

小学校「理科」3～6年教科書(6社)の比較検討

(1) 小学校3・4年

金子之史・末廣喜代一・森 征洋・松村雅文・西原 浩・高木由美子・川勝 博・
北林雅洋・林 俊夫・高橋尚志・佐々木信行・稗田美嘉・
高橋智香・大浦みゆき・野崎美紀・大西千尋
(理科教育講座)

760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部理科教育講座

A Comparison of Six Japanese Natural Science Textbooks in Elementary School from the Third to Sixth Grade Published in Japan (1) The Third and Fourth Grade

Yukibumi Kaneko, Kiyokazu Suehiro, Yukihiro Mori, Masafumi Matsumura,
Hiroshi Nishihara, Yumiko Takagi, Hiroshi Kawakatsu, Masahiro Kitabayashi,
Toshio Hayashi, Naoshi Takahashi, Nobuyuki Sasaki, Mika Hieda, Chika Takahashi,
Miyuki Ohura, Miki Nozaki, and Chihiro Onishi

*Department of Science Education, Faculty of Education, Kagawa University,
Saiwaichio 1-1, Takamatsu 760-8522, Japan*

要 旨 教科書がより使いやすくまた学問的にも正しく改善されるために、現在発行されている小学校「理科」教科書(6社)に関する問題点を、物理、化学、生物、地学、および理科教育の立場で検討しそのとりまとめをおこなった。使用した教科書は、学校図書、教育出版、啓林館、信濃教育会出版部、大日本図書、東京書籍であり、本稿では3・4学年を扱った。

キーワード 小学校理科3・4年教科書、比較検討、生物とその環境、物質とエネルギー、地球と宇宙

1 はじめに

学校現場の教育では教科書は教師にとっても児童にとっても一番に重要なより所であろう。この際に、よくいわれる「教科書を教えるか」あるいは「教科書で教えるか」が問題となるであろうが、その前に教科書に書かれている事項や内容が理科教育ひいては自然科学の教育とし

て妥当であるかという検討を必要とするだろう。重要なことは教師が教科書の内容をしかるべく検討し教育をおこなえるかどうかであろう。しかしながら、とくに小学校では教員が教科に専門分化していないので、専門的な教科の立場で教科内容を検討することは現実的には大変無理があるといわざるをえない。可能な方法として

は、教員養成をする場において小学校教員を志望する者が中学校教員を志望する者と共同学習していくことが考えられる。

ところで、このような教員を養成する側の立場である教員養成学部・理科教育講座に所属する物理、化学、生物、および地学分野の専門教育担当の教官は、どのような状況であろうか。専門教育担当の教官は理科教育担当教官とともに現在発行されている小学校「理科」教科書を十分に検討することができないまま、小学校教員の免許に関した初等理科実習などを担当しているのが多くの実状ではないかと推測する。専門的な立場からみると、具体的に教科書に書かれている内容や実験には困難な課題や疑問符をつけられるような問題点も散見される。このような問題点を具体的に明らかにし、その成果を学部既設科目の内容を検討することに役立てたり、広く公開して地域の教育改善へ貢献することはこれから求められる教員養成学部の在り方における1つの姿として大切であると考ええる。

そこで、われわれ学校教育教員養成課程に所属する教官11名と教務職員3名・非常勤職員2名は、現在発行されている小学校「理科」教科書に関する問題点を、物理、化学、生物、地学、および理科教育の立場で検討し、そのとりまとめをおこなった。このような試みによって、教科書がより使いやすく、また学問的にも正しく改善されることを望む。

なお、本論文は分量の関係で小学校3・4年（本稿）と小学校5・6年（金子ほか、2004）に分けて出版されることになった。

2 研究の方法

教科書の6出版社名と教科書名および学年（上下がある場合はそれを明示）は以下のとおりである。出版社の「あいうえお」順にならべると、学校図書『みんなと学ぶ小学校理科』、教育出版『小学理科』、啓林館『理科』、信濃教育会出版部『たの(楽)しい理科』、大日本図書『たのしい理科』、東京書籍『新しい理科』であり、3学年は1冊、4～6学年は2冊（上・下）

に分かれている。上下の内容は、どの教科書も同じというわけではない。

『小学校学習指導要領理科編』における理科の内容は、「生物とその環境」、「物質とエネルギー」、「地球と宇宙」に区分されている（以下引用に際しては『小学校学習指導要領』あるいは『小学校学習指導要領解説』とする）。これらの内容を物理、化学、生物、および地学分野に明確に区分することはできないが、おおよそ物理分野は「物質とエネルギー」に、化学分野も「物質とエネルギー」に、生物分野は「生物とその環境」に、地学分野は「地球と宇宙」一部には「物質とエネルギー」に相当している。このうち、化学分野はそれほど多くなく、物の溶け方、物の燃焼、水溶液の性質という、3内容が取り扱われているだけであった。1社を除いて多くの教科書で、5年（下）に「物の溶け方」、6年（上）に「物の燃焼」、6年（下）に「水溶液の性質」が取り上げられている。

本研究では、物理、化学、生物、地学の各担当教官が、教科書におけるそれぞれの専門分野について下書き原稿を書き、その後全体での吟味をして、それを各学年別に編集整理した。比較検討の結果の記述では、はじめに3～6学年全体にわたった問題点を示し、つぎに各学年ごとに示した。その際、全体的な内容、内容や実験などで問題があると考えられる事項や用語、文章、図や表、写真などの細かい点などを各学年とも「生物とその環境」、「物質とエネルギー」、および「地球と宇宙」の内容の順序で記述した。以下の記述や内容を述べるときには、該当の教科書出版社名とその頁数（複数にまたがる場合は～をつける）を示してある。例えば「大日本図書6年（下）10～12頁」という要領である。

なお、小学校5・6年は金子ほか（2004）で述べている。

3 結果と考察

3.1 全体的な問題

A. 記録の取り方（月日のみ）

すべての教科書で小学校3年から記録の取り

方の説明がされている。その際、日付が「月日」のみである。図に示されているのもすべて月日である。記録の取り方の基本はいつ、どこで、だれが、なにを、どのように、なんのためにといった5W1Hが重要であることは国語の教科書にもでてくる内容である。理科においてその基礎・基本であるいつが、月日だけでは、あとで記録がたまったとき整理ができない。なお、中学校教科書では東京書籍、学校図書、および啓林館が「年月日」であるが、大日本図書と教育出版が「月日」のみであった。記録の取り方は基礎的な技術であるだけに、教育のはじめの段階で定着させることが望ましいと考える。ちなみに、現在の大学生もレポートを書くときに年がはずされている。

