

昭和63年度科学研究費補助金（一般研究c）  
（課題番号 62580239）  
理科実験における問題解決能力の評価に関する日英の比較研究

研究報告書（No. 2）

# 児童のプロセススキルの実態

1989. 2. 15

横浜国立大学教育学部  
研究代表者 福岡敏行

前回の研究報告書（No.1）においては、英国で全国的なスケールで実施されたAPU（Assessment of Performance Unit）に関連する事項について解説をし、さらに、APUの評価問題の一部を使って日本で実施した調査結果のいくつかを報告した。調査結果の分析については現在研究中であるが、今年度は、それらの調査結果の分析方法を単にAPUの方法のみによらないで、独自に追求することを試みた。

本研究報告書においては、一人の児童が問題解決を行なっていく際のプロセススキルの評価を、APUの評価問題を参考にして、新たな評価問題を開発し、児童の実態を調べたのでその結果を報告する。

実態調査においては、竹村志保氏をはじめ、理科教育教室の学生諸氏の協力を得ましたので、ここに感謝の意を表します。

1989. 2. 15

研究者 福 岡 敏 行  
森 本 信 也  
稲 垣 成 哲

## 謝 辞

本研究に際しては、以下の御協力を得ましたので、ここに感謝の意を表します。

### 協力校

東京都小平第一小学校

横浜市立末吉小学校

厚木市立緑ヶ丘小学校

### 協力者

草 野 光 司

三 橋 群 司

小 川 雅 義

松 元 博 志

高 崎 好 計

溝呂木 朝 子

石 射 順 子

池 上 義 之

山 本 智 子

広 瀬 聡 子



## 児童のプロセススキルの実態

### まえがき

これまでの研究から英国のA P U (Assessment of Performance Unit)が開発した評価の枠組みやその評価方法は、従来のものよりも児童生徒の科学的な能力を調査するためにより有効な方法であることがわかってきた。日本でも科学的思考の評価の領域において、幾つかの研究が行なわれているが、A P Uのように、実際の活動から抽出された系統的な枠組みを基礎としたものではなかった。そこで、日本の児童生徒のプロセススキルの実態をA P Uの評価方法を使用して調査する。

調査対象は次の理由から小学校の児童とする。A P UのS A C (Science Activity Category)が探究中心の評価法であり、日本の小学校のカリキュラムがプロセスの発達に重点を置いていることから児童の実態を把握することは指導の上からも意義のあることと考える。また、小学校では科学的思考や技能の評価方法が確立されていないことからその有効性を確認することも意味のあることと考える。

### 〈第一回調査：仮説設定能力に関する分析方法の開発と児童の実態〉

プロセススキルは年令の上昇に伴ってどのような発達の様相を示すのであろうか。この実態を調査することによってプロセススキルがどの時期で特に上昇するのかを突き止めることができる。また、A P Uは評価基準に従った結果を提供しているがその分析や考察についてはほとんど言及していない。そこで、プロセススキルの一つである「仮説設定」の問題の分析方法を開発し児童の実態を調査する。

### 〈第二回調査：理科における児童のプロセススキルの実態〉

A P Uは全国調査であることから、各カテゴリーの問題の平均の結果から児童のプロセススキルの実態を分析しているが、児童一人一人がどのようなプロセススキルの実態であるかの分析は行なっていない。そこで、児童一人一人の一般的なプロセススキルの実態を調査することにする。また、A P Uの評価方法は結果の信頼性を高めるために児童の実態を筆記試験と実技試験の両面から実施している。しかし、これらは別々の分析方法になっているので、これらの分析方法を一致させることによって同じ領域の能力を筆記試験と実技試験の両面から分析することにする。

### 〈第三回調査：電気回路領域における児童のプロセススキルの実態〉

プロセススキルの調査問題の構成は、概念が主要な一部となっている。第2回目の調査では既に学習したか又は日常生活の経験から得られる概念を使うことによって、概念の影響を最小限にするようにした。しかし、概念によって、プロセススキルが異なることが想定されるので、一つの概念領域（今回は電気回路領域）に焦点を当て、第2回目と同様な方法で児童の実態を調査する。なお、概念の理解を調査するのではないので、評価問題に含まれる概念は既に学習したものとする。

## 第1章 仮説設定能力に関する分析方法の開発と児童の実態

— A P U の評価問題(Generating Alternative Hypotheses)を使って—

### 第1節 研究のねらい

自然の事物・現象を探究するには、多くの探究の技法が用いられる。これらの諸断面の子どもの実態を把握することは、科学的思考力を育成するためにも大変重要である。探究の技法の中の一つに、仮説の設定がある。

仮説の設定とは、問題解決の過程において、子どもは問題を把握して、問題解決のために自然の事象から情報を選択・収集し、推論して仮の結論を導き出すような一連の行為を言う。その際、子どもの持っている既存の概念を適用して仮説の設定にあたる。つまり、仮説の設定と同時に、概念の形成が促進されると考えられる。以上のことを図示すると図1. 1のようになる。しかし、実際には常にこの流れに沿うとは限らず、フィードバックすることもあり得る。

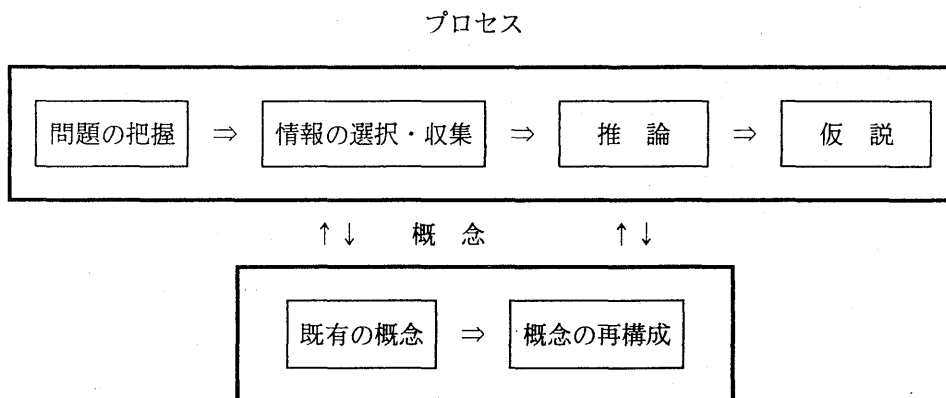


図1. 1 : 仮説設定におけるプロセスと概念との関わり

しかし、子どもの仮説を設定する能力の実態はまだ十分には分析されていない。最近、英国の国家的評価プロジェクトA P Uは、児童生徒の理科活動を基にしたプロセス中心の評価方法を開発し児童生徒の問題解決能力の実態を明らかにしようとしており<sup>1-4)</sup>、日本でも紹介されている<sup>5, 6)</sup>。

A P Uは、理科活動を6つのカテゴリーに大別し、更にそれらのカテゴリーを16のサブカテゴリーに分類している<sup>7)</sup>。仮説設定に関する児童生徒の能力を評価する領域は、4番目のカテゴリー「解釈と応用」の中のサブカテゴリー4ε「相異なる仮説の設定(Generating alternative hypotheses)」である。4εでの評価問題は「同一の事象から見出される可能な相異なる仮説を設定する能力を評価する。」<sup>7)</sup>と記述してある。また記述された仮説の評価基準は与えられた課題を説明し得る仮説となっているかどうかによっ

て基準を決めており、その結果を次の二点について報告している。

- ・ 一番目と二番目の仮説設定できた割合はどうか。
- ・ 仮説設定に際しどのような観点が使用されているか。

A P Uの分析方法は、この二点のみであり、調査結果からより多くの情報を得るための分析方法を現在も模索中であることがうかがわれる。今回は小学校高学年の児童の仮説設定能力の実態を明らかにするために、小学生4年から6年の児童を対象にA P Uの評価問題を使用し調査を行なった。なお、分析方法は、A P Uを参考にして筆者らが工夫したものを使用した。本研究のねらいとして以下のことを明らかにしたい。

- ・ 仮説設定における説明のパターンは学年によってどのような違いがあるか。
- ・ 仮説を設定するとき、問題を解決する際の観点としてどのようなものがあるか。また、学年によってどのような違いがあるか。
- ・ 仮説設定するために使用した既存概念にはどのようなものがあるか。また、学年によってどのように発達するか。
- ・ 異なる仮説を設定する能力は、学年によってどのように発達するか。
- ・ 仮説設定能力とその観点を総合的に分析するマトリックスは、学年によってどのような違いがあるか。

## 第2節 仮説設定能力に関する分析方法

### (1) 説明のパターンによる分析

表1. 1 : 説明のパターンの分類

記号	説明のパターン	説明
A	情報の同定⇒推論Ⅰ⇒推論Ⅱ	絵から同定した情報と、児童の既存の概念を結びつけて推論し、さらにその推論に他の既存の概念を結びつけて推論しているもの。
B	情報の同定⇒推論Ⅰ	絵から同定した情報と、児童の既存の概念を結びつけて推論しているもの。
C	推論Ⅰ⇒推論Ⅱ	絵にある情報の記述はなく、児童の既存の概念だけで推論し、その推論に他の概念を結びつけて推論しているもの。
D	推論の記述のみ	絵にある情報の記述はなく、児童の既存の概念だけで推論しているもの。
E	推論なし(情報の記述のみ・無関係な推論・無解答)	絵にある情報のみの記述であったり、無関係な推論の記述や無解答であったりするもの。

仮説を設定するプロセスは、図1. 1で示すように、問題を把握して、提示された事象の中から情報を選択・収集し、推論して結論を得ると考えられる。APUの評価方法は記述方式なので、児童が記述した文章から、問題解決に用いた情報と推論を読み取り、それによって得られた説明のパターンを考えて、児童の設定した仮説を分析する。説明のパターンの分類として表1. 1に示したものが考えられる。

### (2) 観点別による分析

仮説を設定する際に、児童は提示された問題の絵からどのような観点を想起するのだろうか。APUの調査報告書<sup>8)</sup>によると、今回使用する問題は表1. 2のような観点到に分類されている。これを参考にして日本の児童の実態について分析する。

表1. 2：調査問題「つた」の観点

記号	観 点
a	日光（日かげ）
b	日光（日なた）
c	温度
d	人為的（接触）
e	水分
f	水分（雨水）
g	菌類
h	風
i	人為的（車）
j	土
k	人為的（植栽）
l	特徴・時期

### (3) 既存概念による分析

児童が仮説を設定するために使う既存概念は、理科の学習によって得られた概念だけだろうか。これは、必ずしも学習経験によって得た科学的なものばかりでなく、児童が生活経験から得た概念もあると思われる。それ故児童の実態を調べることは意義のあることと思われる。

そこで、(2) 観点別による分析で得られた観点を、生活概念（生活経験によって得られる概念）と科学概念（学習経験によって得られると考えられる概念）とに分類し、分析する。

### (4) 異なる仮説数による分析

仮説を設定する際に、提示された問題の絵から情報を収集し、推論をして結論を導く。その時の情報の内容や推論の仕方によって異なった仮説を設定することができる。このように、相異なる複数の仮説を立てる能力は、拡散的思考を行なうこと、つまり、創造的思考を行うことの一つであるといってもよい。今日の正誤テストに見られるような、たった一つの正答を求めるのとは違い、創造性を育成する上でも必要なことである。

そこで、このように相異なる複数の仮説を立てる能力を見るという観点で分析する。つまり、児童が設定した仮説の数が児童の学年によってどのような特徴があるのかを見るのがねらいである。これはAPUの分析方法をより改善したものである。



(5) マトリックスによる分析

児童は、問題解決のために問題の絵から情報を選択・収集し、既有的概念を使って仮説を設定する。複数の仮説を設定する場合、児童はそれぞれの場で、どのような観点に基づいて情報を収集し結論を導くかを分析する方法として、図1. 2のようなマトリックスを使用する。これは、分析方法(2)と(4)を総合的に分析するものである。マトリックスの軸(縦軸)に第一番目に設定した仮説の観点を、他の軸(横軸)に第二番目に設定した仮説の観点を取り、個々の児童の使用した観点をマトリックス上に記載して分析するものである。

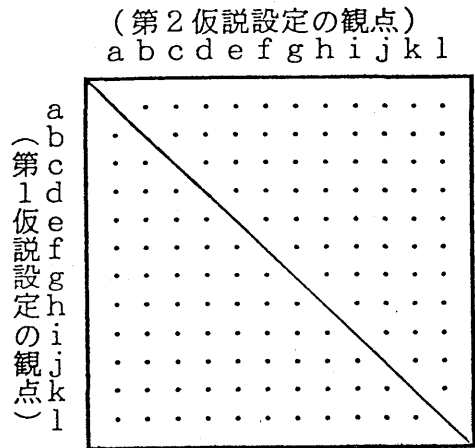


図1. 2: 観点別によるマトリックス

第3節 児童の実態調査

(1) 調査問題について

児童に、一つの絵を提示し、それを観察させて相異なる2種類の仮説を立てさせる(絵からは、たった一つの仮説が立てられるのではなく、いくつかのものが立てられるように作成されている。)。今回使用した調査問題を資料1<sup>9)</sup>に示す。

