

地学教育

第48巻 第3号 (通巻 第236号)

1995年5月

目次

原著論文:

恐竜の体重を測ろう—地学の新しい実験開発の試み—間島信男... (93~102)

連星系のパソコンシミュレーション II. 食連星の光度変化
.....小川 慎・中村泰久... (103~112)

環境教育についての一つの提案.....下野 洋... (113~124)

委員会報告 (125~129) 学会記事 (131~135)

紹介 神奈川県立博物館編 新しい地球史 (130)

日本学術会議たより No.36 (136~137)

第49回全国大会プログラム

日本地学教育学会

日本地学教育学会公開シンポジウム

今、地球がおもしろい ——恐竜から天体まで——

主 催：日本地学教育学会

後 援：文 部 省

地球環境問題が活発に議論されてきている。これらの問題の解決には、個々の問題として扱うことは不可能で、グローバルな観点が不可欠である。これまで、地質学・古生物学・火山学・惑星科学等と個々の学問として扱われていた分野において、新しい研究成果が得られ、相互に関連して取り扱えるようになってきた。本講演会では多くの人々の関心の深い恐竜の盛衰を縦軸として、地球科学の発展を横軸にして、地球環境のグローバルな視点を提示し、一般の人々の理解を深めることを目的としている。

1. 開催日時：1995年8月25日（金）午前9時～12時

2. 場 所：鳥取県 県民ふれあい開館（鳥取駅南口）

3. 定 員：300名

4. 参加費：無料

5. プログラム：09時00分—09時05分 開催の挨拶 岡村三郎（学会長）

09時05分—09時15分 シンポジウムの趣旨 磯部瑠三（行事委員長）

09時15分—10時00分 地球科学はどこまでわかってきたか

濱田隆士（放送大学教授）

10時00分—10時30分 恐竜ととりまく白亜紀の自然環境

松川正樹（東京学芸大学助教授）

10時30分—11時00分 恐竜の絶滅と小惑星衝突による自然環境破壊

磯部瑠三（国立天文台助教授）

11時00分—12時00分 パネルディスカッション（質疑応答）

6. 問い合わせ先：日本地学教育学会事務局：〒184 東京都小金井市貫井北町4-1-1

東京学芸大学地学教室内

又は、鳥取大学教育学部 赤木三郎 FAX番号 0857-31-5113

平成7年度全国地学教育研究大会 鳥取大会開催案内
日本地学教育学会第49回全国大会

上記の大会を次の要領で開催します。多数ご参集下さいますようご案内申し上げます。

日本地学教育学会会長（前東京学芸大学教育学部教授）岡村三郎
大会実行委員長（鳥取大学教育学部教授）赤木三郎

大会テーマ：「新しい地球教育をめざして—学校教育の足元をみつめる—」

主催：日本地学教育学会
協賛：日本情報地質学会
後援：文部省、鳥取県教育委員会、鳥取市教育委員会、全国連合小学校長会、全日本中学校長会、全国高等学校長会、日本私立中学校高等学校連合会、財団法人日本教育研究連合会、日本理科教育協会、鳥取県小学校長会、鳥取県中学校長会、鳥取県高等学校長協会、鳥取県理科教育研究協議会、鳥取県小学校教育研究理科部会、鳥取県中学校教育研究会理科部会、鳥取県高等学校教育研究会理科部会、財団法人自然公園園美化管理財団
日時：平成7年8月24日（木）～8月27日（日）
会場：県民ふれあい会館（JR鳥取県南口）

プ ロ グ ラ ム

第1日：8月24日（木）午後の野外研修受付：12：30～13：00 JR鳥取県南口
野外研修（13：00～17：00） Aコース：鳥取砂丘・山陰海岸

8月25日（金）公開シンポジウム（09：00～12：00）

文部省科学研究費補助「研究成果公开发表」

「今、地球がおもしろい—恐竜から天体まで」

講師：浜田隆士（放送大学教授・東京大学名誉教授）

松川正樹（東京学芸大学助教授）

磯部瑋三（国立天文台助教授）

会場：県民ふれあい会館【参加費無料。会員の方は是非参加して下さい。】

第2日：8月25日（金）

1. 大会参加受付：県民ふれあい会館正面ホール

2. 開会式（13：00～13：20）

開会の言葉 実行副委員長

挨拶 大会会長

大会実行委員長

祝辞 鳥取県教育委員会

鳥取市教育委員会

閉会の言葉 実行副委員長

3. 日本地学教育学会奨励賞授賞式（13：20～13：30）

4. 大会日程の説明 大会事務局長

5. 基調講演（13：30～14：00）「地球環境の理解を深める地学教育」 下野洋（国立教育研究所）

6. 研究発表 I（14：00～17：30）

7. 懇親会（18：30～20：30） 会場：鳥取厚生年金会館（JR鳥取県南口）

第3日：8月26日（土）

1. 受付：08：30～09：00

2. 研究発表 II（09：00～12：00）

3. 閉会式（12：00～12：30）

開会の言葉 実行副委員長

挨拶 大会会長

大会実行委員長

大会決議

次回開催地（岐阜）代表挨拶

閉会の言葉 実行副委員長

事務局連絡 大会事務局長

昼食後〈野外研修〉A, B, C各コースで出発（JR鳥取県南口）

分科会 プログラム

第2日：8月25日（金） 研究発表 I（14：00～17：30）

第1分科会（地質の領域）

- 14：00～14：10 挨拶／分科会の進め方について
- 14：10～14：30 第6学年「大地のつくり」の体験的学習—身近な岩石標本岩石マップを活用して—
..... 川上雄二（岡山県井原市木之子小学校）
- 14：30～14：50 身近な自然を通して考える大地の歴史..... 小野田誠（岡山市岡北中学校）
- 14：50～15：10 鶴田玄武岩の層序..... 岡田龍平（鳥取県西伯町）
- 15：10～15：30 茨城県八溝川流域における漂砂金
..... 高見直樹（岡山県豊永中学校）・円城寺 守（筑波大・地球科学）
- 15：30～15：50 石灰岩地域の堆積物から算出する微小貝類とその教材化..... 藤江明雄（長野県豊科高校）
- 15：50～16：10 町に行く岩石学実習〈建物を飾る外国産石材の観察〉
..... 山家浩晶（鳥取県八頭高校）・山名 巖（元鳥取県教育研修センター）
- 16：10～16：30 地質図読図の効果的指導法—簡易立体模型の作製を通して— 竹ノ内誠一（鳥取県倉吉西高校）
- 16：30～16：50 地層教材に関する教具の開発 星見清晴（鳥取県立博物館）
- 16：50～17：10 地学教材としての数値シミュレーション 岡本義雄（大阪府立東百舌高校）
- 17：10～17：30 実物とマルチメディア教材を活用した地学発展教材の開発—岡山県内の露頭—
..... 山耕一郎（岡山県和気中学校）・岡本弥彦（岡山県教育センター）・平松 茂（岡山県教育センター）

第2分科会（天文・気象・地球物理の領域）

- 14：00～14：10 挨拶／分科会の進め方について
- 14：10～14：30 「はかるくん」によるγ線地質教材..... 川村教一（香川県立高松南高校）
- 14：30～14：50 重力概念の歴史的発達過程をテーマにした地学概論の試み 池田幸夫（山口大・教育）
- 14：50～15：10 鳥取県の地震活動（鳥取県西部地震を中心として）..... 黒川 泰（倉吉市立河北中学校）・
西田良平（鳥取大・工）・中尾節郎（京都大・防災研）・森建彦（京都大・理学研究科）
- 15：10～15：30 鳥取地震とその後の地震活動..... 平尾淳一（鳥取県鳥取西高校）・西田良平（鳥取大・工）・
中尾節郎（京都大・防災研）
- 15：30～15：50 鳥取地震の痕跡（磁気異常）を探る..... 塩崎一郎（鳥取大・工）・今井健元（アド・ブレイン）・
矢部 征（京都大・防災研）・岡田昭明（鳥取大・教育）・西田良平（鳥取大・工）
- 15：50～16：10 兵庫県南部地震に関するSTS教材開発の視点 藤岡達也（大阪府立大／大阪府立勝山高）
- 16：10～16：30 自作地震計で見た兵庫県南部地震 岡本義雄（大阪府立東百舌高校）
- 16：30～16：50 高等学校地学における地震防災教育とその実践 南島正重（東京都立志村高校）
- 16：50～17：10 高松平野におけるヒートアイランド調査 川村教一（香川県立高松南高校）
- 17：10～17：30 井戸の水位を測る 宮腰潤一郎（鳥取大）

第3分科会（地学教育の課題・環境教育などの領域）

- 14：00～14：10 挨拶／分科会の進め方について
- 14：10～14：30 「三朝高原付近の地質に関する研究—第1報～第7報」を指導して
..... 岸本 勉（元鳥取県三朝東小学校）
- 14：30～14：50 一小学校教師の地学教育40年の歩み（私の実践から）..... 平尾澄昌（元鳥取県勝谷小学校）
- 14：50～15：10 地学教育における言葉の認識について 山根幸夫・野村律夫（島根大・教育）
- 15：10～15：30 専門学校（地質関連）の現状と課題 有田耕一（国土建設学院）
- 15：30～15：50 中国における地学教育の現状と課題..... 蘇 曉梅（鳥取大・院生）・赤木三郎（鳥取大・教育）
- 15：50～16：10 理科の科目を越えたカリキュラムについて—私案 磯部瑠三（国立天文台）
- 16：10～16：30 リアス式海岸の扱いに見られる教育分野の自然科学からの遅れ
..... 林 慶一（東京学芸大・附属高校）
- 16：30～16：50 環境認識の態に基づく理科の野外実習（1）..... 下野 洋（国立教育研究所）・
恩藤知典（常葉学園大）・河原富夫（広島県立教育センター）・五島政一（神奈川県南下浦中学校）、
ほか野外学習研究グループ16名
- 16：50～17：10 環境認識の実態に基づいた理科の野外学習指導法とその事例（2）
..... 松田義章（北海道立理科教育センター）・下野 洋（国立教育研究所）・野外学習研究会
- 17：10～17：30 子どもたちの興味関心を大切に理科学習のあり方について 松本厚志（鳥取県安田小学校）

第3日：8月26日（土） 研究発表 II（9：00～12：00）

第1分科会（地質の領域）

- 9：00～9：20 地学的自然としての花崗岩地帯教材化の試み—小学校6年「大地のつくり」の場合—.....
少林浩志（島根県木次小学校）・長 和博（島根県立松江教育センター）・秦 明德（島根大・教育）
- 9：20～9：40 第四紀“西条湖成層”のビデオの作成 渡辺良範（東広島市立八本松小学校）

- 福原悦満(元高美が丘中学校)・隠善博孝(広島県志和堀小学校)・田部芳樹(広島県郷田小学校)
- 9:40~10:00 中学生に見られる地層形成概念の問題点と地層研究の現状
八田明夫(鹿児島大・教育)・中野健作(鹿児島県教育庁)
- 10:00~10:20 山陰地域のテフラ―卒業研究による進展岡田昭明(鳥取大・教育)・
 谷本慎一(鳥取県大栄中学校)・塩谷真一(鳥取県湖東中学校)・寺谷直美(鳥取県東伯中学校)・
 高浜 恵(元鳥取県会見小学校)・高浜禎彦(鳥取県法勝寺中学校)・高濱東子(鳥取県鳥取西中
 学校)・谷田孝之(鳥取県浜村小学校)・西尾美穂(鳥取県国府町教委)・柴田敏和(鳥取県久米
 中学校)
- 10:20~10:40 北但層群の研究とその教材化三木武行(兵庫県八鹿高校)・
 谷口正夫(兵庫県但馬農業高校)・中島 健(兵庫県豊岡高校)・神谷喜芳(兵庫県浜坂高校)
- 10:40~11:00 高松クレーターとその周辺の地質川村教一(香川高松南高校)
- 11:00~11:20 花崗岩類の人工風化実験と教材化の視点.....岡城孝直(島根大・院生)・秦 明德(島根大・教育)
- 11:20~11:40 地盤の液状化モデルの開発間々田和彦(筑波大・附属盲学校)
- 第2分科会(天文・気象・地球物理の領域)**
- 9:00~9:20 地域の風をもとにした気象現象の研究―台風19号による風の強さと方向
佐治孝武(鳥取県北条小学校)
- 9:20~9:40 大気の大循環の中での日本の気象の指導―ジェット気流を捉える
山田幹夫(徳島県穴吹情報専門学校)
- 9:40~10:00 アメダスデジタル解析ソフトウェアの開発
渡辺嘉士(東京都明法中学・高校)・榊原保志(信州大・教育)
- 10:00~10:20 眼と手で確かめる天文学習「星とその動き」「星空の中の太陽の動き」の教室実習
山田幹夫(徳島県穴吹情報専門学校)
- 10:20~10:40 体験教育の実践・南米パラグアイにおける皆既日食の観察.....高橋典嗣・日江井栄二郎(明星大)
- 10:40~11:00 夜空の明るさ測定のための共同観察磯部瑛三(国立天文台)
- 11:00~11:20 全国星空継続観察の科学部への指導松山和也(鳥取県高草中学校)
- 第3分科会(地学教育の課題・環境教育などの領域)**
- 9:00~9:20 景観を主題とする地学教育の試み北川光雄(静岡英和短大)
- 9:20~9:40 静岡県清水市の海岸浸食佐藤 武(東海大・海洋)
- 9:40~10:00 新袋川の水質に与える工場、生活排水の影響について引地勘治(鳥取市南中学校)
- 10:00~10:40 地学の立場から環境教育における負荷について稲森 潤(日本赤十字武蔵野女子短大)
- 10:40~11:00 ヒトの進化をどう教えるか―頭蓋ペーパークラフト模型を用いて―
井上貴央(鳥取大・医)・影岡優子(鳥取大・医)
- 11:00~11:20 方位と天体の動き―小学生の空間認識の育成―吉谷昭彦(鳥取大・教育)

*大会第1日の夕方、日本情報地質学会との共催で「コンピューターソフトによる地学教材検討会」が開催されます。

大会参加要領

- 大会参加費：3,000円(参加費、大会要領、野外研修資料集)
- 懇 親 会：多数の参加をお待ちしております。
 日時：8月25日(金) 18:30~ 場所：鳥取厚生年金会館 費用：4,000円
- 野外研修
 - 8月24日(木)「プレ巡検」半日コース
 - Aコース：日帰り半日コース 定員 50名、参加費 2,500円
 集合：JR鳥取駅南広場 13:00 出発
 コース：鳥取駅前→県庁前→砂丘センター(鳥取砂丘)→砂丘ユニオン裏(古砂丘・大山火山灰)→一つ山(離水
 海食洞)→山陰海岸自然科学館(日本海の生い立ち)→新井橋(β英)→網代港(山陰海岸遊覧)→JR
 鳥取駅北口 17:00 解散
 - 8月26日(土)
 - Aコース：日帰り半日コース 定員 50、参加費 2,500円
 集合：JR鳥取駅南広場 13:30 出発 JR鳥取駅北口 17:30 解散
 コース：プレ巡検コースと同じ
 - Bコース：1泊2日コース 定員 50名、参加費 18,000円
 第1日集合：JR鳥取駅南口 13:30 出発
 コース：鳥取駅前→倉吉市向山(大山テフラ)→仙隠(大山テフラ)→関金宿着 18:00
 宿 泊：国民宿舎「東大山せきがね荘」
 - 第2日出発：「せきがね荘」→犬狹峠→蒜山原花園(珪藻土)→塩釜(湧水)→三平山北麓(大山火山地形)→下
 蚊矢(火砕流)→大山寺(昼食自然博物館)→本宮(湧水)→上泉(大山テフラ)→JR米子駅15:30解散

Cコース：1泊2日コース 定員 50名、参加費 16,000円

第1日集合：J R鳥取駅南広場 13：30 出発

コース：鳥取駅前→白兎海岸（海岸地形・白兎礫層）→「原」の古砂丘（古砂丘・大山火山灰）→投入堂拝観所（三徳累層）→門前橋北露頭（中・鮮新統火山岩）→三朝温泉着18：00 宿泊：「はくろう清流荘」

第2日出発：「清流荘」→人形峠（ウラン鉱床・施設見学）（化石層）→辰巳峠→名馬谷（三郡變成岩岩類：珪質）→猿渡里→細尾の川原（佐治川石）→佐治アストロパーク（昼食・天文台見学）→佐治資料館・佐治石公園（辰巳峠産化石，佐治川石）→市瀬久本採石（三郡變成岩：泥質）→用瀬→河原→J R鳥取駅南口16：20解散

*申し込みは先着順とします。人数が少ない場合は中止することがあります。

*参加者の都合で急遽見学に参加できない場合は、予約金をお返し出来ないことがあります。

*天候などのやむを得ない事情で見学を取りやめることがあります。

4. 申し込み先・問い合わせ先・出張依頼申し込み先等

出張依頼状申込先：〒184 東京都小金井市貫井北町4-1-1

東京学芸大学地学教室内 日本地学教育学会事務局

大会参加・宿泊申し込みおよび大会への問い合わせ先：

〒680 鳥取市湖山町南4-101

鳥取大学教育学部地学教室内

平成7年度 全国地学教育研究大会 鳥取大会事務局

TEL. FAX 0857-31-5113（赤木研究室）

5. 参加申し込み、宿泊・野外研修の申し込みについて

宿泊等の申込書は、大会参加申込書とともに大会事務局宛に送付して頂きますが、その後はJ T B鳥取支社にて直接連絡して頂きますので、その指示にしたがって下さい。なお、本大会では旅行業者としてJ T B日本交通公社鳥取支社に依頼しています。市内にも各種の共済宿舎がございますが、これらは個人でお申し込み下さい。
交通機関のご案内：鳥取までの交通機関はお近くの各旅行代理店などを通じて早めにお申し込み下さい。

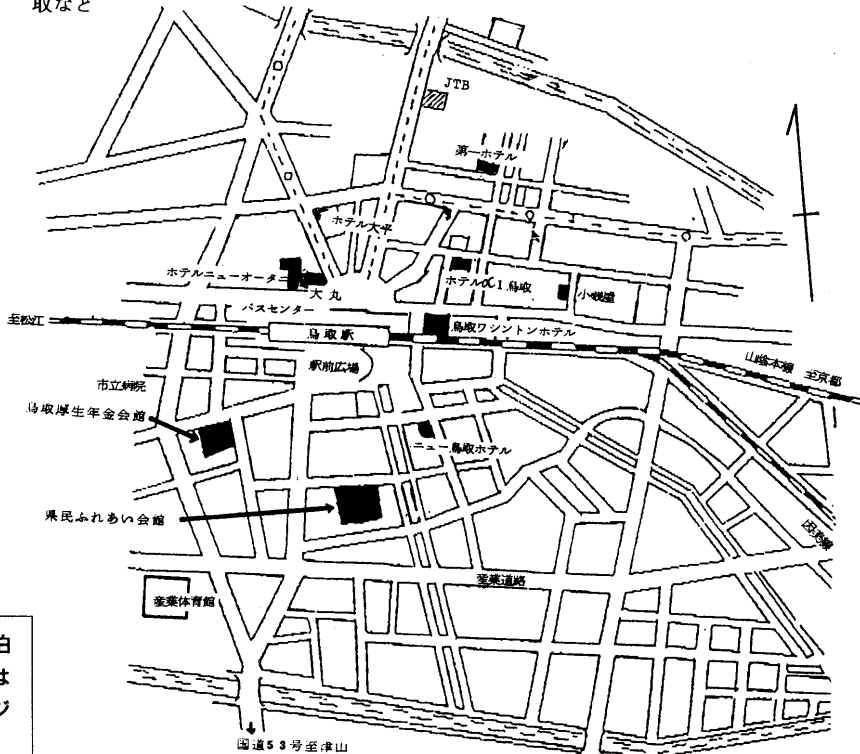
航空便……………東京～鳥取直行便は1日3便、大阪～鳥取便は1日1便

J R列車……………東京～鳥取（米子・浜田まで）寝台特急「出雲」1日1便（下り）

新大阪～鳥取は智頭急行「スーパーはくと」1日3便

岡山～鳥取は急行「砂丘」1日5便

高速バス……………東京～鳥取、京都～鳥取、大阪・神戸～鳥取、広島～鳥取、博多～鳥取、姫路～鳥取、米子～鳥取など



大会参加・宿泊
申し込み用紙は
本誌最終ページ
にあります。

恐竜の体重を測ろう**

——地学の新しい実験開発の試み——

間島 信男*

1. はじめに

近年、古生物学の分野の中で化石の生物としての側面を研究する生物学的古生物学 (paleobiology) の発展にはこの目を見張るものがある。しかし、学校教育の現場ではこの分野はあまり授業に取り入れられておらず、実験実習についても古典的な古生物学の観点から開発されたものがほとんどである。このことはたとえば高等学校の教科書に掲載されている古生物の復元画を見ても、必ずしも最近の知識をとり入れているとは言いがたいものが多く、しかも最近では誤りとされる学説を含んだものがしばしば見られ、この事実注目しても地学教育における古生物学の分野の内容のリニューアル化が立ち遅れていると言わざるを得ない状況にあることがわかる。

一方、ここ数年来、日本は未曾有の恐竜ブームといわれ、毎年夏になると、さまざまな出版物、展示会、ビデオ、マス・メディアなどから大量の情報もたらされている。これらの情報の質はまさに玉石混交であるが、中には教育的な観点からみても、非常に優れたものがある。それらは、恐竜という対象そのものに非常に強く焦点があてられていて、恐竜を生きた生物として理解しようとする最近10年間の恐竜研究に基づいている。従って、恐竜は生物学的古生物学とはどのような科学かを理解する絶好の材料でもあるし、「恐竜ブーム」は絶好の機会でもある。

以上のような状況をふまえ、生徒に関心が高いであろう恐竜を題材として、生物学的古生物学の内容の一端に触れることができる実習・実験ができないものであろうかと模索していたところ、Alexander (1989) の“Dynamics of dinosaurs and other extinct giants”という本の第2章に恐竜の推定体重の算出法の話が載っており、この内容が上記の目的に合致していると判断し、教材化

することにした。ここでは、その教材化の過程および筆者の勤務校で授業実践の報告をのべる。

2. 教材化の過程

(1) Alexander (1989) について

R. M. Alexander はバイオメカニズムの第一人者で、動物や人間の運動に関するメカニズムの解析にかかわる論文を多数発表しており、恐竜などの絶滅動物もその考究の範囲にはいつている。上記の本は、著者の得意とするバイオメカニズムを駆使して、恐竜の運動や生理、翼竜の飛行、海生爬虫類の遊泳法などについて考察した一般向けの普及書である。「恐竜の力学」という題名で地人書館から日本語訳が出版されている (アレクサンダー、1991)。この本の第2章が恐竜の体重査定の話にあてられており、ここで算出された体重がその後の章における恐竜のバイオメカニズムの解析をおこなうにあたっての基礎データとなっている。

(2) 体重を推定する意義

前項でも少し触れたが、絶滅した動物の体重を推定することには以下のような意義がある。

1) 動物の大きさ (サイズ) を表す指標として適切である (Alexander, 1989 ; 本川, 1992)。すなわち、体長や肩高のような長さを基準とした尺度では、体型が異なる動物間でのサイズの比較は困難となるが、体重を用いれば、体型によらず一律に比較することができる。

2) 現生の動物の体重と生理学的な変数や生態学的な特質の間には強い相関関係が知られており、体重を算出することによって、現生動物と同じ土俵のうえで生理機能や生態についての考察が可能となる (Martin, 1990; McNab, 1990)。体重との相関が得られている主な生理学および生態学的パラメーターには以下のものがある (Martin, 1990; McNab, 1990 および本川, 1992からまとめる)。

- ・標準代謝量
- ・体温調節
- ・ロコモーション (移動速度など)

*埼玉県立宮代高等学校

**第3回地学教育セミナー (1994年10月23日, 日本地質学会, 日本地学教育学会, 地学団体研究会主催) で一部講演
1995年1月28日受付 3月4日受理

- ・食物摂取率
- ・呼吸頻度
- ・水分平衡
- ・生殖および成長
- ・生物生産量
- ・行動圏の広さ
- ・寿命
- ・生息密度

このように体重は生物学的古生物学 (paleobiology) の研究をおこなうにあたって、重要な基礎データのひとつである。

(3) 体重推定の方法

恐竜などの絶滅した陸生脊椎動物の体重を推定する方法は、原理の異なる2方法に大別される。

1) 縮尺模型を使う方法 この方法は Colbert (1962) によって考案された方法である。これは動物の体重はその体積と密度の積として求められるとするものである。Colbert (1962) は精密な恐竜の縮尺模型をオリジナルで作製し、その模型を箱の中に入れ、そこに砂を満す。次にそこから模型を引き抜いて減った量を体積とする。それを実物の体積に換算して、密度をかけて体重を算出する。