3. 2 小学校3年

A. テーマの順番

ア)「植物のたねをうえる」,「光」vs「植物のたね」,「植物のかんさつ」,「光」

学校図書と教育出版では生物分野の「植物のたねをうえる」のつぎに物理分野の「光」がきて、それからふたたび生物分野にもどり「植物のかんさつ」となっている。それに対して啓林館では「植物のたね」,「植物のかんさつ」,それから「光」となっている。これは教科書の順番を授業で進める順番にすべきなのか、あるいはよく似た内容の單元ごとの順番にすべきなのかという問題である。児童があとで読み直してみても体系的な知識が得られるように編集するという観点で考えると啓林館の順番の方がよいと思われる。しかし、ここには各学年の発達段階の問題もふくまれてくると考えられる。

イ)「日なたと日陰」および「光の性質」

「地球と宇宙」では「日陰の位置の変化や、日なたと日陰の地面の様子を調べ……」(『小学校学習指導要領解説』26頁)という内容がふくまれているが、この内容は「物質とエネルギー」で扱われる光の性質と関連がある。光の性質では「日光は集めたり反射させたりできること。物に日光を当てると、物の明るさや暖かさが変わること」(『小学校学習指導要領解説』22頁)

の考えをもつこととされている。

いうまでもなく、日陰は太陽光線が遮蔽物によってさえぎられることによって生ずるので、日陰や「かげ」の移動を理解するためには、光の直進性の理解が必要である。しかしながら、各教科書における「光の性質」と「日なたと日陰」の配置をみると、教科書によってさまざまである。そこで、これらを分類してみると、a)「光の性質」から「日なたと日陰」へ(教育出版), b)「日なたと日陰」から「光の性質」へ(東京書籍, 学校図書, 大日本図書, 信濃教育会出版部), および c)「光の性質」と「日なたと日陰」を融合(啓林館)となる。

このように「光の性質」で「光の直進性」を扱ったあとで「日なたと日陰」をおくという科学的認識の発展方向にそった扱いをしているのは教育出版だけである。認識の発展方向にそっていない扱い方になっている理由として、おそらく第1には「光の直進性」は「物質とエネルギー」のところで扱い、「日なたと日陰」は「地球と宇宙」で扱うという『小学校学習指導要領』での位置づけが考えられる。第2には、「光の直進性」という抽象度の高い概念を「理科」という教科がはじまる3年生の最初に取り上げるのをさけて、日常生活に関連の深い「日なたと日陰」を先に配置するとする考えにも関係していると思われる。

しかし、すべての教科書で「日なたと日陰」では棒の影の動きと太陽の動きを関連させて説明しようとしている。したがって、棒の影の先端と棒の先端とを結ぶ延長線上に太陽が位置していることへの理解がなければ、すなわち光の直進性の理解がなければ「太陽の動き」を理解できないようになっている。

B. 虫めがねの扱い方

虫めがね(凸レンズ)の扱いが基礎的な技術の習得として「植物のたねをうえる」で出てくる。その際に対象が動く物(例えば、葉の上の虫)と動かない物(例えば、花のかたち)で扱い方を変えるように指導している。一番大事なのは、虫めがねを通して太陽をみてはいけな

ことである（もちろん肉眼でも危険であるが）。つぎに、虫めがねの物を拡大して見える性質と光を集める性質とを理解することであろう。

前者では、虫めがねを自分の目に近づけた状態で子どもたち同士が見せ合い他の子どもの目が大きく見えることによって、虫めがねを使うと対象物が大きくなることに気づくだろう（子どもは虫「めがね」と考えている）。したがって、対象物を大きくするには対象物に虫めがねを近づけてそれを少し離れたところからみて少しずつ対象物から虫めがねを離すようにすれば、対象物を拡大して見えることに気づくであろう。また、対象物を拡大してみる練習として、新聞の活字なども役に立つ。このような練習によって、どこに目をおき、対象物とレンズの距離をどのくらいにすると拡大して見えるのか、ということへの理解が生まれるのである。そして、そのことからレンズには焦点距離があることに気がつくであろう。

後者である、虫めがねには光を集める性質があることは、「光」の内容である。この内容とつなげることによって、凸レンズの役割を理解させることができると思われる。

以上のことから、凸レンズには焦点距離があることに気がつくであろう。それをさまざまな対象物（動く物も動かない物も）で適用できることが大切だと考える。

C. 「植物をそだてよう」

常用語と学術用語の使い方において、学年間あるいは小学校で統一性がない。3年では「たね」であるが5年になると「種子の発芽」となり、学術用語の「種子」を用いている。日本語にはこのような場合がとくに生物学では多いので混乱をまねく（金子ほか、2004の6年(上)を参照）。したがって、子どもたちには学術用語をはやく教え、日常語とは異なることを理解させる必要がある。なお、同じ問題が3年では「実」（東京書籍30頁）とあるがこれは中学校では「果実」に変わり学術用語となる。そして種子と果実の違いを理解させている。

大日本図書（4頁）、教育出版（6頁）では「め

がでたときのように」で「子葉（しょう）」と書いている。さらに「一枚目の葉」あるいは「葉」として区別している。これは、常用語では「双葉（ふたば）」といわれ、教師によってはこの言葉を現在でも用い、上述の「一枚目の葉」を「本葉（ほんば）」と説明している場合もある。しかし、「双葉」や「本葉」は学術用語ではない。教育における再生産の悪い例である。なお、信濃教育会出版部では「子葉（しょう）」を図に入れ（20頁）、東京書籍、学校図書、および啓林館はこれらの区別の名称は使っていない。

D. 「日なたと日陰」および「光の性質」

記述や図の表現の問題としてつぎの点があげられる。

①「反しゃさせた光は……」（信濃教育学会出版部）

信濃教育学会出版部では光の性質の最後のまとめで、「反しゃさせた光はまっすぐに進む」という限定つきで述べている。しかし、光の直進性は反射された光に限らないので、「反しゃさせた」という限定は不要である。光の直進性を一般化することにより、日陰を理解することができる。と考える。