(2) 調査形式

ペーパーテストによる記述式で、解答時間は10分程度であった。

(3) 調査対象

表1. 3: 調査対象 数値は人数を示す

学校名	4 学年			5 学年			6 学年		
	男	女	計	男	女	計	男	女	計
A 小学校	24	21	45	43	43	86	-	-	-
B 小学校	17	16	33	-	-	-	-	-	-
C 小学校	-	-	-	-	-	-	39	43	82
合計	41	37	78	43	43	86	39	43	82

(4) 調査期間

1987年6月~9月

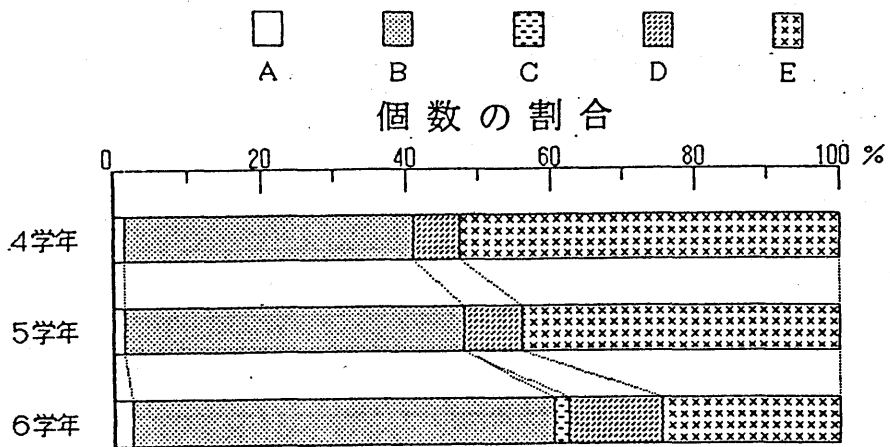
第4節 調査結果及び考察

(1) 説明のパターンによる分析

表1. 1「説明のパターンの分類」によって分析すると、具体的な記述例は表1. 4のようになり、グラフ1. 1のような結果を得た。

表1. 4：説明のパターンと児童の記述例

記号	説明のパターン	記述例
A	情報－推論Ⅰ－推論Ⅱ	<u>道路側の方は砂とか土があって、そこに肥料があるから育つ。</u> (6年)
B	情報－推論Ⅰ	<u>木についているつたは、昼間光合成をやっているから。</u> (5年)
C	推論Ⅰ－推論Ⅱ	<u>土の温度が高く、肥料があるから。</u> (6年)
D	推論のみ	<u>ひなただから。つたを切るから。まっすぐのびるから。</u> (4年)
E	推論なし	山田くんが歩いているほうは、かべだからそう思います。 (4年)



グラフ1. 1：説明のパターン

これらの結果によると、説明のパターンA（情報＋推論Ⅰ＋推論Ⅱ）は、どの学年も非常に少なく、かつ、学年による変化が見られない（4年1%、5年1%、6年2%）。説

明のパターンB（情報+推論Ⅰ）は、仮説が設定できたパターンの中では、一番高い数値であり、学年が進むに連れて増加傾向になっている（4年40%、5年47%、6年58%）。説明のパターンC（推論Ⅰ+推論Ⅱ）は、4・5年では一人もいないが、6年で1%いるだけである。説明のパターンD（推論のみ）は、学年が進むに連れてわずかながら増加している。これらのことから、どの学年も一番多い説明のパターンがBであり、D、A、Cと続いている。そして、説明のパターンBとDが増加傾向にあり、説明のパターンAとCはほとんど変化していないことがわかる。

仮説設定において、情報の記述は、絵にあるどのような情報と概念とを結びつけて推論しているかを、明らかにするために必要なことである。情報と推論の両方を含んだ説明のパターンA・Bは、グラフ1.1によると4-5-6学年間で増加している。これを $X^2$ 検定したところ有意な差が認められた（ $X^2=10.79, df=2, p<0.005$ ）。

このことから、この時期は仮説設定において、情報と推論の両方を含んだ説明のパターンが上昇するといえる。

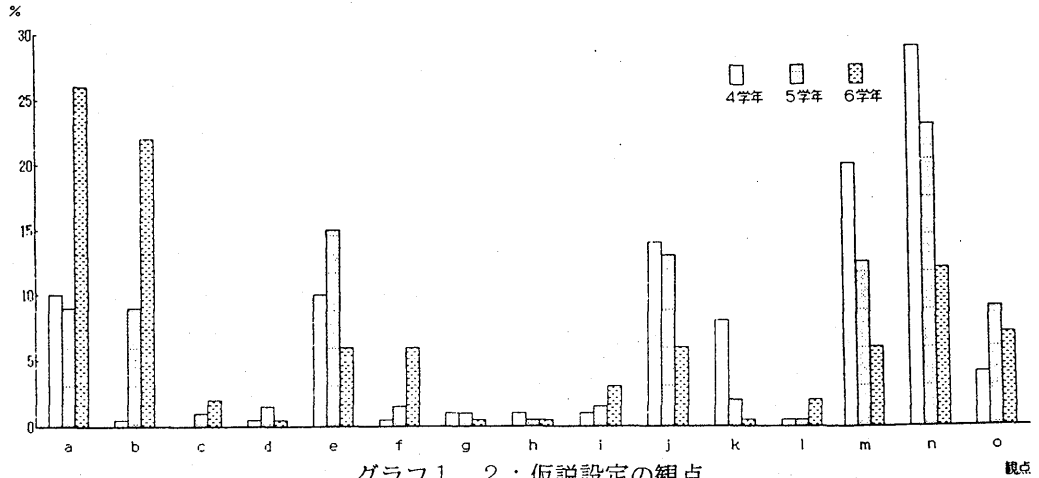
ところが情報の記述のない説明のパターンC・Dも、グラフ1.1によると、学年が進むに連れてわずかながら増加している。児童は情報に基づかない推論をしたり、情報に基づいていても記入しなかったと考えられる。仮説設定は、問題を把握して事実から得られた情報に基づく推論であることの指導などが必要であろう。

## （2）観点別による分析

表1.2の調査問題「つた」の観点によって分析すると、表1.5・グラフ1.2のような結果を得た。

表1.5：観点の解答例とその結果

観 点	解 答 例	4 学 年	5 学 年	6 学 年
a. 日光（日なた）	木の幹の一方のみに日があたる。	10	9	26
b. 日光（日かげ）	へいによって日があたらない。	0.5	9	22
c. 水分	日があたらない方は水分が多い。	0	1	2
d. 温度	車道側は車が通ってガスや風が温かい。	0.5	1.5	0.5
e. 特徴・時期	つたはまっすぐのびる。まだ全体に広がっていない。	10	15	6
f. 土	一方には土があり、養分が含まれている。	0.5	1.5	6
g. 水分（雨水）	車道は雨が降ったとき湿りやすい。	1	1	0.5
h. 風	歩道側からの風が強く、つたを一方にやる。	1	0.5	0.5
i. コンクリート	歩道はコンクリートだから芽が出ない。	1	1.5	3
j. 人為的（接触）	歩道を通る人が踏んだり切ったりする。	14	13	6
k. 人為的（植栽）	人が通りやすいように車道側に植えた。	8	2	0.5
l. 人為的（車）	車が通り排気ガスが出るのでつたがのびる。	0.5	0.5	2
m. 観察のみ	観察のみや証拠がない理由。	20	12.5	6
n. 無関係・重複	無関係、重複、無意味な記述。	29	23	12
o. 無解答	無解答	4	9	7



これらから仮説設定の観点を学年別にみると、4年で一番多い観点が、j 人為的（接触）で、14%もある。次に、a 日光（日なた）は10%、e 特徴・時期は10%、k 人為的（植栽）は8%と続き、残りの観点は1%以下である。5年では、最も多い観点がe 特徴・時期は15%であり、j 人為的（接触）は13%、a 日光（日なた）は9%、b 日光（日かげ）は9%、k 人為的（植栽）は2%と続き、残りの観点は1%以下である。6年では、a 日光（日なた）の26%とb 日光（日かげ）の22%とが大変多く、次に、e 特徴・時期とf 土とj 人為的（接触）がそれぞれ6%であり、i コンクリートの3%、c 水分の2%、l 人為的（車）の2%と続き、残りの観点は1%以下である。

仮説設定の観点が、学年によってどのように変化するかについてみると、学年が進むに連れて増加するものとして、a 日光（日なた）、b 日光（日かげ）、f 土がある。これらは特に5・6年間で急激に増えている。c 水分とi コンクリートとl 人為的（車）はわずかながら増えている。学年によってほとんど変化しないものには、d 温度、g 水分（雨水）、h 風などがある。これに対して、学年が進むに連れて減少するものとして、e 特徴・時期、j 人為的（接触）、k 人為的（植栽）などがある。

なお、仮説が設定できなかった解答をみると、m 観察のみは学年が進むに従って急激に減少し、n 無関係・重複もまた減少している。しかし、無解答は、4・5年間で増加しているが5・6年間では減少している。

以上のことを基に仮説設定の観点を概観すると、4学年では、人為的な観点（j, k, l）が22.5%で他学年よりも多く、日常生活経験から得た観点を使用する傾向があると思われる。日光に関する観点（a, b）を5・6年と比較するとかなり少なく、また、b 日光（日かげ）はほとんどいない。これは、日光を一面からしか見ていないことの表れであろう。5学年では、b 日光（日かげ）が増加し、日光を両面からとらえられるようになる。人為的な観点は15.5%で、4年よりも減少しているが、e 特徴・時期が増加している。このことは、人為的な観点よりも植物そのものの特性に目を向けるようになったと思われる。6学年では、a 日光（日なた）とb 日光（日かげ）が急激に増加し、仮説設

定の観点の半数近くまでになっている(48%)。これは植物の成長に果たす日光の役割の重要性が定着してきたと考えられる。人為的な観点(8.5%)やe特徴・時期(6%)は減少しているが、f土が増加している。これは日常経験や植物の特性から植物の成長の条件に視点が移ってきたと考えられる。

(3) 既有概念による分析

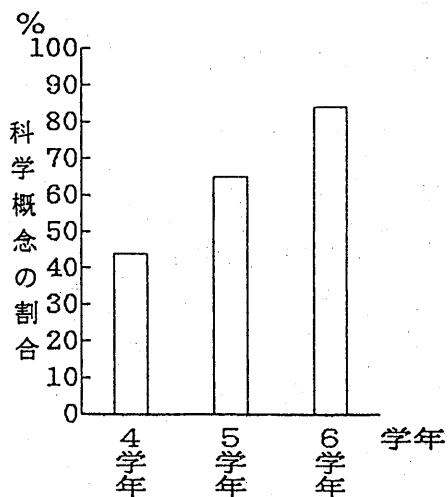
児童はこれまでに、どのような科学概念を獲得してきたのであろうか。児童の解答の観点を文部省の学習指導要領<sup>10)</sup>を参考にすると、植物の成長と条件・植物の特性に関する観点が、科学概念と考えられる。生活概念については、児童の提示した観点が日常生活で体験できると思われるので、児童が提示した観点全てとした。このように作成したものが表1.6で、これを基に分析する。

表1.6: 観点と生活・科学概念との関連 (●…生活概念、◎…科学概念)

観 点	内 容 例	4 年	5 年	6 年
a. 日光(日なた)	日なたと植物の育ち方	◎◎	◎◎	◎◎
b. 日光(日かげ)	日かげと植物の育ち方	◎◎	◎◎	◎◎
c. 水分	水分と植物の育ち方	◎◎	◎◎	◎◎
d. 温度	温度と植物の育ち方	◎◎	◎◎	◎◎
e. 特徴・時期	植物の育ち方	◎◎	◎◎	◎◎
f. 土	土と養分	●	●◎	●◎
g. 水分(雨水)	雨と土の湿り	●	●	●
h. 風	風による移動	●	●	●
i. コンクリート	コンクリートと植性	●	●	●
j. 人為的(接触)	接触	●	●	●
k. 人為的(植栽)	植栽	●	●	●
l. 人為的(車)	車と排気ガス	●	●	●

表1.7: 生活概念と科学概念との観点

	◎	●	◎/●
4 学年(78x2)	33	75	44%
5 学年(86x2)	64	97	65%
6 学年(82x2)	104	123	84%



グラフ1.3: 生活概念に対する科学概念の割合

表1. 7・グラフ1. 3から、生活概念を観点にした仮説（仮説設定が出来た全ての解答）に対する科学概念を観点にした仮説の割合をみると、4年が、44%で科学概念よりも生活概念による観点を想起しやすいことがうかがえる。5年では65%となり、科学概念が生活概念の半数以上になる。そして、6年が84%で科学概念に関連した観点がほとんどを占めるようになる。

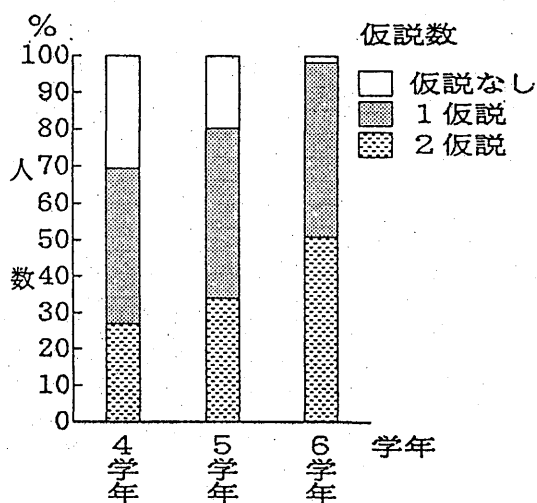
これらのことから、児童は学習したからといってその知識を十分使えるとは限らず、児童の生活経験による知識を想起しやすいことが考えられる。学習内容に関わる児童の生活概念を把握することが大切であると共に、これらを指導に役立てることにより、科学概念のより一層の定着が図られると考えられる。

