりある)(西村, 1981)

2) 研究の動向(概観)

流水棲昆虫の生態研究の動向を表2に示した。表2は1935年頃から1984年までの流水棲昆虫とくにトビケラ類の生態に関するわが国および外国の主な文献をリストアップした上でまとめてみたものである。研究分野の各研究者の主要な発表論文名を示すことができるが、ここではスペースの関係で一切省略されている。

各研究分野の発展は、必ずしも表2の上から下への方向ではない。わが国では、トビケラ類ひとつをみても、分類や生活史の研究においてさえまだまだこれからであるし、摂食生態をはじめとする種間関係の研究など全く未開拓の状況である。

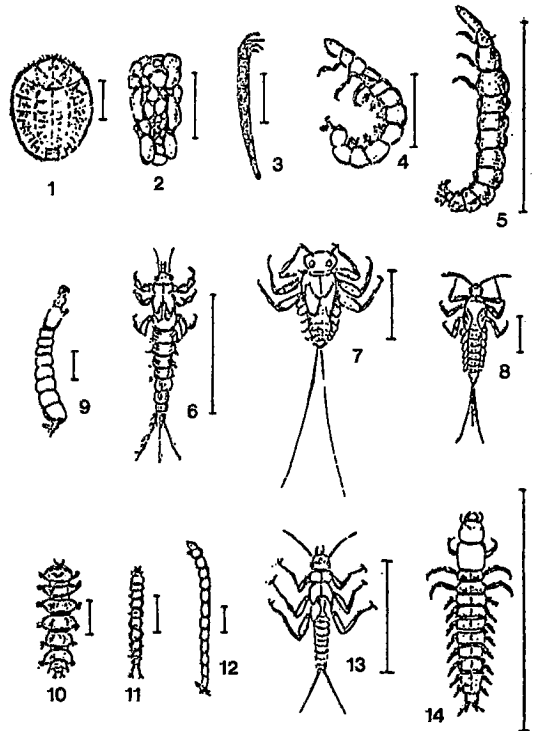


図3 八木川にすむ水生昆虫

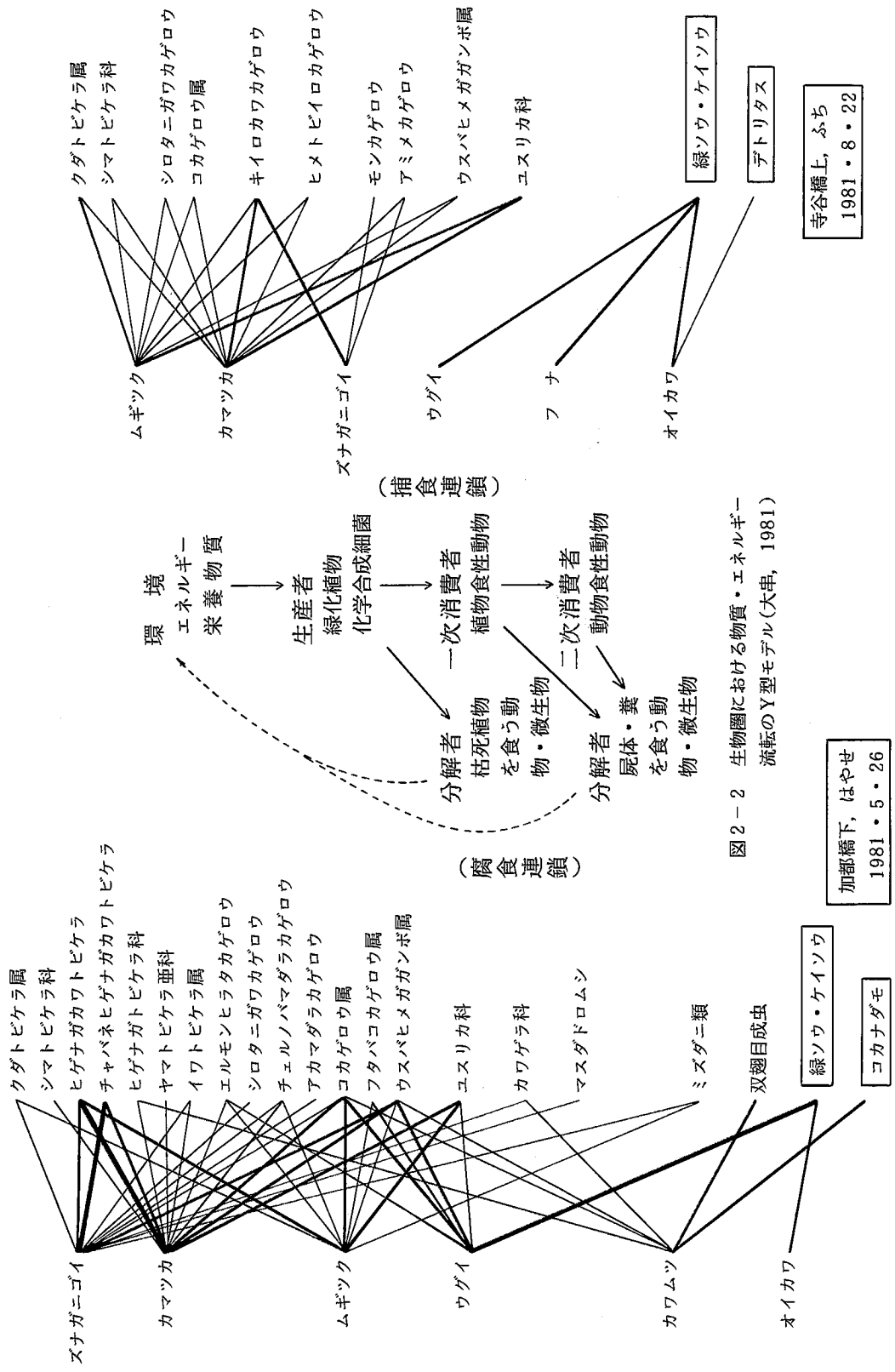


図2-2 生物圏における物質・エネルギー流転のY型モデル(大串, 1981)

図2-1 加都橋下・寺谷橋上付近における食物連鎖関係(線の太さは関係の強さを表す)(西村, 1983)

表3 水生昆虫の生息場所による分類

(大串, 1981)

水域	生息場所	環境の特徴	代表的な水生昆虫
海洋	沿岸, 内湾, 潮間帯	(広い水域 一定の塩分濃度 多様な生物相)	(ウミカガンボ ウミスリカ 海生トビケラ)