Alexander (1989) は基本的な原理は同じだが、模型として広く市販されている大英博物館監修の縮尺40分の1のプラスチック模型を使っている。Alexander は実際に計測をおこなって、この模型が細部まで正確に縮尺されていることを確かめたうえで実験を行い論文を書いている。体積の測定にはより正確をきすため、浮力の原理を応用している (図1)。浮力の原理を使って物体の体積

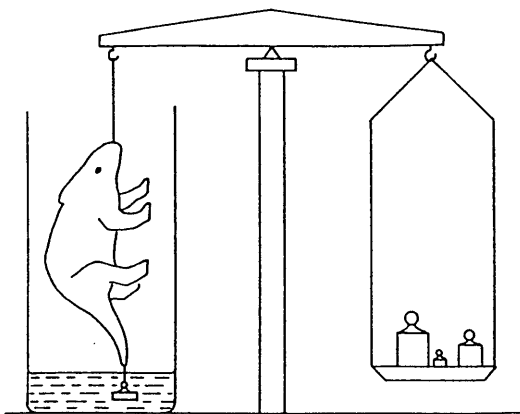


図1 恐竜模型の体積を測定する装置。Alexander (1989) より引用。

を測る方法は、これまでも岩石の密度測定の実験でも用いられており、おなじみの方法である。最初に恐竜模型に糸で重りをくくりつけ、重りの部分だけが水中にある状態で全体の重さを測る。重りをつけるのは模型が軟質プラスチック製なので水に浮かないようにするためである。ついで容器に水を満し、全体が水中にある状態でその重さを測定する。このとき、重りや模型の一部が容器の底や側壁につかないように注意する。前者と後者の重さの差が、その模型の体積となる。

模型の体積を実物の体積に換算するには、たとえば40分の1の縮尺の場合、縦、横、高さそれぞれについて40倍するので、 $40 \times 40 \times 40 = 6,400$ 倍すればよい。

密度については Colbert (1962) はアリゲーター幼体とドクトカゲの調査から得た 900 kg/m^3 という値を使っているが、Alexander (1989) は再検討の結果、 $1,000 \text{ kg/m}^3$ の方がよいとして、この値を採用している。また犬塚 (1988) によるとヒトの比重は1に近似できるそうで、大部分の陸生動物の密度は $1,000 \text{ kg/m}^3$ とみすことができる。

恐竜以外の研究例としては、犬塚 (1988) が中新世の絶滅哺乳類であるデスマスチルスについて自ら作製した縮尺生体復元像を用いて、同様の方法で体重を算出している。

この方法の問題点としては、Alexander (1989) や犬塚 (1993) によって指摘されているように、筋肉復元の量の問題などどうしても模型作製者の主観が入ってきてしまう点にある。表1に示す Colbert と Alexander の推定値の違いは模型の違いによるもので、この難点を如実に反映している。なお、この表では、Colbert の体重値は Alexander の密度値を使って計算し直したものを載せてある。

2) 骨格の計測値から算出する方法 Anderson et al. (1985) は、現生の四足哺乳類の体重を支える主な骨である上腕骨と大腿骨の円周の合計と体重の間の相関の回帰方程式を求めた。哺乳類が選ばれたのは、恐竜の体重の支持姿勢がワニなどよりも哺乳類に近いためである。恐竜の骨の計測値をこの式に代入して体重を算出する。

骨格の各部分の計測値と体重の相関から体重を求める方法は、化石哺乳類の研究の分野で発展を遂げ、Damuth and MacFadden (1990) に詳しくまとめられている。

この方法についての批判は Alexander (1989)、Haynes (1991) などによってなされている。主な点は、この方法は骨格の一部の情報しか活用していないこと、体重の増加に伴う骨の相対成長の比率は、骨の各部分や動物種によって異なっていることなどである。たとえば、絶滅

した長鼻類のマンモスやマストドンの大腿骨は現生のゾウに比べて長さの割に直径が太く、そのためアフリカゾウとマストドンを比べると、肩高はアフリカゾウの方が10~20%高いのに、体重はマストドンの方が約2~3倍も重いという結果になってしまう(Haynes, 1991)。

(4) 教材化にあたっての変更点

Alexander (1989)を参照しながら授業用のプリントを作成した(図2)。

筆者の勤務校では実験のために2時間続きの授業時間が設定されているので、それに合わせてなるべく多くの種類を測定することとし、メガロサウルス、ティラノサウルス、アバトサウルス、ブラキオサウルス、ケティオ

サウルス、イグアノドン、ステゴサウルス、スケリドサウルス、トリケラトプスの9種類とした。測定する種類を多くしたことは恐竜の多様性を理解してもらううえでたいへん有効であった。現在では更に新しい種類が市販されているので、種類を付け加えたり、変更したりすることも可能である。また種類を減らせば1時間での実施も可能である。

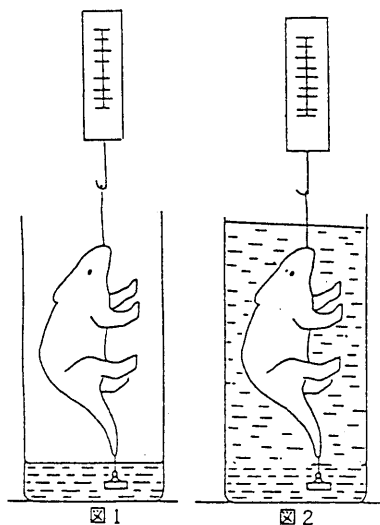
Alexander (1989)では模型の重さを測るために天秤を使用しているが、教材用の天秤ではこのような大きな模型を測れるものがないのと、操作の簡便性も考慮してバネばかりを使用した。当初500g用を用意したが、アバトサウルス、ブラキオサウルスではそれでは間に合わな

恐竜の体重の推定

【目的】 絶滅した古生物の体重を推定する方法を知る。

【準備】 ポリバケツ(45ℓ程度)、バネばかり(500g, 1kg用)、糸、大英博物館恐竜模型(1/40)、おもり(100g)、計算機

【方法】 恐竜の体重は恐竜の体積×密度で求められる。そこで恐竜の模型を使って体積を求め、それをもとに体重を算出する。大英博物館の恐竜模型は厳密な科学的復元のもとに作製されており、市販されている恐竜模型の中では姿、縮尺ともに最も正確なものである。恐竜模型の体積はアルキメデスの原理(浮力の原理)を応用して求める。



(1) 恐竜模型におもりをつけ図1のように水を入れたポリバケツの中に、おもりの部分だけが水中に沈むようにしてつるす。このときの重さWを読み取る。恐竜模型とおもりが、ポリバケツの底や側壁に触れないように注意する。

(2) 次にポリバケツに水を満たし、模型全体が沈むようにする(図2)。このときもポリバケツの底や側壁に模型が触れないようにくれぐれも注意すること。このときの重さW'を読み取る。W-W'が恐竜模型の体積になる(体重ではない!)

(3) 模型は40分の1の縮尺なので、実物の体積に直すために(2)で求めた値を64,000倍する。(模型は40分の1なので、縦、横、高さについてそれぞれ40倍、すなわち40×40×40=64,000となる)

(4) 体積の単位をcm³からm³に直す。

1,000,000cm³=1m³である。

大部分の動物の密度は水の密度と同じである。すなわち1,000kg/m³(=1t/m³)である。したがって、この値がそのまま体重(単位:t)となる。

図2 授業用のプリント。実験の説明の部分

表1 いろいろな著者による推定体重の比較と筆者による予備実験の結果。Alexander (1989) に一部加筆。

	筆者	アレキサ ンダー (1985)	コルバート (1962)	アンダーソン他 (1985)
獣脚類				
メガロサウルス	3.9	--	--	--
ティラノサウルス	7.4	7.4	7.7	4.5
竜脚類				
ディプロドクス	18.9	18.5	11.7	5.8
ブラキオサウルス	46.7	46.6	87.0	31.6
ケティオサウルス	12.5	--	--	--
鳥脚類				
イグアノドン	5.5	5.4	5.0	--
剣竜類				
ステゴサウルス	3.1	3.1	2.0	--
曲竜類				
スケリドサウルス	0.84	--	--	--
角竜類				
トリケラトプス	6.1	6.1	9.4	--
哺乳類				
マンモス	5.1	--	--	--

(単位:トン)

いため、1 kg用も用意し、両者を併用して使っている。

筆者による予備実験の値は Alexander (1989) とよく一致し、バネばかりを用いても十分な精度が得られることが確認できた (表1)。大英博物館監修の模型の中には恐竜だけでなく、マンモスも含まれている。マンモスの場合は現生ゾウとの比較から、算出された推定体重が妥当なものかどうか判断できるので、この実験の有効性を検証することができると考えた。筆者の計測では5.1 t という値が得られた。この模型の肩高は69mmで、実際の肩高は2.8mとなる。川口 (1983) によると、アジアゾウは肩高2.5~3.3m、体重5 tまで、アフリカゾウは肩高3~4 m、体重5~7 tであり、得られた体重値は妥当なものとして判断された。

恐竜につける重りには力学台車用の重りがフックがついていて便利である。

模型を入れる容器としては、ポリビーカーでも間に合わないため、45ℓ角型ポリバケツを使用している (これは本校では教室のゴミ箱として使っているもので、実際には予備の新品のものを倉庫から借りて使っている)。

(5) 考察の内容について

昨年度までの考察の内容を図3に示す。これは Alexander (1989) の本の第3章の内容にもとづいてつくったものである。しかし、単位面積当たりにかかる荷重といっても、生徒にはどのようなものであるか感覚的にとらえることができず、理解が難しいようであった。また足跡化石の研究者から、足の地面へのめり込みやすさは体重だけによって決まるものではないとの意見もいただいた。

そこで体重の生物学的な意義として、生理学的、生態学的パラメーターとなることをより鮮明に理解させるために、食物摂取量を計算させることにした。前述のように体重と標準代謝量や摂食率との相関はよく知られている。たとえば本川 (1992) は恒温動物で標準代謝量 $E_s = 4.1 W^{0.751}$ 、変温動物で $E_s = 0.14 W^{0.751}$ などの式をあげている (W は体重で単位はkg)。しかしこれらの式にもとづいて標準代謝量や摂食率を計算させても、その単位はいずれもワットであり、生徒にとってははなはだ抽象的すぎて、実感がわかないであろうと考え、もっと具体的に肉を何kg、草 (ここでいう草とは草本の

ことではなく植物質全般のこと) なら何kg食べるという形式にしたかった。そこで標準代謝量をもとに1日当たりの摂食量をだす式をつくろうとしたがうまくいかなかった。コルバート (1981) の本にゾウやゾウガメの食事の量から竜脚類の食事の量を推定する話が載っていたので、考察の前半部分はそのデータを使わせてもらった。実際は上の式からも分かるように摂食量は体重の約0.75乗に比例するので、体の大きな恐竜にゾウやゾウガメの比率をそのまま当てはめる訳にはいかないのだが、初歩的な考察ということで、とりあえずそのままの比率とした。

ちなみにゾウが1日に消費する食物の量についてはいろいろな見積りが報告されている。それらは Sukumar (1989) によってまとめられており、成獣では生重量で135~300kgの範囲である。また1日当たり摂食にかかる時間の総量は12~19時間との報告があり、12時間の摂食で食べる量は乾燥重量で体重の1.5% (乾季)、1.9% (雨季) となっている (Sukumar, 1989)。生重量か乾燥重量かで値が大きく違ってくるので、資料を見るときにはこの点に注意しなくてはならない。いずれにせよコルバ

[結果]

恐竜名	W (g)	W' (g)	W-W' (cm ³)	実物の体積 (cm ³)	体 重 (t)	ゾウ (頭分)	ヒト (人分)
メガロサウルス							
ティラノサウルス							
アバトサウルス							
ブラキオサウルス							
ケティオサウルス							
イグアノドン							
ステゴサウルス							
スケリドサウルス							
トリケラトプス							

[考察]

1) アフリカゾウのオスの体重は約5.5tである。それぞれの恐竜の体重はアフリカゾウ何頭分に相当するか。また自分の体重の何倍になるか。

2) 足の単位面積当たりにかかる荷重は、例えば柔らかい地面にどのくらい足がめり込むかを知る一つの手掛かりとなる。恐竜の足には単位面積当たりどのくらいの荷重がかかることになるか。また他の動物と比較してどうか。

	体重 (t)	足の総面積 (m ²)	単位面積当たりの荷重 (kg w / m ²)
ティラノサウルス		0.6	
イグアノドン		0.4	
アフリカゾウ	4.5	0.6	
ウシ	0.6	0.04	
ヒト	0.07	0.035	

月 日	年 組 番	氏 名
	グループ番号 ()	

図3 授業用プリント。結果と考察の部分。

ートの1日300kg, 体重の6%という値はほぼ上限の値であると考えられる。植物食性変温動物の食物摂取量の乾燥重量でのデータを残念ながら見つけることができず、考察では恐竜温血説にからめて温血動物とそうでない動物の両方の値が欲しかったので、コルバートの本の値をそのまま採用することにした。

後半の肉食恐竜についてはボール (1993) に $F = 0.11 W^{0.75}$ というそのものズバリの式が載っていたのでこれを拝借することにした。こうしてできたのが、図4の考察のプリントである。結果として、考察に易しい問題か

ら指数関数が出てくる難しい計算までが順に並ぶことになり、生徒にとっては取り組み易かったようである。

3. 筆者の勤務校での実践例

筆者の勤務する高校は埼玉県東部に位置する全日制共学の普通科高校である。地学は第3学年の文系クラスで理科Ⅱと抱き合わせの選択必修となっており、例年3クラスが開講する。週3単位で、1単位時間が1日、2単位時間 (いわゆる2時間続き) が1日という時間割構成になっている。1994年度は3クラス計100名が履修して

[考察]

以上の体重値をもとに恐竜が1日にどのくらいの食物を食べていたかを推定してみよう。

内温性(温血)動物と仮定した場合・・ゾウは1日に自分の体重の6%の生の植物を食べる。この割合で食べるとすると

	体重 (kg)	食物の量 (kg)
ゾウ	5000	300
トリケラトプス		
アバトサウルス		
ブラキオサウルス		

外温性(冷血)動物と仮定した場合・・ゾウガメは1日に体重の3.3%の食物を食べる。この割合で食べるとすると

	体重 (kg)	食物の量 (kg)
ゾウガメ	136	4.5
トリケラトプス		
アバトサウルス		
ブラキオサウルス		

実際は、1日に食べる量は標準代謝量に関係があり、標準代謝量は体重の0.75乗に比例する。このことから肉食恐竜が1日当たり食べる生肉の量を計算してみよう。

$$F = 0.11 W^{0.75}$$

F : 1日に必要な生肉の量 (kg)

W : 体重 (kg)

電卓のキーの押し方:

$$0.11 \times \text{体重 (kgにした値)} \text{ [SHIFT] [X']} 0.75 =$$

	体重 (kg)	食物の量 (kg)
ティラノサウルス		

肉食動物は食べ物が手に入った時はドカッと食べ、その後はしばらくエサを取らずにおとなしくしています。今、1頭のティラノサウルスが1頭のトリケラトプスを倒したとすると何日間分の食糧が手に入る計算になるでしょうか。ただしトリケラトプスの体重の85%を食べることができる部分とします。

$$\frac{\text{トリケラトプスの体重 (kg)} \times 0.85}{\text{ティラノサウルスの1日に食べる量 (kg)}} = \text{ } \text{ 日分}$$

年 組 番 氏名

図4 本年度より採用した考察プリント。

いる。

(1) 設定

1990年度よりこの実験をおこなっている。第2学期いっぱいをおこなうとして「地球の歴史と生物の進化」にあって、地球の創成から人類の進化までを取り扱っている。本実験は2学期最初の2時間続きの授業でおこなっている。これは2学期の授業全体の導入という意味合いと水

に触れる実験なので残暑の残っている間におこないたいという意図からである。以前、授業の進行にあわせて中生代の項でおこなったら、水の冷たい時期になってしまい、生徒が実験を決るといふ笑うに笑えない状況が生じたこともあった。

4人1班として共同で作業に当たらせている。恐竜模型は1種につき3~4体用意しておき、各班で交換して全種類を測定させるようにしている。

実験に先立って、体重を推定する意義、体重推定の各方法、本方法の原理を説明した後、実験操作の説明にはいる。2時間続きの授業であれば、時間は十二分にあり、後片付けや実験プリントの記入なども余裕をもって終わらせることができる。

(2) 指導上の留意点

これまでの経験から、実験にさいしての留意点をいくつかあげる。

1) 模型の吊し方 模型や重りが容器の底などに触れぬよう、また水面から飛び出している部分がないように注意徹底させる。とんでもない値を出す第1の原因である。また糸を結ぶのをめんどくさがり、1本の糸で済まそうとしたり、重りをフックで直接模型に吊り下げようとする生徒が必ずいるが、いずれもうまくいかない。模型をバネばかりに吊す糸と重りを模型に付ける糸はそれぞれ別に結ばなければならないことを根気強く指導する。

また吊す姿勢はどうしてもプリントの説明図にとらわれて頭に糸を付け尾の先に重りをつけることになっ

てしまうが、実はアバトサウルスやブラキオサウルスのような大型の模型では、いかに45ℓのポリバケツといえどもこの吊し方では正しい姿勢で容器の中に沈めることができないのである。どのような姿勢で吊したらよいか、工夫するようにアドバイスしてやる必要がある。これまでの経験では重りを前肢と後肢の間の位置にもって来て、胴体に糸を巻き付けて吊す姿勢がよいようである。なか

[結果]

恐竜名	W (g)	W' (g)	W-W' (cm ³)	実物の体積 (cm ³)	体 重 (t)	ソウ (頭分)	ヒト (人分)
メガロサウルス	140	80	60	3840000	3.8	0.8	63
ティラノサウルス	190	80	110	7040000	7.0	1.4	117
アバトサウルス	510	50	460	2940000	29.4	5.9	490
ブラキオサウルス	780	60	720	46080000	46.1	9.2	768
ケティオサウルス	275	80	195	12480000	12.5	2.5	208
イグアノドン	165	85	80	5120000	5.1	1.0	85
ステゴサウルス	130	90	40	2560000	2.6	0.5	43
スケリドサウルス	100	85	15	960000	1.0	0.2	17
トリケラトプス	175	80	95	6080000	6.1	1.2	102

[実験の際の注意]

- 1) 原則として1班4人です。4人で仲良く係を分担してやって下さい。たとえば、1人は模型を吊す人、1人は模型やおもりがポリバケツについていないか確認する人、1人ははかりの目盛りを読む人、もう1人は重さを記録する人などです。
- 2) はかりの目盛りは1目盛りが5gです。目分量で結構ですから1g単位まで読んでください。
- 3) 恐竜の体重は四捨五入して小数第1位まで出してください。

図5 生徒の実験結果の例。

なか生徒が思いつかない場合には、一度手で水中に沈めて正しい姿勢を示してやるとよい。

2) はかりの目盛りの読み バネばかりの最小目盛りが5gなので、どうしても生徒は5g単位で読みがちである。そこで目分量で1g単位まで読み取るように指導している。実際は多くの生徒が5g単位で記録し、出てくる体重も許容範囲なのだが(図5参照)、目盛りが揺れて読み取りにくいので、このような指導を怠るとさらにおおざっぱに読み取る傾向がある。

3) 電卓による計算 計算は多くの生徒が嫌がる作業で、生徒の感想の中でも計算がめんどうくさかったというものが多い。本校では電卓を使用させているが、それでもこのような結果である。また有効数字の概念がないため、電卓に表示された数字をすべて書き写してしまう生徒が多い。どこで四捨五入するか指導してやる必要がある。また1ケタ違っている生徒は、単位の換算過程で小数点の移動を間違えた生徒なので、その点を指摘してやる必要がある。

4) 模型の管理 業者のカタログによれば、大英博物館監修の恐竜模型は教材であっておもちゃではないことになっているが、生徒にとってはしよせん「おもちゃ」としか映らない。当然、「おもちゃ」で遊ぶ生徒もでてくる。これはある程度は仕方のないことだが、それをうまくコントロールして、考察まできちんとプリントを仕上げさせる指導が実験の成否を握る鍵となる。

(3) 生徒の感想

模範回答例および生徒のプリントの例を図5, 6, 7にしめす。また94年度履修者について、実験プリントの余白に自由に感想を書かせたところ、100名中66名が記入し、その内容は大別すると、およそ次のようにまとめられた(複数回答を含む)。

1) 実験について

- ・楽しかった (18人)
- ・みんなで協力できたのは良かった (1人)
- ・操作に戸惑ってしまった (2人)
- ・作業が面倒だった (3人)

- 1) アフリカゾウのオスの体重は約5.5tである。それぞれの恐竜の体重はアフリカゾウ何頭分に相当するか。また自分の体重の何倍になるか。
- 2) 足の単位面積当たりにかかる荷重は、例えば柔らかい地面にどのくらい足がめり込むかを知る一つの手掛かりとなる。恐竜の足には単位面積当たりどのくらいの荷重がかかることになるか。また他の動物と比較してどうか。

	体重 (t)	足の総面積 (m ²)	単位面積当たりの荷重 (kgw/m ²)
ティラノサウルス	7.4	0.6	1.2×10^4 (12333)
イグアノドン	5.5	0.4	1.4×10^4 (13750)
アフリカゾウ	4.5	0.6	0.8×10^4 (7500)
ウシ	0.6	0.04	1.5×10^4 (15000)
ヒト	0.07	0.035	0.2×10^4 (2000)

図6 昨年度までの考察の模範解答例。

- ・すごく疲れた (7人)
 - ・計算が大変だった (13人)
 - ・大きい恐竜を測るのが大変だった (6人)
 - ・恐竜の体重がこんなことで分かるなんてすごいと思った (7人)
 - ・重さを知ることができてためになった (2人)
 - ・とても涼しい授業だった (1人)
 - ・この水不足のおりに贅沢な実験だと思った (1人)
- 2) 考察について
- ・予想以上に大きいことが分かった (16人)
 - ・ヒトの何人分もの重さになることが分かった (2人)
 - ・ゾウと比べると余り違いがないのに驚いた (1人)
 - ・恐竜にもいろいろな大きさのものが分かった (5人)
 - ・体重や食事の量を数字で出されても実感がわかない (1人)
 - ・模型から食事の量までわかってすごいと思った (1人)
 - ・恐竜はたくさん食べることが分かった (7人)
 - ・自分の大きさに見合った量を食べる (1人)
 - ・こんなに大量に食べるから餌不足になって減びたのではないだろうか (2人)
- 3) その他
- ・恐竜は体重が重いので長生きしたのだろうかと思った (1人)
 - ・現在恐竜がもし生きていたら、地球は人間の勝手にはならなかったら (1人)
 - ・今生きていたら恐ろしい (1人)
 - ・今生きていたらおもしろい (1人)
 - ・なぜ減びてしまったのだろうか (1人)
 - ・こんなに大きな生物が本当に地球上にいたとは信じられない (1人)
 - ・いつか人間も減んでしまうのだろうかあとと思った (1人)
 - ・恐竜の模型が気持ち悪かった (1人)
 - ・恐竜の模型がかわいかった (1人)
- 実験については感想を書いた生徒のうち42%が好意的な感想を寄せている。実験操作や計算が大変だったなどとしている生徒も38%と数字の上からは大きな比率を占めるように見えるが、いわゆる拒否的な反応ではなく、実験中は実に生き生きとした表情で自ら進んでどんどんと作業を進ませている。
- 以下に生徒の感想の主なものを原文のまま掲載する。
- ・恐竜は人間の何人分もの重さになることがわかった。なんとなくだが恐竜がどれだけ大きいのか分かったような気がする。
 - ・数の計算が結構辛かった。でも恐竜っていうのは、私達が全く見たことも触れたこともない(できない)ものなのに骨の発掘からここまで算出できる、&形がわかるなんてすごいと思う。でもそれが今の爬虫類のご先祖様なのかと思うと驚く。今はあんなに小さくて目立たないものが、映画の中などでてもはやされるなんて、今の爬虫類には皮肉だなあー。おもしろかった。
 - ・恐竜の体重なんてはじめて測ったけど、やっぱり重かった。アバトサウルスなんか人間にすると40人分なんて

[考察]

以上の体重値をもとに恐竜が1日にどのくらいの食物を食べていたかを推定してみよう。

内温性(温血)動物と仮定した場合・・ゾウは1日に自分の体重の6%の生の植物を食べる。この割合で食べるとすると

	体重 (kg)	食物の量 (kg)
ゾウ	5000	300
トリケラトプス	6200	372
アバトサウルス	25800	1548
ブラキオサウルス	48600	2916

外温性(冷血)動物と仮定した場合・・ゾウガメは1日に体重の3.3%の食物を食べる。この割合で食べるとすると

	体重 (kg)	食物の量 (kg)
ゾウガメ	136	4.5
トリケラトプス	6200	2046
アバトサウルス	25800	8514
ブラキオサウルス	48600	16038

実際は、1日に食べる量は標準代謝量に関係があり、標準代謝量は体重の0.75乗に比例する。このことから肉食恐竜が1日当たり食べる生肉の量を計算してみよう。

$$F = 0.11W^{0.75}$$

F: 1日に必要な生肉の量 (kg)

