

# 生物濃縮を実感できる実験 —小学校・中学校・高等学校の理科教科書の調査—

## Experiment to Realize the Biological Concentration Investigation of Science Textbooks for Elementary, Junior High and High School

荻 峻秀\*・長南 幸安\*\*

Takayoshi OGI\*・Yukiyasu CHOUNAN\*\*

### 要 旨

平成20年以降から学校現場において環境教育の活動が活発になりつつある。現行の中学校学習指導要領の理科の項目においても、「自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間のかかわり方について認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う」と記述されている。地球環境が注目されるようになり始めたきっかけは1950~70年代に起きた公害による環境汚染が大きい。その中でも有名なのが水俣病であり、環境汚染の生物濃縮で起きた人類史上最初の病気である。この生物濃縮を学ぶ際、主な授業形態としては資料集やインターネットを用いる座学がメインとなっている。そこで、生物濃縮が実感できる実験の開発研究を現在行っている。その基礎として、現在使用されている教科書において生物濃縮がどの項目にどの程度記載されているか調査を行う。

キーワード：生物濃縮、環境教育、理科

### はじめに

現在の教育課程には環境教育に関する項目が数多く取り込まれている。文部科学省のホームページにも環境教育のページが単独で作られており、「国民が様々な機会を通じて環境問題について学習し、自主的・積極的に環境保全活動に取り組んでいくことが重要であり、特に、21世紀を担う子どもたちへの環境教育は極めて重要な意義を有しています」と記載されている<sup>1)</sup>。また、学習指導要領においては平成20年に告示された現行のものに環境教育に関わる多くの項目が新設されており、非常に大切な地位を占めていることがわかる<sup>2)</sup>。

日本で環境問題が大きく取り扱われることになったきっかけは1950~70年代に起きた公害による環境汚染が要因になっている。特に四大公害病のひとつである水俣病は、環境汚染の生物濃縮で起きた人類史上最初の病気である<sup>3)</sup>。

生態系において食物連鎖の上位に位置する生物ほ

ど、高濃度の化学物質が蓄積されることが確認されている。食う・食われるの関係によって蓄積が進行する仕組みを「生物濃縮」と呼び、環境問題と密接な関係にある<sup>4,5)</sup>。世界的には1962年にレイチェル・カーソンが著書「沈黙の春」でDDTなどによる生物濃縮問題を論じたことで、よく知られるようになった。

環境教育において重要なひとつの項目である生物濃縮だが、学校現場で学習する際、主な授業形態としては資料集やインターネットを用いる座学がメインとなっている。しかし平成20年に改訂された理科の学習指導要領解説では生徒の科学的な体験などの不足が課題に挙がっており、その充実を図ることが基本的な理念となっている<sup>6)</sup>。そこで生物濃縮が実感できる実験がないか考えてみた。その基礎として、今回は現在使用されている教科書を用いて、生物濃縮の実験に適している項目を調査する。

\* 弘前大学大学院教育学研究科  
Graduate School of Education, Hirosaki University

\*\* 弘前大学教育学部理科教育講座  
Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University

方法

平成23年度に発行された小学校・中学校・高等学校の教科書を用いて、本文・実験・観察・発展内容・コラムなどから生物濃縮に関する記述がどの項目にどの程度記載されているか調査を行う。

文献調査

教科書を調査した結果を各学校、出版会社ごとに分類した表を挙げる。

1 小学校<sup>7-12)</sup>

表1 小学校における各教科書の分類

学校図書

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第三学年				
第四学年				
第五学年				
第六学年	・生物のくらしと環境 ・人と環境	・「食べる」「食べられる」の関係 ・はい水を処理する	・本文 p.64,65,66,68 発展 p.67 ・コラム p.167	・食べ物とおした生物どうしの関係 ・わたしたちと水

教育出版

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第三学年				
第四学年				
第五学年				
第六学年	・生き物と環境	・食物連鎖 ・下水の処理	・本文 p.168 ・写真 p.176	・生き物と食べ物 ・わたしたちの暮らしと水

啓林館

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第三学年				
第四学年				
第五学年				
第六学年	・生物どうしのつながり ・自然とともに生きる	・食物連鎖、レイチェル・カーソン氏 ・下水の処理	・資料 p.51 ・本文 p.52 ・コラム p.60,61 ・本文 p.150	・食べ物を通じたつながり、レイチェル・カーソン氏の紹介 ・わたしたちの暮らしと水

信州教育出版社

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第三学年				
第四学年				
第五学年				
第六学年	・生き物と自然 ・人と環境	・食べたり食べられたりするかんけい ・下水の処理	・本文 p.72~74 ・本文 p.173	・生き物と食べ物 ・よごれた水をきれいにすとりくみ