汽水域	河口, 潮溜り	(塩分濃度の変動 水温の変動)	トウゴウヤブカ (汽水域だけに棲む種類はない)
淡水域	河川	(流れる水 豊かな昆虫相)	(カワゲラ類, アミカ, ブユ, ナガレトビケラ, 造網性トビケラ, ドロムシ, ヒラタカゲロウ, カワトンボ)
	池沼, 湖	止った水	(ゲンゴロウ, ミズスマシ, タガメ, コオイムシ, アメンボ, トンボ, イトトンボ, モンカゲロウ)
	地下水域	(安定した水温 暗黒 貧弱な昆虫相)	メクラゲンゴロウ
湿地	湿原 湿岸面	半ば大気中	(ムカシヤンマ ヒメタイゴウチ)

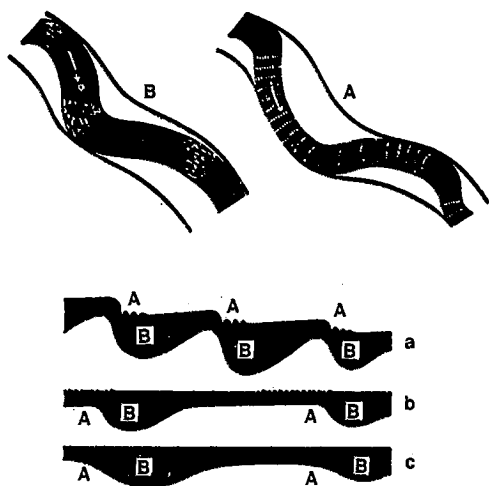


図4 可児藤吉による河川形態模式図(可児藤吉 1944)

上の2図は1陀行区間における淵と瀬の配置を示す。左 B型(瀬と淵は1つしかない) 右 A型(瀬と淵がいくつもある)。下の3図は流れの断面図で主に淵の型を示す。Aは瀬, Bは淵のだいたいの位置。上 a型, 中 b型, 下 c型

また可児氏は、流水の波立ち、川底の石の大きさや配列、流速、水深、川幅などをくり返し測定し、早瀬・平瀬・淵・川岸の部分などに類別し、それに対応した底生昆虫相をくわしく調査した。

上述のように、可児氏は川の環境を瀬と淵の配列関係という具体的な形で整理したばかりでなく、さらにそれぞれの環境条件に対応した生物の例の問題をくわしく研究され、わが国のその後の生態学に大きな影響を及した。