#### （4）異なる仮説数による分析

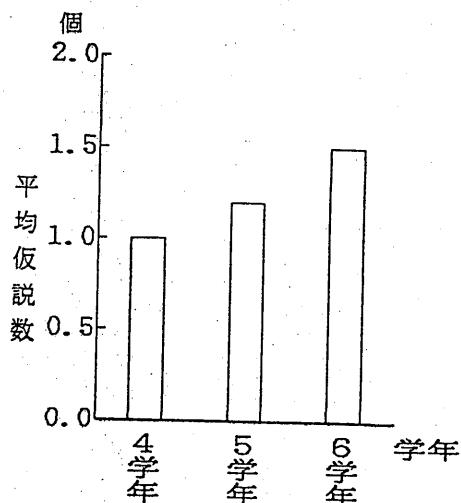
異なる仮説数の分析方法によって分析すると、表1. 8・グラフ1. 4の結果を得た。

表1. 8：仮説設定数（%）

	2仮説	1仮説	仮説なし	平均仮説数
4学年(n=78)	26	43	31	1.0個
5学年(n=86)	34	46	20	1.2個
6学年(n=82)	51	48	1	1.5個



グラフ1. 4：仮説設定数による児童の割合



グラフ1. 5：平均仮説数

これらによると、2種類の仮説を設定した児童は、学年が進むに連れて増加し、6年では半数以上になっている（4年26%、5年34%、6年51%）。1種類の仮説を設定

した児童はどの学年も半数近く存在し、学年が進むに連れてわずかな増加がみられる（4年43%、5年46%、6年48%）。それに対して、仮説を設定できなかった児童は4年31%、5年20%、そして、6年1%と確実に減少している。

表1. 8・グラフ1. 5によると、平均仮説数は学年が進むに連れて上昇している。

4-5-6学年間における2種類の仮説を設定した児童の増加や平均仮説数の上昇傾向は、この時期の仮説設定能力が上昇することを示している。

2種類の仮説を設定した児童を、4-5-6学年間で $X^2$ 検定したところ有意な差が認められた（ $X^2=10.84, df=2, p<0.005$ ）。また、仮説設定できなかった児童が学年が進むに連れて減少している。6学年では、ほとんどの児童が少なくとも1種類の仮説を設定することができる。このことから、この時期は仮説設定能力が上昇するといえる。このためにも、複数の仮説設定をするような拡散的思考力を育成するための適切な活動が望まれる。

(5) マトリックスによる分析

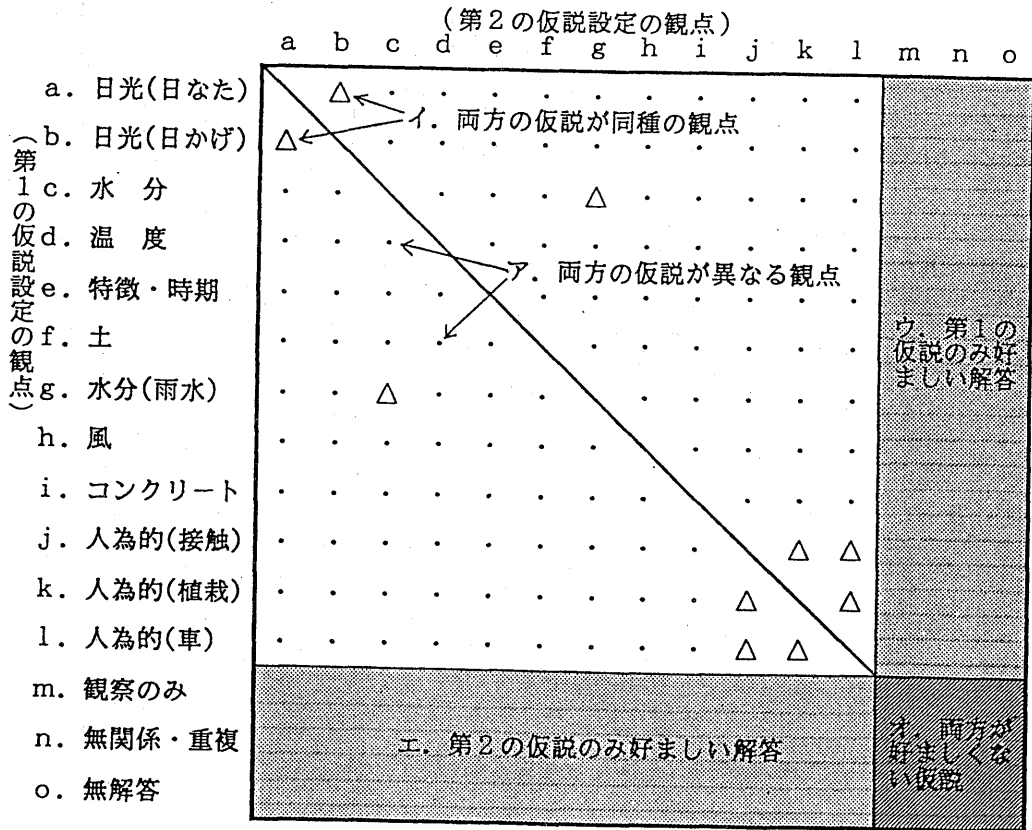
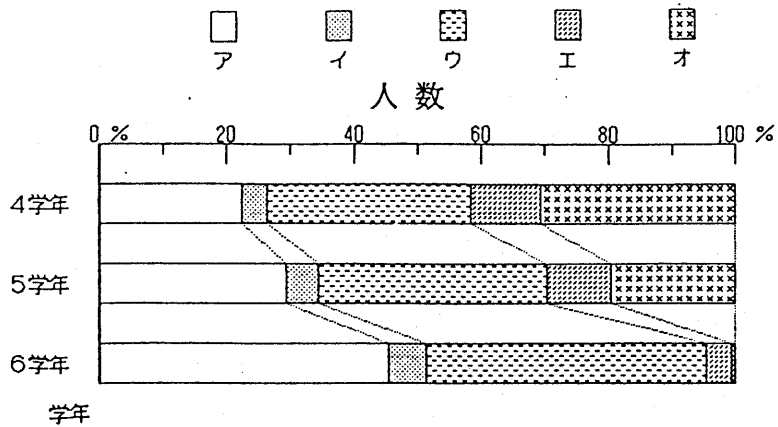


図1. 3: 分析マトリックス

複数の仮説をどのような観点で設定しているかを分析するために、図1. 2「観点別によるマトリックス」を基にして図1. 3「分析マトリックス」を作成した。これは児童の仮説設定の傾向を探るためにア.両方の仮説が異なる観点、イ.両方の仮説が同種の観点ウ.第1の仮説のみ好ましい解答、エ.第2の仮説のみ好ましい解答、オ.両方が好ましくない仮説の5つのパターンに分類してある。これを基に分析した。

表1. 9：マトリックスによる分析 (%)

	ア	イ	ウ	エ	オ
4 学年	22	4	32	11	31
5 学年	29	5	36	10	20
6 学年	45	6	44	4	1



グラフ1. 6：マトリックスによる分析

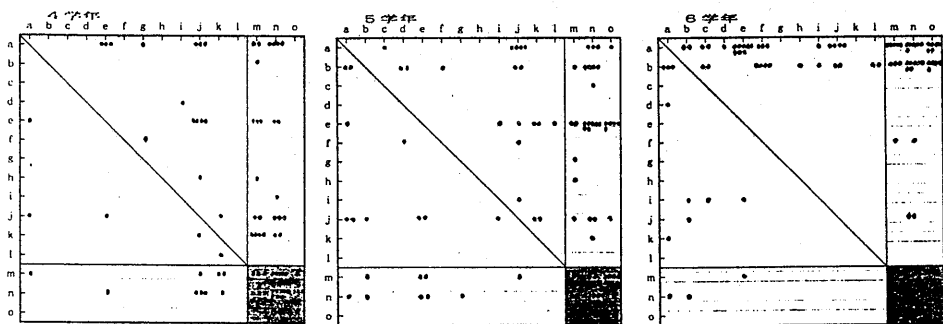


図1. 4：マトリックスによる学年別分布

表1. 9及びグラフ1. 6によると、ア.両方の仮説が異なる観点は、学年が進むに連れて増加している。特に5・6年間は急激に増加している（4年22%、5年29%、6年45%）。また、オ.両方が好ましくない仮説または無解答は、学年が進むに連れて急激に減少し、6年ではわずか1%のみとなっている（4年31%、5年20%）。これら



の結果については、4(4)「異なる仮説数による分析」で考察したように、この時期は仮説設定能力が上昇するといえる。

図1. 4のマトリックスによる学年別分析の結果から、仮説設定において想起し易い観点(第1の仮説設定の観点)をみると4年では、a日光(日なた)、e特徴・時期、j・k人為的(接触・植栽)、5年では、a・b日光、e特徴・時期、j人為的(接触)が多い。ところが6年では、a・b日光に集中している。

このことから、4・5年は多様な発想をするが、生活概念を観点として想起し易いことがいえる。6年になると調査問題が2種類の仮説を設定するという制約があったためか、想起する観点の数は減少するが、学習経験とより関連させることが出来るようになり、科学概念を観点として想起し易くなると考えられる。

#### 第5節 問題点と今後の課題

本研究の結果、以下のような問題点が考えられる。

- ・本調査では、2つの相異なる仮説を立てる評価問題を使用したため、仮説設定数を最大2の範囲内で評価しなければならなかった。そのため、仮説の観点や概念の分析での制約があった。
- ・問題の構成や文脈によって、説明のパターンや想起される既存の概念が制約された。上記の問題点を改善するために、以下の点を今後の課題としたい。
- ・3つ以上の仮説設定を行なう評価問題を開発し、調査する。
- ・APUを参考にして色々な文脈の評価問題を開発し、幅広い分野での仮説設定能力の実態を調べる。
- ・仮説設定における説明のパターンによってどのような既存概念が使用されるのか、また既存概念をどのような説明のパターンによって推論し仮説が設定されるのかなどの、より詳細な分析を行なうために、面接法も取り入れて児童の実態を調べる。

## 第2章 理科における児童のプロセススキルの実態について

### —APUの評価問題を使って—

#### 第1節 研究のねらい

科学的思考の一断面を問題解決の全過程におけるプロセススキルと考えるならば、これらの実態を把握することは、科学的思考力を育成するために大変重要なことである。しかし、問題解決過程で使用されるプロセススキルの定義や分類基準や評価問題の構成等の全てにわたる確立した理論がこれまで存在しなかった。近年、英国で行なわれているAPUは、実際の理科活動から分析したプロセススキルを最小のレベルで定義し、SAC<sup>11)</sup>に分類している。また、評価問題の位置付けは、SACと概念と文脈の三次元構造になっている。この評価方法を使用することによって、児童生徒のプロセススキルの実態を調査することが可能となった。APUの調査は、11才、13才、15才の児童生徒を対象にして大規模に行なわれ、各サブカテゴリーの能力の実態を詳細に明らかにしている。しかし、一人一人の児童生徒が、どのような問題解決能力を持っているかについての調査は行なわれていない。

そこで、児童(11才)によって、どのような問題解決能力を持っているのか、APUの評価方法を参考にして、下記について分析する。

- ・問題解決能力の各段階の児童の能力の実態を明らかにする。
- ・一人一人の問題解決能力の実態を明らかにする。
- ・問題解決の各段階の相関を明らかにする。

## 第2節 研究の方法

### (1) 問題解決過程とプロセススキルの同定

A P Uの11才のS A Cは、6つの理科活動カテゴリー（①グラフや記号的表示の使用、②実験器具や測定器具の使用、③観察、④解釈と応用、⑤実験の計画、⑥実験のパフォーマンス）と、13のサブカテゴリー（プロセススキル）で構成されている。これを基に、一般的な問題解決過程に沿って4つの段階に分類しプロセススキルを再構成した。なお、総合的な問題解決能力の評価としてパフォーマンステストも行なった。