②「鏡」について

すべての教科書で鏡を多数用いて日光を集めると、光が集まるところは暖かくなるという実験を説明している。この実験は、このあとに続く虫めがねの説明に役立つ。その際、啓林館、学校図書、教育出版では、弧状に配置した鏡で容器の水を温めるという課題を与えている。これは虫めがねで太陽光を集めることの原理を説明することに役立っている。信濃教育会出版部では子どもが鏡をもっている状況を写真（46頁）と概念図（49頁）で示しているのでわかりやすいが、大日本図書は絵のみであるので（48頁）、概念図を媒介にしないとレンズの役割への接続が難しいと考えられる。

③「太陽の動き」について

「太陽の動き」については、「光の直進性」の理解とともに「方位」の理解が課題となる。すべての教科書で、棒の影を用いて太陽の方位を

調べるといふ課題を取り上げている。その際、方位の表し方は、学習指導要領では「太陽の方位を調べるときの方位は東、西、南、北にとどめることとする。」(『小学校学習指導要領解説』27頁)とされている。しかし、4方位では実際の太陽の方位をうまくあらわせない場合もある。

1社を除いて各教科書においては、太陽の方位を午前10時、正午、午後2時に調べる課題を示している。ただし、信濃教育会出版部では午前9時、正午、午後3時である。このとき、太陽が単に「時間とともに西の方から東の方へ動く」ことを理解させることが目標であるのであれば問題は無いであろう。しかし、学習者が、上述の課題において指定された時刻での太陽の位置を表現したい場合、この課題と『小学校学習指導要領』の制限は適切なものであろうか？

また、日本国内でも特別な場所(例えば最東端)で太陽を観察するときに上述の課題が適切であるかどうかは疑問が残る。それは、天体の方位は時刻のみならず季節と観察場所にも依存し、必ずしも単純ではないからである。そこで、いくつかのケースについて太陽の方位が時刻とともにどのように変わるかを調べた。この結果、以下のようなことがわかった(詳細は「付録」において示した)。

(1) 太陽はとくに低緯度地方では夏至の正午の頃、天頂近くを通る。天頂方向は、常の方位の概念にはなじまず、また観察に用いる棒の影の長さは短くなる。太陽の動きの観察は、夏至の頃はさける方がよいのかもしれない。

(2) 教科書の課題に示してある午前10時(または9時)、または午後2時(または3時)において、夏至の頃を除いては太陽は南東または南西の方向に位置し、4方位では必ずしも正確にはあらわせない。太陽の位置を的確に表現する方法がないので、学習者によっては不満が残るかもしれない。なお教科書には「東のほうから西のほうへ動く」の記述がみられ、執筆者の苦労がしのばれる。

(3) 太陽の南中時刻にも留意した方がよいケースがある。東経145度(北海道東部)あたりでは、11月頃には均時差(16分)と経度による

効果(40分)のため、太陽の南中は正午よりも56分はやくなる。また、日本の最西端の与那国島(東経123度)あたりでは、2月頃には均時差(−14分)と経度による効果(−48分)のため、正午よりも62分南中が遅くなる。これらは極端な例ではあるが、日本国内での太陽の南中時刻は、季節と場所によっては、正午から±1時間程度はずれることがあることを意味している。太陽の南中時刻と正午の時間差が大きい場合、太陽の位置の観察は、正午をはさんでその前後2時間(または3時間)でおこなうよりも、太陽の南中時刻の前後2時間(または3時間)でおこなった方がよい。

3.3 小学校4年

A. テーマの順番性

①「電気のはたらき」

東京書籍をはじめとする5社(東京書籍(上)8頁～、大日本図書(上)10頁～、学校図書(上)2頁～、教育出版(上)40頁～、信濃教育会出版部(上)30頁～)はおおむね、以下の順序で単元を構成している。

(1) 自動車(モーター)を速く走らせるには？：乾電池の直列つなぎ・並列つなぎと、電流の強さの関係。

(2) 豆電球を明るく光らせるには？

(3) 光電池の働きを調べる：光電池1個のものと、日光の強さとモーターの回転の速さとの関係。

(4) 光電池を使ったおもちゃづくり：東京書籍、大日本図書・教育出版の3社のみ。東京書籍(上)18頁、大日本図書(上)22頁、教育出版(上)50頁。

ところが、1社(啓林館)だけは、光電池の働きを調べる実験を最初に位置づけている。啓林館(上)14～18頁のように、現代の生活(環境)との関わりを重視して光電池の働きを先におこなった方がよいのか、それとも東京書籍をはじめとする5社のように、モーターの速さと電流の強さの関係という概念への理解を優先させるのがよいのか、現場での実践的調査をおこないたいところである。

また、光電池の働きは1個の光電池で光量と電流の大小の関係を調べるのであるが、乾電池の働きでは、2個の乾電池で直列接続・並列接続で電流の大小を比較する。そこで、光電池も2個直列につなぐと電流が大きくなると形式的な推理をおこなって、子どもたちに無用の混乱をまねかないのかどうか、現場からの意見を聴取する必要がある。

B. 「1年間の季節変化」

① トノサマガエルについて

1年間の季節変化に際してトノサマガエルを観察している教科書は、啓林館(上)9頁、および東京書籍(上)7頁である。トノサマガエルはその分布が本州、九州、四国であり、それも東北地方の太平洋側や関東地方ではみることができない種である。これよりもっと一般的なニホンアマガエルの方が教材としてはふさわしくないか。

② ヘチマについて

東京書籍(上)6頁ではヘチマを観察しているが、多数花をさかせたり種実がなっているヘチマのうちどのヘチマを用いたのかわからない。このような場合、1つずつのヘチマに番号をつけてそれを時間経過にともなって追跡させるという方法を見せる方がよいと思われる。

③ 写真について

啓林館では同じところから撮影した春、夏、秋、冬の写真が掲載されている。これを間違い探しのような感覚で比較検討させ、どこがどのように違ってきたのかを比べると、季節の変化が理解できるであろう。

④ 生き物の1年間について

啓林館では生き物の1年を振り返っているが、このときには季節ごとにまとめるのではなく、それぞれの動物や植物別に整理することによって、季節の変化が理解できるのである。ここでは、「季節による動物の活動や植物の成長をそれぞれ調べ、……動物の活動や植物の成長と環境とのかかわりについての見方や考え方を養うことがねらいである。」「『小学校学習指導要領解説』30頁」とあり、内容の取り扱いでは