W: 体重 (kg)

電卓のキーの押し方:

$$0.11 \times \text{体重 (kgにした値)} \text{ [SHIFT] } [X'] \text{ } 0.75 =$$

	体重 (kg)	食物の量 (kg)
ティラノサウルス	7300	96.9

肉食動物は食べ物が手に入った時はドカッと食べ、その後はしばらくエサを取らずにおとなしくしています。今、1頭のティラノサウルスが1頭のトリケラトプスを倒したとすると何日間分の食糧が手に入る計算になるでしょうか。ただしトリケラトプスの体重の85%を食べることができる部分とします。

$$\text{トリケラトプスの体重 (kg)} \times 0.85 \div \text{ティラノサウルスの1日に食べる量 (kg)} = 60.6 \text{ 日分}$$

図7 生徒の考察の解答例。

生きているのを見てみたかった。こんなに大きくて体重の重い恐竜はどんなものだったのだろう。また食べる量もものすごいなあと思った。こんなに植物を食べるのによく草がなくならなかったなあと思った。疲れたけど楽しい実験だった。

・恐竜は実物を見たことがないので、46tとかいろいろ書いていても実感がわかりません。1日2t分の食事をしているとか書いても、やはり2tの重さが分からないので、これまた実感がわかりません。恐竜の実物を1度見たいなあ……あっ、そうだ、今度博物館に行こう。

・ブラキオサウルスは体重もすごい、温血動物だとして1日に2t以上もの食物を食べるのにはびっくりした。この中で一番小さなものでも1tも体重がある。ゾウと同じくらいやそれよりも小さいのもいて、恐竜にもいろいろな大きさのいるとわかった。

・最初はこんなおもちゃを測って、もと思ったけれど、実物の重さまでわかってしまうと、すごいと思った。恐竜の食糧はすごいので、えさがなくなってしまうかと心配になった。

以上の感想から、恐竜の大きさに改めて驚いた生徒、恐竜の多様性に気付いた生徒、また体重推定の方法を知り、新鮮な驚きを覚えた生徒、体重から摂食量まで推定できることに感心した生徒、体重を基礎に、恐竜の寿命や絶滅の問題さらに人類の未来にまで想像の翼を広げる生徒もいたことが分かり、筆者が本実験において目的としていたところはほぼ達成できたといえよう。

4. おわりに

高校生では幼稚園児や小学生などと異なり、恐竜という題材そのもので生徒が関心を寄せるということは少ない。むしろ「こんなおもちゃなんかで……」というのが偽らざる第一印象であろう。それが最後には「こんなことがわかるんだ」という感想に変わり、自然科学のもつ本来

の楽しさを多少なりとも生徒が実感できるところがこの実験のもつ大きな意義であると考えている。

本実験は簡単な実験操作で、生物学的古生物学の楽しさの一端に触れることができる有意義な実験であると思っているので、今後も続けていくつもりである。そのためには体重のもつ生物学的な意味についてさらに研修を深め、考察の内容を充実したものに改めていきたい。多くの生徒が嫌がっている計算については、新学習指導要領をふまえて、体積の測定と数値入力のみを生徒がおこない、計算はすべてコンピューターに処理させるという

発展形態も考えられる。

最近の恐竜学の凄まじい発展により、大英博物館の恐竜模型の復元の多くは既に過去のものとなってしまった。ぜひともっと新しい復元による模型を使いたい。いろいろな所からこの手の恐竜模型が市販されているが、実験に使うためには、縮尺が細部にわたるまで正確なことや素材などいくつかの制約があり、良い模型が見付からずに苦慮している。良い模型をご存じの方がいらっしゃったら、ぜひ筆者までご一報いただきたい。

謝 辞

埼玉県岩槻北陵高等学校の平社定夫教諭には地学セミナーでの発表を進めていただいた。西東京科学大学の松川正樹博士には原稿をまとめるに当たり有益なアドバイスをいただいた。以上の方々には心からお礼申し上げます。

文 献

- Alexander, R. M. (1989): *Dynamics of dinosaurs and other extinct giants*. Columbia University Press, New York, 167p., pp. 16-26, 27-43.
- アレクサンダー, R. M. 著, 坂本憲一訳 (1991): 『恐竜の力学』. 地人書館, 東京, 217P., pp. 29-41, 43-61.
- Anderson, J. F., A. Hall-Martin, and D. A. Russell (1985): Long bone circumference and weight in mammals, birds and dinosaurs. *Journal of Zoology (A)* 270, pp.53-61.
- Colbert, E. H. (1962): The weights of dinosaurs. *American Museum Novitates* 2076, pp.1-16.
- コルバート, E. H. 著, 長谷川善和訳 (1981): 『恐竜はどう暮らしていたか』. どうぶつ社, 東京, 206p., pp. 41-42.
- Damuth, J. and MacFadden, B., J. (1990): *Body size in mammalian paleobiology: Estimation and biological im-*
- plications*. Cambridge University Press, New York, 397p.
- Haynes, G. (1991): *Mammoths, mastodons, and elephants: biology, behavior, and the fossil record*. Cambridge University Press, New York, 413p., pp.21-26.
- 犬塚則久 (1988): 絶滅哺乳類デスモスチルスの復元. バイオメカニズム 9—機能の解析とその回復—, p. 7-19.
- 犬塚則久 (1993): 恐竜の復元. In 小島郁生編, 『恐竜学』. 東京大学出版会, 東京, 353p., pp.33-97.
- 川口幸夫 (1983): ゾウ科の分類とその生態. In 今泉吉典監修, 『世界の動物—分類と飼育—第3巻 長鼻目』. どうぶつ社, 東京, 125p., pp18-41.
- Martin, R., A. (1990): Estimating body mass and correlated variables in extinct mammals: travels in the fourth dimension. In Damuth, J. and MacFadden, B., J. eds., *Body size in mammalian paleobiology: Estimation and biological implications*, Cambridge University Press, New York, pp.49-68.
- McNab, B., K. (1990): The physiological significance of body size. In Damuth, J. and MacFadden, B., J. eds., *Body size in mammalian paleobiology: Estimation and biological implications*, Cambridge University Press, New York, pp.11-23.
- 本川達雄 (1992): 『ゾウの時間 ネズミの時間』. 中央公論社, 東京, 230p., pp. 24-67.
- ポール, G., S. 著, 小島郁生監訳 (1993): 『肉食恐竜事典』. 河出書房新社, 東京, 349p., pp. 333-334.
- Sukumar, R. (1989): *The Asian elephant: ecology and management*. Cambridge University Press, New York, 251p., pp.78-79.

間島信男: 恐竜の体重を測ろう——地学の新しい実験開発の試み——, 地学教育 48巻, 3号, 93~102, 1995年5月.

〔キーワード〕 実験開発, 生物学的古生物学, Paleobiology, 恐竜, 体重, 高等学校

〔要旨〕 簡単な実験操作により恐竜の体重を算出し, さらにその生物学的な意味を考察することによって, paleobiologyの基礎的内容の一端を効率良く学習させることができる. 具体的には大英博物館監修の40分の1プラスチック製恐竜模型をもちいて, 浮力の原理を応用し, その体積を測定する. 縮尺に基づいて実物の体積に換算し, それに密度 (1,000kg/m³) をかけることによって恐竜の体重が求められる. こうして得られた体重をもとに足の単位面積あたりの荷重や1日当たりの摂食量を計算させることによって, 恐竜が実在の生物としてどのような生活をしてきたかを生徒に考えさせるものである.

Nobuo MAZIMA: Let's weigh dinosaurs body mass—An example of new laboratory work for students in Earth Science education. *Educat. Earth Sci.*, 48 (3), 93~102, 1995.

連星系のパソコンシミュレーション

II. 食連星の光度変化

小川 慎¹・中村 泰久*

1. はじめに

夜空の星の過半は連星系ないしは多重星系を構成していると考えられている(北村・山崎, 1980; 北村, 1992など)。連星系のうち互いの間隔が近く、相手の存在が大きく影響するような連星は近接連星系呼ばれる。とくにそのような近接連星の場合に多く起こるが、公転軌道面がちょうど我々の視線を含むようなとき、あるいはそれに近いような関係にあるとき、公転運動のために我々から見て両星が互いに隠し合いをする現象が生じる。これを食現象といい、そのような連星を食連星という。また食には当然ながら変光が伴うので、食連星は食変光星とも呼ばれる。有名なペルセウス座のアルゴルや明るいこと座のβ星などはこの例である。

ところで、こういった星の相互食現象は大いに注目され、実際の観測例も多い。これは基本的な重要性との関連である。すなわち、そもそも恒星の質量や半径がわかるのは、ほとんどの場合、食連星かつ分光連星であるような連星系の測光観測・分光観測を通じてその系の物理要素が決め得るからであり、このことは天体物理学のもっとも大切な基礎となっていることがらでもある。たとえば高等学校地学の教科書中でも、これに関する記述が見られる。具体的には論文Iで述べたように、平成5年度分8社中5社で食連星あるは食変光星という用語が取り上げられており、さらにその中の3社では、光度変化のしくみが図を使って説明されている。

光度変化の観測から連星系に関する諸量がわかるのは、個々の食連星系の示す光度変化の様子がそれぞれの量によって大きく影響され、またそれぞれに光度変化に与える影響の仕方が大きく違っているためである。逆にいえば、ある観測された光度変化を説明するための諸量の組み合わせはかなり限定されることになるわけで、これを利用して観測からその食連星の諸量が決め得るのである。このことの基本的重要性に鑑み、光度曲線の様相の複雑

さや諸量との関係の微妙さと、逆にそれゆえに測光要素が決まるのだという原理を具体的に実感させ学ばせる目的で、食連星の光度変化をシミュレートするパソコン用のプログラムを作成した。公転運動している2個の星がお互いを隠し合うとそれにより変光が起こる、ということ自体を理解するのはとくに難しいことではないであろう。しかし、簡単な球形どうしの場合なら比較的その様相が推測しやすいとしても、現実の連星の場合には、Iで示したような複雑な形状の星どうしが隠し合うので、変光の様子はそう単純明快ではない。そこでこのIIでは、Iで作成した形状表示用プログラムをもとに、公転運動に伴う食現象を精緻にシミュレートするソフトを作成し学生生徒等に示し得るようにしたので紹介する。

2. 光度変化の原理

2.1. 光度曲線と測光要素

2個の恒星の公転運動にともなってそれぞれの星の見えている部分や面積が変化するために起こる光度変化を観測することを食連星の測光観測といい、公転の位相に対して光度変化を記録したものをその食連星の光度曲線という。測光観測では通常、色フィルターを使用して、ある波長帯での光度変化を測定する。最近では、光電子増倍管を利用した光電観測やさらにはCCDを利用した測光観測がアマチュア天文家を含め多くなされており、たくさんの光度曲線が得られている。このようにして得られた光度曲線の様相は食連星ごとに実際大きく異なっている。これは連星系ごとに変光に関するいくつかの諸量が違っているためである。

このような光度変化の様相を決める諸量を測光要素といい、その主なものとしては次のようなものがある：

両星の質量比 $q (=m_2/m_1)$,

両星間間隔を1としたときの両星の相対半径 r_1, r_2 ,

公転軌道面の傾角 i ,

両星の表面温度比 T_2/T_1 。

これら5つがまず第一義的な要素である。(添え字1, 2は星1, 2の量であることを表す。ここでは質量の大

*福島大学教育学部, ¹現: 福島県浪江町立浪江中学校
1994年9月12日受付 1995年5月6日受理

きい方を星1とする。)次に、次節で述べる諸効果の様子を決める第2グループのパラメータがある：

周縁減光係数 $u_1, u_2,$
 重力減光指数 $\alpha_1, \alpha_2,$
 反射係数 $A_1, A_2.$

これら11個のパラメータによって食連星系の光度変化の様子が決まってくる。

星が球形ないしはそれに近い場合は、星の表面上の輝度分布はほぼ一様であり、表面温度が与えられればたとえば星からの放射が黒体放射と仮定して、各部分が発する放射光量が簡単に計算できる。しかしこのような等輝度・球形ないしはそれに近いモデルでは、実際の近接連星系の光度曲線を再現することはできない。Iでも述べたように、連星系とりわけ近接連星系については相互作用による形状の歪みが顕著であり、そこから引き起こされる諸現象こそ本質的特徴だからである。たとえば一様輝度・球形モデルの場合は、得られる光度変化は質量比 q には依らず、したがって光度曲線の解析からは q は求められないことになる。さらに次節で述べる諸効果が適切に取り入れられない。したがってロッシュモデル近似がよく使われるわけである。

連星系をロッシュモデルで近似した場合、Iで述べたようにして星の形状が多くの表面点として表され得る。それらの計算された表面点の近くのものどうしを結んですぎ間なく小三角形を作っていくと、星の表面は三角形の小さなパネル(面素)で覆われる。原理的にいうと、表面上の各パネルに適切に明るさを配してやり、ある公転位相において見えている全パネルの見かけの明るさを合計すれば、その位相での連星の明るさが求められることになる。

2.2. 表面輝度分布に影響する諸効果

形状の歪みを考慮する必要がある場合には、次のような効果により、表面上の各場所ごとに輝度が大きく違ってくる。

1) 星が球形の場合は表面上の各点でのポテンシャル値と重力値は一定であるが、歪みが生じてくると、表面はロッシュ等ポテンシャル面に沿っていても重力の大きさは各点ごとに違ってくる。すると平衡となっている表面の輝度分布が一様ではあり得ず、重力が強い点ほど表面温度が高く、明るくなっていく。これが重力減光効果である。(重力が強いほど明るいので、その意味では重力増光効果という方が望ましい。実際そのように記す研究者もいる。)したがって表面上の各点の重力を計算して、それに応じてパネルごとの明るさを違えていく必要がある。重力減光は重力減光指数を α として次のように扱う

ことができる。

$$T_i/T_0 = (g_i/g_0)^{\alpha/4}. \quad (1)$$

ここで、 T は表面温度、 g は表面重力である。添え字 0 、 i はそれぞれ星の表面上の基準点および任意の点を表す。 α としては通常 1 (早期型星に対して) あるいは 0.32 (晩期型星に対して) をとる。

2) 相手の星が近くにある場合には、相手から照射を受けるために照らされている部分の温度が上昇し、表面輝度分布がその星のもともとのものから大きくずれるということが起こる。とくに歪みの大きい温度の低い星が高い星から照射されているときなどにこの現象は顕著である。このため、そのような効果が効いている場合には、照射を受けている部分が見えているときは、そうでない部分が見えているときに比べかなり明るく見える。これは反射効果と呼ばれる。受けた照射量のうちの程度を反射するかというパラメータが反射係数 A ($0 \leq A \leq 1$) である。この効果は、一つの面素について、相手方から照射を受ける位置にあるのか、受けたらどの程度かということ計算していく必要があるのもっとも面倒な、計算時間のかかるプロセスである。 A の値としては通常、早期型、晩期型の星に対してそれぞれ 1, 0.5 がとられる。

また、次の効果により見かけの明るさがさらに変わってくる。

3) 球形とみなしてよい太陽の場合などでも見られるが、恒星の見かけの円盤上の輝度は円盤周縁部に近づくにつれ少しずつ小さくなっていく。この現象を周縁減光という。この影響も考慮しなければならない。具体的には H をある点での鉛直方向の放射強度として、観測者方向の強度 J は次のように表されるとする：

$$J = H (1 - u + u \cos \gamma). \quad (2)$$

ここで、 u が周縁減光係数 ($0 \leq u \leq 1$) であり、 γ は視線とその地点の垂線とのなす角である。 u の値は表面重力、表面温度、化学組成、観測波長などによって変わり、これらの量に対して表形式で値が与えられている (Wade and Rucinski, 1985; Van Hamme, 1993 など)。 $u = 0$ ならむろん周縁減光はなく、一様な明るさということである。

2.3. 公転および食による変光

以上の 1) ~ 3) すべての効果を取り入れて各パネルでの輝度を計算する。パネルの放射強度を次節に述べる

ように求め、ある位相での位置関係からそのパネルの垂線と視線とのなす角を計算し、そのパネルの実効面積を求め、放射強度と実効面積とかければ、その時のそのパネルの示す明るさが求められる。そのパネルの放射強度はそのパネル内の代表点（三角形パネルの重心の位置にあたる点としている）での値を使う。そのパネルが裏側にあったり食されていたりする場合は、明るさの合計計算にはむろん加えない。そのパネルがこちら向きかどうかは、Iで行ったようなパネルの代表点が見えたり見えなかったりかどうかで判定する。食されているかどうかの判断もIと同じ手法で行う。

両星の表面を多数のパネルに区切り、その一つひとつについて上記2.2で述べた効果・影響を考慮して明るさを配していき、見えている面素すべてについて重ね合わせるにより、その時の系の合成光度が得られるのである。今回のプログラムでは表面を約3,500個の面素でおおっている。

3. 計算プログラムと使用法

3.1. 計算の実際

光度変化の様子を実際に計算する方法は、その近似の度合い、モデルの作り方に依ってたくさんのやり方がある。このプログラムでは、前節で述べたもろもろの影響を、主として Mochnacki and Doughty (1972) や Napier (1981) のやり方を参考にして、具体的に次のように扱っている。

まず、それぞれの星について重力減光の影響を取り入れる。というのは、これ自体は相手の星による食、あるいはこちらからの見え方に無関係だからである。片方の星（たとえば星1とする）で表面重力のもっとも大きい極点での温度 $T_{0,1}$ を与える。重力減光指数を α_1 とすると、

$$T_1 = T_{0,1} (g_1/g_{0,1})^{\alpha_1/4} \quad (3)$$

として各点でのもともとの温度が決まる。ここで $g_{0,1}$ 、 g_1 はそれぞれ星1の極点、任意の点での表面重力である。重力の値は、論文Iで導いたポテンシャルを表す式

$$\phi = \frac{1}{r_1} + \frac{q}{r_2} + \frac{1+q}{2}(x^2+y^2) - qx \quad (I-14)$$

$$r_1 = \{x^2+y^2+z^2\}^{1/2},$$

$$r_2 = \{(1-x)^2+y^2+z^2\}^{1/2} \quad (I-15)$$

の勾配をとることによりすぐに求めることができる。すなわち ϕ の x 等についての偏微分を ϕ_x 等で表すとすれば、

重力の大きさは

$$g = (\phi_x^2 + \phi_y^2 + \phi_z^2)^{1/2} \quad (4)$$

とできる。また、もともとの温度という意味は、相手の星から照射されて温度が上がる前のその星固有の温度ということである。星2の温度 T_2 についても同様に決まる。

このようにして決まるもともとの温度 T_1 に対するそれぞれの場所での局所全放射 (bolometric) 流束 F_1 はすぐわかる。

$$F_1 = \sigma T_1^4. \quad (5)$$

σ はシュテファン・ボルツマンの定数である。星の放射に対しては黒体放射を仮定すると、相手の星2の各点での鉛直方向の全放射強度 H_2 は

$$H_2 = \sigma T_2^4 / \pi \quad (6)$$

で与えられる。

さて、星1の表面上のある点Pでの単位面積当たりに、星2のパネルQ（面積 dS_2 ）から入射してくる放射流束 dF_{1r} は

$$dF_{1r} = J_2(\gamma_2) \cos \gamma_1 \cos \gamma_2 dS_2 / r^2 \quad (7)$$

で計算できる。この $J_2(\gamma_2)$ は

$$J_2(\gamma_2) = H_2(1 - u_2 + u_2 \cos \gamma_2) \quad (8)$$

で与えられる。ここで、 γ_1 、 γ_2 は図1に示すように両星の考えているパネルどうしを結ぶ線分とそれぞれの地点での垂線とのなす角、 r は両パネル間の距離である。

さらに、 u_2 は星2に対する周縁減光係数である。星1の各表面パネルに星2の各パネルからの照射の状況を取り入れるために、一方の星の一つひとつのパネルについて相手方からの照射がどの程度かを順次計算していくわけである。すなわち、

$$F_{1r} = \int J_2(\gamma_2) \cos \gamma_1 \cos \gamma_2 dS_2 / r^2 \quad (9)$$

である。積分はPから見えている相手の星の部分に対してのみ実行する。照射・非照射の関係が成り立つ必要十分条件は、 $\cos \gamma_1 > 0$ かつ $\cos \gamma_2 > 0$ である。

さて、以上のようにして計算した F_1 と F_{1r} から星1の

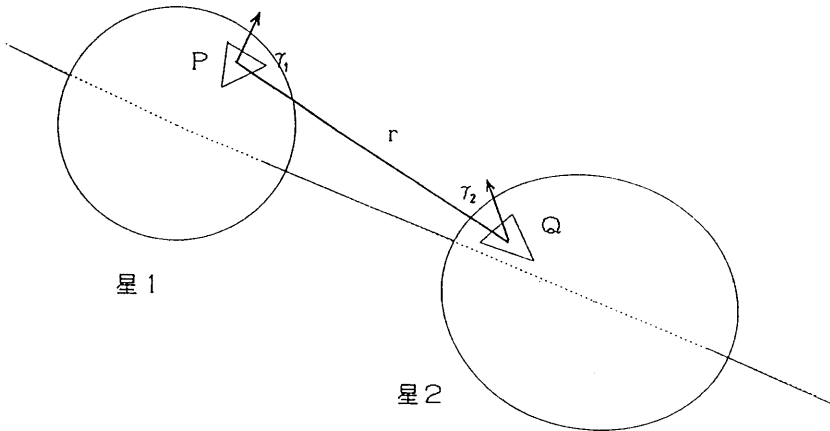


図1 反射効果の計算

2本の矢印はそれぞれ、面素P、Qでの鉛直方向を示している。rは両面素の重心どうしを結ぶ線分の長さである。γ₁、γ₂はその線分とそれぞれの矢印とのなす角である。

新しい(局所)温度Tが

$$\sigma T^4 = F_1 + A F_{1r} \tag{10}$$

として表面上の各点で求まる。このようにして決まった温度Tを持つ地点からのある波長λでの局所流束F_λは、平均温度(実際は、新しい極点温度T₀でよい)での放射流束で規格化して、

$$F_\lambda(T) = \{B_\lambda(T)/B_\lambda(T_0)\} F_\lambda(T_0) \tag{11}$$

で与えられる。ここで、黒体輻射を仮定しているので

$$\begin{aligned} B_\lambda(T)/B_\lambda(T_0) &= \{ \exp(c/\lambda T_0) - 1 \} \\ &\quad / \{ \exp(c/\lambda T) - 1 \} \end{aligned} \tag{12}$$

である。ただし、cは定数(=0.014388m・K)である。F_λ(T₀)は、公転にともなう相対的な光度変化を計算するだけなので、任意の値を与えておけばよい。ただし、両星のF_λ(T₀)の比はきちんと評価する必要がある。すなわちT₀に両星の極点での新しい温度をそれぞれ入れてやり、やはり

$$\{ \exp(c/\lambda T_{0,2}) - 1 \} / \{ \exp(c/\lambda T_{0,1}) - 1 \} \tag{13}$$

で比を計算する。すると、その地点での鉛直方向の放射強度H_λとF_λ(T)との間には、周縁減光の1次の余弦則(2)式に対して

$$F_\lambda(T)/\pi = (1 - u_1/3) H_\lambda \tag{14}$$

が成り立つので、H_λが計算できる。

以上までの計算は位相角θには依らないので、モデルを与えたとき最初に一度だけ計算すればよい。

結局、ある点での見かけの局所強度J_λはそのようにして求まったH_λに対して次のようになる。

$$J_\lambda = H_\lambda (1 - u_1 + u_1 \cos \gamma) \tag{15}$$

ここでのγは、その点での垂線と視線とのなす角である。(したがってJ_λは位相角θの関数である。)最後に、これをその星の見えている部分について積分してやれば、その公転位相でのその星の光度が求められる:

$$L(\theta) = \int J_\lambda \cos \gamma dS_0 \tag{16}$$

もう一方の星2についても星1に対してと同様の計算を行う。

なお、表示する光度曲線は公転位相角が90°(270°)での合計光度を1とするように規格化してある。また、Iと同様、処理を迅速に行うために、ロッシュモデルに関わるデータ(ラグランジュ点の座標値など)はあらかじめ

めいろいろな質量比 q に対して計算してファイルに入れてあり、必要に応じてそこから読み込み使用した。

このソフトは Quick Basic Ver.4.5 (マイクロソフト社) を使用して作成した。

3.2. 使用法の実際

このプログラムは大きく分けてパラメータ入力部分、光度曲線計算部分、理論光度曲線表示部分の3つから成っている。ソフトを走らせるとまず、一連の測光要素を入力するよう求められる。連星系で最も重要なパラメータである質量比 q の値を $0.01 \leq q \leq 1$ の範囲で与える。次に、連星の型(分離型か半分離型か接触型か)を指定する。続いて横半径の値(接触系の場合はIで述べた接触度)を入力する。さらには、両星の表面温度 T_1 と T_2 と系の軌道傾角 i を与える。