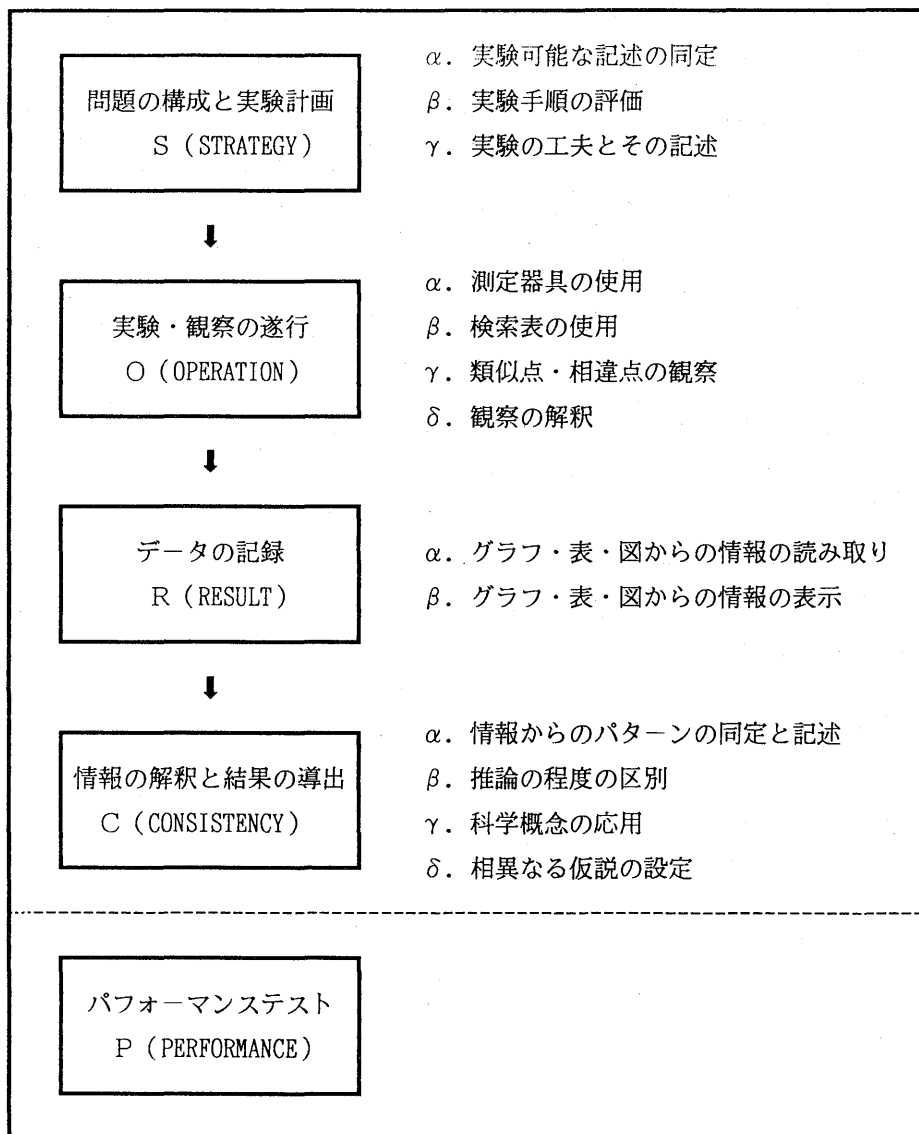


図2. 1 : 問題解決過程とプロセススキルの同定

(2) 調査問題の構成と評価内容

図2. 1の枠組みに従いAPUの報告書<sup>12, 13, 14)</sup>を参考にして問題を作成した。問題の構成と評価内容は表2. 1に示す。なお、使用した問題は資料2にある。

表2. 1：問題の構成と評価内容

段階	名称	問題の構成	評価内容
S	α. 葉箱	・葉箱を作るための木を選ぶのに、調べることのできないことを、幾つかの文から指摘する。	・実験によって調べることができるかどうか区別すること。
	β. ミカン	・ラップで包んだミカンと包まないものとの重さを比べる実験で、両方とも同じにすべきことを3つ述べる。	・公正なテストをするために必要な変数のコントロール。
	γ. まな板	・まな板を作るのに、一番良い木はどれかを見つけるテストの計画をする。	・実験の全体的計画を行うこと。(問題の把握、アプローチの決定、変数の操作、条件のコントロール、道具の列挙、結果の解釈。)
O	α. 器具の使用	・あらかじめ設定された状況で、器具の数値を読む。(巻き尺、メスシリンダー、温度計、)	・単位と数値の正確さ。(長さ±1以内、体積-1ml以内、温度-1℃以内)
	β. ちょう	・観察の観点が示されている検索表を使って、ちょうを同定する。	・観点を与えられたときの観察の正確さ。(検索表の番号とちょうの名前)
	γ. クモとガガンボ	・2匹の昆虫の類似点・相違点を3つずつ、観点を決めて観察する。	・絵から観察できる特徴の比較(相違点・類似点の指摘。) 想起したものや絵からの情報に基づかないものは、たとえ正確でも得点とはみなされない。
	δ. ゴム	・色々な観点で観察し、ゴムであるものを同定する。観察の観点を説明する	・観察の観点と、それに基づく観察の正確さ。(ゴムと他のものが区別できるものに限る、得点を与えられる。)
R	α. 肉の重さと値段	・正比例のグラフからグラフの情報(座標)を読み取る。	・横軸から座標点を読むこと、縦軸から座標点を読むこと、単位当たりの増える割合。単位は必要とされない。
	β. インゲン	・方眼目盛りのついたグラフとデータだけが与えられ、グラフを完成する。	・軸の同定、単位の記入、スケールの適切さ、データの記入の正確さ。
C	α. 惑星	・惑星と太陽との距離と時間に関する情報が与えられ、その中のパターンを予想し、理由を記述する。	・情報からの予想。予想した理由(情報のパターンの記述。)
	β. りんご	・りんごの木(絵)について述べた文の中から、最も少ない仮定をしているものを選ぶ。	・観察するときの推論の程度。(過去推量2、現在推量2、観察言明1。)
	γ. じょうろ	・与えられた情報(水平な線とじょうろ本体の水面)を考慮して、2つの問題を予想する。	・与えられた情報を手がかりにして、児童が持つ概念を応用すること。
	δ. つた	・木の一方にしかつたの生えていない絵から、その理由を3つ述べる。	・与えられた状況の観察や事象から説明できる、3種類の異なる仮説を設定すること。
P	動くおもちゃ	・ねじの巻き数を変えたときの距離を3回測る。また、ねじをx回巻いたときの距離を予想する。	・問題解決の過程における、段階ごとの実際のパフォーマンス。

(3) 調査対象

神奈川県下の公立小学校5年生、男子10名、女子10名、計20名を対象に調査した。

(4) 調査時期

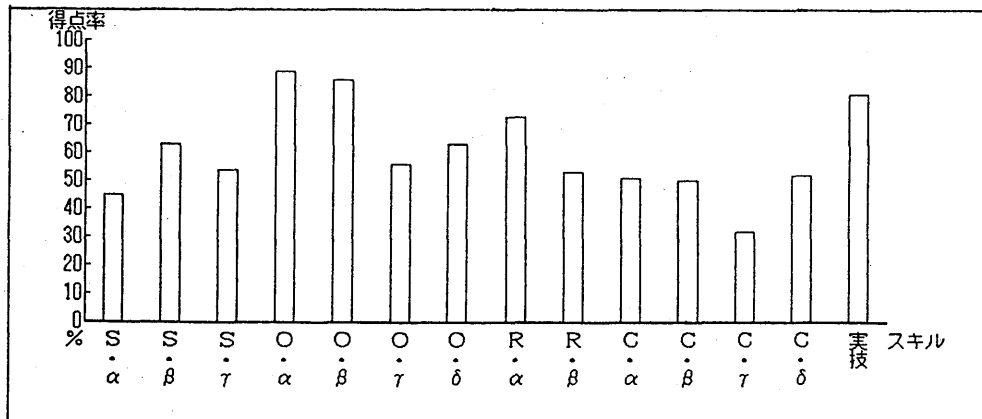
1988年2月～3月

第3節 結果と考察

(1) 各段階及びパフォーマンスにおける問題解決能力

表2. 2 : 得点結果

	S. 問題の構成と実験計画				O. 実験・観察の遂行					R. データの記録			C. 情報の解釈と結果の導出					P. 実験のパフォーマンス					
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	併	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	併	$\alpha$	$\beta$	併	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	併	S	O	R	C	併	
M1	0	2	3	5	6	6	3	3	18	0	8	8	2	1	0	5	8	1	2	1	1	5	8
M2	0	1	3	4	5	2	0	2	9	2	3	5	2	0	0	3	5	1	5	1	1	1	8
M3	1	3	8	12	6	5	0	1	12	3	8	11	2	1	3	6	12	1	6	1	1	9	9
M4	1	2	3	6	6	6	1	0	13	3	3	6	2	1	2	6	11	1	4	1	1	7	7
M5	0	0	1	1	4	3	3	2	12	1	3	4	0	0	0	1	1	1	5	1	0	7	7
M6	1	1	7	8	6	6	3	2	17	3	5	8	2	0	2	6	6	1	6	1	1	9	9
M7	0	2	3	5	6	6	5	3	20	3	8	11	2	1	1	0	4	1	6	1	1	9	8
M8	1	0	3	4	4	4	4	1	14	0	3	3	0	1	1	2	2	1	5	1	1	8	8
M9	1	0	7	8	5	5	3	3	17	3	3	3	2	0	0	4	6	1	5	1	1	8	8
M10	0	3	6	9	6	6	4	2	17	3	4	7	2	1	2	6	6	1	6	1	1	9	9
F1	0	3	6	6	6	6	3	3	17	0	3	3	2	0	0	1	3	1	2	1	1	5	7
F2	0	1	3	7	6	4	4	2	16	3	6	9	2	1	2	3	8	1	4	1	1	7	7
F3	1	2	5	8	6	6	4	2	18	3	7	10	2	0	2	5	9	1	6	1	1	9	7
F4	0	0	3	5	6	6	4	2	18	2	4	6	2	1	0	7	7	1	5	1	0	7	7
F5	0	2	6	8	6	6	5	2	19	3	4	7	2	0	0	4	4	1	5	1	1	8	8
F6	0	3	8	11	6	6	3	2	16	3	4	7	1	1	0	6	6	1	6	1	0	8	7
F7	1	3	10	10	5	5	2	1	14	3	4	7	0	0	4	3	3	1	4	1	1	8	7
F8	1	3	7	11	6	6	4	3	19	3	5	8	2	0	2	5	9	1	4	1	0	6	6
F9	0	2	5	2	4	4	3	2	11	0	4	4	0	0	2	8	8	1	2	0	0	3	8
F10	1	3	7	11	6	6	3	0	18	3	9	12	2	1	0	6	5	1	5	1	1	3	8
最大値	1	3	9	13	6	6	6	3	21	3	9	12	3	1	3	6	13	1	6	1	1	9	9



グラフ2. 1 : 平均得点率

1) 「問題の構成と実験計画」(STRATEGY)

〈実験不可能なものの同定(S.  $\alpha$ -巣箱)〉

この問題では、与えられた状況の中で実験によって調べることができるかどうかを区別しなければならない。平均得点率が45%であり、児童の半数以下しか正解が得られなかった。主な誤りは、木材を大変堅いもの、水を吸い取らないもの、曲がったりしないものと捉えていたり、実験可能なものを同定したりしたものであった。

表2. 3: 「巣箱」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 一番切りやすい	0	0	0
イ. 一番曲げにくい	35	20	50
ウ. くぎを打ちやすい	5	0	10
エ. 一番良いと思われる	45	50	40
オ. 水を吸い取りやすい	15	30	0

〈実験の手順の評価(S.  $\beta$ -ミカン)〉

この問題では、公正な実験をするために必要な変数を同定しなければならない。平均得点率が63%であるが、コントロールしなければならない変数3つ全てでできた児童は30%しかいないことから、完全な解答を得るためには、かなり難しいものとなっている。なお、主な誤答例は、「大きさ」と「重さ」の概念の混同であった。

表2. 4: 「ミカン」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 実験するミカンの量を同じにする	80	60	100
イ. 実験する回りの状況を同じにする	55	50	60
ウ. 乾かす時間を同じにする。	55	30	80

〈実験の全体的計画(S.  $\gamma$ -まないた)〉

この問題では実験を計画する能力を、5つのカテゴリー(問題の把握、アプローチの決定、変数の操作、道具の列挙、結果の解釈)の観点によって総合的に評価した。全体の平均得点率が54%であったが、得点分布が大きいことから能力に広がりがあるといえる。カテゴリー別にみると、「問題の把握」(95%)、「アプローチの決定」(55%)、「

独立変数の同定」(55%)、「従属変数の同定」(95%)、「条件コントロール」(0%)、「道具の列挙」(100%)、「結果の解釈」(25%)であった。これらから児童の誤りは、条件コントロールに気が付かないことと、実験を計画したにもかかわらず結果の解釈をしないことであった。

表2.5:「まないた」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 問題の把握	95	90	100
イ. アプローチ(明白に)	40	30	50
(暗然と)	10	10	10
ウ. 独立変数(明白に)	25	30	20
(暗然と)	30	10	50
エ. 従属変数	95	90	100
オ. 条件コントロール	0	0	0
カ. 道具の列挙	100	100	100
キ. 結果の解釈	25	20	30

## 2)「実験・観察の遂行」(OPERATION)

<測定器具の使用(0.  $\alpha$ -測定器具を使う)>

この問題は実技テストで行なわれ、巻き尺とメスシリンダーと温度計との読取りと単位の記入が評価された。平均得点率が90%であることから、かなり高い能力といえる。主な誤りは巻き尺の読取り(15%)とメスシリンダーの単位の記入(35%)であった。

表2.6:「測定器具を使う」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 巻き尺の読取り( $\pm 1$ )	85	80	90
イ. // 単位の記入(cm)	100	100	100
ウ. メスシリンダーの読取り( $\pm 1$ )	95	100	90
エ. // 単位の記入(ml, cm <sup>3</sup> )	65	60	70
オ. 温度計の読取り( $\pm 1$ )	100	100	100
カ. // 単位の記入( $^{\circ}\text{C}$ , 度, $^{\circ}$ )	95	100	90