「1年を通して数種類の動植物の活動や成長を観察すること。」「『小学校学習指導要領解説』31頁」とあるので、種類別にまとめるのが妥当と考える。

また、せっかく1年間をまとめるのであるから、そこに比較の観点が必要であると考え。1年間の季節変化に際して、まとめとして動物や植物の種類別項目をつくっている教科書は、東京書籍(下)60～61頁、信濃教育会出版部(下)44～45頁、学校図書(下)34～35頁、大日本図書(下)35頁であった。いっぽう、つくっていない教科書は、教育出版(下)46～48頁、啓林館(下)50～51頁であった。

C. 「空気中の水の変化」

水の3態として、気体、液体、固体の水を理解するためには、液体の水は見えるが、気体の水は見えないことを理解することが重要である。このときに、「湯気」をどのように理解するかが要となる。湯気は微小水滴(水のつぶ)であって、「気」という字がふくまれているが気体ではない。「湯気」についての教科書の扱いをみてみる。

① 「湯気」について

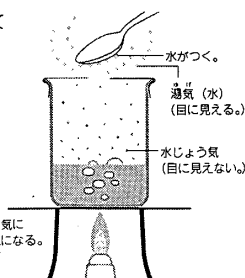
学校図書では、「問い」で「水じょう気」「ゆげ」が目に見えるかどうか扱っているがそれ以上の説明はなされていない。教育出版、啓林館、大日本図書、東京書籍の記述は正確で、ゆげは小さな水のつぶであると説明されている。信濃教育会出版部(下)37頁では「水じょう気は目に見えませんが、冷やされるとゆげになって、目に見えるようになります。ゆげは、空気中に広がっていくと、ふたたび水じょう気になって見えなくなります。」と記載されている。しかし、ゆげがなぜ見えるのかという要となる説明が欠落している。ゆげが水のつぶであるという理解がなければ、「ふたたび水じょう気になって見えなくなります」という意味が理解できないと考える。

信濃教育会出版部(下)41頁では「水のすがたの変わり方」というまとめで、「水は熱せられると、100℃ぐらいでふっとうし、水じょう気に変

ふっとうしている水の中から出てくるあわは、水じょう気である。水じょう気は、空気と同じように目には見えない。

また、水じょう気は、ひえるともとの水にもどる。

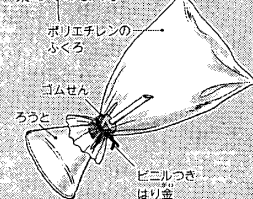
水じょう気がつめたい空気にふれてひやされると湯気になる。湯気は小さな水のつぶが集まってきている。



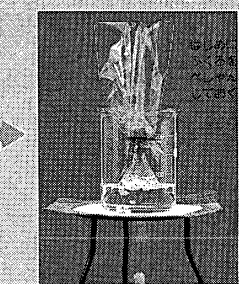
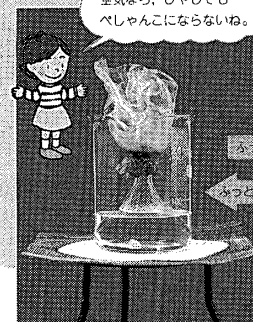
やっぴみま

水じょう気を集めてみよう

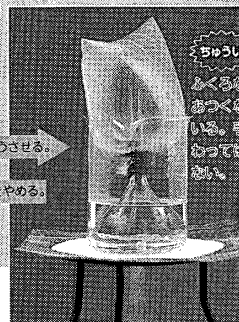
水のようにして、水じょう気を集めてみよう。



空気なら、ひやしてもベシヤンこにならないね。

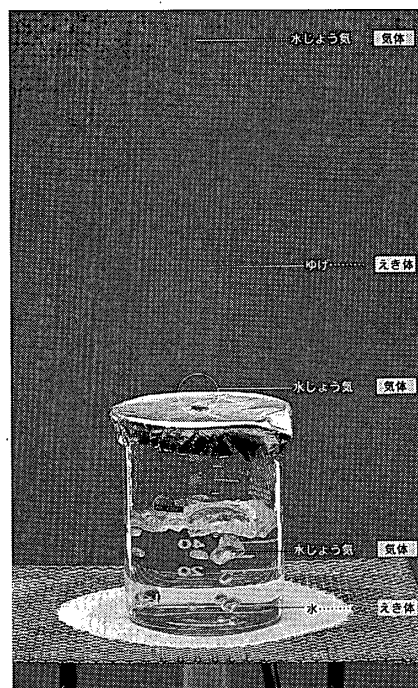


水をねって、ふっとうさせる。



ふっとうさせる。

ふっとうをやめる。



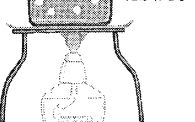
ゆげは、小さい水のつぶで、水じょう気(気体)ではない。

水じょう気

ゆげ (水のつぶ)

水じょう気

水中や水面で、水は水じょう気にかわる。



水(えき体)は、じょう発するとき、目に見えない水じょう気(気体)にかわって、空気中に出ていく。

水が、熱せられて温度が高くなり、わきたつことをふっとうという。ふっとうして、水中や水面から出てきた熱い水じょう気は、ひえると、ゆげ(えき体)になる。

ゆげは、熱い水じょう気がひえて、小さい水のつぶになったものである。ゆげは、ふたたび水じょう気になって、空気中にまじっていく。

図1. 大日本図書 4 年生 (下) 46 頁の水蒸気の説明 (左) と東京書籍 4 年生 (下) 34 頁のゆげおよび水蒸気の写真と図 (右)。

わかります。」と書かれている。確かに沸騰してでてくる泡は水蒸気であるが、水は100℃以下でも水蒸気になるので、「水は熱せられると水蒸気になります」という記載は誤解されやすい表現である。

水、水蒸気、湯気を図であらわす場合、目に見えない水蒸気をどのように表現するかという問題が生ずる。つぎに2つの例をみると、図1の左(大日本図書：下46頁)では、目に見えないというただし書きをつけているが水蒸気を小さな点であらわしているため、ほとんど同じ大きさの点であらわされている湯気との区別がわかりにくくなっている。また、スプーンに「水がつく」と書かれているが、この水は湯気の水滴だけではなく、凝結によるものもあると思われるので、誤解されやすい説明である。図1の右(東京書籍：下34頁)では、水蒸気の表