前述の第2グループのパラメータは、早期型の星に対しては $\alpha = 1.0$, $A = 1.0$, $u = 0.5$, または晩期型の星に対しては $\alpha = 0.32$, $A = 0.5$, $u = 0.5$ というのが指定値となっているが、変えることも可能である。(Aについては0, 0.5または1, u については0, 0.5または1。)また計算波長も変えられはするが、既定値として $\lambda = 550\text{nm}$ (広帯域3色測光観測のVバンド相当)ととてある。のちの光度曲線の相互比較のために、10組までのパラメータセットがいちどきに入力できる。入力したパラメータ(群)はファイルにしまわれる。なお、 $A = 0$ と入力すれば反射効果の扱いがスキップされ、計算時間は大幅に短縮される。

以上の入力で計算が開始され、形状と光度が画面に表示されることになる。入力したパラメータセットの数だけ、この計算が続く。区切りのところで中止することも可能である。ひと通りの計算が終わると、それまで計算した光度曲線を単独であるいはいくつか同時に呼び出し、子細に眺めたり、パラメータの違う2つあるいはそれ以上の光度曲線を並べて、それぞれのパラメータが光度曲線にどのような影響を与えるのかを調べることができるようになっている。

なお、通常は食の深い方の位相に食されている星を主星、相手方を伴星というのが、このソフトでは混乱を避けるために、主星・伴星という表現は使わず、位相0ではつねに星1が食されるようになっている。

4. 計算結果の実際など

ここでは、以上説明したプログラムで得られる光度曲線等のいくつかを示してみる。また必要計算時間等についてもコメントする。

4.1. 結果の実際

数多くのパラメータがあるので、ここではその様相の一端のみを示すこととする。第2グループのパラメータとしてはことわりがない限り、いずれも指定値を与えている。波長 λ も同じく550 nmである。

図2 a, bに示されているのは、分離型連星系の光度曲線の例である。形状を示すパラメータはIの図4 a, bのものほとんど同じで、ただ半径だけがそれぞれ少しずつ小さめにとてある。温度等は両星とも早期型としてある。a, bどちらも表面温度比 $j = T_2/T_1 = 0.88$ の場合である。相対半径が違くと光度曲線の形状がまったく違ってることが一目瞭然である。図3 a, bにはIの図5 a, bに示した半分離型連星系で、 $i = 80^\circ$, $j = 0.66$ ととったときに得られる光度曲線を掲げた。図2の分離型連星系の光度曲線とは様相が違ってくのがよくわかる。aには食の底の部分で光度が一定となる皆既食が現れている。星1は早期型、星2は晩期型として示している。さらに図4には接触型連星の示す光度曲線の例としてIの図6の連星系と同じ連星が $j = 0.95$ の時に示す光度変化の様子を例示した。この場合は両星とも晩期型である。a, b, cはそれぞれIの図6のa, b, cに対応している。図3に比べて一段と光度変化が連続的

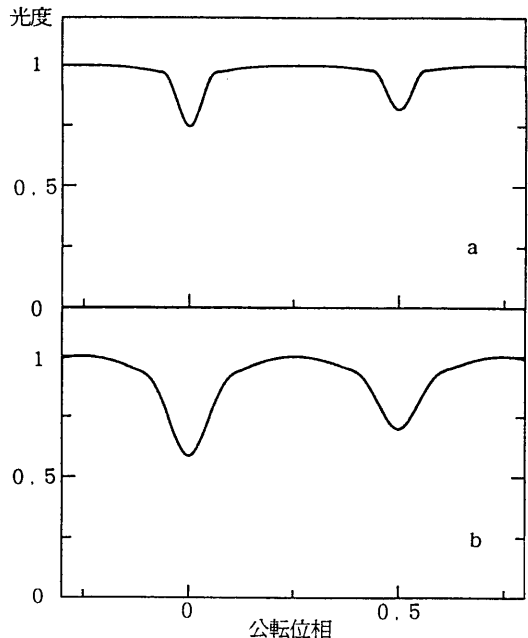


図2 分離型連星の光度曲線の例

aは形状が球に近い場合、bは両星とも形状の歪みのはっきりでている場合である。ともに質量比は0.5、軌道傾角は 80° 、表面温度比は0.88である。

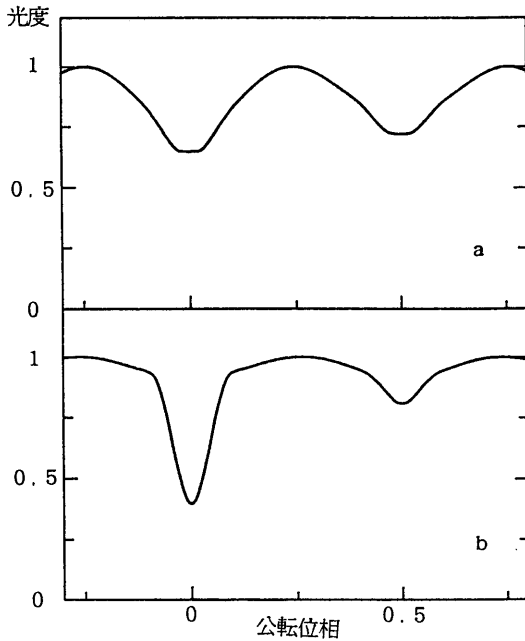


図3 半分離型連星の光度曲線の例

aは星1が内部臨界ローブを満たしている場合、bは星2が満たしている場合である。質量比0.5、傾角 80° 、表面温度比0.66である。

滑らかなものになっており、食の始まりや終わりが判然としなくなっているのが特徴である。

これらの図をみると、連星の型により光度曲線の形状は大きく違うことがすぐにわかる。一般に歪みの大きい方が光度変化がなだらかで、食によるもののみならず全位相にわたって変化を示すようになる。このような食外で示される光度変化は近接効果と呼ばれる。すなわち近接効果を引き起こすものは、形状が歪むことによりそもそも見かけの星の面積が常に変化すること（楕円体効果）、また表面重力の非一様性からくる輝度分布の違い（重力減光効果）、さらには相手からの照射により照射されている部分とそうでない部分との違い（反射効果）などである。

図4のbとcを比べると軌道傾角 i の違いにより光度曲線がどう違ってくかがわかる。また次には質量比が変わると光度曲線がどう変わるかを見るために、 $q = 1$ としたときの光度曲線を図5に示した。他の要素は図2bと同じにしてある。極温度等は2bと同じにもかかわらず、星1が内部臨界ロッシュローブに近くなるために歪みが大きくなり、重力減光効果によって星1の赤道付近

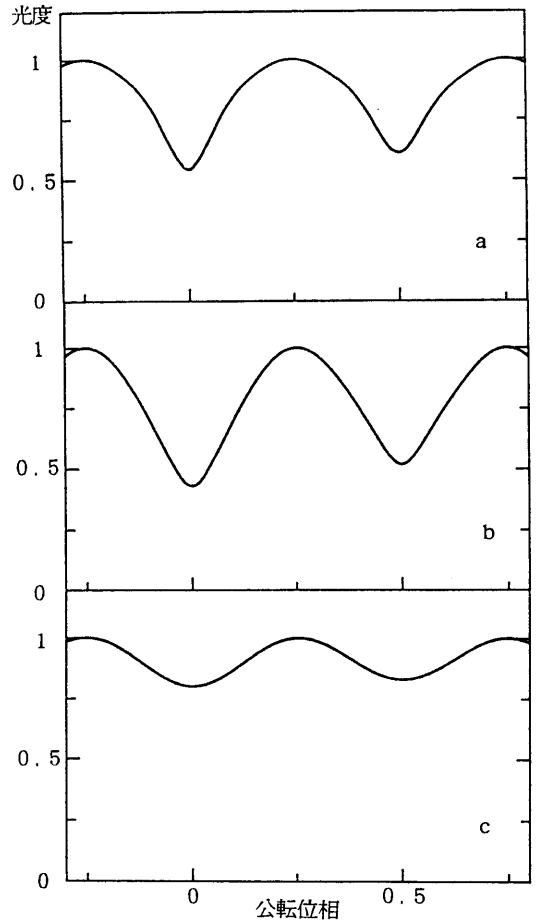


図4 接触型連星の光度曲線の例

aは内部臨界ローブに近い場合、bは逆に外部臨界ローブに近い場合である（ともに傾角は 80° ）。cは傾角を浅くした（ 45° ）ときのbと同じ形状である。質量比はすべて0.5、表面温度比0.95である。

の表面温度が下がったため星2のそれとあまり変わらなくなっている。これが極点での温度比 $j = 0.88$ にもかかわらず、両極小の深さがほとんど等しくなっている理由である。さらに、表面温度比による違いを見るために、図6に $j = 0.5$ とした場合の光度変化を掲げた。他のパラメータは図2bのものと同様である。食の深さの違いが大きくなっていく。

以上を比較しながら眺めていただければ、既に述べた第一義的測光要素の光度曲線への影響の仕方がある程度わかっていただければよい。第2グループの要素については紙数の都合もあり、ここでは細かく示し得ないが、ただ

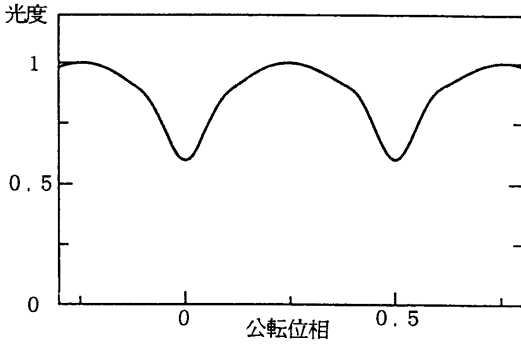


図5 質量比を変えた場合の光度曲線の例

質量比1とした他は図2 bと同じパラメータをとっている。

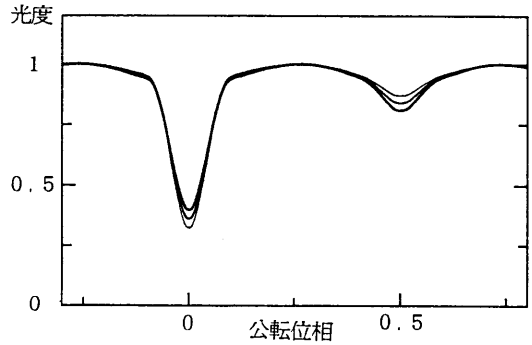


図8 波長による光度曲線の違いの例

図2 bの例を広帯地域3色測光のV (太線), B (中間の線), U (細線) バンドで見ている。

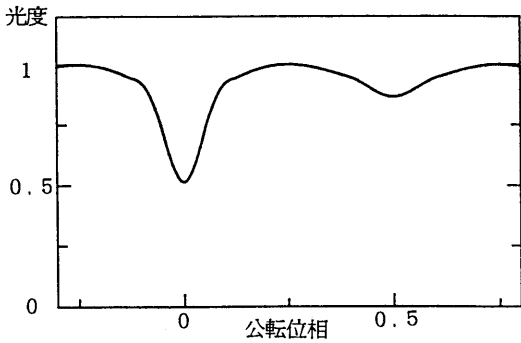


図6 両星の光度比の違いによる光度曲線の例

表面温度比を0.5とった他は図2 bと同じパラメータである。

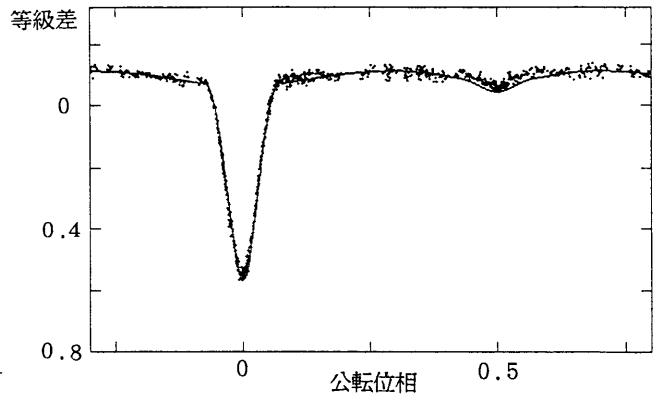


図9 観測データとの比較例

小さな点で示されているのはおし座HU星という食連星の観測データ (Vバンド) で、曲線がこのソフトでの理論光度曲線を示している。縦軸は等級単位である。諸パラメータについては本文参照。

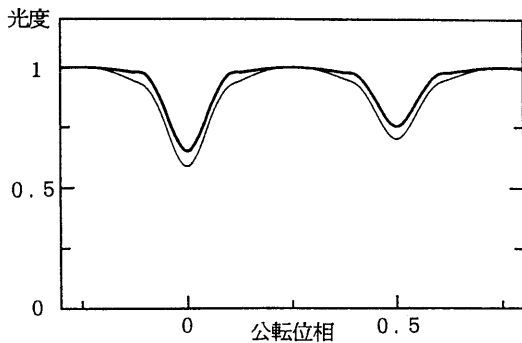


図7 重力減光・反射・周縁減光効果を入れない場合の例

図2 b (細線) と比較する。食外の変光は星の歪みによる楕円体効果によるのみである。

ただ重力減光, 反射効果, 周縁減光効果をすべて入れた場合とすべて入れない場合とでどの程度変わるだけは示しておく。図7は, 反射効果等を入れない ($a_{1,2} = A_{1,2} = u_{1,2} = 0$) 場合の図2 bの系である。曲線が今回の計算値, 細線が図2 bのものである。それぞれのパラメータの影響は実際に走らせて確かめていただきたい。

また図8には, 観測 (計算) 波長により光度曲線がどう変わってくるのかを見るために, 図3 bの光度曲線を広帯域3色測光のVBU帯での様子を示した。波長が短くなるほど, 両星の温度の違いの影響が大きくなり現れてく

光度曲線の計算

タイプ：半分離型
質量比
 $q = 0.40$

半径	星 1	星 2
横	0.330	0.295
極	0.322	0.283
背後	0.336	0.327
星下	0.341	0.407
接触度	-62.4	0.0

軌道傾角 : 82.0°

極温度 : 10000 K 6000 K

重力減光指数	1.00	0.32
周縁減光係数	0.50	0.50
反射係数	1.00	0.50
波長	550 nm	

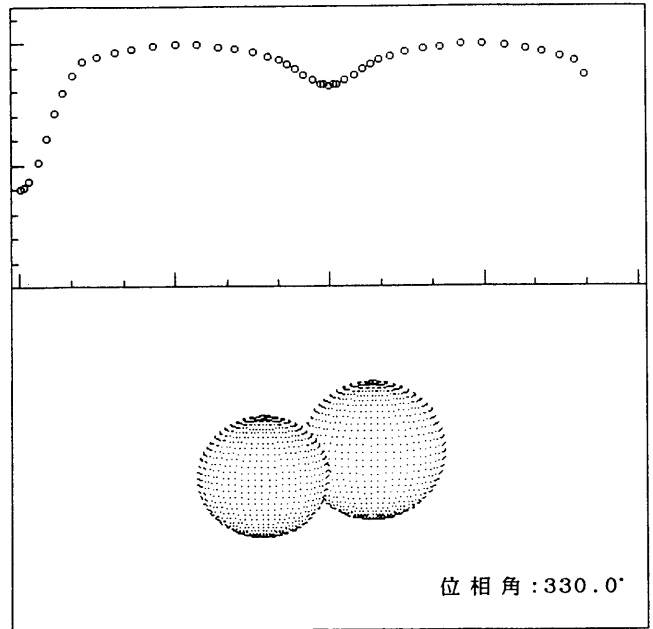


図10 実際のパソコン画面の例
上段に光度曲線，下段には各位相での連星の形状が表示される。

ることが見て取れる。

また、近接効果が強く現れるような系では、軌道傾角 i が大きくないため食を起こさないような場合でも、変光現象が起こることがある。これは、公転にともなって両星の見かけの面積が変化すること、反射効果による照らされ方の違いにより見えている側の表面の輝度が大きく違うことなどによるのである。このプログラムではこういった変光星（楕円型変光星と呼ばれる）についても変光の様子が計算できるところが強みである。図4cがこれに近い。すなわち傾角 i が小さいので、食による光度の減少はわずかで、ほとんどが近接効果による変光である。

このソフトは既述のように光度変化と測光要素決定の原理を学ばせる目的で作成したものであって、実際に光度曲線を解くことを目的としたものではない。しかしながらここでの計算の全体としての妥当性を示すものとして、実際の観測例との比較を掲げておくことにする。図9がそれで、観測データはおうし座HU星という半分離型の食連星のVバンドによるものである。理論光度曲線の諸パラメータは、既に出版されたものと同じで、 $q = 0.294$ 、横半径 $r_1 = 0.192$ 、表面温度 $T_1 = 11900\text{K}$ 、 $T_2 = 5800\text{K}$ 、 $\alpha_1 = 1.0$ 、 $A_1 = 1.0$ 、 $u_1 = 0.36$ 、 $\alpha_2 = 0.32$ 、

$A_2 = 0.5$ 、 $u_2 = 0.67$ であり (Naskamura et al. 1994)、ただ i のみが 0.3° 小さくとってある (77.8° から 77.5°)。第2極小付近を別にするときわめて良く合っているのがわらう。

実際のパソコン画面上では、最初に計算する際には、いくつかの連星系の与えられたパラメータに対しての見かけの形状とその時の明るさを実際に対応させながら表示するようになっている。すなわち計算した光度曲線が上段に、与えられたパラメータを持つ連星の公転運動の様子が下段に示される (図10)。両方を同時に見ることにより形状の見え方とその時の光度がわかるので教育的であると思われる。

その後では、計算した光度曲線を再度画面上に読みだして、いくつかの光度曲線を相互比較したりすることができる。こうすることによって生徒・学生等は、形状、恒星の大きさ、明るさの比、見える傾角等々により、変光の様子がいろいろ微妙に変わっていく様子をよく観察することができるであろう。そしてそれぞれの要素ごとに光度曲線への影響の仕方ははっきり違っており、したがって逆に光度曲線を詳しく解析すれば (このことを“光度曲線を解く”という)、その連星の測光要素がわかるのだということをきちんと理解してもらえらるであろう。

なお、計算結果は自分でファイル名をつけてしまっておくことも可能なので、表示のために毎回同じような光度曲線を計算しなくても済むようになっている。

4.2. 計算速度など

作成時あるいは試用時に使用したパソコンはPC-9801RX, PC-9821Ce, EPSON PC-386NAR などである。いずれも数値演算プロセッサないしはオーバドライブプロセッサを装着している。

1組のパラメータを与えて計算が開始され、1公転分の計算および表示が終了するまでにかかる時間はたとえば次のようであった。

- ・PC-9801/RX2 (CPU i80286: 12MHz + 数値演算プロセッサ)

パラメータを与えてひとあたり形状と光度曲線を計算・表示し終わるまでには、分離型、半分分離型では約30分強、接触型でもほぼ同様。ただし、反射効果を入れなければこの時間が30~40%に縮まる。

- ・PC-9821/Ce (CPU i80486SX: 25MHz + オーバドライブプロセッサ)

1公転分表示させるのに、分離型、半分分離型では約180~200秒、接触型では約180~210秒位である。反射効果を入れなければ上記の計算時間はそれぞれ、60秒, 90秒とかなり短くなる。

このソフトの第3段の理論光度曲線を表示し比較検討する部分で時間がどれだけかかるかは、むしろ使用の仕方次第である。

このプログラムは上記のパソコンのうちPC-9801RX等では、数値演算プロセッサを付けていても時間がかかりすぎるとも実用的とはいえない。しかし、パソコンの演算速度の急速な進歩ぶりを考えると、今の段階であまりに精度落とす、あるいは近似を落とすより、それなりのものを作っておくことは今後にとって望ましいであろう。上記のPC-9801/Ceではきわめて小気味よく計算・表示が行われていき、見ていて楽しむことができる。手近に高速のパソコンがまだ利用できない場合は、授業時間外に時間をとって走らせておき、それをビデオなどにとって時間中に見せ、実習は事後に個別にやらせるなどということなども考慮して良いであろう。

5. おわりに

形状の歪みを取り入れたロッシュモデルに基づき、食連星の各公転位相の光度を計算し表示するソフトウェアを作成した。このソフトはいくつもの測光要素を入力することにより高い精度で光度曲線を計算し、公転する形状と共に表示する。ここではその食変光の原理自体を学

ばせることを主目的とするのではなくて、実際に連星系の諸量の違いによって光度曲線の様相が大きく異なってくることを知り、したがってその依存の仕方を調べることににより確かに逆の原理からその連星の諸要素が求められるのだ、ということを理解させることを目的としている。今回提示したシミュレーションソフトを使用すれば、実際には見ることのできない宇宙の星々の形状とそれらが織りなす光度変化の様相が見て取れよう。生徒・学生たちが自分で走らせることにより、形状等を定める諸パラメータと明るさの分布を表すいくつかのパラメータを指定すると、それに応じて光度曲線の様相が大きく変わること、そしてその変わりようが変えるパラメータごとに大きく違っていることが確かめられるであろう。実際に何人かの学生に試用させたところ、その変わりようにより、確かにパラメータが求まり得ることを実感できたようである。

このソフトは、天文好きの中高生や、高校地学、大学の一般教育、専門教育の場での活用が考えられる。学習の場でこれを使う際には、教授者の方には同時に食連星系の観測と解析が天体物理学的にとっても基礎的で重要であることを是非とも教えていただきたいと願う。

ところで最近、“Binary Maker 2.0”という外国のソフトウェア会社製の市販ソフトがでた。これはなかなかよくできたソフトで、ここで述べたこと以外に、表面上の明るさにたとえば黒点などの分布している影響を取り込むこともできるものである。しかしながら、このソフトはIBM/PC (互換) 機でしか動作せず、しかもどのような内容の計算を行っているのかつまびらかにされていない。たとえば、パラメータを入力するとかなり高速で光度曲線を計算・表示するが、本来反射効果をきちんと入れ込むととてもこのような高速での実行は期待できないものである。この点で本プログラムは、わが国でもっとも多く使用されているPC-9801系で動作すること、取り入れた諸効果が(その近似の度合いを含めて)ははっきりしていることのために(そして入手しやすいことのために)、上記ソフトにはない利点がある。教育現場で多く活用されることを期待したい。

Iと同様にQuick Basicによる実行プログラムに限り提供可能である。

文 献

- 北村正利 1992:「測光連星論」ごとう書房
- 北村正利・山崎篤磨 1980:新天文学講座第6巻「恒星の世界」小平桂一編 恒星社 第5章。
- 横尾武夫編 1988:「宇宙を解く」恒星社恒星閣 第3

- 4 節。
- Bradstreet, D. H. 1993: Binary Maker 2.0—Light Curve Synthesis Program (Contact Software, Norris Town, USA).
- Chen, K. Y. and Rhein, W. J. 1969: Publ. Astron. Soc. Pacific, 81, 387–398.
- Mochnecki, S. W. and Doughty, N. A. 1972, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 156, 51–65.
- Nakamura, Y., Yamasaki, A. and Ito, Y. 1994: Publ. Astron. Soc. Japan, 46, 267–271.
- Napier, W. M. 1981: Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 194, 149–159.
- Van Hamme, W. 1993: Astron. J., 106, 2096–2117.
- Wade, R. A. and Rucinski, S. M. 1985: Astron. Astrophys. Suppl., 60, 471–484.

小川 慎・中村泰久：連星系のパソコンシミュレーション II. 食連星の光度変化 地学教育 48巻, 3号, 103~112, 1995年5月

〔キーワード〕 天文教育 連星系 食現象 光度曲線 パソコンシミュレーション

〔要旨〕 形状の歪みを取り入れたロッシュモデルに基づき、食連星の各公転位相での光度を計算し表示するソフトを作成した。このソフトはいくつもの測光要素を入力することにより高い精度で光度曲線を計算し、形状とともに表示する。これにより使用者は食現象の様相をよく理解できるであろう。また、測光要素による光度曲線の形の変化を学ぶことができ、逆に、観測された光度曲線からそれらの測光要素が決め得るといふ天体物理学の基礎的事項を理解できよう。

Shin OGAWA and Yasuhisa NAKAMURA: Simulation of Binary Systems on Personal Computer. II. Calculation of Light Changes of Eclipsing Binaries.

Educat. Earth Sci., 48 (3), 103–112, 1995.