2) すみわけ理論の誕生

川底にすむカゲロウの幼虫の生態研究から、今西(1941)と可児(1944)は、かれらの「すみわけ」構造を明らかにした。ある場所の川底といっても、よくみると泥底、砂底、礫底、岩盤などさまざまである。流速もそれぞれ違う。このような底質や流速のちがいは、またそこにすんでいる生物の違いの原因となっている。いま、礫底のみに目を向けてみよう。水底の小石の表面にすむカゲロウの幼虫は、ひらたい形をしていて、小石の表面を滑るように移動している。ひらたい形をしているものはヒラタカゲロウ科と呼ばれているが、さらに細かく見ていくと、その形は種によって少しずつ違う。そして、それぞれの種は全く同じところに混棲しているのではない。例えば、賀茂川の中流域でみると、同じ礫底でも流心の流れの速いところから、川岸の流れのゆるいところへかけて少しずつ入れかわって分布している。すなわち、ウエノヒラタカゲロウ - ユミモンヒラタカゲロウ - エルモンヒラタカゲロウ - シロタニガワカゲロウの順である。

生物の形態は、生活と結びついたはたらきをもつ。このような見地から理解された形態を生活形という。いまのヒラタカゲロウ科の生活型は滑行型である。今西(1949)

は、種社会を生物群集の基本単位とし、上にみたように、生活形がよく似たいくつかの種社会どうしが「すみわけ」によって結ばれているとき、これらの種社会の集まりのあり方を「同位社会」とよび、それらを手がかりに彼独自の生物社会理論を構築したのは周知のとおりである。

すみわけ理論の詳細や批判は、今西、可児両氏や他の研究者の著書にゆずり、ここでは京都大学の生態学グループの中で、溪流棲昆虫の研究を通じて「すみわけ理論」が誕生したことを述べるにとどめる。

3) 瀬と淵における昆虫群集の分布

上述の可児(1944)の河川形態論と、それに対応した底生昆虫のすみわけ論は、その後の河川生物の生態研究へ新しい方法論として活用された。河川をひとつのまとまりとして把握するためにすぐれた理論であったからである。とくに重要な点は、河川形態の基本単位として、「瀬」と「淵」を取りだし、さらに底生昆虫相が基本的には「瀬の群集」と「淵の群集」にタイプ分けされること。そして瀬の環境と生物群集は流水的性格を、淵の環境と生物群集は止水的性格をあらわしていることを明らかにしたことである。可児氏の研究成果は、今日でもわが国の生態学関係の報告にしばしば引用されている。

可児氏の方法にしたがって、私が以前八木川上流で実施した瀬と淵における底生昆虫の分布調査の1例を図5に示しておく(図5省略)。

4. 流水棲昆虫の生態研究の発展(動態論)

1) 幼虫の移動

1950年代の後半以降、欧米でさかんになった流水棲昆虫の生態研究は、幼虫の流下に関してである。

川に行って水中を観察していると、水底の小石の表面にいるカゲロウ幼虫は、上流に頭を向けてじっと立っていたり、ゆっくり滑るように動いている。またトビケラの幼虫は小石の裏側のすきまに巣をつくってその中にすんでいるし、カワゲラは小石と小石の間を動きまわっている。彼らはいますんでいる場所から他へ移動することはないのだろうか。また、雨が降って増水し、水の勢いが強くなると流されてしまうことはないのだろうか。

大串(1956)は早くからカゲロウ幼虫の移動に注目し、水深の浅い瀬で遊泳型カゲロウの昼夜移動を観察し、夜間に多くの個体がみられることを報告している。また大串・斉藤(1963)は、幼虫の流下数の日周変化などを調べ、幼虫の流下は夜間に多く、昼間は少ないことを示している。同様の研究は各地で実施され、平水時における幼虫流下の一般性が認められるようになった。

その後、幼虫は流下するのみではなく、流下とともに溯上もすることが見出され、流下と溯上の両面から研究

が進められるようになった。しかし、まだ未解決の問題がひじょうに多い。

2) 成虫の溯上

河川昆虫成虫の飛翔行動については、従来群飛とその外界要因についてはかなりよく研究されてきたが、移動飛行についての報告はあまり多くない。

私は1958年八木川関宮で、ヒゲナガカワトビケラの雌成虫の溯上飛行を観察して以来、標識再捕実験、本流から支流への追こみ実験などをくり返し、その飛翔行動をくわしく研究し報告してきた。

その主な点は次の通りである。すなわち、1) 上記トビケラの雌成虫は溯上性が高く、定点を上流方向へ通過する割合は全飛行数の70~80%に達すること、2) 標識再捕の結果、1回の飛行距離は最高2.5Km程度になること、3) 円山川では成虫発生量の多い越冬世代においてのみ溯上産卵がみられることなどである。

3) 出水による環境の変化

雨が降り増水すると、砂泥がまず流出し、水が濁る。さらに出水の程度が大きくなると、川底が侵食され、かなり大きい石礫が流下し、また堆積する。

流路が蛇行している場所にある淵は、出水が起こると流水の衝突力で川底はさらに深く堀削され、その下流側には泥が流され礫が堆積して良好な瀬が形成される。しかし、蛇行の弱い場所にある淵は、出水が起こると川底が砂泥で埋まり、その下流の瀬にも砂泥が堆積してどろ状に悪化する。上述の結果は、円山川中流域に人工の淵を造成して行った実験によって明らかになったことである。