現が工夫されているが、空気中における存在の仕方や湯気の大きさとの関係では誤解を生じやすい。

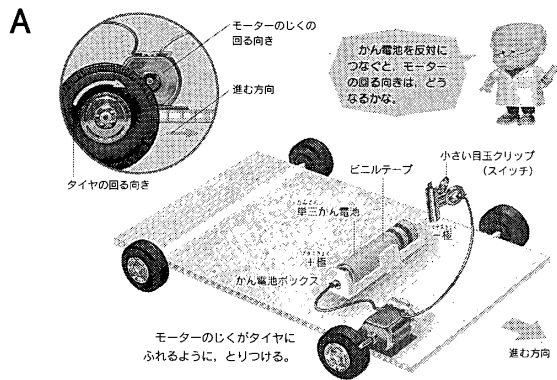
D. 「電気のはたらき」

①乾電池と豆電球について

単元「電気のはたらき」は、乾電池や光電池に豆電球やモーターなどをつなぎ、乾電池や光電池の働きを調べ、電気の働きについての考えをもつようにできることを目標としている。その内容はつぎのようである(『小学校学習指導要領解説』35頁)。

(ア) 乾電池の数(2個まで) やつなぎ方(直列・並列)を変えると、豆電球の明るさやモーターの回り方が変わることを

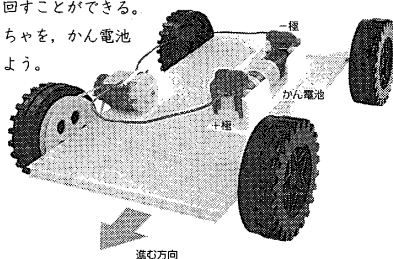
(イ) 光電池を使ってモーターを回すことができることを



A：東京書籍 4 年（上） 9 頁

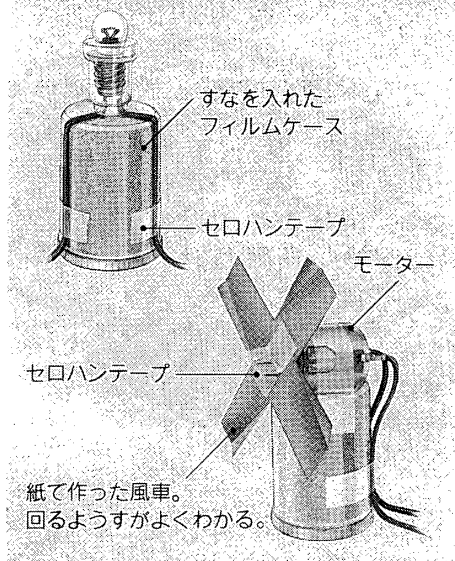
B 2 かん電池のはたらき

かん電池は、光を当てなくて
もモーターを回すことができる。
作ったおもちゃを、かん電池
で動かしてみよう。

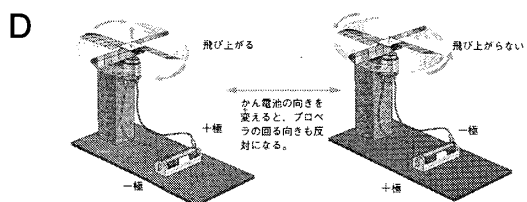


B：啓林館 4 年（上） 19 頁

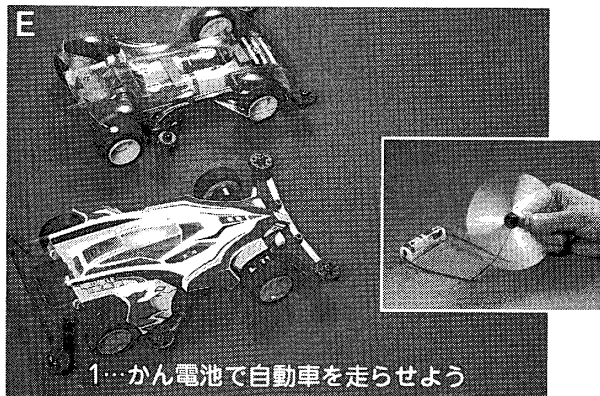
C 豆電球やモーターの台のつけ方



C：大日本図書 4 年（上） 11 頁

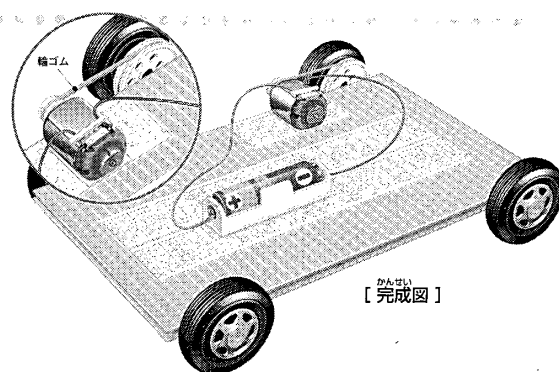


D：教育出版 4 年（上） 42 頁



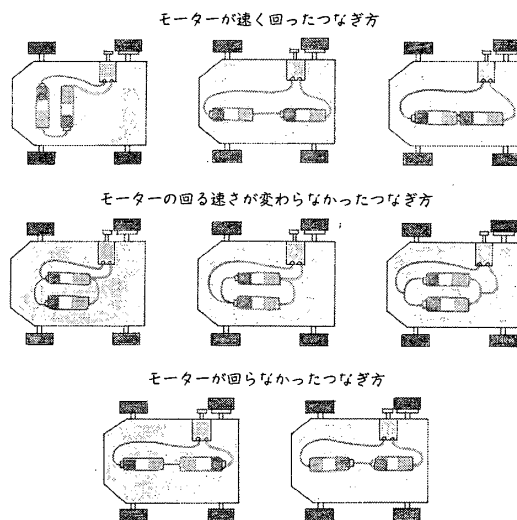
かん電池でモーターを回して、自動車を走らせてみましょう。

- ①かん電池に、プロペラをつけたモーターをつないで、回してみる。
- ②かん電池の+極と-極を入れかえて、モーターの回りかたを調べる。
- ③下の図をもとに、自動車を走らせる。



E：学校図書 4 年（下） 3 頁

F かん電池のつなぎ方とモーターの回る速さ調べ



気がついたこと

- ・かん電池の+きよくと、もう1このかん電池の-きよくをつなぐと、モーターは速く回った。
- ・かん電池の+きよくと+きよく、-きよくと-きよくをまとめてつなぐと、モーターの回る速さは、かん電池1このときと変わらなかった。