環境教育についての一つの提案

下野 洋*

はじめに

今日ほど人間と自然との関わり方が議論された時代はかつてなかったであろう。

我々の身近なところで、森や林が切り開かれて道路になり、小河川がコンクリートで蓋をされたりという景観の変化はいっこうに珍しいことではない。

人々は、便利さ、速さ、快適さを求めて自然環境に過剰な負担をかけたため、周囲から自然が少しずつ姿を消し、地球的規模で見たときに地球環境があちこちで破壊しはじめたのである。

90年代は、地球環境の時代であると言われるが、多くの環境問題は、人間の活動と地球環境との調和の問題としてとらえられるのである。言い換えれば、人類がその文化を後世に伝え、人間と自然とが共存できる時間をいくらかでも先へ延ばすことができるように英知を結集し、環境問題を克服していかなくてはならない。そのためには、人々が地球環境についての関心と科学的な認識をもっていることが強く求められる。

米国の環境保護運動には、「自然についての考察」という背景があるが、それは自然環境を守るためには、市民が市民レベルでの自然についての知識をもっていることが重要だと考えているからである(岡島成行, 1990)。

昨今の教師の環境教育に対する関心は大変高くなっている。

また、児童生徒の作文コンクールや意見発表会等においては、ごみ、大気などの環境問題、熱帯林、酸性雨など地球環境の内容が大半を占めるような状況である。

しかしながら、これらの中身は単なる知識、例えば新聞や雑誌の統計資料を中心に環境のことを述べており、自分たちの生活や足元からの発想がないのである。

従来環境教育には、単なる環境問題教育であったり、何が何でも自然を守らねばならないように感情的に行われている部分がある。

これからの環境教育では、身近な自然の科学的な認識と科学的なデータに基づく環境問題についての理解を図ることが一層重要であると考ええる。

ここでは、環境教育の今日的なとらえ方を整理し、自然環境や環境問題の科学的な理解を促すための学習指導についての若干の提案を試みたい。

1 環境教育の今日的なとらえ方

(1) 環境教育の必要性

90年代の我が国では、大量生産、大量消費、大量廃棄型の社会経済活動が一般化するとともに、人口や社会活動が都市に集中する傾向が強まっている。したがって、都市部での窒素酸化物による大気汚染、生活排水による水質汚染などの改善がすすまず、廃棄物の量が増えて環境に大きな負担をかけている。

また、都市部での身近な自然の減少や過疎地域での農地、森林の持つ環境保全能力の維持が困難な地域が生じている。

その一方で、人々の自然との触れ合いや快適環境を求める欲求が高まってきている。

視野を広げてみると、地球温暖化、オゾン層の破壊、海洋汚染、熱帯林の破壊、野生生物の減少など地球環境が損なわれはじめていく。

このような状況に対応するためには、環境に直接影響する特定の行動を規制するという発想にとどまらず、社会経済システムや生活様式の改変、環境問題に対する国際的な取り組みや人類と地球生態系との共存を図るなど幅広い視野が要求される。

平成5年11月に、地球環境時代の環境政策の新しい枠組みを示した法律「環境基本法」が公布、施行された。

環境基本法には、環境を守ることの必要性やどのように守るかを明確にするための次のような基本理念が定められている。

- ①環境は、人類生存の基盤であり、将来にわたって引き継いで行けるよう各人が環境の保全に努めること。
- ②国、地方公共団体、事業者、各人が科学的な認識のもとに、環境破壊をもたらさずに社会全体を持続的

* 国立教育研究所 科学教育研究センター 地学教育研究室
1995年1月9日受付 5月6日受理

発展が可能な社会に変革して行くこと。

③地球環境を守ることは、人類にとって重要なことであり、日本の活動が世界の環境に依存していることや、日本の豊かな経験や能力をもとに世界の人々と手を携えること。

「環境基本法」では、将来の世代や地球全体を視野に入れ、社会の構成員すべてが公平な役割分担のもとに環境保全に積極的に取り組み、規制と有効な手段をもって地球環境の保全に努めることが期待されている（財団法人日本環境協会，1994）。

この理念を実現するために幅広い環境教育を実施することが必要である。

(2) 環境問題についての考え方

宇宙船地球号の発想やローマクラブの「成長の限界」が発表されて久しいが、地球の資源やエネルギーは有限なものであることはだいに理解されるようになってはきている。次代を担う児童生徒がこのような見方や考え方ができるようになるためには、地球の自然環境や環境問題についての科学的な認識の得られることが必要である。地球環境の問題については、科学的なデータに基づき自然と人間との関わりを正しく理解し、例えばわずかな一歩であっても、持続可能な地球環境への取り組みができるようになることが大切である。

早急に対策を講ずべき環境問題として、例えば次のような環境問題がある。

- ①地球温暖化 ②オゾン層の破壊 ③砂漠化
- ④熱帯林の減少 ⑤海洋汚染 ⑥酸性雨（霧）
- ⑦野生生物の絶滅 ⑧途上国の公害問題
- ⑨廃棄物越境移動 ⑩都市生活型公害（水質汚濁、ごみ処理、大気汚染、近隣騒音等）

（環境庁長官官房総務課，1990）

学校ではこれらの環境問題がどのような性質のものであるかを認識するために、全てを教え込むと言うのではなく、発達段階に応じて適切に対処することが大切である。

例えば、酸性雨を中学校で扱う場合は、理科と社会科とのクロスカリキュラムを考えることができよう。すなわち、理科と社会科の教師が連絡をとりながら、酸性雨の成因、影響や防止策、あるいは水溶液の液性や濃度とその調べ方などの内容を、どの時期にどの順序でどの程度の扱いをするのかを検討し、計画的にその指導にあたるのである。

また、場合によっては、理科の気象の学習のところで酸性雨について触れるような扱いもできよう。この様な扱いによって、酸性雨がどのような性質の環境問題かを中学校のレベルで考えさせることができる。

環境問題の種類によっては、新聞や雑誌、図や写真など様々な情報を整理し、学級での討論を通してその環境問題がどのような性格のものであるかを理解させるような場合もあろう。いずれにしても、地域や児童生徒の実態に合わせた取り扱いにより、関心を持たせ、理解を促し、問題解決への意欲を持たせることが大切である。

2 学校における環境教育の基本的な考え方

学校での環境教育は、多くの教科、道徳、特別活動を通して環境教育的な視点から多面的に扱い、対象となった事象を総合的に学習できるようにすることが大切である。また、そこでは環境に関わる内容の理解にとどまらず、問題解決の能力や態度を育成することが強調されている。

さらに、将来の環境問題への対処、環境保全への努力などに関わる生涯学習の一環であり、その基礎を培うものでなければならない（文部省，1991）。

(1) 環境教育の学校教育における位置付け

学校での環境教育は、すべての教科等を通して行われるが、環境に関わる事象の扱いはそれぞれの教科等の性格や目標と関連づけて考える必要がある。

したがって、教科等間の連携をうまく図ることが大切である。

また、環境教育は、すべての教科等と関わりをもたせ、これら相互の関連を図り、総合的、相互関連的に取り組む必要があるので学校の教育活動全体を通じて位置付けられなければならない。

さらに、その成果を上げるためには教師全体とが環境教育の必要性を強く意識し、教材化や指導法について話し合い、共通理解をもつことが重要である。

(2) 教育過程の工夫

環境教育を教育課程に位置付けるためには、まず各教科、特別活動、道徳などで環境に関わる内容がどのように取り上げられているかを調べておくことが大切である。

そのことを基に学校や地域の実態を考慮して、その学校にふさわしい教育課程を編成することができよう。

また、中学校や高等学校では、選択教科あるいは課題研究等の時間のなかに環境教育を計画的に位置付けることも考えられる。

学習指導要領における資源、エネルギー、環境保全に関わる項目は次の通りである。

〔小学校〕

生活科：体験や活動を通して自分と身近な自然や社会との関わりへの関心、自分自身や自分の生活について考えながら生活上必要な技能

や習慣を育成

社会科：国土の様子についての理解，環境の保全と資源の重要性への関心

理科：野外での地域の自然に親しむ活動，自然保護への関心

家庭科：環境の美化，ごみ処理等の快適な環境作り
体育科：健康な営み

特別活動（遠足・集団宿泊的行事）：他地域の自然や文化の体験

道徳：自然の偉大さ，自然環境の大切さ

（文部省，1989）

[中学校]

社会科地理的分野：世界の人々の生活や環境の多様性，資源の開発や産業の動向と生活との関わり
社会科公民的分野：環境の保全，資源・エネルギーの有効な開発・利用の必要性

理科：科学技術の進歩と人間生活との関わりへの認識（力学的エネルギー，熱，光，音，電気などのエネルギー，熱放射，エネルギー資源の活用，原子力），天然資源の有限性，水力，火力，原子力についての認識，自然の開発に当たって，自然界のつりあい，自然環境の保全を考慮することの重要性の認識

保育体育科：健康に適した環境の維持，改善を図る態度

技術・家庭科：新エネルギーの開発，家庭排水，ごみの環境に与える影響

特別活動（旅行，集団宿泊的行事）：他地域の自然や文化の体験

道徳：自然に対する畏敬の念

（文部省，1989）

[高等学校]

地理歴史科

世界史 A：科学技術と現代文明

地理 A：地球的課題の出現とその要因（環境，資源・エネルギーなど）

地理 B：世界の環境問題

公民科

現代社会：環境と生活，環境保全と倫理

政治，経済：現代経済と福祉の向上（資源・エネルギー，環境保全と公害防止等）

理科

総合理科：自然環境とその保全

物理 I A：太陽エネルギーと原子力

化学 I A：環境の保全

生物 I A：自然のなかの人間

地学 I A：地球の環境と人間，地球環境の変化と保全
芸術科

美術：自然と人間の調和

工芸：自然と人間の調和

保健体育科：人間の生活，産業活動による環境の汚染，健康被害への対策

家庭科：消費者としての自覚，自主的，合理的な行動ができること

特別活動（旅行，集団宿泊的行事）：他地域の自然や文化の体験

（文部省，1989）

3 環境教育の内容のとらえ方

地学の領域と関わる自然環境の科学的な理解に基づく環境教育では，自然環境を科学的に探究する能力と態度を育成し，人間と自然環境との調和及び人間と自然との共生を図るというとらえ方が大切である。そのために，例えば，次のような概念が環境教育の内容として取り上げられよう。

ここで取り上げた内容は，すべての学校段階で取り上げるべきものではなく，児童生徒の発達段階に応じて，また，指導内容との関わりにおいて適切に対処することが大切である。

(1) 「システム」としての自然環境の理解

従来は，自然を要素分析的に調べるのが優先されて，システムとしてとらえることが不足していた。

地球は銀河系の太陽を中心とするシステムの中にあり，さらに地球は陸地，大気，水，氷，生命のサブシステムから構成されている。

これらシステム，サブシステム及びそれらの相互作用の上に，様々な現象が生じているというとらえ方が一層重要視されなければならない。

（The Ohio State University Research Foundation, 1994）

このようなとらえ方は地球規模の環境問題を理解するためには欠くことができないものである。

(2) 「時間・空間」の理解

現在の地球環境は，45億年という長大な時間経過とともに変遷してきており，現在はその一断面を示しているとともにさらに変化を続けている。

また，自然の事物・現象は原子・分子というミクロの世界から，地球・宇宙というマクロな範囲まで広がっている。

この様な時間・空間概念の理解に基づき，地球の仕組みやそこでの振る舞いを認識することが大切である。オゾ

ン層の破壊や地球温暖化などの環境問題を理解するにはこの時間・空間の概念を備えていることが必要である。

(東京都立教育研究所, 1994)

(3) 「生命」の理解

生物は、その生命を維持し、他の生物や自然環境と関わりながら生活しており、人間もその例外ではない。人間の場合、その生命活動を支えるエネルギーは他の生物に依存していることから、生命と環境との関わりを理解することは重要である。その際、生命の尊重、生命に対する畏敬の念などをもたせることが大切である。生命の理解は、熱帯林の減少、野生生物の減少などの環境問題を理解するための基礎的な概念でもある。

(4) 「循環」の理解

生態系における「物質の循環」と「エネルギーの流れ」は、自然環境や社会環境を理解するために重要な概念である。人間や生物が生存する環境は、さまざまな物質で構成されている。物質は、それが変化する過程、あるいは循環する過程で、環境と深い関わりをもっている。

エネルギーには、生命活動に必要なエネルギー、自然のエネルギー、原子力エネルギーなど様々なものがあり、それが変換、移動の過程で環境と深く関わっている。

これら物質環境、エネルギーの流れの概念は、人間がエネルギーを生産、消費していく過程でゴミ問題、地球の温暖化、熱帯林の減少、エネルギー問題、酸性雨、海洋汚染などの環境問題を理解するための基礎的な概念でもある。

(東京都立教育研究所, 1994)

(5) 「自然界の平衡」の理解

自然界では、地球の平坦化作用、食物連鎖、物質循環、エネルギーの流れなどにみられるように、さまざまな平衡が保たれている。自然界には、これらさまざまな平衡状態が存在し、生物や人間の働きかけによりこれら平衡状態が移動することを理解していることは大切である。

このような概念は、生態系の変化、森林伐採、宅地造成等による自然破壊を理解するための基礎的なものである。

(東京都立教育研究所, 1994)

(6) 「有限性」の理解

地球上に存在する石炭、石油、天然ガス、有用鉱物あるいは生産される食料などは、人間生活にとって不可欠なものである。しかし、これら地球の資源やエネルギーは有限であることの認識及びその有効な利用を考えるとなどが重要である。

このような認識や考え方は、食糧、人口問題、物質の再利用や省エネルギーを理解するための基礎となるであろう。

(7) 「閉鎖系」の理解

1つの町、1つの島、1つの地球は、いずれも限りなく「閉鎖系」である。

人間は、地球の自然界から食料、燃料などの資源を得て消費し、不用となったものをゴミとして自然界に放出している。

近代的な産業が発達する以前の社会的経済的活動が小さかった時代には、ゴミなどの不用物は自然の浄化作用によりほとんど処理されてその影響は問題視されなかった。しかし、人間の活動が巨大となった今日では、資源やエネルギーなどの採取量が大きくなり、不用物としてのゴミや二酸化炭素の排出量も大きくなった。

その結果として、閉鎖系である地球環境では、資源・エネルギーの生産量に限りがあると同時に、不用物を処理する能力にも限度があるため様々な環境問題が顕在化するとところとなったのである。

人間はこうした「閉鎖系」の中で生活しており、閉鎖系毎にそこで生じたことは、その閉鎖系の中で処理をしなければならないという認識をもつことが大切である。

その意味で、この概念はしばしば「宇宙船地球号」に例えられる。

(環境教育実践研究会, 1983)

(8) 「環境倫理」の視点をもつこと

環境に対して人間の行動が負担を与えないように、また、生態系のバランスを崩さないようにするためには、自分に何ができるか、自分は何をすべきかを考えることが大切である。

そのためには、自然環境の科学的な認識を基にして、身近な環境や環境問題がどのような性質のものかを理解し、客観的な判断に基づく自分の意見がもてるようにしなければならない。

(9) 科学技術の環境保全に対する有効性の認識

科学技術は、環境に大きな負担やその後遺症を残すものがあるが、使い方によっては、環境の保護や改善に役立つのである。地学的自然の学習を通して、前述の様々な概念の理解や科学的な視点が育成されるならば、科学技術と関わる身近な道具や製品が環境の保全や改善に有効であるかどうかを評価する能力や態度が備わるものと考えられる。

環境に負担をかけない洗剤を選んだり、品物の過大包装を断るなどの心掛も大切であるが、地球環境を壊さない身近な製品や装置の開発など科学技術の有用性を正当に評価できる態度が必要である。

4 環境教育に関わる教材開発の観点

環境教育に関わる教材の開発は、児童生徒の発達段階や地域の自然環境の実態、あるいは指導教科との関わり

などを考慮することが大切である。その教材開発の観点として、例えばつぎのようなことを挙げることができる。

(1) 児童・生徒の実態

児童生徒の発達段階に配慮し、育てたい能力や態度を明らかにすることが大切である。小学校低・中学年では、体験を通して自然に触れ、環境教育の基礎を培う。

小学校高学年の児童や中学校生徒の場合は、環境に関わる事象に直接関わることにより、因果関係や相互関係の把握力、問題解決能力を育てる。

高等学校では、環境問題を総合的に思考・判断し、意志決定ができる能力の育成、及び進んで環境保全や環境の改善に働きかける能力と態度の形成が期待される。

最近の児童生徒には、自己中心的な行動をとり、物を粗末にするなどの面が目立つが、この様な観点から環境教育に取り組むことも考えられる。

(2) 地域の自然環境の教材化

地球規模の環境問題については、テレビ、新聞等を通じて情報が与えられるが、それは身近なものとしてとらえにくいいため、時間が経つと印象が薄れがちである。

これに対して、身近な地域あるいは日常生活のなかでの事象と関連したものを教材として取り上げることは児童生徒の興味・関心を高めることができよう。

また、従来の環境教育では、「環境の質」を問題にすることが多かったが、今後は「環境の時間的な変化」をもっと取り上げ、環境が変化していることの認識を深めることが必要であると考えられる。

その教材化に当たっては、生徒や学校、地域の実態などを考慮して事象を取り扱うことが大切である。

特に、野外での事物・現象は総合的であり、学習者がそれらに行動的に働きかけることができるので、野外学習は積極的に取り入れたい。

(3) 環境教育的な視点からの教材の選定

環境問題やエネルギー・資源問題を正面から直接的に取り上げることも必要であるが、一見、環境教育とは関係がないように見える素材を視点を変えてみると環境教育の適切な教材になるものがある。

例えば、盆地霧の発生または晴れ上がっていく様を観察させるとき、水や大気の循環のことだけではなく、地表の汚染された空気のみならず、酸性霧の現象にも関連づけることが可能である。

また、都市あるいは都市化の著しいところでは、地域の気温を測定することにより天気変化と気象要素との関わりを知ることができるだけでなく、人工的な熱源に伴う現象の学習に発展させることが可能である。

(4) 他地域との情報の比較

環境教育は体験的な身近な問題から学習することが適当ではあるが、郷土の環境と他地域の環境或いは外国の環境との比較をすることにより、身近な環境への働きかけが可能になると考えられる。

その際、映像化された情報(写真、ビデオ、衛星画像等)の提示は、時間経過による環境の変化、例えば、土地利用や植生の変遷を把握するために大変効果的である。

5 環境教育における目標の具現化

環境教育は、環境について学習し、環境から学習する教育である。

そこで育成するねらいは、次のように要約することができる。(文部省, 1991)

それぞれ担当する教科等における目標を達成すると同時に、以下の環境教育のねらいを達成できるよう指導計画を立てることが大切である。

(1) 環境や環境問題に対する関心と感受性を身につけること。

そのためには、例えば、身近な自然の体験や動植物の飼育、栽培などを通じて、美しさ、優しさ、偉大さ、畏敬の念などを培うような機会を設けることが必要である。

さらには、課題研究、発表や討議等の場を通して豊かな感性を育成することが求められている。

(2) 環境や環境問題及び人間の環境に対する厳しい責任や使命についての基本的な理解を身につけること。

環境問題がそれぞれどのような性質のものであるかを認識して、その問題解決のためにはどのような情報処理と発信が必要かを理解していることが大切である。

具体的には、各教科、領域において地球の環境や環境問題について、基本的な知識・理解を図ることが大切である。そして、この知識が環境や環境問題を説明するときに実際活用されることが期待される。

(3) 社会的価値や環境に対する強い感受性、環境の保護と改善に積極的に参加する意欲を身につけること。

美しい自然の景観や歴史的・文化的遺産などに関心をもつと同時にそれらの保護や保全に自ら参加できるような態度を育てることが期待されている。

(4) 環境問題を解決するための技能を身につけること。

例えば、身近な地域での河川の汚染などの現象を通じて、一市民のレベルとして、その汚れを調べる方法や、汚れを減らしたり汚さないための方策を身につけることが大切である。

また、自然環境を調べる活動を通して、因果関係や相互関係の把握、問題解決の能力や解決の方法の習得、メ

ディアの使用などの技能を育成することも必要である。
 (5) 環境状況の測定や教育のプログラムを生態学的・政治的・経済的・社会的・美的、その他の教育的見地に立って評価できること。

身近な地域にある森、林、河川、池などの自然環境が木材の切出し、宅地造成、ゴルフ場や道路の建設などによってどの様になったのかに気付いたり、その変化が好ましい方向であるかどうかを判断するよりどころを身につけていることが求められている。

(6) 環境問題を解決するための行動を確実にするために、環境問題に関する責任と事態の緊急性についての認識を深めること。

当面する環境問題がどのような性質のものであるかを理解し、科学的な判断に基づいて自分の意志を決定し、自分にできることを具体的な行動として表現する。

例えば、生命の尊重、環境保全等について公平な態度での判断や責任ある行動がとれるようになることが期待されている。

6 自然環境の科学的理解

地学的な自然環境の認識や理解を深めることにより、その発達段階なりに環境問題の性質が理解できるようにするためには、児童生徒の発達段階や地域の実情に対応した教材の開発や指導の仕方に工夫が必要である。

自然環境を理解させる過程では、単に「丸い石がある」、「ヤナギの木がある」というように一つ一つの自然物を認識するにとどまらず、「川原に丸い石がある」、「水辺にヤナギの木がある」のようにそれがおかれている環境とともに認識できるように心掛けることが大切である。

自然環境の理解という言葉の使い方をしたのはそのような意味を含んでいるからである。

地学的な自然環境の理解については、いろいろな方法があろうが、次に掲げるような事例もその一つの方法である。

(1) 身近な自然環境に目を向けさせる工夫

図1は、児童が学校周辺の野外観察で、どのような自然の事物・現象に興味・関心を持つかを調査した結果である。なお、この場合の調査対象等は次の通りである。

*調査対象：小学校第5学年児童70名（2学級）
 *観察場所：岐阜県揖斐川下流域の堤防の内側（1組）と外側（2組）
 *調査日：1992年11月6日

（下野 洋 他，1993）

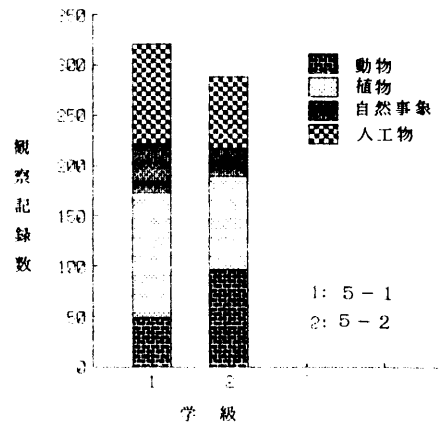


図1 興味・関心のある観察対象

調査結果を見ると、児童の興味・関心は、動植物や人工物（空き缶やポリ袋等を含む）にむいている。

したがって、この動植物を介して、川の水、足元の地面、岸辺の土や石など手近なところから川の堤防、道路、田畑や石垣、道路沿いの家屋など地形に関わる景観へ目が向くように適切な指示を与えることが大切である。

従来の野外学習では、教室で学習したことの検証やある科学的概念を実物を前にして解説するタイプのものが多かったように思われる。また、教室内の学習においては、教科書の図や写真、標本などを基にれき、砂、粘土、土、湧き水地層などの用語を解説するような学習も見られた。

たしかに、ある程度基礎的な用語や現象については室内での学習や野外における説明的な学習も必要である。

しかし、いつでもそれだけに終始していたのでは児童生徒の発見的、創造的な活動の芽を摘んでしまうことにもなりかねない。したがって、一見地味と思われる足元の自然に目を向けさせるためには彼らの学習意欲を高めるような活動計画、野外学習のモジュール等を開発し、そこでの指示、助言などを工夫しなければならない。例えば、崖の土を掘る、草の根の伸び方を調べる、土中の生き物を調べる、土の色や手触りを調べてみるなどのモジュールがあってもよい。

地学的内容の学習では、崖の観察をするときは岩石や地層だけに着目させるが、環境教育的な視点からすれば、植生や生息する動物を含めて観察することはその場所の自然環境の特徴を把握する上で大変重要なことである。また、児童・生徒は、このような崖を観察しスケッチするときには地層だけを記録するのではなく、生えている植

物やその育成状態などにも関心をもつものである。

現在の学校教育では難しい面もあろうが、このような環境教育的な視点での学習が教育課程に位置付けられて実施されるよう工夫されることが望ましい。

(2) 自然環境の変化をとらえさせるための工夫

前述の野外観察の時に、児童が自然の事物・現象の中でどの様な変化に気付くものかを調査した。

図2～4は、児童が動物、植物、自然の事物・現象(川の水、砂、天気など)をどの様な観点(色、形、数、日変化、月変化、年変化、存在、様子など)で観察したかを調査した結果である。変化の読み取りという点からこれを見ると、学級による違い(観察場所が堤防の内側と外側に別れている)があるが、動植物や自然の事象(特に川と川の水)と日変化、月変化、年変化と関わった観察の多いことが分る。具体的には水面の日変化、季節変化、周年変化などが記録されている。

(下野 洋 他, 1994)