〈検索表による観察（O. β-チョウ）〉

この問題はグループテストで行なわれ、検索表（与えられた観点）に基づく一連の観察能力が調査された。平均得点率が86%であることからかなり高い能力といえる。主な誤りは、検索表から得られたチョウの名前でなく、児童にとって馴染みのチョウの名前（モンシロチョウ等）を記入したものであった（7%）。

表2. 7: 「チョウ」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. チョウAの名前の記入	80	70	90
イ. " 検索表の番号の記入	95	100	90
ウ. チョウBの名前の記入	75	60	90
エ. " 検索表の番号の記入	90	100	80
オ. チョウCの名前の記入	90	90	90
カ. " 検索表の番号の記入	85	90	80

〈類似点相違点の観察（O. γ-クモとガガンボ）〉

この問題は情報（絵）から観察できる類似点と相違点を指摘しなければならない。平均得点率が56%であるが、類似点だけの平均得点率が38%であるのに対し相違点の平均得点率が73%であった。ピアジェは、「類似点は主観的なものであり、対象に対する反応の同一性に構成されているのに対し、相違点は客観的であり、諸事物その物の中に包含されている。」<sup>15)</sup>と指摘している。このことは、類似点の誤答例が、絵の情報から得られた観点ではなく、児童の先行経験から得られた観点を優先させたこと（類似点の12%）や、無記入や情報と矛盾した記述（類似点の13%）からもうかがえる。

表2. 8: 「クモとガガンボ」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 類似点（3つの観点の平均）	38	30	47
イ. 相違点（3つの観点の平均）	73	60	87



〈観察結果の解釈（O. δ-ゴム）〉

この問題では観察したり、観察したことを整理したりしなければならない。平均得点率が63%であった。評価内容別にもみると、ゴムを同定できた児童が90%に対し、観察の観点を正確に記述できたのは50%だけであった。観点を決めない観察や、観察しても結果を解釈できない児童が半数いることになる。また、観察の観点を一つしか記入しなかった児童が多かった（60%）。適切な観察結果を導出するには多くの観点が必要である指導が必要とされる。

表2. 9：「ゴム」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. ゴムの同定	90	90	90
イ. 観察の観点が正しい	50	50	50

3) 「データの記録」(RESULT)

〈グラフ・表・図からの情報の読み取り（R. α-肉の重さと値段）〉

この問題では、グラフの表示の意味を理解した上で、座標上の点を読み取らなければならない。平均得点が73%であり、かなり高い能力といえる。横軸の数値を使って座標点を読み取ること（75%）が、縦軸の数値を使って座標点を読み取ること（65%）よりも容易であった。主な誤答例は、グラフの意味が理解できず、問題で与えられた数値をそのまま記入したもの（20%）や、軸上の数値がない目盛りの読み取りができないもの（15%）であった。

表2. 10：「肉の重さと値段」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 縦軸からのグラフの読み取り	75	70	80
イ. 横軸からのグラフの読み取り	65	60	70
ウ. 単位当たりの変化量の読み取り	80	80	80

〈グラフ・表・図からの情報の表示 (R.  $\beta$ -インゲン)〉

この問題はグラフ用紙と情報だけが与えられ、グラフを作成しなければならない。平均得点率が53%であり、得点分布が大きいことから能力に広がりがあるといえる。評価内容別に誤答例を分析すると、「単位の記入」では時間の単位が55%、高さの単位が20%と、大変少なかった。「スケールの記入」では、35%しか正確に記入できなかった。これは30×30目盛りのグラフに45×4の枠組みを設定しなければならず、空間認識ができていなかったためと思われる。

表2. 11: 「インゲン」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 高さの軸の決定	100	100	100
イ. 時間の軸の決定	100	100	100
ウ. ア・イ両方の軸の決定	100	100	100
エ. 高さの単位の記入	20	30	10
オ. 時間の単位の記入	55	40	70
カ. 高さの軸のスケールの記入	35	30	40
キ. 時間の軸のスケールの記入	35	30	40
ク. プロット数 (4~5)	20	20	20
(2~3)	5	10	0

4) 「情報の解釈と結果の導出」(CONSISTENCY)

〈情報からのパターンの同定と記述 (C.  $\alpha$ -惑星)〉

この問題では、与えられた情報の中からパターンを予測したり、その理由に普遍的なパターンを引用しなければならない。平均得点率が51%であることから、かなり難しいものとなっている。評価内容別にみると、情報のパターンの予測は80%の児童ができているが、その理由で情報の普遍的パターンを引用した児童は一人もいなかった。しかし、二つの惑星の情報や一つの惑星の情報に注目して、問題の惑星の公転周期を導き出した児童が75%であった。このことから、情報の普遍的パターンには気が付かないが、局所的なパターンは引用できると考えられる。

表2. 12: 「惑星」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 情報のパターンの予測	80	80	80
イ. 情報のパターンの記述 (普遍的パターン)	0	0	0
"    (局部的パターン)	75	80	70

〈推論の程度の区別 (C. β-りんご)〉

この問題では情報が与えられ、その対象や状況を表した5つの文章から、推論の一番少ないものを一つだけ選択しなければならない。平均得点率が50%であり、半数の児童が現在の推測や過去の推測の文を選択した。主な誤りは、過去の推測の文を選択したもの(40%)で、過去の経験を現在の状況よりも優先させる観察傾向があると推察される。現在の推測の文を選択したもの(10%)は、その状況において直感的に想起したことが事実よりも優先させる観察傾向があると考えられる。

表2. 13: 「りんご」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 現在の様子を表した文 (正解)	50	60	40
イ. 過去の推量の様子を表した文	40	20	60
ウ. 現在の推量の様子を表した文	10	20	0

〈科学概念の応用 (C. γ-じょうろ)〉

この問題は、与えられた情報を考慮し、児童が持っている科学概念を応用することである。平均得点が32%であることから、かなり難しいものとなっている。水の表面が常に同じレベルを保つという概念を一つも応用できなかった児童が50%もいた。また、傾けたじょうろの水面を完全に予想できた児童は5%しかいなかった。この概念の応用は児童にとってかなり困難であった。

表2. 14: 「じょうろ」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. 静止した時の水面のレベルが正しい	45	50	40
イ. 傾けた容器の水面のレベルが正しい	45	50	40
ウ. 傾けた注ぎ口の水面のレベルが正しい	5	10	0

〈相異なる仮説の設定 (C.  $\delta$ -つた)〉

この問題では絵から得られた情報と矛盾のない異なった仮説を3つ立てなければならない。平均得点率が52%であるが、平均仮説数は62%となっている。誤答例を分析すると、一つも仮説が立てられなかった児童は10%のみであった。しかし、三つの仮説を立てられなかった児童が70%いることは、多面的な見方ができる拡散的思考の育成が望まれる。

表2. 15: 「つた」の結果 (%)

評価の視点	全体N=20	男子N=10	女子N=10
ア. N○1の仮説 (情報と推論)	45	40	5
(推論のみ)	30	10	50
イ. N○2の仮説 (情報と推論)	50	40	60
(推論のみ)	15	20	10
ウ. N○3の仮説 (情報と推論)	30	40	20
(推論のみ)	20	10	30

5) 「パフォーマンステスト」 (PERFORMANCE)

〈実験のパフォーマンス (P-動くおもちゃ)〉

この問題では実験者と一対一で実験に取り組み、4つの主要な構成部分 (S, O, R, C) を含んだチェックポイントで評価された。平均得点率が81%であることから、かなり高い能力であった。構成部分Sは全ての児童ができていたが、構成部分Oは78%であった。構成部分Rは95%で、構成部分Cは75%であった。このことから、実験・観察の遂行や情報の解釈と結果の導出が、他の二つの構成部分と比較して能力が劣るといえる。

表2. 16 : 「動くおもちゃ」の結果 (%)

評価の観点	構成要素	全体	男子	女子
1. 絶え間なく動く玩具のために空間をうまく利用した。	(O)	100	100	100
2. 出発前にねじが回らないようにした。	(O)	75	80	50
3. 印を付けた出発点に玩具を正確に置いた。又は印を付けた。	(O)	70	80	60
4. 動きが止まった位置に印を付けた。又は測定した。	(O)	95	100	90
5. 距離を測ろうとした(たとえ実際の距離と違っていても)。	(S)	100	100	100
6. 走行距離を玩具の同じ部分を使って測ろうとした。	(O)	75	70	80
7. 正確に巻き尺を使った(5mmまで)。		25	30	20
8. 玩具がうまく行かない時、走行を繰り返した。	(O)	65	70	60
9. 走行を繰り返した。		25	40	10
10. 2回又はそれ以上の走行の平均を取った。		0	0	0
11. (注意しなくとも)結果を表に記入した。	(R)	95	100	90
12. 更にもねじを巻くとどうなるか、根拠のある予想をした。		50	40	60
13. 根拠を基に予想し、それを定量的に表した。		35	20	50
14. 初めてと同じ方法で、ねじの巻き数を変えて距離を測った。		95	100	90
15. 現象と一致する結果を報告した。	(C)	75	90	60

(2) 一人一人の問題解決能力

表2. 17 : 総合得点率による能力分布

	S	O	R	C	P		S	O	R	C	P
M1	B	A	A	B	B	F1	B	A	C	C	B
M2	C	B	B	B	A	F2	B	A	A	B	A
M3	A	B	A	A	A	F3	B	A	A	A	A
M4	B	B	B	A	A	F4	B	A	B	B	A
M5	C	B	C	C	A	F5	B	A	B	C	A
M6	A	A	A	B	A	F6	A	A	B	B	A
M7	B	A	A	C	A	F7	B	A	B	C	A
M8	C	A	C	C	A	F8	A	A	A	A	A
M9	B	A	B	B	A	F9	B	B	C	B	C
M10	A	A	B	B	A	F10	A	A	A	B	A

\*総合得点率による分類基準、A(67%~100%), B(34%~66%), C(0%~33%)。

タイプ	タイプ例 (S-O-R-C)	割合 (%)	タイプ	タイプ例 (S-O-R-C)	割合 (%)
I	B-A-B-B C-A-C-C B-A-C-C B-A-B-C C-B-C-C	35	V	A-B-A-A	5
			VI	B-B-C-B	5
II	B-A-A-B B-A-A-C	15	VII	A-A-A-C	10
III	A-A-B-B	10	VIII	B-B-B-A	5
IV	B-A-A-A C-B-B-B	10	IX	A-A-A-A	5

図2. 2 : 一人一人の問題解決能力のタイプ

表2. 17は、問題解決過程の各段階の総合得点率を、3つの能力レベルに分類したものである。そして、一人一人の問題解決能力には、どのようなタイプがあるかを、図2. 2のように分析整理した。

この結果、一番多いタイプが、タイプIの35%である。これは、問題解決過程のO（実験観察の遂行）だけが他の段階の能力よりも勝れているものであり、実験観察の能力はあるが、実験計画の方略を決定する能力に欠けていたり、実験結果の記録や考察を行なうことができなかつたタイプである。

タイプIIは、OとR（データの記録）とが他の段階よりも上回っているもので、15%である。これは、実験観察の能力やデータを正確に記録できるが、実験の計画や情報の解釈の能力が劣るタイプである。

タイプIIIは、S（問題の構成と実験計画）とOとが他の二つの段階の能力よりも勝れているもので、10%である。これは、実験・観察を計画したり遂行したりする能力はあるが、データを記録したり解釈したりする能力が劣るタイプである。

四つの能力の中で一つだけ劣るタイプとして、タイプIV、V、VI、VII等がある。タイプIVは、Sだけが他の段階の能力よりも劣っているものであり、10%である。これは、特に実験の全体的計画ができなかつた。タイプVは、Oだけが他の段階の能力よりも劣っているものであり、5%である。これは、事実よりも児童自身の知識を優先させて事象を捉える傾向があつた。タイプVIは、Rだけが他の段階の能力よりも劣っているものであり、5%である。これは、特にグラフの読取りができなかつた。タイプVIIは、C（情報の解釈と結果の導出）だけが他の段階の能力よりも、劣っているものであり、10%である。これは、事実と推論の区別ができなかつたり、相異なる仮説が設定できなかつた。

タイプⅧは、Cだけが他の段階の能力よりも勝れているものであり、5%である。タイプⅨは一番理想的な形で、全ての問題解決過程の段階にわたって勝れているものであり、5%である。

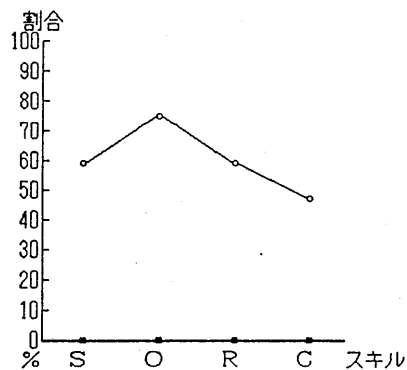
これらのことから、一人一人の問題解決能力のタイプは多種多様であるが、SとCの段階が劣っているタイプが50%で、どちらか一方が劣っているタイプをも含めると75%にもなる。「問題の構成と実験計画」や「情報の解釈と結果の導出」のプロセススキルが特に劣っているといえる。しかし、タイプⅠのように、Oのみが勝れているタイプが35%で、Oとその他の能力が勝れているタイプを含めると、90%にもなる。「実験・観察能力の遂行」のプロセススキルが特に勝れているといえる。