F：信濃教育会出版部 4 年（上） 35 頁

図2. かん電池でモーターを回し、おもちゃを動かす。

前々回の『小学校学習指導要領解説』では豆電球のみを使っていたが、前回の『小学校学習指導要領解説』より科学技術の現代化にあわせて、光電池、モーターなども使うこととなった。そのため、乾電池のつなぎ方については豆電球の明るさを調べるときより複雑になり、モーターの電力負荷、乾電池の容量などで、教科書の間で違いが生じている。

②モーターにかかる負荷

豆電球の場合、乾電池が1個より2個直列に接続の方が明るく点灯する。それは、電池の内部抵抗をことさら問題にしなくてもよいからである。ところが、この事実をさらにモーターの回り方で調べようとする場合、モーターにかかる負荷が適当なものでなければならない。モーターの回転軸にまったく負荷がかからない場合、不適切な実験となる。もちろん、乾電池の代わりに光電池を使うことは、その電力特性の点では不適切である。教科書6社の間の違いはつぎのとおりである(図2)。東京書籍(上)9頁：ゴムタイヤつき四輪車(単3電池)；啓林館(上)19頁、信濃教育会出版部(上)32頁：プーリーつきゴムタイヤ四輪車(単3電池)；大日本図書(上)12頁：風車つきモーター(単1電池)；学校図書(下)3頁：プーリーつき四輪車(単3電池)とプロペラつきモーター(単3電池)；教育出版(上)42頁：プロペラつきモーター(単3電池)。

以上のように、教科書間で多様な取り扱いをみることができる。これらの実験をおこなうとき、モーターの負荷が適当かどうか実験が失敗しないよう、予め予備実験をおこなっておく必要があると考える。なお、これらのモーターを用いるほか、豆電球を用いて電池2個(直列・並列)の働きについても各自調べるのであるが、啓林館(上)19～25頁は、モーターの実験しか行っていない。それから、単3の乾電池を使っている教科書が多いが、四輪車にのせる電池の重さを軽くするためであろうか不明である。

このように、豆電球のほか、モーターの回り方の実験が加わることによって、学校教員養成課程の小学校専攻の学生は電池の内部抵抗に関

する考察ができなければならない内容となった。そして、光電池は乾電池とまったく異なる電力特性をもっていることも考察ができなければならない。

③回路の概念

まず、乾電池(2個)とモーター(または豆電球)のつなぎ方(配線図)に関してである。このような配線の仕方のトレーニングの図は信濃教育会出版部(上)35頁にしか載っていない(図2—F)。これは高度な理解になるのかもしれない。

この「電気のはたらき」の単元に先立ち、3年の単元「明かりをつけよう」では、乾電池1個と豆電球を導線でつないで「電気の回路」についての考え方を学ぶことになっている。そこで述べられている回路とは、「電気の通り道」のことと記述され、それは「乾電池の+極、導線、豆電球、導線、乾電池の-極の順に、1つの輪のようにつなぐ」と電気の通り道ができて電気がながれ明かりがつく、と記述されている(東京書籍3年52頁)。しかし、この記述には、乾電池の内部のことがまったく書かれておらず、回路とは乾電池の+極から出発し-極で終了する「1つの輪」と定義され、厳密には+極から-極で終わるといふ、いわば“開いた回路”である。これが4年になると、この「電気の通り道」を「回路」、電気のながれを「電流」とすると用語がはじめて定義されているが、乾電池の内部構造については空白のままである。

E.「星や月」、「月と星」あるいは「月をしらべよう」、「星をしらべよう」

星や月の動きの観察が扱われている。月の公転運動によって月は1ヶ月で天球上での位置を変え、地球の公転運動によって星座は1年で位置を変える。これらの位置の変化は連続的なものであるために、ある期間に連続的に観察してその変化の様子を理解することが望ましい。しかし「三日月や満月などの中から二つの月の形を取り上げる」(『小学校学習指導要領解説』37頁)ようにと制限があるため、どうしても「半月と満月」や「三日月と満月」のような組み合

わせになり、連続的に学習することはできない。そのため月の位置が変わる現象を、「月の公転にともなう天球上での月の場所の変化と形の変化」とは理解することができない。

いっぽう、「星の集まりについては二つ又は三つの星座を」（『小学校学習指導要領解説』37頁）扱うように制限があるため、教育出版を除くすべての教科書で、夏の星座と冬の星座の観察にとどまっている。このため、観察できる生物が季節で変わるように、あたかも夏になると「夏の星座」が現れ、冬には「冬の星座」が現れるように理解されるだろう。実際には、「季節の星座」があるのは、地球の公転によって星座と太陽の相対位置が変化するからである。「夏の星座」は太陽のごく近くにある場合を除くと、冬の明け方に観察することができ、逆も真である。半月に1回程度、星座の位置を観察すると、季節とともに見える星座が変化するのがわかるはずであるが、現在の『小学校学習指導要領』の制限では、教科書をこのように書くことができない。

また、「星の集まり」の数が制限されているため、北天の星の動きについての学習ができなくなっている。東京書籍（上）には、北天の星の日周運動の写真があるのみである。天体の日周運動の中心（天の北極）があることを理解すると、天体が東から西に動くことや地球の自転について理解ができるようになるはずである。現状のままでは、せっかくいろいろな天体の動きを学んでも、その統一的な理解をえるには難しいだろう。

以下には、細部について問題点や評価できる点を指摘しておく。

①星の明るさや色を調べる項の写真

信濃教育会出版部（下）26頁には星の明るさや色を調べる項の写真があり、ベテルギウス、リゲル、シリウスの写真が載っている。これらの写真は拡大写真のように見受けられ、写っている星は複雑な形をしているようにみられる。この形は実際の星の形ではなく、望遠鏡内の散乱光や、地球大気による像の広がりによるものであるため誤解をまねきかねない。恒星は通常

の望遠鏡では点像にしか見えない。

②「すばる」望遠鏡の説明

大日本図書（下）26頁には「すばる」望遠鏡の説明があり、男の子が「吹き出し」において「天体望遠鏡は直径が8.3mもある大きなものだよ。」と説明している。しかし、「すばる望遠鏡は……」または「この望遠鏡は……」と記述しないと、天体望遠鏡について一般的な説明と誤解されかねない。また「反射鏡の直径が……」と書かないとなんの直径かがわからず、例えば写真に示されているドームの直径と誤解されかねない。