この児童達の実感をもって認識できる時間的尺度は、

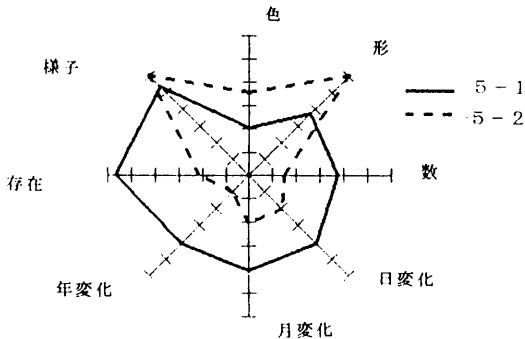


図2 動物と観察の観点

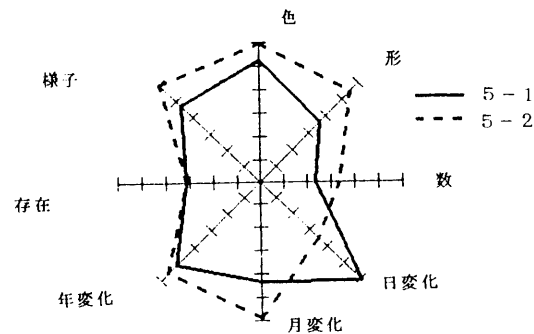


図3 植物と観察の観点

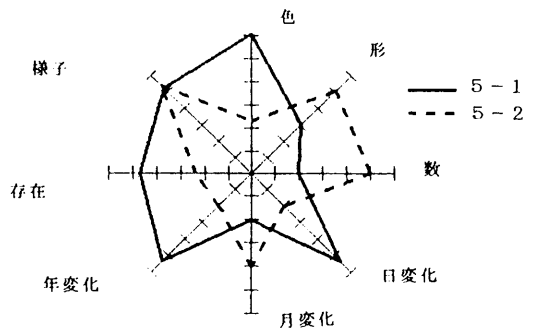


図4 自然事象と観察の観点

周年変化程度の比較的短いものではあるが、地球的規模の環境を議論するとき必要とするグローバルな変化についての概念は、これらの上に少しずつ積み上げられていくものと考えられる。

地学的自然環境の変化には、霧が晴れるときのように比較的短時間の内にその変化が認識できるもののほか、岩石の風化のように変化の過程を見届けることができない長時間の間の大規模な変化がある。

後者のような場合には、野外での岩体のひび割れや風化して土壌が生成している露頭、石灰岩のカルスト地形、墓石の観察、あるいは、その映像を見せたりして学習者の理解を助けたいものである。

この外に自然環境の変化についての理解を促すためには、例えば、つぎのような課題について学習することが有効だと考えられる。

- ①寒冷前線通過時の天気、気温、風の向きや強さの変化の体験的な調査
- ②霧が晴れる様子や雲の動き、形の変化の観察
- ③季節毎の日の出入りの時刻や方位、昼間の長さの観察
- ④日影曲線の観測や星座の日周運動の観察
- ⑤海岸での潮の干満の現象の観察
- ⑥洪水の前後での川原の堆積物の観察
- ⑦露頭で採取した粘土が室内で風化する様子の観察
- ⑧フズリナ石灰岩の塩酸に対する溶け方の観察
- ⑨花こう岩が風化している崖での岩体のひび割れやまさ土の状態の観察
- ⑩化石を含む地層や河岸段丘などの観察

(下野 洋, 1993)

上に述べた事例は、それぞれ発達段階や指導単元との関わりを考慮して適切に取り上げることが大切である。

(3) 土壌を環境要素の一つとしてとらえる 観察の工夫

また、先の調査では最も身近で日常生活とも関わりの深い土についての観察が見られない。

そこで、児童生徒が土に目を向けるために土壌についての観察の観点を取り上げてみる。

土壌には、森や林に自然の状態で存在するもののほか、田畑などで耕作に利用されているもの、運動場や道路などとして使用されているものがある。

ここでは、土壌についての一通りの概念を学習するというのではなく、身近な環境構成物であり、かつ、資源としての土のおよその仕組みと働きを理解させようとするものである。

まず、写真1のような自然の状態で存在する土壌についてその産状、性質、植物との関わり、動物との関わりなどを観察することが考えられる。そして、天気や季節による土壌表面の違い、周囲の森林伐採や宅地開発などによる影響あるいは他地域との比較などによって土壌に



写真2 土による植物の成長の違い (同一場所の黒土<左>と赤土<右>)

見られる変化の特徴や違いをとらえることができる。

表1は、横浜市内の3ヶ所の露頭で土壌を観察した結果をまとめたものである。関東地方には、赤土と黒土が直接関わる露頭が豊富であるので、赤土の上に黒土が重なっている崖で、それらの土を採取し、植物の種を播いてその育ち方を基に、赤土と黒土の違いを明らかにするような課題が考えられる。

試行実験によると、赤土と黒土とでは明らかに黒土での植物(かいわれ大根)の成長がよかった。(写真2、図5)

このときの根の張り方を調べたら、赤土と黒土とではその主根の伸び方や側根の張り方が異なっていた。(図6)

写真3で分るように、黒土では主根が太く長く伸び、側根が数多く長く伸びている。これに対して、写真4の赤土では、主根が細く短くて、側根の数も少なく短い。

それに赤土では、主根が赤土の塊や小石を避けながら曲って伸びている。

この試行実験は、3ヶ所の露頭における赤土と黒土(いずれも関東ローム)を使い、しかも2度にわたって行った結果である。また、この黒土は黒ボクであり、黒ボクの特徴は「それに含まれる腐植の割合は世界中の土の中でもずばぬけて高いこと、その間隙は他の土よりずっと大きいこと、それは酸性でリン酸をよく吸着すること」である(岩田進午, 1985)。したがって、このことは黒土の方が、かいわれ大根の成長が良かったことを間接的に支持するものである。

このように植物を指標(Phytometer)として土の性質を調べていくことは、土を環境と関わらせながら観察で



写真1 黒土と赤土の見える崖 (横浜市・野庭苑東)

表1 3か所の崖での土壌の観察結果

観察の内容	自然観察の森	円海山	野庭苑
黒土層の厚さと色	40㍍ 乾いた所は灰色 湿った所は黒色	35㍍ 乾いた所は灰色 湿った所は黒色	53㍍ 乾いた所は灰色 湿った所は黒色
赤と黒が混じった層の厚さ	20㍍	22㍍	10㍍
赤土層の厚さと色	60㍍ 乾いた所は黄色 湿った所は黄土色	53㍍ 乾いた所は黄色 湿った所は赤褐色	57㍍ 乾いた所は黄白色 湿った所は黄土色
棒の刺さる深さ	40㍍	41㍍	60㍍
黒土のひび割れ	六角形縦長 厚さ2-3㍍	なし	なし
赤土のひび割れ	小さい板状六角形	板状六角形ではげやすい 大きさ3×5㍍ 厚さ2-3㍍	塊状 1㍍立方体
黒土の手触り	ほくほくして粒は細かく、指で潰すとつるつるして少し粘り気がある 握りしめると小さくなる	さらさらして粒は細かく、指で潰すと少しざらざらしてる 握りしめると小さくなる	ほくほくして細かく指で潰すと少しざらざらしているが粘り気がある 握りしめると小さくなる
赤土の手触り	塊状で粒は細かく、指で潰すとつるつるして黒土より粘り気がある 握りしめても体積変らない	塊状で粒は細かく、指で潰すとつるつるして粘り気がある 握りしめても体積変らない	塊状で割にさらさらしているが、指で潰すと少し粘り気アリ 握りしめても体積変らない
黒土に含まれているもの	落葉、枯れた小枝、4~5センチ大の小石	ササの枯葉が少し	枯葉、枯れた小枝、木の実、2~3センチ大の小石
赤土に含まれているもの	草や木の根	草や木の根	2~3センチ大の円れき
動物の住み家	赤土黒土両方にネズミと思われるものの巣穴	赤土黒土両方にネズミと思われるものの巣穴	赤土黒土ともにネズミと思われるものの巣穴
小動物について	肉眼では黒土にクモだけがいた	肉眼では黒土にクモと赤土にアリがいた	肉眼では黒土にクモと赤土にアリがいた

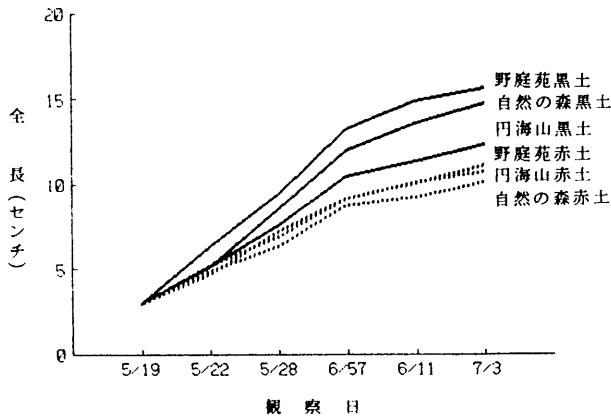


図5 土による植物の育ち方

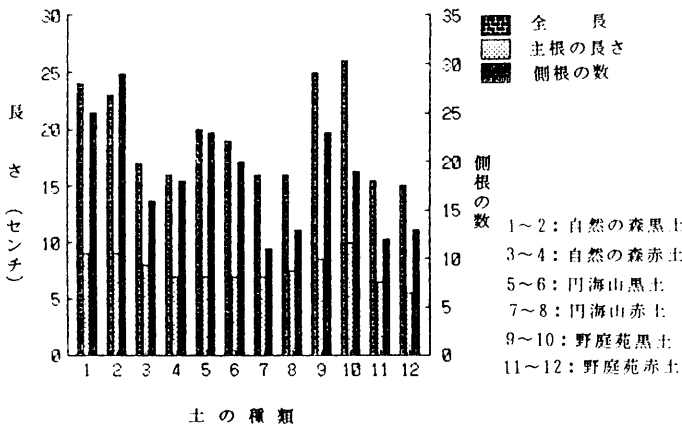


図6 土による根の伸び方

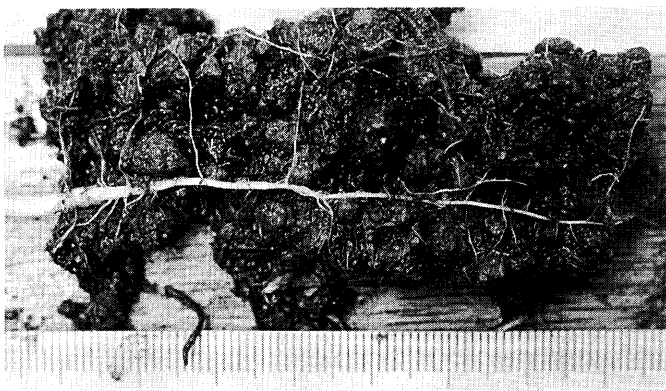


写真3 黒土での根の伸び方

きという点で児童生徒にとっても興味深いものであろう (全国理科教育センター研究協議会, 1986)。

土壌という児童生徒に取っては地味な観察対象ではあるが、その扱い方を工夫することにより、新鮮な驚きを与えることができよう。土壌についての学習は、児童生徒の発達段階や地域の実態に合わせて適切な素材を取り上げるようにしたい。その際、土壌の露頭での観察、土壌の性質、土壌の働きなどを同時に取り扱うのではなく、学習者の実態やカリキュラムの位置付けと合わせて観察や実験の内容を精選することが大切である。

例えば、小学校高学年～中学校での土の性質を取り上げる場合は、土の水はけを調べたり、土に含まれる鉱物の特徴を実態顕微鏡で観察したりする。

横浜市南部における3ヶ所の関東ローームを用いた試行実験では、水はけは赤土より黒土の方がよく、含有鉱物は当然のことながら同じ露頭の赤土と黒土では共通のものが多くみられた。

土壌についてのさまざまな課題を取り上げるためには、上の例のようにいくつかのモジュールを準備しておくことが望ましい。

(4) ありふれた自然環境に関心を持たせる工夫

自然環境には、一見してその事物現象がどのようなものであるかがはっきりするものと、その見方を与えないとそのものに気付かなかったり、かなりの説明や資料がないとそのものがよく分からないというもので様々なものがある。先の調査によると、児童の観察地域には、児童に気づきそうな観察対象があっても、なかなかそこへは目が向かないということがある。

これには児童の既有的知識や経験が大きく関わっているであろうから、それらを打破するような新しい観点を与えたり、観察の訓練をすることによって少しずつ改善されるものと考えられる。

例えば、太陽の日ざしなどはごくあ

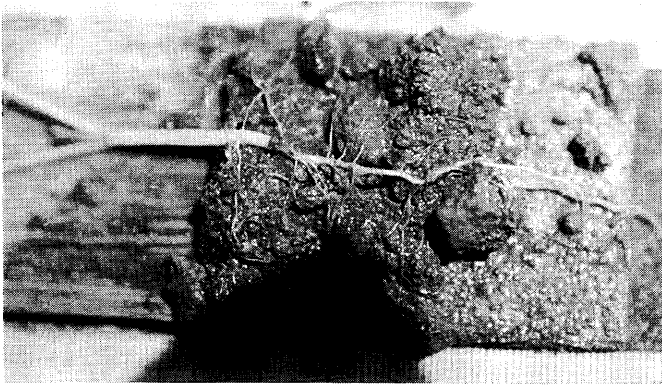


写真4 写真3と同一場所の赤土での根の伸び方

りふれた現象で普段はそれほど気に止めるようなことではないかもしれない。

理科の授業で、日なたと日陰の地面の様子とか、太陽の高度と日ざしの長さや方位などのことは学習している。

これを周りの環境との関わりでとらえさせるような視点を持たせてみてはどうだろうか。

写真は、3月はじめ(写真5)と5月中旬(写真6)のそれぞれ正午ころの日ざしと芝生の様子を写したものである。

これらは、春のはじめと終わり頃の環境の違いを撮影したものであるが、このような写真や資料を準備することはそれほど難し

いことではない。

日ざしは日常生活とも深い関わりがあり、同じ正午の日ざしであるが、季節によってその長さが異なり、同じ場所の自然環境にも変化があることをとらえることができよう。

日ざしに目を向けることは、生物の生存を支える環境要素の一つである太陽放射に関心を持つことであり、環境理解の上では重要なことである。

おわりに

環境教育は、単なる自然保護や環境保全のための教育ではなく、人間と自然との関わり方について学習し、環境について望ましい働きかけができ、責任ある行動がとれるようにする人間の生き方そのものについての教育であると言える。

したがって、環境教育は将来的には特別なものとして実施するのではなく、教育そのものとして同化すべきものであるという考えもある(山田卓三, 1992)。

このような立場からすると、例えば、自然認識をそのねらいとする理科においても担当する教師の指導のあり方(環境教育的な視点)によってはかなりの目的を達成することが期待される。また、環境教育というと、とかく環境問題教育になりがちである。確かに、環境問題に正面から取り組むことも必要ではあるが、まずは足元の身近な自然についての学習からはじめることが大切である。

環境教育では、まず地学的自然の認識、すなわち、地球の仕組とそこでの様々な現象が理解されていてこそ、環境問題に対する科学的な見方考え方ができるものと考えられる。

これからの環境教育では、環境や環境問題についての知識だけに偏ることなく、野外での具体的な体験と探究

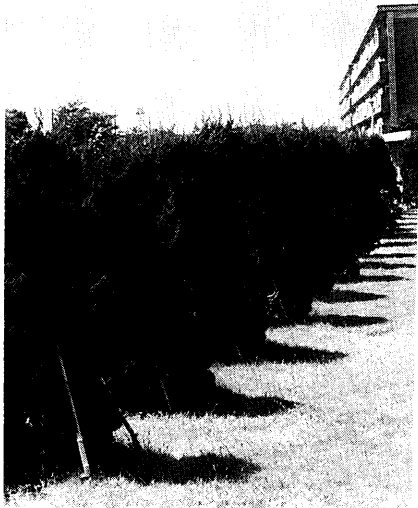


写真5
3月初旬
正午ころ
の光景
(横浜市
内)



写真6
5月中旬
正午ころ
の光景
(写真5
と同じ)

的な活動を通して身近な環境についての理解を得ることが、環境への働きかけができる第一歩になるものと考えられるのである。

[参考・引用文献]

- ①岩田進午, 1985: 土のはなし 大月書店 56-57
- ②環境庁長官官房総務課編, 1990: 地球環境キーワード事典 中央法規出版 10-106
- ③国立教育研究所内環境教育実践研究会編, 1983: 環境教育のあり方とその実践 実教出版 19
- ④文部省, 1991: 環境教育指導資料(中学校・高等学校編) 6-15
- ⑤文部省, 1989: 小学校学習指導要領 1-122
- ⑥文部省, 1989: 中学校学習指導要領 7-124
- ⑦文部省, 1989: 高等学校学習指導要領 11-131
- ⑧岡島成行, 1990: アメリカの環境保護運動 岩波新書 142 岩波書店 198-199
- ⑨下野 洋他, 1993: 児童の自然環境のとらえ方Ⅳ 日本科学教育学会年会論文集17 153-154
- ⑩下野 洋他, 1994: 児童の自然環境のとらえ方Ⅴ 日本科学教育学会年会論文集18 101-102
- ⑪下野 洋, 1993: 地学リテラシーの育成 地学教育46巻4号, 153-156
- ⑫The Ohio State University Research Foundation, 1993: Activities for the Changing Earth System 2-5
- ⑬東京都立教育研究所科学研究部, 1994: 理科における環境教育の基礎的研究 中学校編 7-11
- ⑭山田卓三, 1993: 環境教育と市民意識 東洋学術研究 32巻1号 116-117
- ⑮財団法人日本環境協会, 1994: 環境基本法のはなし 環境シリーズ 67 9-10
- ⑯全国理科教育センター研究協議会編, 1986: 身近な自然を生かした生物教材の研究 東洋館出版 166-169

下野 洋: 環境教育についての一つの提案 地学教育 48巻, 3号, 113~124, 1995年5月

[キーワード] 自然環境, 環境教育, 環境問題, 児童生徒, 自然環境の変化, 教材開発, 野外観察, 土壌

[要 旨] 地球の自然環境や環境問題を考えるとき, 自然についての科学的な理解が得られていることが大切である。

ここでは, 環境問題についての考え方や環境教育が必要となる背景及び学校における環境教育の進め方を概観し, 自然と深く関わる環境教育の主要な概念を取り上げてその重要性和環境問題との関連を説明した。

そして, 自然環境の理解を促すためのいくつかの指導の観点を例示した。

Hiroshi SHIMONO: A Proposal for Environmental Education.
Educ. Earth Sci., 48 (3), 113~124, 1995

委員会報告

理科活性化に対する日本地学教育学会の取り組み

理科活性化検討委員会
委員長 磯部瑛三 (国立天文台)

1. はじめに

学校における地学離れについては1980年代より認識されていた。これは大学における入学試験に大きく関係しているとの認識はあったが、残念ながら十分な対策がとられては来なかった。

一方、1980年代末から学校における理科離れが言われるようになってきた。そして、各方面での議論がなされるようになった。

当学会では1990年に学会改革を議論するために“地学教育の将来を考える”委員会が設置され、その中でいかに地学を活性化するかを議論がなされた。その成果の一部が1994年1月に“地学教育”誌に掲載された。これを受けて、より深い議論を進めるために、理科活性化検討委員会が設置された。

日本学術会議科学教育研究連絡委員会は1994年4月2日、10月29日、1995年4月1日と3回シンポジウムを開催した。これらに対応するため、当初は有志が、3回目は当委員会のメンバーが十分な議論を重ねまとめた意見を発表してきた。第1回目には愛知教育大学の遠西昭寿氏、東京学芸大学附属高校の田中義洋氏が、第2回目には愛知教育大学の遠西昭寿氏、東京学芸大学附属高校の林慶一氏、そして第3回目には国立天文台の磯部瑛三、東京学芸大学の松川正樹氏が代表して意見を述べた。

当委員会の名称は地学活性化ではなく、理科活性化である。それは、地学の単独での活性化はありえず、理科全体を見渡したグローバルな観点なしには進まないとの考えからきている。さらに理科ばかりでなく、現代人の住む地球環境にとって、地学の果たす役割の大きさの認識が強いためでもある。

表1には、当学会の取り組みの概略を示した。この間にも当委員会の会合を始め、多くの会合が持たれている。本文は、現在の状況を会員諸氏にお知らせするとともに、有志及び当委員会の委員で行ってきた議論の概略を、科学教育研連での磯部の発表内容を通して知っていただき、その上で、多くの御意見、ご批判をいただくことによって、今後の活動の強化をはかりたいと考えて書いたもの

である。会員諸氏が強い関心を示され、当学会全体として整合性のある意見が形成できるよう御協力をお願いしたい。

2. 学習指導要領改訂への動き

現行の教科書課程、学習指導要領が実行に移されてから、まだ間もない時期であるが、次の改訂に向けての作業が各方面で始まっている。これは学校週5日制を完全実施するためには避けられないためである。学校週5日制の善し悪しの議論はまだ十分にはなされていないが、この方向への流れは避けられない状況になってきており、1998年から2000年頃の実施する方向で検討が進められている。

公式には本年(1995年)4月に再開された中央教育審議会での議論によって物事は始まるのであるが、実際には関係各方面での改訂に向けての準備作業は着々と進められている。教育課程の改訂に当たっては、各教科・科目を全体として検討し、それらの中での各科目、宇宙観の形成ばかりでなく、これからの厳しい地球環境に住む人間として、持つべき基本的な知識形成にどのような役割を果たすべきかを検討しなければならない。

理科離れ問題に関しては、日本物理学会、日本物理教育学会、日本化学会、日本数学教育学会が声明を出している。しかし、これらの声明は残念ながら一部の活発な方々がそれぞれの科目の維持のために若干、拙速気味に行ったものといえる。1995年3月28日に日本物理学会年会の折に、指導要領改訂に関するシンポジウムが開かれ、そこで日本地学教育学会の考え方を磯部が発表した。そこでの参加者からは他学会の発表よりも日本地学教育学会の内容に好感を持たれた。

(財)日本教育研究連合会はずでに3年近く次の改訂に向けての議論を進めている。1994年秋には、新教育課程のあり方について10項目もの詳細な意見を各学会から求めるアンケート調査がなされ、大枠を決めるべき作業が成されている。

一方、日本学術会議科学教育研究連絡委員会では3回のシンポジウムを持って、教科科目を越えたカリキュラム編成を念頭にして議論が進められている。この会では残念ながら科学技術教育ということばが導入され、物理学、化学、生物学、地学、数学関係学会と図学会、産業教育学会などの技術系の学会との間の意見の違いは大きかった。*

日本地学教育学会でも作業を進めてきており、特にこの1年間は毎月のように会合を開き、20人近い出席者の間では、大枠では合意できる考え方が形成されてきている。まだ学会全体の理解と支持が得られているという段階ではないが、4月1日の科学教育研連シンポジウムの発表のために仮にまとめられたものがあり、ここでは、それをそのまま再録して当学会員の御意見、御批判をいただくようにしたいと考えている。

次の改訂に向けて私達の意見を反映するために与えられた時間は1年、長くても1996年7月位までしかない。多くの方々の意見が早い段階で出されることを願ってやまない。

(* : 1995年7月1日にこの違いを小さくし、全体としてまとめるためのシンポジウムが開催される。そして、その議論をより有効にするために、科学教育研連内に小委員会が設立された。)

日本学術会議 科学教育研究連絡委員会

科学技術教育：

どのように教育課程を編成していくか

1995年4月1日

日本地学教育学会の考え方

教科科目を越えた観点からのカリキュラム編成

理科活性化検討委員会
委員長 磯部 瑋三
(国立天文台 助教授)

1. 日本地学教育学会のこれまでの対応・当面の考え方

地学教育学会においては、地学教育の在り方、理科活性化についての議論を表1の通り進めてきた。また、学会の統一見解を出せる段階ではないが、本年2月に発足した理科活性化検討委員会の集中的な議論の下に1年以内を目処としてまとまった案を作る予定である。

地学の独自のカリキュラムについては、10月29日の当研連研究会において、小中学校課程においては遠西が(同報告書13頁)、高等学校課程においては林が(同報告書62頁)かなりまとまった報告を行っているので、当面これ以上付け加えるものはない。

遠西、林の議論では、地学の内容は固有のものであり、総合理科として融合することの困難さを指摘している。そのような考え方から、一步譲って本研究会のテーマである教科科目を越えた観点からのカリキュラム編成を考えるにしても、それはあくまで科学教育に立脚するべきものである。当学会としては技術教育は科学教育を進めるための必要な要素として出てくるものであり、科学技術教育というものが最初から設定し得るものではないと認識している。10月29日の議論から何故突然科学技術教育という主題が出てくるのか、大いに疑問となる点である。その間の事情を明白にされることを要望する。

1994年4月2日、10月29日の2回研究会が開催されたが、各学会のまとまった意見は少なく、個人の意見と断って発表された方が多かった。教育課程・内容の改訂という大きな変更をかなり短時間に行わなければならない現実を考えた場合、各学会内で十分に議論をし、その結

表1 理科活性化に対する日本地学教育学会の取り組み

1990年7月9日	「地学教育の将来を考える」委員会設置
1992年1月15日	提言案提出「地学教育のあり方に関する研究委員会」
1992年5月28日	「地学教育の目標」の特集号原稿依頼
1994年1月	「地学教育」に掲載
	4月2日の日本学術会議科学教育研連シンポのために有志(13名)による議論
1994年4月2日	「科学教育：次の教育課程改訂への提言」シンポ 代表派遣
1994年7月29日	理科活性化検討準備委員会発足
	10月29日の日本学術会議科学教育研連シンポのために活動
1994年10月29日	「理科教育：次の教育課程はどのような内容を扱うべきか」代表派遣
1995年2月6日	理科活性化検討委員会発足
1995年4月1日	「科学技術教育：どのように教育課程を編成していくか」シンポ
1995年4月15日	地学教育学会フォーラム「本当に理科離れなのか」
1995年8月25日	地学教育学会全国大会における討論
1995年12月10日	「理科活性化の進め方(仮)」シンポ開催