大日本図書

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第三学年				
第四学年				
第五学年				
第六学年	・生物とのかんきょう ・生物と地球のかんきょう	・「食べる」「食べられる」の関係、食物連鎖 ・水や空気と生物のかんきょう	・写真 p.64,65(6-1) 本文 p.65(6-1) 発展 p.72(6-1) ・本文 p.79(6-2)	・生物どうしのかんきょう ・水や空気と生物のかんきょう

東京書籍

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第三学年				
第四学年				
第五学年				
第六学年	・生き物のくらしと環境 ・人と環境	・「食べる」「食べられる」の関係 ・下水の処理	・考えよう p.62,63 本文 p.64 ・写真 p.168	・生物どうしのかんきょう ・水とのかんきょう

表1における「扱い方」の分類だが、分類した項目は、各教科書に記載されているものをそのまま引用した。しかしコラムのタイトルはそれぞれ異なっていたため、「コラム」で統一した。また、大日本図書の「扱い方」に記載されている(6-1)(6-2)という数字は、教科書が2冊に分かれていたため1冊目を(6-1)、2冊目を(6-2)とした。

表1から読み取れることは、小学校6年生で初めて食物連鎖について学ぶということ。また、食物連鎖という単語を教科書の本文で記載している教科書と記載していない教科書に分かれていることが挙げられる。食物連鎖の単語が記載されていない教科書は代わりに「食べる」「食べられる」の関係という表現になっていた。本文には写真が多く使われており、一目で食物連鎖の関係が分かるように工夫されていた。小学生は実験や演習よりも基礎知識を学習させることに重点を置いていることが分かる。

2 中学校<sup>13-17)</sup>

表2 中学校における各教科書の分類

学校図書

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第一学年				
第二学年				
第三学年	・生物どうしのつながり ・自然・科学技術と人間	・生態系、食物連鎖、生産者と消費者 ・生物量、物質の循環、生物濃縮 ・排水の扱い	・本文 p.152,153,155 ・本文 p.160~164 ・コラム p.165 ・本文 p.220	・生物は外界とどのように関係しているか ・生態系の中で物質はどのように移動するか ・水をめぐりつり合い

啓林館

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第一学年				
第二学年				
第三学年	・自然と人間	・生態系, 食物連鎖, 生産者と消費者, 物質の循環 ・生物濃縮	・本文 p.182~187 考えてみよう p.185 ・本文 p.202	・生物どうしのつながりを調べる ・私たちが与える自然環境への影響

教育出版

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第一学年				
第二学年				
第三学年	・自然と人間	・生態系, 食物連鎖, 生産者と消費者, 物質の循環, 食物網 ・生物濃縮	・本文 p.184~186, p.188, 189, 194, 195 考えてみよう p.187 ・本文 p.202 ・コラム p.203	・生物どうしのつながりを調べる ・人間の活動は環境にどのような影響をあたえているのか

大日本図書

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第一学年				
第二学年				
第三学年	・自然界の つり合い	・生態系, 食物連鎖, 生産者と消費者, 食物網, 生物濃縮	・本文 p.114~118 実習 p.115 コラム p.120	・生物どうしのつり合い

東京書籍

学年	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
第一学年				
第二学年				
第三学年	・自然と人間	・生態系, 食物連鎖, 生産者と消費者, 物質の循環	・本文 p.230~234, 238	・生物どうしの間にどのような関係があるのか

中学校についても小学校と同じ分類を行った。表2から、中学校においても最終学年で生物と環境について学ぶことが分かる。食物連鎖について再び触れると同時に小学校と大きな違いは、「生物濃縮」という単語が登場した点である。生物濃縮を紹介する際に例として書かれていたのは、かつて農業に用いられたDDDやDDT、コンデンサーの絶縁に使われたPCBが多かった。レイチェル・カーソン氏を紹介している教科書もあり、生物濃縮は自然に起きるものだが、人間の環境を考慮しない活動においても生物に有毒な作用を引き起こしてしまうことを強調していた教科書がほとんどであった。

また、生物濃縮について記述してある項目が本文である教科書とコラムであるものに分かれた。この違い

は、コラムの内容として書かれているものはレイチェル・カーソン氏や環境保全など、様々な話を絡めて記述しているか否かの差だと考えられる。中学校も小学校と似たような教科書の構成になっており、教科書に書き込んだりする項目はあるものの、食物連鎖や生物濃縮に関する実験を行う活動は載っていなかった。