### (3) 各問題解決能力とその相関

#### 1) 各問題解決過程の能力

一番高いプロセススキルがO:「実験・観察の遂行」で75%であった。次は、S:「問題の構成と実験計画」とR:「データの記録」で、59%であった。そして、C:「情報の解釈と結果の導出」が一番低い能力で、47%であった。

これらのことから、児童にとって、容易なプロセススキルがOであり、やや困難なプロセススキルがSとRで、もっとも困難なものがCであるといえる。



グラフ2. 2: 各問題解決過程の能力

#### 2) 各問題解決過程の能力の相関

各問題解決過程(S, O, R, C)について、ケンドールの順位相関係数を求めたところ、表2. 18のような結果を得た。

SとRにおいて、かなりの相関が認められた。(片側,  $p < .005$ ) このことは、「問題の構成と実験計画」と「データの記録」とのプロセススキル間に関連性があるといえる。

また、SとC、OとR、RとCにも低い相関が認められた。これらのプロセススキル間にも低くはあるが、関連性があるといえる。

表2. 18: 各問題解決過程の能力の相関

	S.	O.	R.	C.
S	—	-.058	.457**	.261*
O	—	—	.289*	.063
R	—	—	—	.313*
C	—	—	—	—

\*\* 片側  $p < .005$   
\* 片側  $p < .05$

SとO、OとCには、相関は認められなかった。「観察・実験の遂行」のプロセススキル

ルと他のものとは、関連があまりないといえる。

次に、各問題解決過程（S, O, R, C）の合計得点率と、パフォーマンス（P）の得点率について、ケンドールの順位相関係数を求めたところ、低い相関が認められた。（ $r_k = .342$ ）このことは、記述テストとパフォーマンステストとの間に、関連があるといえるだろう。

#### 第4節 まとめと今後の課題

今回の目的は、一般的な問題解決能力が一人一人の児童によってどのような実態であるかを解明することであった。そのため、APUのSACを参考にして、問題解決能力を4つの問題解決過程に分類し、調査問題を作成した。得られた結果を要約すると、以下のようになる。

- ・4つの問題解決過程の中で、一番高い能力は、「実験観察の遂行」であり、最も低い能力は、「情報の解釈と結果の導出」であった。
- ・一人一人の問題解決のタイプが、9通りに分類することができた。
- ・それらのタイプのうち、「実験観察能力」だけが勝れているものが一番多かった。また「問題の構成と実験計画」と「情報の解釈と結果の導出」とが劣っているタイプも多かった。
- ・「問題の構成と実験計画」と「データの記録」とのプロセススキル間にかなりの相関が認められた。
- ・APUの枠組みによる筆記試験と実技試験とにおけるプロセススキル間には低い相関があった。

今後の課題として、児童の一人一人の問題解決能力は、概念領域によってどのような実態であるかを、評価問題を開発し解明していきたい。



### 第3章 電気回路領域における児童のプロセススキルの実態について

#### —APUの評価問題を使って—

##### 第1節 研究のねらい

科学的思考の一断面を問題解決の全過程におけるプロセススキルと考えるならば、これらの実態を把握することは、科学的思考力を育成するために大変重要なことである。しかし、問題解決過程で使用されるプロセススキルの定義や分類基準や評価問題の構成等の全てにわたる理論は、まだ十分には確立されていない。近年、英国で行なわれているAPUは、実際の理科活動から分析したプロセススキルを最小のレベルで定義し、SAC<sup>16)</sup>として分類している。また、評価問題の位置付けはSACと概念と文脈の三次元構造になっている。この評価方法を使用することによって児童生徒のプロセススキルの実態を調査することが可能となった。APUの調査は、11才、13才、15才の児童生徒を対象にして大規模に行なわれ、プロセススキルの英国における実態を明らかにしているが、個々の児童生徒によってどのような問題解決能力を持っているかについての調査は行なわれていない。そこで前回（日本理科教育学会全国発表 1988）は、理科活動全般にわたる児童一人一人のプロセススキルの実態を調査した。その結果、実験観察能力のすぐれているタイプが特に多いことが明らかにされた。

本研究では、電気回路領域に焦点を当て、児童（11才）によってどのような問題解決能力を持っているのかを、APUの評価方法を参考にして下記のことについて分析する。

- ・電気回路領域における児童のプロセススキルの実態
- ・電気回路領域における児童一人一人の問題解決過程別のプロセススキルの実態

##### 第2節 研究の方法

###### （1）問題解決過程におけるプロセススキルの同定

本研究では、問題解決過程におけるプロセススキルの実態を調査するために、APUのSAC及び問題解決の循環モデル<sup>17)</sup>を参考にして、問題解決過程を4段階に分類し、各段階におけるプロセススキルを同定した。

SACは、科学者の活動から分析された理想的な科学の方法ではなく、実際の理科活動から分析されたものであり、6つの理科活動カテゴリー（①グラフや記号的表示の使用、②実験器具や測定器具の使用、③観察、④解釈と応用、⑤実験の計画、⑥実験のパフォーマンス）と、13のサブカテゴリー（プロセススキル）で構成されている。

また、問題解決の循環モデルは、理科の実際の問題解決から抽出された共通な要素を基に構成されたものであり、その評価の枠組みは<sup>18)</sup>4つの構成要素（STRATEGY, OPERATION, RECORD, CONSISTENCY）からなっている。S（問題の再構成と実験計画）は、問題から要求される解答を導く方略や実験へのアプローチに関連している。O（実験・観察の遂行）

は結果を得る過程に使われる方法、即ち測定や観察の正確さに影響を与える要因に関連している。R（データの記録）は結果を記録する時の正確さに関連している。C（情報の解釈と結果の導出）は解釈した結果が問題の意図・情報と一致しているかに関連している。

なお、総合的な問題解決能力の評価としてパフォーマンステストも行うこととする。

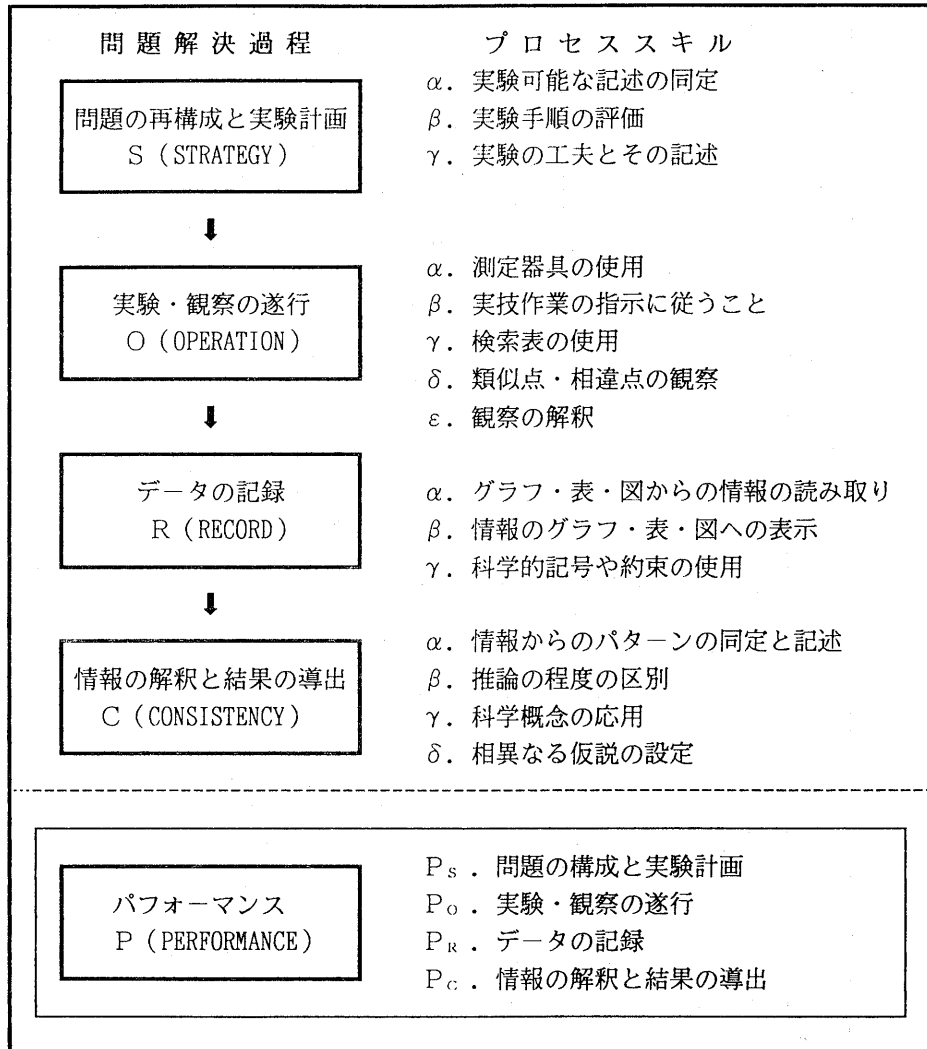


図3. 1 : 問題解決過程におけるプロセススキルの同定

## (2) 問題解決過程のプロセススキルと評価基準

本研究では、個々の児童のプロセススキルの実態をも調査することから、APUの評価基準を参考にして、各プロセススキルの評価基準を表3. 1のように4段階（A, B, C, D）に分類した。なお、APUの評価問題は、プロセススキルの多くの有益な情報を得るために、問題のタイプや解答の形式が多種多様であり、同じプロセススキルの評価問題でさえ配点が異なる場合がある。

表3. 1 : 評価基準

	A	B	C	D	
S	$\alpha$	・実験可能(不可能)なものを同定出来る。	—————	—————	・実験可能(不可能)なものを同定出来ない。
	$\beta$	・実験に必要な条件統御が全て出来る。	・実験に必要な条件統御が大部分出来る。	・実験に必要な条件統御が一部出来る。	・実験に必要な条件統御が出来ない。
	$\gamma$	・問題の把握、アプローチの決定、変数の同定結果の解釈が出来る。	・問題の把握、アプローチの決定、変数の同定は出来るが、結果の解釈は出来ない。	・問題の把握、変数の同定は出来るが、アプローチの決定や結果の解釈が出来ない。	・問題の把握、アプローチの決定、変数の同定結果の解釈が出来ない。
O	$\alpha$	・数値の読取りも単位の記入も正確に出来る。	・数値の読取りは出来るが、単位の記入が出来ない。	・数値の読取りに一部誤りがあり、単位の記入も出来ない。	・数値の読取りも単位の記入も出来ない。
	$\beta$	・器具が正しく使用出来、指示通りに作業が出来る。	・器具の使用や実技作業の指示に、大部分従う事が出来る。	・器具の使用や実技作業の指示に、一部しか従う事が出来ない。	・器具を正しく使用出来ず、作業も指示通りに出来ない。
	$\gamma$	・検索表を使って同定出来、使用した説明文の番号も記入できる。	・検索表を使った同定や使用した説明文の記入が一部出来ない。	・検索表を使った同定や使用した説明文の記入が一部出来ない。	・検索表を使った観察が出来ない。
	$\delta$	・類似点・相違点の観察が出来る。	・類似点・相違点の観察が一部出来ない。	・類似点・相違点の観察が一部出来ない。	・類似点・相違点の観察が出来ない。
	$\varepsilon$	・結果を導出出来、その理由も二つ以上提案できる。	・結果を導出出来るが、理由は一つしか提案できない。	・結果を導出出来るが、理由を提案できない。	・結果の導出も理由の提案も出来ない。
R	$\alpha$	・グラフの意味を理解し、縦軸・横軸の値から横軸・縦軸の値を読み取ることが出来る。	・グラフの意味を理解しているが、数値のない目盛りの読取りが出来ない。	・グラフの意味を一部しか理解していないので縦軸の値からグラフを読み取れない。	・グラフの意味を理解していないので、縦軸・横軸の値からグラフを読み取れない。
	$\beta$	・軸の決定・スケールの記入が出来、数値も正確にプロット出来る。	・軸の決定は出来るが、スケールの記入の一部や数値のプロットが出来ない。	・軸を正確に決定できるが、スケールの記入や数値のプロットが出来ない。	・軸の決定・スケールの記入・数値のプロットが出来ない。
	$\gamma$	・科学記号を使用出来、その約束にも従う事が出来る。	・科学記号の使用やその約束に従う事が、大部分出来る。	・科学記号の使用やその約束に従う事が、一部しか出来ない。	・科学記号を使用出来ず、その約束に従う事も出来ない。
C	$\alpha$	・情報のパターンの使用が出来、理由の中にそのパターンの記述もある。	・情報のパターンを使用出来るが、理由はパターンの局所的な記述である。	・情報のパターンを使用出来るが、理由の中にパターンの記述がない。	・情報のパターンを使用出来ず、理由の中にパターンの記述もない。
	$\beta$	・推論の少ない観察をすることが出来る。	—————	—————	・推論の多い観察をする。
	$\gamma$	・情報を考慮し、科学概念の想起・応用が出来る。	・情報を考慮し、科学概念の想起・応用が一部出来る。	・情報を考慮し、科学概念の想起・応用が一部出来る。	・情報を考慮して、科学概念を想起したり応用したり出来ない。
	$\delta$	・情報と矛盾のない異なる仮説を三つ立てる事が出来る。	・情報と矛盾のない異なる仮説を二つ立てる事が出来る。	・情報と矛盾のない異なる仮説を一つ立てる事が出来る。	・情報と矛盾のない異なる仮説を一つ立てる事が出来ない。