③「朝の月の観察」

教育出版（上）24～29頁に記されている「朝の月の観察」は、「天体は夕方から夜に観察する」という固定概念に反していて意外性があり、評価できる。

④「朝の月が見えなく」なる

教育出版（上）28頁には「朝の月が見えなくなってから7日くらいたつと、夕方、西の空に細い月が見えるようになります」の記述がある。しかし、「朝の月が見えなく」なるこの意味が正確に伝わるかどうか疑問である。教科書の作成者側は、「月齢が進み、肉眼では月が見えなく」なることを意図して書いているが、学習者側には24～27頁の「朝の月」が日周運動で沈んで見えなくなる、と解釈される可能性がある。『小学校学習指導要領』では、月の公転にともなう「月の形」の変化を教えることを意図していないからである。24～27頁の朝の月の形は、満月と下弦の間くらいで、月齢は18位と推定され、7日たっても新月にはならない。10日ほど経過して新月になり、14日程度して三日月として見えるはずである。的確な表現は難しいが、何らかの工夫が必要であろう。

謝辞

本研究では「教育実践力をもつ学校教員養成のための実践的指導法およびカリキュラム論の構築研究（その2 初等教育の改善）」というテーマで、「2002年度教育学部研究開発プロジェクト」から経費を受け、教科書購入や指導書、

専門分野の辞書の購入などをおこなうことができた。この場をかりて深く謝意を表する。

引用文献

金子之史・末広喜代一・森 征洋・松村雅文・西原 浩・高木由美子・川勝 博・北林雅洋・林 俊夫・高橋尚志・佐々木信行・稗田美嘉・高橋智香・大浦みゆき・野崎美紀・大西千尋.
2004. 小学校「理科」3～6年教科書(6社)の比較検討(2) 小学校5・6年. 香川大学教育実践総合研究, 8:49-61.

〔付録〕

図3～5は、北緯が35度、43度、25度付近において、時刻と共に、太陽の高度(右の図)と方位角(左の図)がどのように変わるかを、春分・秋分のとき(太陽の赤緯が0度、実線)、夏至(赤緯 +24度、点線)、冬至(赤緯 -24度、破線)について示したものである。これらの図の横軸は“時角”(南中からの角度を時間の単位に置き換えたもの)で、均時差と観測地点の日本標準時子午線(東経135度)からの経度方向のずれが無視できるならば、0時が正午に相当する。方位角は、北が0度に相当し、東回りに360度ま

ではかっている。

これらの図は、時刻にともなう太陽の西から東への移動は、直線的ではないことを示す。とくに夏至の頃は、正午付近での位置角の変化が激しく、この傾向は緯度が低いほど顕著である。このことは一見、夏至の頃が、太陽の方位の観察には適していることを示しているかのようである。しかし、夏至で正午の頃の太陽は、天頂(高度90度)近くを通過している(高度の変化の図を参照)。このために方位角は急速に変化する。天頂方向は地平線からの角度が90度であり、方位の概念になじむものではない。また、天頂付近の太陽の方位は、棒の影が短くなるために、正確には出しにくい。このため、太陽の方位の変化を学習する観点からは、夏至の頃の正午の太陽の観察は、とくに緯度が低い地域では、さけた方がよいかもしれない。なお現在の日本の最南端は、沖ノ鳥島で、北緯20度である。ここは北回帰線の南側になるため、夏至の正午の頃、太陽は天頂よりも北側を通過する。信濃教育会出版部以外のすべての教科書には「太陽は 東のほうから南の空をへて西のほうへうごく」とされているが、このようにならない場所が日本国内にある。

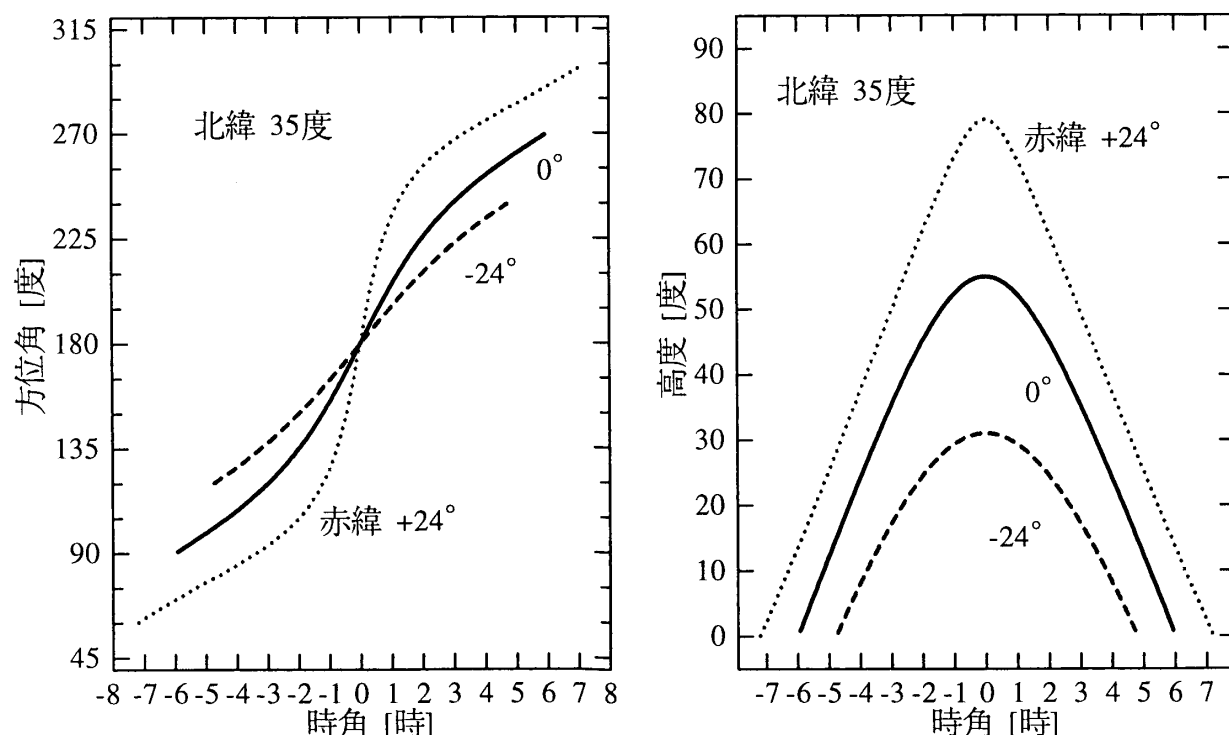


図3. 北緯35度での太陽の方位(左)と高度(右)の時間変化。

午前10時（時角 -2 時）および午後2時（時角 2 時）における太陽の方位角を、図3～5において調べると、夏至の頃を除いて、それぞれほぼ $120\sim 150$ 度（南東）および $210\sim 240$ 度