図6は、降水量・水位・流量の変動にともない、円山川上・中流域5定点での川底の礫の状態がどのように変化したかを示したものである。大礫底での変化は比較的小さいが、小礫底では出水のたびに流下と堆積をくり返し、大きく変化している(図6省略)。

4) 出水の流水棲昆虫への影響と回復

御勢(1968)は、伊勢湾台風(1959)前後の奈良県吉野川大滝地点における底生動物群集の現存量の遷移を研究し、洪水で全滅した流水棲昆虫の量的回復には7年を要することを明らかにした。

また私は、ヒゲナガカワトビケラの個体群密度の変動を出水との関連で8年間16世代にわたって追跡し、次のことを見出した。すなわち、1) 降水量と幼虫・蛹の残存率との間に負の相関が認められること、2) その関係は小礫底において大礫底よりも高いこと、3) しかし、降水量が少ない場合は、小礫底において大礫底における

より残存率はむしろ高いことなどである。

そして、出水によって全滅した個体群の回復について、次のように考察した。すなわち、1) 分布上限における消失後の次世代の回復は下流からの成虫の湖上産卵に依存していること、2) 分布中心域での小礫底における流出後の回復は、隣接する大礫底からの幼虫の流下と移動に依存していることなどである。

5. 流水・昆虫の生態研究の展望

わが国における流水棲昆虫の生態研究は、川村(1918)にはじまり、上野(1935)、可児(1944)、今西(1941)津田(1942, 1943, 1962)、津田・御勢(1954)等によって進められた。

その後、四万十川(1976)、長良川(1957)、宇川(1957)、吉野川(1966, 1967)、新潟県(1970-1982)、神奈川県(1979-1984)の諸河川、円山川をはじめとする近畿・山陰・北陸地方諸河川(1957-1983)その他において、河川底生動物の調査研究が進められ、多くの報告がつきつぎに発表されている。

上記の調査により、わが国各地の河川底生昆虫相がかなり明らかになったのは事実である。しかし、一方で基礎的な研究をみると、それ程多くないのが現状である。このような状態の中で、谷田(1980, 未発表)のシマトビケラ科、伊藤(1983, 1984)のカクツツトビケラ科、大野(1981)のユスリカの種類と生態に関する研究、大串(1981)の水生昆虫の生態全般にわたる解説、竹門(未発表)のモンカゲロウ、青谷(未発表)のヒゲナガカワトビケラの生態研究などは注目すべきものである。また私は、最近ヒゲナガカワトビケラについて生活環を通しての個体群動態をまとめ発表した(第4章参照)。

なお応用分野として、環境の指標生物としての研究、発電害虫としてのトビケラの研究である。

また外国での流水棲昆虫の研究は、1970年代に入って急速に発展しつつあり、そのようすは最近出版された Resh & Rosenberg(1984)によくまとめられている。

文 献 省 略

《新 刊 紹 介》

- 書 名 こんにちは遺伝子さん
メンデルからバイオテクノロジーまで
著 者 小 嶋 良 平
(神戸市立須磨高等学校 教諭)
内 容 第1部 メンデル法則がわかるまで
第2部 遺伝子はどこにある？
第3部 遺伝子って、どんなもの？
発行所 神戸新聞出版センター
定 価 1,200円

推薦のことは

神戸大学教育学部教授 理学博士 中西 哲
本書では、メンデルがエンドウでみた遺伝現象から最新の遺伝子組かえに至る話題や知識が、遺伝学の歴史に沿ってストーリー化してある。誰でも楽しく読み進むことができ、知らず知らずのうちに、遺伝の基礎を理解することができる、類をみない好著である。

神戸市立教育研究所指導主事

理学博士 前田 保夫

遺伝子とか、バイオテクノロジーときけば、記号がいっぱいの本だと思うでしょうが、そんな心配はいりません。こんな程度の低い質問をしては恥しいと思うような初歩のレベルから始まり、将来の方向までを明快に示した楽しい本です。

兵庫県立長田高等学校教諭

前田米太郎

教える先生の立場からでなく、生徒の立場で書かれているし、遺伝学者のエピソードや時代の背景などが随所に出てくるので、楽しみながら抵抗なく理解できます。

神戸市立須磨高等学校長

小久保富男

アイデアマンであり、優れた実践家でもある小嶋氏の面目躍如たる本書は、多感な高校生たちに、生命の神秘に対する畏敬の念と、尽きない興味を抱かせるきっかけをつくるものと確信します。