(3) 調査問題の構成

調査問題を決定するにはプロセススキルと概念と文脈を決定しなければならない。プロセススキルは図3. 1とし、文脈は理科学習内容とした。電気回路概念は栗田の「電気・磁気概念構造」<sup>19)</sup>を参考に作成した、図3. 2「電気回路概念の構造図」を基にした。

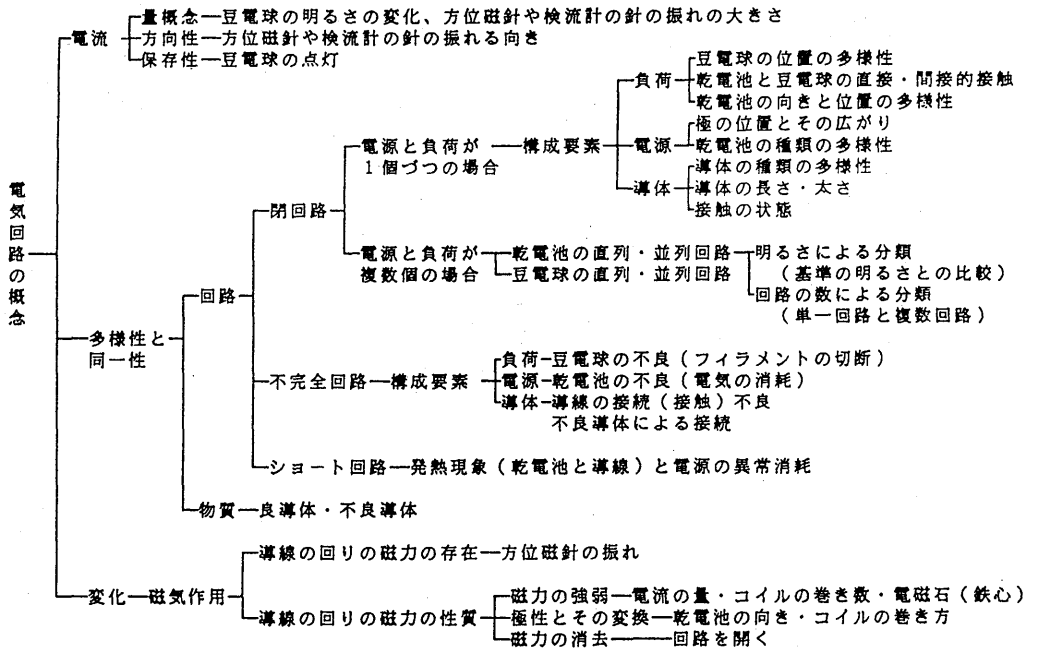


図3. 2：電気回路概念の構造図

APUの報告書<sup>20) - 23)</sup>を参考にして、問題解決過程及び気回路概念を網羅するように配慮し(表3. 2)、調査問題を表3. 3のように構成した。なお、使用した評価問題は資料3にある。

表3. 2：調査問題のプロセススキルと概念との位置付け

プロセススキル	S	O	R	C	P
基礎概念	$\alpha \beta \gamma$	$\alpha \beta \gamma \delta \epsilon$	$\alpha \beta \gamma$	$\alpha \beta \gamma \delta$	
多様性と 同一性		☆☆	☆	☆	☆
変化	☆			☆	
電流	☆				

表 3. 3 : 調査問題の構成

段階	名称	問題の形式	プロセススキル	科学概念
S.	β. 乾電池と豆電球	・電気が一番通りやすい導線を見つめるための実験方法を選択する。	・公平なテストをするための独立変数の同定。	・物質には良導体と不良導体があることの理解。
	γ. 東京乾電池	・曖昧な表現を確かめるために実験方法を考案する。	・実験の全体的計画を行なうこと(問題の把握・変数の同定)。	・電源の量概念の理解。
O.	γ. 回路作り	・回路図を基にして、実際に回路を作り上げる。	・電気器具を使って、実技作業の指示に従う。	・電気記号が意味することの理解(豆電球の直列・並列、乾電池の並列)
	δ. 電球の類似点と相違点	・2つの豆電球の相違点(4つ)と類似点(2つ)とを観点を決めて観察する。	・具体物から観察できる特徴の比較(相違点と類似点の指摘)。	・電球の構造等。
R.	γ. 電気記号	・電気回路の絵を、回路図に書きなむす。	・電気記号の使用(豆電球、スイッチ、乾電池)。	・電気記号の理解。
C.	γ. 回路	・乾電池と豆電球の数を変えたときの明るさを予想する。	・科学概念を使って情報の意味をつかむ。	・豆電球の直列・並列と明るさ、乾電池の並列と明るさの理解。
	δ. 電磁石	・なぜ電磁石にならないかの仮説を3つ設定する。	・相異なる仮説を設定する。	・磁力が働かない時の原因の理解。
P.	回路	・不完全回路の原因を調べるための実験をする。また、実験結果から、その原因を考案する。	・実験のパフォーマンス	・不完全回路の時、構成要素の原因の理解。

(4) 調査対象

神奈川県下の公立A小学校6年生、男子20名、女子20名、計40名を対象に調査した。

(5) 調査時期

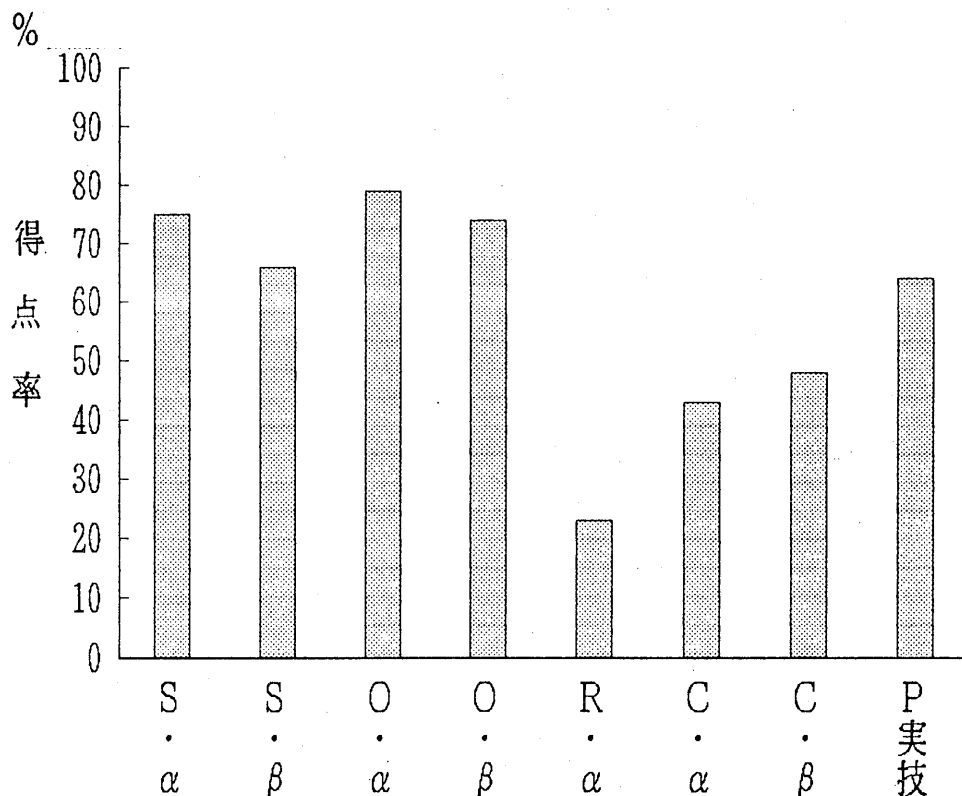
1988年7月。

第3節 結果と考察

(1) 各段階及びパフォーマンスにおける問題解決能力

表 3. 4 : 得点結果

	S.					O.					R.					C.					P.											
	β	γ	平均	γ	δ	平均	γ	γ	δ	平均	S	O	R	C	平均	β	γ	平均	γ	δ	平均	γ	γ	δ	平均	S	O	R	C	平均		
M 1	0	3.0	1.5	2.0	3.0	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	3.0	0	1.5	F 1	3.0	0	1.5	2.0	2.5	2.3	0	2.0	1.0	1.5	1.5	1.5	0	0	0.8	
M 2	3.0	3.0	3.0	2.0	2.5	2.3	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	3.0	0	1.5	F 2	2.3	3.0	3.0	3.0	2.5	2.8	0.5	0	1.0	0.5	1.5	1.5	3.0	0	1.5		
M 3	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.8	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F 3	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	2.5	0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	0	1.1	
M 4	0	3.0	1.5	2.5	2.5	2.5	0	0	1.0	0.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F 4	3.0	1.0	2.0	2.0	2.5	2.3	0	1.0	2.0	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
M 5	3.0	3.0	3.0	2.5	1.0	1.8	1.5	2.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F 5	0	1.0	0.5	2.0	3.0	2.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	3.0	0	1.5	
M 6	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	2.8	0	2.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F 6	3.0	1.0	2.0	2.0	0.5	1.3	0	0	1.0	0.5	0.8	0	0	0	0.2	
M 7	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	1.5	1.5	0	0	0.8	F 7	3.0	1.0	2.0	2.5	2.5	2.5	1.0	1.0	0	0.5	1.5	3.0	3.0	3.0	1.9	
M 8	3.0	3.0	3.0	2.5	2.0	2.3	1.5	2.0	3.0	2.5	1.5	1.5	3.0	0	1.5	F 8	0	1.0	0.5	2.0	1.5	1.8	0	1.0	1.0	1.0	0	1.5	3.0	0	0.4	
M 9	0	0	0	2.5	0	1.3	0.5	2.0	1.0	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F 9	3.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.8	0	1.0	2.0	1.5	1.5	0.8	3.0	0	1.3	
M10	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	0	0	2.0	1.0	0	1.5	0	0	0.4	F10	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0	1.5	3.0	3.0	0	1.1
M11	3.0	1.0	2.0	1.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.5	3.0	3.0	3.0	2.6	F11	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.5	0	2.0	0	1.0	0	1.5	3.0	0	1.1	
M12	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0	1.5	3.0	0	1.1	F12	3.0	0	1.5	2.5	2.5	2.5	0.5	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
M13	0	3.0	1.5	2.5	2.5	2.5	0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.5	3.0	0	1.5	F13	3.0	2.0	2.5	3.0	2.5	2.8	0.5	1.0	0	0.5	3.0	1.5	3.0	0	1.9	
M14	0	0	0	2.5	2.5	2.5	0.5	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F14	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
M15	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.0	2.0	0.5	1.3	1.5	2.3	3.0	1.5	2.1	F15	0	3.0	1.5	2.0	0	1.0	0	1.0	1.0	1.0	0	0.8	0	0	0.2	
M16	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.5	1.0	2.0	1.5	1.5	1.5	3.0	0	1.5	F16	3.0	1.0	2.0	2.5	2.5	2.5	0.5	2.0	1.0	1.5	0	1.5	3.0	0	1.1	
M17	0	3.0	1.5	2.0	2.5	2.3	0	0	1.0	0.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F17	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
M18	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.5	1.0	2.0	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F18	3.0	1.0	2.0	2.5	2.5	2.5	1.5	2.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
M19	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.8	1.5	2.0	1.0	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	F19	0	0	0	2.0	1.5	1.8	0	1.0	2.0	1.5	1.5	3.0	3.0	3.0	2.6	
M20	3.0	2.0	2.5	2.0	1.5	1.8	0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.3	0	1.5	1.3	F20	3.0	1.0	2.0	1.5	1.0	1.3	0	2.0	2.0	2.0	0	1.5	3.0	0	1.1	



グラフ3. 1: 平均得点率

1) 「問題の再構成と実験計画」(STRATEGY)

<実験の手順の評価(S.  $\beta$ -乾電池と豆電球)>

この問題では、公正な実験をするために必要な独立変数を同定しなければならない。児童は電気を通しやすいものと通しにくいものを調べる実験で、変えるものを選択しなければならない。平均得点率が75%である。これは問題が多肢選択問題になっていることも関係していると思われる。なお、この問題に限って女子(80%)が男子(70%)を上回っている。

表3. 5: 「乾電池と豆電球」の結果 (%)

	全体N=40	男子N=20	女子N=20
ア. 乾電池の数	18	15	20
イ. 豆電球の種類	0	0	0
ウ. 電気を通すものの種類(正解)	75	70	80
エ. 電気を通すものの太さ	5	10	0
オ. 豆電球の数	3	5	0

〈実験の全体的計画（S. γー東京乾電池）〉

この問題では、実験を計画する能力を、3つのカテゴリー（問題の把握、独立変数の同定、従属変数の同定）によって分析した。児童は広告に書いてあることを確かめるために実験を計画しなければならない。全体の平均得点率が66%であった。カテゴリー別にみると、「問題の把握」（88%）、「独立変数の同定」（58%）、「従属変数の同定」（53%）であった。男女の違いは、「問題の把握」ではほとんどないが、「独立・従属変数の同定」では男子が女子を大きく上回っていることである。