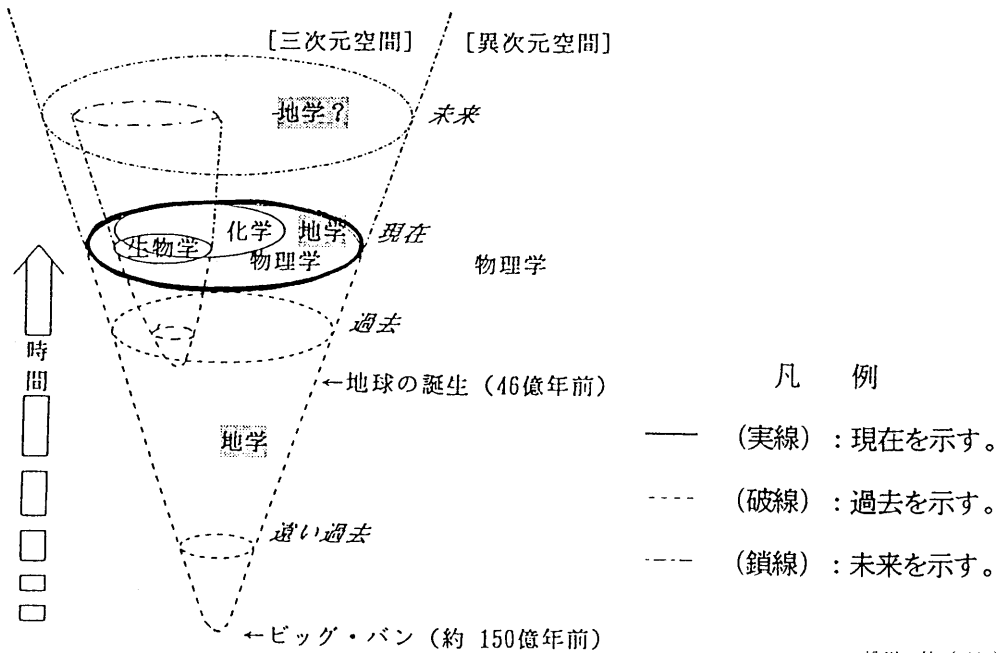


図1 自然科学の各分野の位置づけ

松川・林 (1994) より

果を各学会の代表者間で共通認識が持てるようにするために、月1回程度の割合で集中的な議論を行うために各学会間の連絡会議を持つことを強く提案する。

2. 日本地学教育学会で検討されている項目

地学教育学会では理科活性化検討委員会を設立している。地学活性化ではなく理科活性化としているのは物理、化学、生物、地学が全体として学校教育において重要視されるべきであるとの共通認識があるためである。ここではこの立場に立って議論を進める。

2.a 理科教育の重要性

昔の教育においては“読み、書き、そろばん”が国民にとって最低限身につけなければならない教育であった。これは通常の市民生活をする上で欠かせないものであった。しかし、科学が発展し、その結果としての技術の進展によって、科学知識の教育は不可欠になってきた。それは物理だけではなく、化学、生物、地学を総合した知識が必要なのである。一つの側面は技術立国として、基礎的な科学の修得であり、他方ではグローバルな環境問題の理解のための基本的な科学の修得である。

2.a.1 技術立国を担うために

技術立国を担うためには基礎となるべき物理学と数学を十分に修得しなければならない。基礎とはそれを基に

して多様で高度な発展を進められるものである。その内容は若干難しく、おもしろさのないものである可能性があるが、それらの取得なしには次へのステップは望めない。しかし、このような基礎を理解しなければいけないのは国民の一定割合の人である。

2.a.2 環境問題を考えるために

環境問題への認識は不可欠である。科学技術によって得られた道具が一般人の日常生活にまで入り込んでいる。さらに科学の高度な発展によってグローバルな地球環境問題が顕在化してきている。このような現象に対応するには科学の基本的な知識を持っていなければならない。それは国民全体が持たなければならない知識である。

2.b 子供たちの好む理科

現在の学習指導要領に含まれた理科のカリキュラムは、理科の教育という側面から見るとかなり練られたものである。しかし、残念ながら一般の生徒にとってはかなり基礎的であるので子供達が好む方向にはあまりなっていない感がある。

2.b.1 親近感を持つ

大多数の生徒が関心を持つようにするためには、理科のカリキュラム内容に親近感を持つことが大切である。親近感を持てば次のステップへと進むことが易しい。現カリキュラムのように独立したテーマを次々と教えるの

ではなく、相互に関連した内容をステップアップしていくことが重要である。

2. b. 2 好奇心を持つ

親近感を持って学び始めたテーマが、生徒に好奇心を持たせ、そこから科学的態度を持たせることが重要である。そのような生徒が技術立国を担い得るレベルへと進むことが期待できる。

2. c 能力の開発

能力の開発には繰り返し作業と基礎的知識の応用練習が不可欠である。繰り返し作業は基礎となる知識を確実に記憶していく上で重要である。しかし、それだけでは常に他の人の指示を待つ、いわゆる“指示待ち人間”を作り出すのみである。

2. c. 1 科学的能力・態度の開発

基礎的な知識をよりよく応用しうるのは科学的能力を持つことは不可欠である。このような能力・態度も最も有効に行えるのが物理学の学習である。物理学においては、基礎的な知識を基にその内容を拡大していける。しかし、その基礎的知識の学習は子供にとっておもしろみがない場合が多く、特に大部分の生徒にとって難しすぎる感がある。

2. c. 2 直接経験主義を越える

子供の関心を増やすために直接経験しうる内容が教えられる傾向がある。しかし、その内容は単発的なものになりがちである。地震や火山などを含む内容は直接経験の難しいものではあるが、そのような直接経験が難しい内容も含め科学全体を関連づけた親近感・好奇心の持てるものになければならない。

2. d 教育内容の拡大

学校5日制になると授業時間数が減ることになる。しかし、社会の発展に伴い、教える内容が拡大せざるを得なくなっている。この問題にいかに対応するかは重要である。

2. d. 1 教えるものの多さ

時代とともに、各科目の教える内容は増大する。しかし、読み・書き・そろばんから発展した国語・数学の内容があまり増えることはない。芸術、体育、外国語もほぼ同じで、社会は社会機構の発展に伴って緩やかに増える。しかし、理科の科目は教えるべき内容が急速に増大する。

2. d. 2 理科での新しい発見・情報の急増

理科の各科目では、研究が急速に進み、新しい内容が次々に加わっている。しかも、新聞・雑誌等に取り上げられることが多く、子供達の関心も高い。そのような最先端の知識は興味深いばかりでなく、現代のグローバル

な地球環境問題に理解を示す上で欠かせないものも多い。このような内容に理解を示さない一般人の増大は将来の社会生活上重要な問題を作り出す。

2. e 何をなすべきか

理科の活性化を行うために今何をしなければいけないか。それは多様であろう。ここでは次の三点を提起したい。

2. e. 1 教師の再教育

新しく、しかも教える内容が増大する中で必要なのは、各教師が新しい内容を理解し、自身のものとして取り入れることである。現在でも教育センターでの講義・実習が行われているが、その方法は受動的である。理科各科目における補助スタッフの必要性をも考慮して、大学院生が一定日数(週2日位)有給でこの役目をする事が有効と考える。大学院生は最先端の科学に接触しており、教師への刺激効果は大きい。

2. e. 2 物理を中心とした専門家向け総合理科

基礎学習を大切に、それを基に応用する能力を開発するための総合理科を構成する。これに対応可能な生徒の割合は限られるであろう。しかし、それらの生徒にとってはより発展性のあるものとなる。

2. e. 3 一般市民として基本となる地学・生物を中心とした総合理科

地学・生物の科学研究の発展は著しい。しかも、多くの生徒にとって身近であったり、好奇心を引き起こすのに役立つであろう。それにより、社会における、又、地球環境における科学的 content に関してグローバルな視点をもたらし得るであろう。

3. 教科科目を越えた観点からのカリキュラム編成

現在までのところの地学教育学会内における議論では物理、化学、生物、地学を従来通り、個別のカリキュラムとして教えるべきであるという意見を強く主張する方々がおられる。しかし、ここでは本研究会の主題に沿った形で、当学会内での議論を踏まえて、筆者の主観を含めて示すことにする。

2節で述べたように、これまでの学習指導要領の内容自体は科学の基礎を学ぶ上でかなり練られたものである。直接経験主義を重視するあまり、地震や火山、また、星や銀河を取り扱っていないなど、各学会から提案されるいくつかの大切な変更は必要であろうが、特に大きく変えるべき必然性はない。しかし、それは、研究者や技術者となるであろう高度な科学を身につけるべき生徒に対するものである。

2. a. 2で述べた環境問題等にグローバルな視野を持つ

て、全日本人、全地球人が対処しなければならないという観点に立った場合、基礎を重視した難しくて、親近感の持ちにくい現行の理科の内容では、理科嫌いを増やす結果になり有効ではない。この問題を解決する方法として以下に示すような教科科目を越えたカリキュラムを採用することがよいと考える。そこでは、各項目毎に一つの筋のある物語となっていることが重要である。ここに提示するものはそのような方向の一例に過ぎないので、より多様な選択技があるべきである。

3. a 小学校

小学校では五感で理解する内容を中心とするが、時に応じたトピック的な内容も含むべきである。

3. a. 1 水の旅

海水が蒸発し、雲となり、山に雨となって降り、川となって海に戻る。この一連の流れに対して、水が石を動かす力がある。雪や雨、霧等の違いの原因は何か。地下水の大切さ。生物にとって不可欠な水。地球が唯一の水のある惑星。これらの中に物、化、生、地の内容を水の旅の物語に取り込んでいく。

3. a. 2 太陽の光

虹やスペクトルを見て太陽の光は色に分かれることがある。太陽光を受けると温かい。太陽の光を受けて植物は育つ。太陽の一日、一年の動き。太陽光を長く受けると物の色が変わる。このように、太陽の光によって受ける影響を示しながら、物、化、生、地の内容を取り込んでいく。

3. a. 3 恐竜の盛衰

このテーマは子供の興味を中心として選ばれる。恐竜というものの存在。いつの時代にも同じ種類の恐竜がいたわけではない(進化)。いろいろな体型によるメリット・デメリット。大陸移動と温度分布。小惑星衝突による恐竜絶滅。古い時代の流れの中に物、化、生、地の内容を取り込んでいく。

3. a. 4 地球の姿

近年の人工衛星によるリモートセンシングデータ等を利用して、物語を展開する。陸と海の割合。川の蛇行。砂漠の拡大。クレータの存在。火山の噴火や地震の影響。人工衛星で移動する物語の中に物、化、生、地の内容を取り込んでいく。

3. b 中学校

基礎的な内容や抽象的な内容も含めていくようにする。

3. b. 1 四季の植物

各季節に咲く花の種類。それぞれの花が咲く環境。植物と動物の助け合い。しなやかな木とポキッと折れる木。

3. b. 2 情報の流れ

電子の流れ。コンピュータの中。FAX通信とプリンターの種類。新聞の印刷。ラジオとテレビの構造と波長。地球外声明との通信。

3. b. 3 走る車

ガソリンの燃焼。交流と直流。エンジンの構造。タイヤの素材。地面との摩擦で動く。電気自動車。月面車。

3. c 高等学校

グローバルな地球環境を念頭においた基礎的な科学内容を含む。

3. c. 1 原子の旅

宇宙の中で原子がどのように生成されてきたか。原子の性質。固体、液体、気体の違い。原子核分裂と原子核融合。体に必要な原子。光との反応。原子力発電。有機物と無機物。

3. c. 2 温まる地球

地球の熱エネルギー。大気の流れ。酸素の生成。植物の反応。動物の呼吸。二酸化炭素の増大。赤外線役目。太陽と地球の距離。オゾンホール。

3. d 各教科科目間の調整

上記の例は一見地学・生物学関係の内容が多い印象を与える。これは、筆者が地学教育学会に所属しているためにもよるが、2. aで示した意味でのグローバルな環境問題を理解する上で表面に現れる現象としては、地学・生物学に関係するものが多いためである。しかし、ここで強調しておかなければならないことがある。上記の各カリキュラム内容は子供達に親近感を持たせ、わかりやすくするために一つの物語に作り上げる必要はあるが、それらの背景にある基礎的な科学に対する十分な理解を教える側が持っていなければ、理科ではなくSF物語になってしまうことである。そのため、実際の内容を作成する段階では各教科科目間の詳細な調整が不可欠である。

上記の例に加えて、多くの多様な物語が提案され、検討されることが期待される。

~~~~~  
 紹 介  
 ~~~~~

神奈川県立博物館編 新しい地球史 B 6 213ページ
 有隣堂 1994年7月初刷 1800円

本書の「はじめに」に次のような主旨が述べられている。「神奈川県では、毎年、公開講座を開催しているが、平成4年度は、本書の題名のテーマで12月に4日間、おこなった。地球が生まれてから現在にいたるまでを、第一線で活躍されている研究者に講義していただいた。皆さん、地球の神秘に魅せられ、地球を相手に研究をおこなっている人たちである。現在進行中の熱い科学を、そして地球の歴史がどのように書き換えられていくかを見せつけられた思いだった。このような思いを少しでも多くの人に伝えられればと、講座を本書にまとめてみた。本書を通じて地球の生い立ちや歴史に興味を抱いていたのであれば幸いである。」

こうした主旨で書かれた本であるから、地学の授業に直ちに役立つ数表・図解・説明などもあり、また、学界の定説とするためには、さらに研究を深めなければならない現象なども書かれている。

内容は、次の8章からなり、()内は執筆者である。

第1章 地球誕生(阿部豊) ①太陽系のメンバー ②太陽の誕生 ③惑星の誕生 ④地球の誕生

第2章 大気と海の誕生(田近英一) ①惑星の大気と海 ②大気進化と地球環境 ③大気と海の誕生 ④物質環境と地球環境の安定性 ⑤大気と海の進化

第3章 陸の誕生(有馬眞) ①陸の起源を求めて ②地殻とマントル ③陸の誕生 ④陸の成長

第4章 生命の誕生(柳川弘志) ①生物学とは ②生命とは何か ③生命の存在する惑星 ④生命はいかにつくられたか ⑤生命起源への解析的アプローチ

第5章 景観の裏の物語(中雄一) ①有明の海から ②景観の裏の物語 ③水河を追う ④なぜ、水期はあったのか

第6章 新しい地球像をつくる(丸山茂徳) ①全地球テクトニクス ②プレュームテクトニクス ③プレュームテクトニクスの展開 ④新地球史年表 ⑤大陸の歴史

第7章 地球を測る(小出良幸) ①地球の測り方 ②時間の測り方 ③地球の年齢の測り方 ④地球の年齢を求めて

第8章 地球を調べる(平田大二) ①地球表面の調べ方

②地球内部の調べ方

以上の内容を見ると、多くの人は「知っていることばかりだ」と思うかもしれない。私も目次だけを見たときそう思った。しかし、本書を読み進んでいくうちに、心得違いであることを反省した。たとえば「地球型惑星は水星・金星・地球・火星であり、これらを一括して内惑星とよびます」とあり、火星を内惑星に分類している。

私は、私の既得の知識を、第1章の太陽系のメンバーを読んだのみで、見直しを迫られた。これに類することは多々あり、一つ一つ取り上げていたら膨大な数字になってしまうので、これだけにとどめておく。

第1章から第8章までの中で、私がおっとも魅せられたのは、第6章の新しい地球像をつくる、であった。この新しい学説は、1993年7月初刷で、岩波書店から本書の第6章と同じ執筆者の本「46億年、地球は何をしてきたか?」(B 6, 134ページ, 1300円)、同年6月号の同書店の「科学」に丸山茂徳・深尾良夫・大林政行3氏連名で「プレュームテクトニクス」学説を、373ページから389ページにわたって論述されていたことを思い出した。本書とこれらの論述を読みくらべて、プレュームテクトニクスという新学説体系を理解することができた。この新学説は、人間の脳や内臓を調べる断層写真と同じような手法で地震波を用い、地球の内部構造が地震波トモグラフィーで詳しくわかるようになったという。そして、プレュームテクトニクスの体系は、プレートテクトニクスという体系の一部に含んでしまうような新しい体系だと、著者は論述している。私はこの新学説は、やがて、学界の定説となり、高校の地学の教科書にも記述されるようになると思っている。

すでに、1995年の「科学」5月号は、鹿園直建氏が「スーパープレュームがもたらす地球環境変動—地球システム内のグローバルCO₂循環」のテーマで論文を書いている。スーパープレュームに帰因する熱水および火山ガスによるCO₂のフラックスが大きいことが判明し、数千万年～1億年の周期で大気・海洋系に流入し、気候変動などさまざまな地球表層環境の変動が生じると論述しており、プレュームを論拠とした論文も出はじめているのである。

本書を読むことによって、一つの学説が学界の定説になっていく過程を、感動しつつ受けとめることができると思う。是非、一読をお進めしたい。(貫井 茂)

学 会 記 事

平成7年度 総会

日 時：平成7年4月15日(土) 14:00~15:00

場 所：学習院中等科講義室

1. 開会宣言

出席者25名 委任状290(総会成立規定会員の10分の1以上, 91名)

2. 会長挨拶

3. 議長選出(磯部琇三氏が推薦された)

4. 議事

(1) 報告事項

- ①平成6年度事業報告(後掲) 承認
- ②平成6年度決算報告(同) 同
- ③同 会計監査報告(同) 同
- ④平成7年度役員選挙結果報告(同) 同

(2) 審議事項

- ①平成7年度事業計画審議
後掲, ⑦⑧項を追加承認
- ②平成7年度予算審議(後掲) 承認
- ③名誉会員審議

昨年8月の評議員会で名誉会員として推薦された平山勝美前会長・小林学前副会長について審議し承認した。

- ④平成7年度役員選挙結果報告(後掲)

(3) その他

第49回全国大会準備要員長 赤木三郎鳥取大教授より所用のため出席できないが, 大会開催の準備は順調に進行しているとのメッセージが紹介された。

5. 議長解任

6. 閉会宣言

平成6年度事業報告

I 常務委員会

第1回 平成6年5月30日(月)

日本教育研究連合会 小会議室

第2回 平成6年7月4日(月)

日本教育研究連合会 小会議室

第3回 平成6年10月3日(月)

日本教育研究連合会 小会議室

第4回 平成6年12月5日(月)

日本教育研究連合会 応接室

第5回 平成7年2月6日(月)

日本教育研究連合会 小会議室

第6回 平成7年4月10日(月)

日本教育研究連合会 小会議室

上記の6回開催した。

II 6年度総会

平成6年4月16日(土) 午後2時~3時 学習院中等科地学講義室で開催した。

III 平成6年度評議委員会

平成6年7月29日(水) 午後3時~5時 苫小牧市科学センターで開催した。

出席者 9名。委任状14通

藤田 郁男, 下野 洋, 石井 醇, 小川 忠彦, 間々田 和彦, 岡和田 健文, 松川 正樹, 馬場 勝良, 岡村 三郎。

オブザーバー 4名

平山 勝美, 小林 学, 松田 紘一, 田中 実。

IV 日本地学教育学会第48回全国大会

平成6年7月30日(土)~8月1日(月) 苫小牧市文化会館 他で開催した。

大会テーマ：地球環境をグローバルに考え身近に実践する地学教育

講演I：地球環境を考える 森林再生の道

東 三郎(北海道大学名誉教授)

II：北海道で発見されたほ乳類化石

木村 方一(北海道教育大学教授)

分科会(小・中学校)：発表17件

公開科学教室1件

(高校・大学)：発表18件

プレ研修・見学会：ウトナイ湖バードサンクチャリ

樽前・恵庭・支笏火山の噴出物

実地研修・見学会：Aコース(支笏湖, 昭和新山, 有珠山, 洞爺湖, 登別など)

Bコース(穂別, 夕張, 三笠など)

大会宣言：“地学教育活性化のために”を採択した。

宣言文は、関係学会, 教育委員会等に送った。

V 会誌の発行

地学教育 第47巻 第3号(通巻 第230号)から

第48巻 第2号(通巻 第235号)まで

合計本文224頁, カラー8頁で総計232頁を刊行した。

VI 日本地学教育学会 学術奨励賞の授与

平成6年度会計決算

収入の部

科 目	当初予算額	補正予算額 (補助金内定)	決 算 額
	円	円	円
会 費	3,800,000	3,604,000	3,406,000
個人会費	3,800,000	3,604,000	3,406,000
賛助会費	0	0	0
補助金	1,020,000	1,080,000	1,080,000
雑収入	1,007,383	870,383	1,069,163
前年迄会費	450,000	470,000	583,000
バックナンバー	156,000	128,000	189,000
広告料	400,000	270,000	290,000
抄録料	-	-	6,180
利息	1,383	2,383	983
繰越金	57,617	57,617	57,617
合 計	5,885,000	5,612,000	5,612,780

支出の部

科 目	当初予算額	補正予算額 (補助金内定)	決 算 額
	円	円	円
大会費	507,000	807,000	807,200
本部分担金	500,000	800,000	800,000
消耗品費	7,000	7,200	7,200
成果刊行費	3,488,655	3,059,380	3,036,889
印刷製本費	3,210,480	2,835,000	2,810,334
通信運般費	278,175	224,380	226,555
運営費	1,889,345	1,745,420	1,756,540
アルバイト	587,000	597,000	597,000
会議費	188,000	139,000	139,460
交通費	216,000	139,000	177,000
分担金	40,000	40,000	40,000
名簿積立金	100,000	100,000	100,000
印刷費	200,000	130,000	116,713
封筒印刷費	116,000	100,940	100,940
通信運般費	310,000	345,000	350,225
消耗品費	32,000	65,000	63,719
旅 費	50,000	21,180	21,180
予備費	50,345	68,300	50,303
前年赤字補填	0	0	0
合 計	5,885,000	5,612,000	5,600,629
次年度繰越金	-	-	12,151
累 計	5,885,000	5,612,000	5,612,780

平成7年度会計収支予算書

収入の部

科 目	当初予算額
	円
会 費	3,604,000
補助金	1,080,000
雑収入	1,012,849
繰越金	12,151
合 計	5,709,000

支出の部

科 目	当初予算額
	円
研究大会費	807,000
本部分担金	800,000
消耗品費	7,000
成果刊行費	3,102,750
印刷製本費	2,828,700
通信運般費	274,000
運営費	1,799,250
アルバイト	560,000
会議費	164,000
交通費	176,000
分担金	40,000
名簿積立金	100,000
印刷費	100,000
封筒印刷費	116,000
通信運般費	310,000
消耗品費	32,000
活動費	100,000
旅 費	50,000
予備費	51,250
前年赤字分	0
合 計	5,709,000

受賞者：林 慶一 会員

受賞論文：野外調査と空中写真判読の組み合わせによる地質図作成の実習

地学教育 第46巻 第6号 199～215頁

奨励金：5万円

VII 日本教育研究連合会 表彰

表彰者：平山 勝美前会長を推薦した結果、受賞された。

VIII フォーラム

平成6年4月16日(土) 3時30分より学習院中等科地学講義室。

テーマ：地学教育の目標の概念

パネラー：松川 正樹(西東京科学大学)

磯部 琇三(国立天文台)

馬場 勝良(慶応幼稚舎)他8名

林 慶一(東京学芸大学附属高校)

IX 地学日曜巡検

平成7年3月11日(土)～12日(日)

東京電力福島第2原子力発電所、滝根町星の村天文台、あぶくま洞、いわき石灰化石館など(参加者32名)

この巡検は、東京電力株式会社の協力を得た。

X その他

- ① 日本学術会議科学教育研連フォーラム
平成6年4月2日(土) 東京大学教養部
テーマ：科学教育：つぎの教育課程改定への提言
- ② コンピューターによる地学教材検討会(共催)
平成6年7月29日(金) 苫小牧市科学センター
- ③ 第3回 地学教育セミナー(共催)
平成6年10月23日(日) 学習院百周年記念会館
テーマ：地学の授業と生物の進化
- ④ 日本学術会議科学教育研連フォーラム
平成6年10月29日(日) 国立教育研究所
テーマ：科学技術教育：次の教育課程はどのような内容を扱うべきか
- ⑤ 平成6年度入試センター試験の試験問題評価検討委員会
平成7年2月18日(土) 都立松原高校
委員長 尾又利一都立松原高校校長
- ⑥ 理科活性化検討委員会発足
平成7年2月22日(水) 新宿「滝沢」にて
日本物理教育学会シンポジウム・日本学術会議科学研連シンポジウムへの対応策の検討と日本地学教育学会フォーラムの準備
- ⑦ 第5回理科教育フォーラム
一産業界と語る理科教育一
平成7年3月11日(土) 経団連ホール
テーマ：ものづくり・ひとづくり