3 高等学校<sup>18-75)</sup>

表3 高等学校における各教科書の分類

啓林館

科目	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
科学と人間生活	・生命の科学	・生態系	・本文 p.46	・生態系における微生物
新編生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 水の保全	・本文 p.126, 127, 133, 134 実験 p.135	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 生態ピラミッド, 水の保全, 生物濃縮	・本文 p.174, 175, p.177, 182~185, 187 参考 p.177, 183 実験 p.186	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物	生態と環境	・食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド	・本文 p.431, 432, 447 実験 p.433	・生物群衆とその構造, 生態系

数研出版

科目	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
科学と人間生活	・生命の科学	・生態系	・本文 p.76	・生態系での微生物のはたらき
新編生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド, 生物濃縮	・本文 p.136~139, 144, 145, 148 資料 p.145	・生態系とその成り立ち, 生態系のバランスと保全
生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド, 水の保全, 生物濃縮	・本文 p.174~179, 187, 188, 196 参考 p.188 実験 p.190	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物	生態と環境	・食物連鎖, 食物網, 生態系	・本文 p.298, 307, 308	・生物群衆とその構造, 生態系

第一学習社

科目	取り上げて いる単元名	取り上げて いる題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な 学習の内容
科学と人間生活	・生命の科学	・生態系	・本文 p.112	・生態系内の微生物
新編生物基礎	・生態系とその保全	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド, 生物濃縮	・本文 p.144~146, 152, 154 コラム p.153, 162 実験 p.154	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物基礎	・生態系とその保全	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド, 水の保全, 生物濃縮	・本文 p.250~252, 254, 272 参考 p.253 実験 p.271	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物				

## 東京書籍

科目	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
科学と人間生活	・生命の科学	・生態系	・本文 p. 40	・生態系内の微生物
新編生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網	・本文 p. 118~120, 148~150	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網	・本文 p. 145, 171	・生態系, 生態系のバランスと保全
生物	生態と環境	・生態系, 捕食, 生態ピラミッド	・本文 p. 309, 328, 334, 337~339, 346 コラム p. 339	・生態系, 食物網と物質生産

## 実教出版

科目	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
科学と人間生活	・生命の科学	・生態系	・本文 p. 121	・微生物の役割
高校生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド, 生物濃縮, 水の保全	・本文 p. 126~129, 137, 141	・生態系と物質循環, 生態系のバランスと保全
生物基礎	・生物の多様性と生態系	・生態系, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド, 生物濃縮	・本文 p. 190~194, 198, 199 実験 p. 207	・生態系と物質循環, 生態系のバランスと保全
生物	生態と環境	・生態系, 捕食, 食物連鎖, 食物網, 生態ピラミッド	・本文 p. 344, 350, 351, 354	・生態系, 捕食・被食の関係

小学校・中学校と同様に分類した項目は、各教科書に記載されているものをそのまま引用したが、類似している部分においては1つの項目として取り扱うこととした。高等学校においても現在使われている教科書をすべて調査したが、「新編 物理基礎」「物理基礎」「物理」「新編 化学基礎」「化学基礎」「化学」「地学基礎」「地学」においては生物濃縮に関する記載がなかったため、表3からは除外してある。

表3から読み取れることとして、小学校と中学校に比べて実験の項目が入っていることが分かる。しかし実験の内容は簡易水質調査キットを用いた水質調査の実験のため生物濃縮を実感できるとは言いにくい。

また、生物濃縮について記載されているのは「生物基礎」までであり、「生物」の教科書ではより高度な内容を記載しているので生態系までは触れるが生物濃縮の記述はなかった。

## 考察

小学校では生物と環境の基礎を学び、中学校で初めて生物濃縮について記述されているが、高等学校に比べて実験の項目が少ないことが分かる。また、コラムや資料などのページは学校の段階が進むにつれて多くなっている。この内容を踏まえて生物濃縮に関する実

験をどこで行うことが一番効果的かを考える。

小学校ではまだ生物と環境の関係について学んだばかりであり、生物濃縮については学習していないので生物濃縮についての実験を行うことは向いていない。それに比べて中学校では食物連鎖から生物濃縮まで学ぶ。さらに実験の項目もほぼないので、生物濃縮に関する実験は中学3年生の「自然と人間」の単元で行うことが適しているのではないかと考える。現在考えている実験がヒ素を定性するラインシュ法やモリブデンブルー法などである。ラインシュ法では希塩酸、モリブデンブルー法では過マンガン酸カリウムに注意すれば他には危険なものを用いないので中学3年生なら十分行える実験だと考えている。また、高等学校の「生物基礎」の「生物の多様性と生態系」の単元でもこの生物濃縮に関する実験は同様に行えると考える。生徒一人ひとりが実験に取り組むことで現象に対する理解が深まり、環境の保全についても真剣に考えてくれるきっかけになるのではないかと期待している。