（南西）である。夏至の場合は、ほぼ 90 度（東）および 180 度（西）である。夏至の頃以外では、4方位の間になり、学習者がえられたデータを的確にあらわす表現がないことになる。

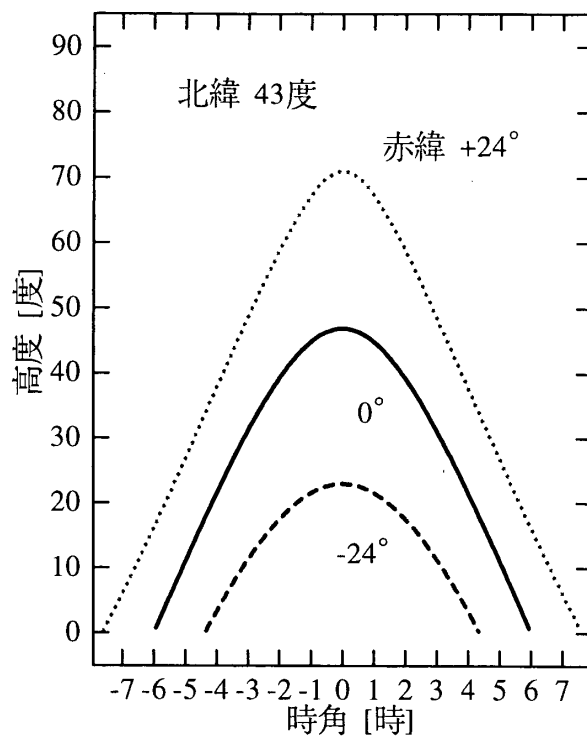
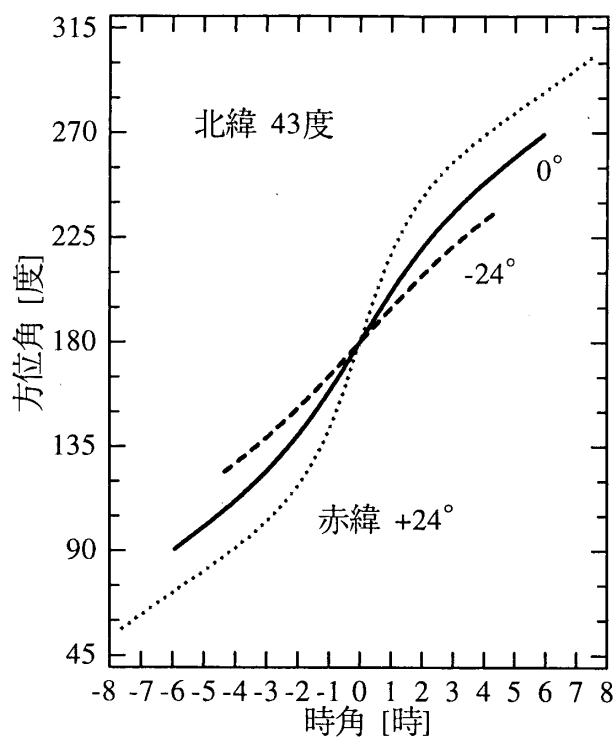


図4. 北緯43度での太陽の方位（左）と高度（右）の時間変化。

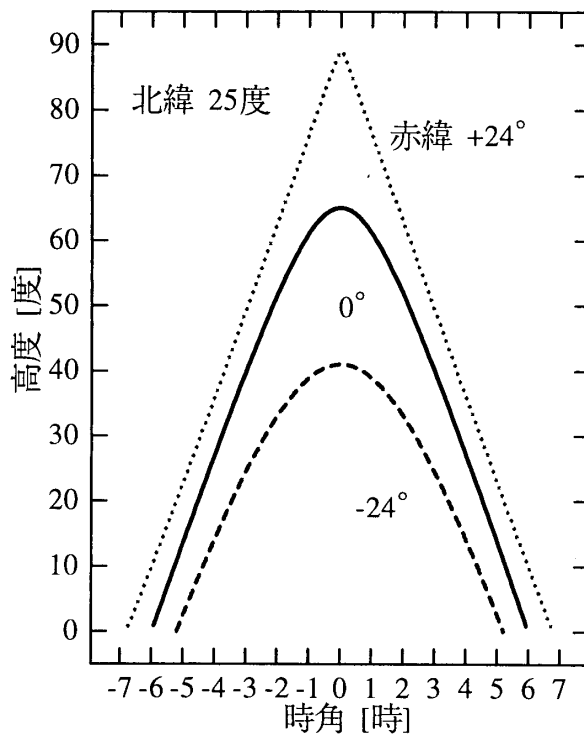
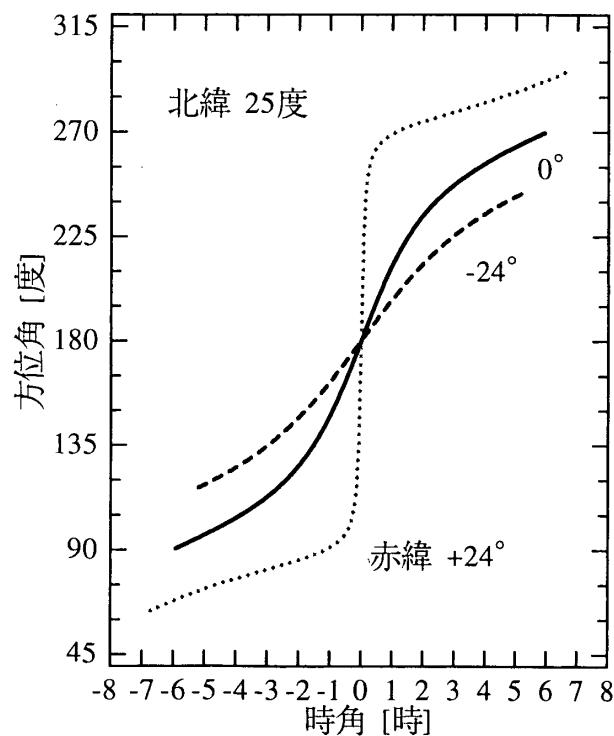


図5. 北緯25度での太陽の方位（左）と高度（右）の時間変化。