平成7年度事業計画

I 平成7年度常務委員会

年間6回開催の予定。

II 平成7年度総会

平成7年4月15日(土) 午後2時より
学習院 中等科講義室にて開催する。

III 平成7年度評議会

平成7年8月24日(木) 午後3時より
鳥取県ふれあい会館にて開催する。

IV 日本地学教育学会第49回全国大会

平成7年8月24日(木)～8月27日(日)
鳥取県ふれあい会館にて開催する。

テーマ：新しい地学教育をめざして

一学校教育の足元をみつめて一

記念講演、シンポジウム、懇親会、研究発表(小・中学校分科会、高校・大学分科会)、野外巡検。

V 会誌の発行

第48巻 第3号(通巻 第236号)～第49巻第2号(通巻 第241号)の6号を刊行の予定。

VI 日本地学教育学会 学術奨励賞の授与

平成7年度日本地学教育学会学術奨励賞候補者選考委員会を設置し選考を行う。

VII 日本教育研究連合会 表彰

推薦依頼が来れば、選考の上推薦する。

VIII フォーラム

平成7年4月15日(土) 午後3時より
学習院中等科講義室にて開催する。(総会終了後)

テーマ：本当に理科離れなのか

IX その他

- ① 日本学術会議科学研連のフォーラム
平成7年4月1日(土)・7月1日(土) 国立教育研究所にて開催する。
- ② 公開講演会
テーマ：今、地球科学がおもしろい
一恐竜から天体まで一
平成7年8月25日(金) 午前9時～12時まで鳥取県ふれあい会館にて開催する。
- ③ 第3回コンピューターによる地学教材検討会(日本情報地質学会との共催)
平成7年8月24日(木) 午後5時より
鳥取県ふれあい会館にて開催する。
- ④ 第3回 地学教育シンポジウム(3学会共催)
平成7年10月22日(日) 午前10時より学習院百周年記念会館にて開催する。
- ⑤ 理科活性化の進め方(仮題) シンポジウム
平成7年12月10日(日) 午前10時より学習院百周年記念会館にて開催する。
- ⑥ 平成8年度入試センター試験の試験問題評価検討

委員会

平成8年1月下旬～2月上旬に開催する。

- ⑦ 地学巡検 年2～3回行う。
- ⑧ 日本リモートセンシング学会の実技講習会後援。

平成7年度日本地学教育学会役員選挙結果

日本地学教育学会選挙管理委員会

会員数 901名
 投票総数 288票 (投票率32.0%)
 有効票数 264票
 白票数 2票
 無効票数 22票 (評議員の選出人数を10名以上記載した票で、評議員選挙は無効)
 12票 (4月10日開票日までに到着分)

評議員

北海道・東北	河村 勳	200票
同	照井 一明	187票
関東	菅野 重也	188票
同	円城寺 守	177票
同	山崎 良雄	169票
中部	遠藤 祐神	165票
同	西宮 克彦	130票
近畿	小田 公生	201票
中国・四国	依藤 英徳	162票
同	鈴木 盛久	159票
九州・沖縄	八田 明夫	180票

上記の結果、北海道・東北地区は、河村 勳氏、補充者に、照井 一明氏、関東地区は、菅野 重也氏、円城寺 守氏、山崎 良雄氏、中部地区は、遠藤 祐神氏、近畿地区は、小田 公生氏、中国・四国地区は依藤 英徳氏、九州・沖縄地区は、八田 明夫氏が選出されまし

た。

監事

尾又 利一 272票

日曜巡検—福島巡検—報告

行事委員会

行事委員会主催福島巡検は東京電力㈱の協力を得て1995年(平成7)年3月11、12日の両日にわたり実施した。巡検地は、福島県富岡町の東京電力福島第2原子力発電所・エネルギー館、同県滝根町星の村天文台、あぶくま洞、同県いわき市のいわき市石炭化石館の4カ所であった。11日夜に予定していた天文台での天体観測は、残念ながら降雪のため中止せざるを得なかったが、他は全て予定通り実施した。また、12日にあぶくま洞を訪れた際、希望者が同天文台を見学し、台長の大野氏による天体望遠鏡の説明や隕鉄隕石の観察を行った。

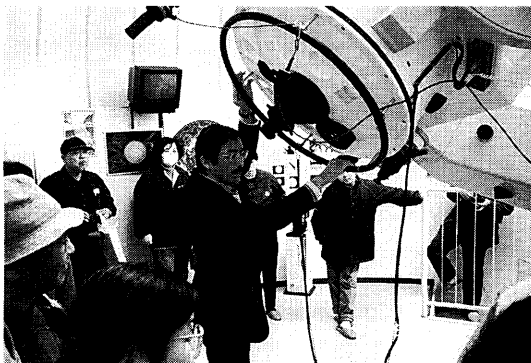
巡検終了後実施したアンケート結果では、巡検の内容についてはほぼ全員が「満足」「ほぼ満足」と回答しており、今回の巡検はおおよそ「成功」であったと考えられる。

今回の巡検は、当初本学会会員を対象としていたが、その後応募対象を広げた結果、参加者は総勢32名(大人29名、高校生1名、小学生2名)となった。なお、参加者には小川常務委員長から本巡検の趣旨説明を行い、間々田行事委員が幹事の任にあたった。

各巡検地の様子は次の通りである。

1. 福島第2原子力発電所・エネルギー館

原子力発電所見学に先立ち、エネルギー館を訪問した。ここでは、原子力発電所の解説を受けたほか、放射線測定装置を利用したウラン鉱石の観察等を行った。当日は雨天のため発電所を俯瞰する公園からの見学は行えな



大野台長の解説



いわき市石炭化石館

ったが、発電所内部では原子炉や中央制御室を中心に2班に分かれ見学した。

2. あぶくま洞・天文台

前日の降雪の影響からか見学者も少なく、また宿舍があぶくま洞から近かったため朝早くからゆっくりと見学できた。また、希望者だけ天文台に出かけ、大野氏の65cm反射望遠鏡の解説を受け、隕石隕鉄の観察を行った。なお、台長の大野氏には宿舍の手配や星の村天文台の入場でご配慮をいただいた。

3. いわき市石炭化石館

恐竜の化石に触ることができるなど、工夫が多い展示物ばかりであり時間いっぱい見学することができた。

参加者：阿賀敏子、赤塚正明（学習院中等科）、磯部良子（国立天文台）、鶴浦武久（都立鷺宮高校）、遠藤裕（小学生）、大角留吉、太田公子、岡崎洋子（練馬区立上石神井小）、岡村照子（練馬区立開進第2小）、神林清海（駿台学園）、久世みわ子、栗原佳代（都立八王子養護学校）、黒木智道（保谷市立東小）、古賀愛（高校生）、五味川直季（保谷市立保谷第二小）、佐野春枝、篠原信男（駿台学園）、島田徹（大学生）、鈴木由利江（都立八王子養護学校）、関秀世（駿台学園）、田村美智代（駿台学園）、百目鬼法代、中島巖（駿台学園）、林明子（杉並区桃井第3小）、深沢なるみ（駿台学園）、福嶋義忠（大学生）、前田幸子（駿台学園）、間々田理彦（小学生）、山本文子（保谷市立保谷小）、山本和彦（千葉県立佐倉高校）、和田克彦、和田尚子（都立八王子養護学校）、小川忠彦（常務委員長・荒川区立第十中）、間々田和彦（行事委員幹事・筑波大学附属盲学校）

地学関連学会関連連絡協議会（仮称）について

上記の会設立について関連学会に提案した。

_____学会

1995年6月 日

日本地学教育学会 会長 岡村三郎

学校科目「地学」関連学会間連絡協議会（仮称）設立について

貴学会におかれましてはますます御盛栄の事とお喜び申し上げます。

さて、御案内の通り、去る4月には中央教育審議会の活動が開始され、学校週5日制に向けての議論が始まっております。これに対応するべく、日本学術会議科学教

育研究連絡委員会を始め各方面で多様な議論が始まっております。

学校教育の一つの重要な柱である理科の物理学、化学、生物学、それに地学は特に、科学進歩に伴って教えるべき内容が増大しているにもかかわらず、学校現場での理科への配当時間が減少しております。理科嫌い、理科離れのことばで代表される状況が進みつつありますが、一方では、科学・技術の発展、地球環境問題の顕在化など、理科教育の重要性は増してきています。

このような状況を考慮しますと、どのような内容を教える事がより有効であるかを十分に検討する必要があります。その際、科学研究に関わる研究者の方々から御意見をいただく事は不可欠であります。物理学、化学、生物学においては、教育学会と研究学会がほぼ一対一に対応していますが、地学の場合には、数多くの研究学会が関連しており、これまで、御意見を十分に反映していただけていませんでした。

当学会では自然科学教育のより有効な発展を目指して理科活性化検討委員会（委員長 磯部瑠三）を設立し、関連学会と協力して、地学ばかりではなく、理科全体の活性化をいかにすすべべきかを検討しております。その際、地学に関連する各学会の方々とは十分に意見が交換できるように、関連学会内の連絡協議会を設立いたしたく思います。貴学会におかれましては、この協議会の設立に御賛同いただきたくお願い申し上げます。貴学会の賛同が得られましたら、当学会の上記委員会に第一回連絡協議会の準備させますのでよろしく御協力お願い申し上げます。

御回答は、貴学会の御都合のつく最も早い時期にさせていただければ幸いです。第1回会合を夏休み明けに準備するために、7月31日までしていただきたくお願い申し上げます。

本状発送先

日本天文学会 地震学会 日本火山学会
 日本測地学会 日本地球化学会 日本惑星科学会
 地球電磁気・地球惑星圏学会 日本岩石鉱物鉱床学会
 日本鉱物学会 日本地質学会 資源地質学会
 日本海洋学会 日本気象学会 日本第四紀学会
 日本古生物学会 東京地学協会 地学団体研究会
 日本理化学協会

*御参考のために、科学教育研連で、当学会が発表した内容を同封いたします。

日本学術会議だより

No.36

第2回アジア学術会議開催される

平成7年3月 日本学術会議広報委員会

今回の日本学術会議だよりでは、新規に学術研究総合調査費などを計上した平成7年度予算及び2月に開催された第2回アジア学術会議の概要についてお知らせします。

平成7年度日本学術会議予算

平成7年度政府予算(案)は、平成6年12月25日に閣議決定されましたが、日本学術会議関係の予算決定額は、11億2,339万4千円でした。その概要については次のとおりです。

【主な経費の概要】

(1) 学術研究総合調査

15百万円(平成7年度新規)

科学研究者の研究環境の改善と研究意欲の向上に関して、国内において意識調査及び実情調査を行う

とともに、外国においても実情調査を行い、結果を整理・分析し、日本学術会議において問題解決のための有効な方策について提言するもの。

(2) アジア学術会議の開催

22百万円(昨年度同額)

アジア学術会議は、アジア地域の各国を代表する科学者が一堂に会し、アジア地域において学術の果たす役割、学術交流の在り方等について討議することにより、相互理解を深め信頼関係を築くとともに、アジア地域ひいては世界の学術の発展に資するためを実施するもの。

平成7年度日本学術会議関係予算決定額表

(単位：千円)

事 項	予算決定額	備 考
日本学術会議の運営に必要な経費	1,123,394	対前年度比 93.5%
1 審 議 関 係 費	292,820	重要課題の特別検討、移転準備委員会、IGBPシンポジウム、公開講演会、学術研究総合調査(新規)等
2 国際学術交流関係費	208,750	
(1) 国際分担金	69,505	
(2) 国際会議国内開催	66,211	7年度開催(神経生理学、健康教育、ロボット、憲法、真空物理学、獣医学の6会議)
		8年度開催(理論・応用力学、国際関係、熱帯医学、地域学会、化学熱力学、畜産学の6会議)
(3) 代表派遣	44,006	
(4) 二 国 間 交 流	6,823	
(5) アジア学術会議の開催	22,205	
3 会 員 推 薦 関 係 費	20,000	
4 その他の事務費等	601,824	一般事務処理費等

第2回アジア学術会議～科学者フォーラム～の概要について

日本学術会議は、アジア地域の各国科学者の代表を東京に招き、本年2月6日(月)から9日(木)までの4日間、三田共用会議所(東京都港区)において第2回アジア学術会議～科学者フォーラム～を開催しました。

会議には、中国、インド、インドネシア、日本、大

韓民国、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムの10か国の学術推進機関(アカデミー等)から推薦された人文・社会科学系及び自然科学系の科学者20名が出席し(日本からは伊藤正男日本学術会議会長及び利谷信義副会長が出席)、「アジアにおける学術交流のための方策」をメインテーマとして活発な討議を行いました。

初日の6日には、タイのチュラポン王女殿下、イン

ドのメノン博士による特別講演が行われたほか、高岡総理府次長(内閣総理大臣あいさつ代読)、藤田学術院院長をはじめ、国会議員、関係学協会の方々約200名をお迎えし、開会式及び歓迎レセプションが開催されました。

翌7日からは、それぞれの国籍や専門分野を超えて、アジア地域における学術の振興という共通の目的の下、熱心な討議が行われました。

その結果は、次項議長サマリーとして取りまとめられ、9日に無事閉会しました。

開催に当たり御支援、御協力いただきました方々に厚くお礼申し上げます。

議長サマリー (要約・仮訳)

第2回アジア学術会議～科学者フォーラム～

1995年2月6日～9日、東京

- 第1回アジア学術会議(1993年11月, ACSC)の提案に基づき、第2回アジア学術会議が日本学術会議の主催により、アジアの10カ国から20名の科学者を集めて開催された。参加国として新たにベトナムが加わり、暖かく迎えられた。開会式において、タイ王国のチュラポン王女殿下及びインドのメノン博士による「アジアにおける学術交流のための方策」をテーマとした講演が行われた。また、村山総理大臣及び藤田学術院院長から祝辞が送られた。
- 前回の議長サマリーの諸原則を議論の出発点とし、最近の科学の動向、21世紀に向けた世界の状況を踏まえ、アジアの科学者の継続的かつ効率的な学術交流のためのテーマを巡って総合的な検討がなされた。
- 討議の中で、参加者は、経験に基づくユニークで示唆に富むアイデアを紹介し、幅広い観点から意見を交換した。要点は次のとおりである。
 - 科学分野における協力は、人々の「生活の質」の向上だけでなく、アジア地域における「持続可能な発展」も目的としなければならない。
 - 環境破壊、人口爆発等の地球的課題への取組みに際し、人文・社会科学者と自然科学者が密接に協力していくことが重要である。
 - アジア地域においてとりわけ重要な「持続可能な発展」を確保し、国際的な共同研究を促進するために、人材育成が重要である。このための国際協力は、平等互惠の原則の下に推進されなければならない。
 - 化学、農学、医学等の特定の分野において現在行われている、また、将来行われるであろういくつかの試み(「アジア化学推進機構」、「アジア応用システム分析研究所」、「アジア伝統医学推進機構」、「自然災害の緩和のための科学協力」)が地球的課題を解決するための方策として紹介された。また、「共生」という概念に関して議論があった。
- 参加者はACSCにおける中長期的な研究目標として「持続可能な発展」を取り上げた。このテーマは、さらなる検討を通じて、より扱いやすいサブテーマへと細分化される必要がある。また、21世紀を見据えつつ、アジアの知の伝統を生かし、人文・社会科学及び自然科学の融合を図るという、新たな観点から研究を行っていくことも将来の目標である。
- これらの問題を議論する場として、ACSCのあり方は大きな関心を集めた。

将来の展開としてACSCを恒久的な組織にすることの可能性についても議論があった。参加者は別紙に示された基本理念、目的及び活動に概ね同意し、各自、持ち帰って関係方面とさらに議論することとなった。
- ACSCの目標を達成するため、参加者は努力を続けることに同意し、少なくとも新組織が確立するまでの間は日本学術会議によりACSCが毎年開催されること、また、将来的には日本以外でも開催されることが望まれた。なお、日本学術会議が新組織の事務局となり、また、各国は各々の窓口となる機関を決めるべきであるとされた。

新組織について

1. 基本理念

- アジア共通の課題について審議、建議する組織
- アジアの知の伝統を踏まえ、人文・社会・自然科学の融合を図る組織
- アジア域内各国各地域に広く開かれ、他の国際学術団体とも連携を図る組織

2. 目的

「持続可能な発展」と「生活の質」の向上を目指して国際学術協力を推進するため、人文・社会・自然各分野の科学者が国籍や専門を超えて意見、情報の交換を行う場となること。

3. 活動

- 科学者に関する提案とそのフォローアップ
- 学術情報の収集・解析・普及
- アジアの学術界の連携強化
- 進行中の研究活動の評価・調整
- 総会の開催、シンポジウム・ワークショップの支援

日学双書の刊行案内

日本学術会議主催公開講演会の記録をもとに編集された次の日学双書が刊行されました。

日学双書No.22 「尊厳死の在り方」

〔定価〕 1,000円 (消費税込み, 送料240円)

※問い合わせ先

財団法人日本学術協力財団(〒106 港区西麻布3-24-2
交通安全教育センタービル内 ☎03-3403-9788)

第29回夏季大学「新しい気象学」の開催

主 催 日本気象学会

後 援 気象庁、日本地学教育学会、(財)日本気象協会

●この講座は最新の気象学の普及を目指して、毎年開催しています。小・中・高校の理科担当の先生方の他に、気象学に興味をお持ちの学生や一般の方を対象にカリキュラムを組んでいます。

今回は「雨とメソスケール気象」と題して開催することにいたしました。メソスケール気象とは集中豪雨や雷雨、強風など、数kmから1,000km程度の広がりを持つ大気現象を指します。これらは社会に重大な災害をもたらすこともあり、重要な研究対象となっています。講義ではこれまでに得られた知見、また観測や予報の方法などについて解説します。

受講料：一般5,500円、教員5,000円、気象学会員・日本地学教育学会員・学生4,500円（消費税含む）

日 時：平成7年8月1日（火）9時（受付開始）8月3日（木）15時まで。ただし、8月3日は希望者のみの参加とします。

会 場：東京都千代田区神田錦町3-21
千代田区中小企業センター

●往復はがきの返信に以下の必要事項を、返信には宛先を記入してお申し込みください。受付次第、返信をお送りします。

- 1 「夏季大学参加希望」
- 2 住所・氏名・年齢
- 3 職業（該当する方は「気象学会員」または「地学教育学会員」の別を、あわせて記入願います）
- 4 連絡先電話番号
- 5 テキストの送付先（住所と同じ場合、省略可）

申 込 先：〒100 東京都千代田区大手町1-3-4
気象庁内 日本気象学会事務局

申込締切：平成7年7月14日（金）必着
ただし、定員（約100名）に達しましたら締め切らせて頂きます。

支払方法：返信受け取り後、郵便振替によりお支払ください。テキストをお送りします。なお、口座番号等は返信によりお知らせいたします。

そ の 他：一日目に懇親会を、二日目に気象庁見学を開催します。いずれも参加は希望者のみです。

●テキストのみ希望される方は、必要部数をはがきでお申し込み下さい。テキストと振替用紙をお送りします。代金は1部1,000円送料240円です。刊行部数が少ないので早めにお申し込み下さい。

●お問い合わせ先

気象庁内 日本気象学会事務局
Tel. 03-3212-8341（内線2546）
Fax. 03-3216-4401

講義内容

8月1日（火）

10:00 ～11:30	激しい降水を伴う メソスケール攪乱	吉 崎 正 憲 (気象研究所)
13:00 ～14:30	気象衛生から見た メソ気象	隈 部 良 司 (気象衛星センター)
14:45 ～16:15	集中豪雨の実態	渡 部 浩 章 (気象庁予報課)

8月2日（水）

10:00 ～11:30	確率予報と ナウキャスト	立 平 良 三 (電気通信大)
13:00 ～14:30	レーダーと メソ気象	石 原 正 仁 (気象庁測器室)
14:45 ～16:15	雷の気象学	北 川 信 一 郎 (元埼玉大)

8月3日（木）

10:00 ～11:30	天気図の作り方 —基礎編—	永 沢 義 嗣 (気象庁予報課)
13:00 ～15:00	天気予報の作り方 —実際編—	永 沢 義 嗣 (気象庁予報課)

参加申込書

申込者ご氏名 (), ご自宅電話 ()

ご住所 ()

勤務先名 () 電話 ()

①大会参加申込書 (希望する番号・アルファベットに○印を記入願います)

1. 大会	1 参加する (参加費 3,000円)	
2. 懇親会	1 参加する (会費 4,000円)	2 参加しない
3. 昼食	8月25日 (第2日) 1 申し込む	2 申し込まない
	26日 (第3日) 1 申し込む	2 申し込まない
*昼食はお茶付き1食1,000円です。		
4. 野外研修	1 参加する	2 参加しない
	第1希望 (24日 A, 26日 A, B, C,) コース	
	第2希望 (24日 A, 26日 A, B, C,) コース	
	第3希望 (24日 A, 26日 A, B, C,) コース	
**上記諸費用は, 大会会場受付にて集金致します。		

②宿泊申込書 1. 宿泊を依頼する 2. 宿泊は個人で手配する
[下表の番号を申込書にご記入下さい]

ホテルランク	記号	宿泊料金: 1泊朝食付 (税・サ料込)
シティホテルクラス	シングル A 1	鳥取ワシントンホテル 9,500円
	ツイン A 2	ホテルニューオータニ鳥取 9,500円
ビジネスホテルクラス	シングル B 1	ニュー鳥取ホテル または ホテル α-1 鳥取 8,000円

*ニューオータニでシングルをご希望の方は下記備考欄にご記入下さい。料金は11,000円となります。
*A1, B1で, どうしてもツインを希望される方は若干ではございますが確保しております。備考欄にご記入下さい。

申込書

宿泊者ご氏名	24日	25日	26日	27日	備考

日本地学教育学会 会長・副会長・評議員・常務委員・監事名簿

(平成7年6月)

会 長	岡村三郎 (東京・平成7年度)		
副 会 長	石井 醇 (東京・平成7年度)		
	同 (全国大会担当)	赤木 三郎 (鳥取・平成7年度)	山田 三郎 (岐阜・平成7・8年度)
評 議 員 (*印は、会則第11条3項の会長指名評議員)			
任 期	平成7・8・9年度	平成7・8年度	平成7年度
地 区 (定員)			
北海道・東北 (3)	河村 勁 (北海道)	中村 泰久 (福島)	照井 一明 (岩手)
関 東 (東京) (9)	菅野 重也 (群馬)	渋谷 紘 (埼玉)	増田 和彦 (東京)
	円城寺 守 (茨城)	馬場 勝良 (東京)	蒔田眞一郎 (東京)
	山崎 良雄 (千葉)	小川 忠彦 (東京)	長谷川善和 (神奈川)
中 部 (3)	遠藤 祐神 (岐阜)	藤 則雄 (石川)	遠西 昭寿 (愛知)
近 畿 (3)	小田 公生 (京都)	横尾 武夫 (大阪)	小倉 義雄 (三重)
中国・四国 (3)	依藤 英徳 (鳥取)	秦 明德 (島根)	岡本 弥彦 (岡山)
九州・沖縄 (3)	八田 明夫 (鹿児島)	阪口 和則 (長崎)	飛田 眞二 (熊本)
評議員 兼 常務委員長		小川 忠彦 (東京)	
評議員 兼 常務委員	*磯部 瑋三 (東京)	馬場 勝良 (東京)	*石井 良治 (東京)
	*平野 弘道 (東京)	渋谷 紘 (埼玉)	*赤塚 正明 (東京)
	*二上 政夫 (千葉)	*猪郷 久治 (東京)	*間々田和彦 (東京)
		*佐藤 俊一 (東京)	*栗原 謙二 (東京)
		*横尾 浩一 (東京)	*榊原雄太郎 (東京)
		*下野 洋 (東京)	*水野 孝雄 (東京)
			*松川 正樹 (東京)
常務委員 (**印は、会則第11条5項の常務委員)			
	**浅井 嘉平 (東京)		
	**林 慶一 (東京)		
監 事	尾又 利一 (東京・平成7・8年度)	高瀬 一男 (茨城・平成7年度)	

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 48, NO.3.

MAY, 1995

Articles:

- Let's weigh dinosaurs body mass—An example of new laboratory
work for students in Earth science education..... Nobuo MAZIMA ...93~102
- Simulation of Binary system of Personal computer.
II. Calculation of Light changes of Eclipsing Binaries
..... Shin OGAWA and Yasuhisa NAKAMURA ...103~112
- A Proposal for Environmental Education Hiroshi SHIMONO ...113~124
- Proceedings of the committee (125~129)
- Proceedings of the society (131~135)
- Review (130) News (136~137)

All Communications relating this Journal should be addressed to the

JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Tokyo Gakugei University; Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan

平成7年5月25日 印刷 平成7年5月30日 発行 編集兼発行者 日本地学教育学会 代表 岡村三郎
184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内 電話 0423-25-2111 振替口座 東京6-8678