## まとめ

今回の教科書調査を行った結果、生物濃縮に関する実験は中学3年生または高等学校で行うことが適しているのではないかと結論づける。特に中学校では自然と人間の単元であまり実験が行われていないので、生徒の科学的な体験・実験を増やすことも考慮すると適当な場所だと考えられる。また、行う予定である実験も中学生でも扱うことができる試薬を用いるので安全面も考慮できている。生物と環境を学ぶうえで重要な生物濃縮という現象を実感して理解してもらうには、この実験が必要であると考えたためこの実験を今後検討していきたい。

## 参考文献

- 1) 文部科学省 環境教育  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/kankyoku/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kankyoku/index.htm)  
(2016/01/15 URL 確認)
- 2) 中学校学習指導要領 平成22年11月 pp.69
- 3) 原田正純 NGO 国際水銀シンポジウムの記録  
水俣から学ぶ—50年の歴史から  
[http://www.ne.jp/asahi/kagaku/pico/mercury/INC2\\_CACP/101204/101204\\_Harada\\_Kouen.html](http://www.ne.jp/asahi/kagaku/pico/mercury/INC2_CACP/101204/101204_Harada_Kouen.html)  
(2016/01/15 URL 確認)
- 4) 左巻健男・九里徳泰・平山明彦  
地球環境の教科書10講 pp.175 (2005) 東京書籍
- 5) 安原昭夫・小田淳子  
地球の環境と化学物質 pp. 9 (2007) 三共出版
- 6) 中学校学習指導要領解説 理科編  
平成20年9月 pp. 7

- 7) 新編 楽しい理科 3・4・5・6 信州教育出版社
- 8) 新しい理科 3・4・5・6 東京書籍
- 9) たのしい理科 3・4・5・6 大日本図書
- 10) 小学校理科 3年・4年・5年・6年  
学校図書
- 11) 小学理科 3・4・5・6 教育出版
- 12) わくわく理科 3・4・5・6 啓林館
- 13) 新しい科学 1・2・3 東京書籍
- 14) 理科の世界 1年・2年3年 大日本図書
- 15) 中学校科学 1・2・3 学校図書
- 16) 自然の探究 1・2・3 教育出版
- 17) 未来へ広がるサイエンス 1・2・3 啓林館
- 18) 科学と人間生活 啓林館
- 19) 科学と人間生活 数研出版
- 20) 科学と人間生活 第一学習社
- 21) 科学と人間生活 東京書籍
- 22) 科学と人間生活 実教出版
- 23) 新編 物理基礎 啓林館
- 24) 新編 物理基礎 数研出版
- 25) 新物理基礎 第一学習社
- 26) 新編 物理基礎 東京書籍
- 27) 高校物理基礎 実教出版
- 28) 物理基礎 啓林館
- 29) 物理基礎 数研出版
- 30) 物理基礎 第一学習社
- 31) 物理基礎 東京書籍
- 32) 物理基礎 実教出版
- 33) 物理 啓林館
- 34) 物理 数研出版
- 35) 物理 第一学習社
- 36) 物理 東京書籍
- 37) 物理 実教出版
- 38) 新編 化学基礎 啓林館
- 39) 新編 化学基礎 数研出版
- 40) 新化学基礎 第一学習社
- 41) 新編 化学基礎 東京書籍
- 42) 高校化学基礎 実教出版
- 43) 化学基礎 啓林館
- 44) 化学基礎 数研出版
- 45) 化学基礎 第一学習社
- 46) 化学基礎 東京書籍
- 47) 化学基礎 実教出版
- 48) 化学 啓林館
- 49) 化学 数研出版
- 50) 化学 第一学習社
- 51) 化学 東京書籍
- 52) 新編 化学 東京書籍
- 53) 新版 化学 実教出版
- 54) 新編 生物基礎 啓林館
- 55) 新編 生物基礎 数研出版
- 56) 新生物基礎 第一学習社
- 57) 新編 生物基礎 東京書籍
- 58) 高校生物基礎 実教出版
- 59) 生物基礎 啓林館
- 60) 生物基礎 数研出版
- 61) 生物基礎 第一学習社
- 62) 生物基礎 東京書籍
- 63) 生物基礎 実教出版
- 64) 生物 啓林館
- 65) 生物 数研出版
- 66) 生物 第一学習社
- 67) 生物 東京書籍
- 68) 生物 実教出版
- 69) 地学基礎 啓林館
- 70) 地学基礎 数研出版
- 71) 地学基礎 第一学習社
- 72) 地学基礎 東京書籍
- 73) 地学基礎 実教出版
- 74) 地学 啓林館
- 75) 地学 数研出版

(2016. 1. 18受理)