表3. 6：「東京乾電池」の結果 (%)

評価の視点	全体N=40	男子N=20	女子N=20
ア. 問題の把握			
問題の意に沿った解答をしている	88	90	85
イ. 独立変数の同定			
東京乾電池と他の乾電池を同定している	58	80	35
ウ. 従属変数の同定			
電球のついている時間等	53	75	30

2) 「実験・観察の遂行」(OPERATION)

〈実験の指示に従うこと(O. γー回路作り)〉

この問題は実技テストで行なわれ、チェックリストによって児童の能力が調査された。児童は問題の回路図に従って実際に回路を作るように指示された。平均得点率が79%であることから、かなり高い能力といえる。視点別にみると、児童全員が正しい構成要素を選択しているが乾電池と豆電球の接続では約半数の児童が出来ていない。これは乾電池の電気記号を正しく理解していないことと、豆電球の並列の接続が出来ないためであろう。男女の違いはほとんどないが、豆電球の並列つなぎにおいてのみ、男子が女子を上回っている。

表3. 7：「回路作り」の結果 (%)

評価の視点	全体N=40	男子N=20	女子N=20
ア. 2つの乾電池を使っている	100	100	100
イ. 1つのスイッチを使っている	100	100	100
ウ. 2つの豆電球を使っている	100	100	100
エ. 乾電池の極が正しい	45	45	45
オ. スイッチが図と同じ位置になっている	85	80	90
カ. 2つの豆電球が並列になっている	45	55	35

〈類似点・相違点の観察（O.  $\delta$ -電球の類似点と相違点）〉

この問題は、具体物から観察できる類似点と相違点を指摘することである。児童は2つの自動車の電球が与えられ、4つの相違点と2つの類似点を指摘しなければならない。平均得点率が74%であるが、類似点だけの平均得点率が64%であるのに対し、相違点の平均得点率が79%であった。ピアジェは、「類似点は主観的なものであり、対象に対する反応の同一性に構成されているのに対し、相違点は客観的であり、諸事物その物の中に包含されている。」<sup>24)</sup>と指摘している。このことから、類似点の指摘がより困難なことがいえる。相違点・類似点の両方において、男子(78%)はわずかながら女子(71%)を上回っている。

表3. 8 : 「電球の相違点」の結果 (%)

評価の視点	全体N=40	男子N=20	女子N=20
ア. ガラス製の電球の大きさ・形	60	65	55
イ. フィラメントの形	80	85	75
ウ. フィラメントを支えているワイヤーの形・長さ	30	20	40
エ. ワイヤーを支えているガラスの大きさ	40	40	40
オ. 口金の形	77	75	80
カ. 口金の模様	15	20	10
キ. フィラメントのワイヤーを支えるガラスの位置	8	10	5
ク. フィラメントの太さ	8	15	0
ケ. 少なくとも一つが明確に記入していない	42	30	55
コ. 両方とも明確に記入していない	35	40	30
サ. 無記入	5	0	10

表3. 9 : 「電球の類似点」の結果 (%)

評価の視点	全体N=40	男子N=20	女子N=20
ア. 口金の接触の数	48	60	35
イ. 口金の存在(物質・高さ)	17	30	5
ウ. フィラメントの存在(数)	33	30	35
エ. ガラスの存在	5	10	0
オ. ワイヤーを支えるガラスの存在	15	5	25
カ. ワイヤーの存在	10	0	20
キ. 相違点を記入している	27	35	20
ク. 何が類似点か特定していない	35	15	55
ケ. 仮定している	3	5	0
コ. 無記入	7	10	5



### 3) 「データの記録」(RESULT)

#### 〈科学記号や慣用表示の使用(R. γ-電気記号)〉

この問題は、電気回路の絵を、電気記号に表さなければならない。平均得点率が23%であり非常に低い能力といえる。電気記号が正しく記入できた児童は、乾電池が18%、スイッチが8%、豆電球が55%と大変少なかった。そのため、全て(3)の電気記号が記入出来たのは女子に10%いるのみであった。また、全体の1/5の児童が無解答であった。男子(28%)は、女子(18%)よりも無解答の割合が少なかった。

表3. 10: 「電気記号」の結果 (%)

評価の視点	全体 (N=40)	男子 (N=20)	女子 (N=20)
ア. 完全な連続した回路になっている (少なくとも一つの記号がないと得点できない。)	30	45	15
イ. 3つ全ての電気記号が書かれている	5	0	10
ウ. 正しい配列になっている	23	35	10
◎正しい電気記号になっている			
エ. 乾電池	18	15	20
オ. スイッチ	8	5	10
カ. 豆電球	55	70	40
無記入	20	10	30

### 4) 情報の解釈と結果の導出(CONSISTENCY)

#### 〈科学概念の応用(C. γ-回路)〉

この問題は、与えられた情報を考慮し、児童が持っている科学概念を応用することである。児童は幾つかの回路図から豆電球の明るさを予想することが尋ねられた。平均得点率が43%であることから、かなり難しいものとなっている。表3. 11によると、豆電球が直列の時の明るさ(問い1)を予想できた児童は70%であるが、豆電球が並列の時の明るさ(問い2)を予想できた児童は53%であり、乾電池が並列の時の明るさ(問い3)を予想できた児童はわずか5%であった。児童が持っている科学概念を最初の2つの問題は応用できたが、3番目の問題は出来なかったようである。また男女差は認められなかった。

表3. 11: 「回路」の結果 (%)

	全体 (N=40)					男子(N=20) 女子(N=20)	
	ア	イ	ウ	エ	オ	正解の解答のみ	
(1)	18	5	70*	8	0	70	70
(2)	53*	5	30	13	0	55	50
(3)	5*	78	10	0	8	5	5

\* は正解を示している。

〈相異なる仮説の設定 (C.  $\delta$ -電磁石)〉

この問題では、絵から得られた情報と矛盾のない異なった仮説を3つ立てなければならぬ。児童は電磁石にならない理由を設定するように尋ねられた。平均得点率が48%であるが、平均仮説数は1.5となっている。誤答例を分析すると、一つも仮説が立てられなかった児童は3%のみであった。しかし、三つの仮説を立てられなかった児童が88%いることは、多面的な見方ができる拡散的思考の育成が望まれる。男子(54%)は女子(43%)を上回っていた。これは女子が無解答が多いことからもうかがえる。

表3. 12: 「電磁石」の結果 (%)

解答の種類	合計		(1)		(2)		(3)	
	男	女	好	好	好	好	好	好
回路の欠陥について								
1. 乾電池がない(弱い、電圧が低い)	23	18	35	30	20	15	15	10
2. 乾電池の接続が悪い(閉回路でない)	8	12	15	20	0	10	10	5
3. 電池の向きが逆だった	8	7	10	5	10	0	5	15
4. エナメル線が切れていた	5	3	5	5	5	0	5	5
導線について								
5. 線が違った(説明なし)	7	3	0	0	10	0	10	10
芯とコイルについて								
6. 十分にエナメル線を使わずコイルになっていない・コイルが離れ過ぎていた	3	0	5	0	5	0	0	0
7. 十分にエナメル線を使っていない(説明なし)	2	0	5	0	0	0	0	0
8. エナメル線を正しく巻いていない	10	15	5	10	15	35	10	0
9. エナメル線の巻き方が少なかった	7	2	10	5	5	0	5	0
10. エナメル線の巻き方が多かった	2	0	0	0	5	0	0	0
11. 芯が絶縁体であった	5	5	5	10	0	5	10	0
12. 芯がふさわしいものでなかった	3	7	0	5	0	10	10	5
13. 芯が太すぎた(説明なし)	3	2	5	0	5	5	0	0
14. 芯が長すぎた・短すぎた(説明なし)	3	2	0	0	5	0	5	5
その他								
15. クリップが鉄製でなかった	2	3	0	0	0	0	5	10
16. 先の理由を繰り返した	7	2	0	0	15	5	5	0
17. 見当違いの理由	0	2	0	5	0	0	0	0
18. 意味がなく理解できない者	0	2	0	5	0	0	0	0
19. 無解答	2	17	0	0	0	15	5	35

5) パフォーマンス (PERFORMANCE)

〈実験のパフォーマンス (P-回路)〉

この問題では実験者と一対一で実験に取り組み、4つの主要な構成要素 (P<sub>s</sub>, P<sub>o</sub>, P<sub>R</sub>, P<sub>c</sub>)を含んだチェックポイントで調査された。児童は欠陥のある回路 (乾電池・導線) が与えられ、明かりがつかない原因を調べるように指示された。平均得点率が64%であり、やや高い能力であった。構成要素P<sub>s</sub>は59%の児童ができていたが、構成要素P<sub>o</sub>は71%であった。構成要素P<sub>R</sub>は81%で、構成要素P<sub>c</sub>は45%であった。このことから、「情報の解釈と結果の導出」が、他の三つの構成要素よりも能力が劣るといえる。

表3.13: 「回路」の結果 (%)

評価の観点	構成要素	全体	男子	女子
1.何か変える前に、導線の接続を調べた。	(P <sub>s</sub> )	73	85	60
2.電気と導線を取り替える前に、接続を正しくした。		78	85	70
3.構成要素や導線を組織的にチェックした。でたらめがない。	(P <sub>s</sub> )	43	50	35
4.スイッチを押して変化させたものの効果を確認した。	(P <sub>o</sub> )	95	100	90
5.導線を正しく接続した。		85	85	85
6.豆電球をつくようにした。		73	80	65
7.ヒントを与えなくても電池Xを調べた。	(P <sub>o</sub> )	45	55	35
8. " 初めの電気がつくことを確認した。	(P <sub>o</sub> )	45	55	35
9. " 導線又は乾電池がおかしかったことに気づいた。	(P <sub>o</sub> )	45	55	35
10.実験中、(問1)に記入した。	(P <sub>R</sub> )	83	85	80
11.助言なしで(問2)に豆電球がつかなかった理由を書いた。	(P <sub>R</sub> )	80	85	75
12.ベルと乾電池とスイッチを接続した。	(P <sub>o</sub> )	98	100	95
13.スイッチを操作してベルを鳴らした。		98	100	95

(2) 問題解決過程における能力

1) 問題解決過程の能力

問題解決過程の中で、一番高い段階がO (実験・観察の遂行) で77%であった。次がS (問題の再構成と実験計画) の段階で70%、C (情報の解釈と結果の導出) の段階が46%であった。そして、一番低い能力がR (データの記録) の段階で23%であった。

これらのことから、電気回路領域において、能力がすぐれているのがOの段階であり、やや能力が低い段階がCであり、もっとも困難な段階がRであるといえる。ここではRは電気記号の理解を要求している評価問題が使用された。

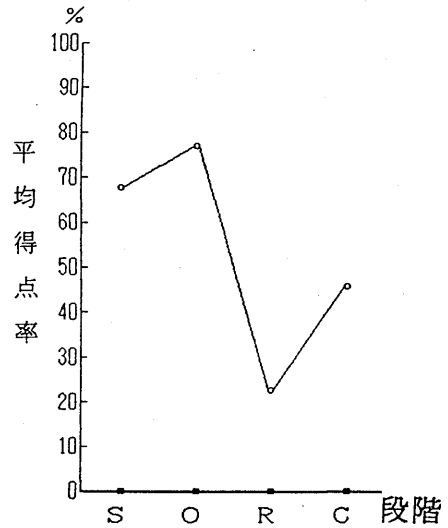
2) 問題解決過程の段階間の相関

問題解決過程の段階 (S, O, R, C) について、ピアソンの相関係数を求めたところ表3.14のような結果を得た。

算出された相関係数から、SとO、SとR、RとCにおいて有意な相関が認められた (両側、 $p < .01$ )。このことは「問題の再構成と実験計画」と「実験観察の遂行」及び「データの記録」とにおける能力間に、また、「データの記録」と「情報の解釈と結果の導出」とにおける能力間に関連性があるといえる。

また、OとRにも有意な相関が認められた (両側、 $p < .05$ )。これらの能力間においても、関連性があるといえる。

次に、SORCと実験のパフォーマンスにおける $P_S$   $P_O$   $P_R$   $P_C$  について、ピアソンの相関係数を求めたところ、表3.15のような結果を得た。



グラフ3.2: 問題解決過程の能力

表3.14: 問題解決過程の段階間の相関

	S.	O.	R.	C.
S	—	.4501**	.4725**	.2893
O	—	—	.3775*	.1105
R	—	—	—	.4735**
C	—	—	—	—

\*\* 両側  $p < .01$   
\* 両側  $p < .05$

表3.15: 各段階とパフォーマンスとの相関

	S-P <sub>S</sub>	O-P <sub>O</sub>	R-P <sub>R</sub>	C-P <sub>C</sub>
	-.0240	.3081*	.3004*	.2327

\* 両側  $p < .05$

算出された相関係数から、O（実験観察の遂行）とR（データの記録）において有意な相関が認められた（両側、 $p < .05$ ）。しかし、他の段階では相関が認められなかった。

次に、SORCと $P_s$   $P_o$   $P_R$   $P_C$  との平均得点について、ピアソンの相関係数を求めたところ、有意な相関が認められた（ $r = .3195$ ,  $p < .05$ ）。このことは、相互に関連があるといえる。

### （3） 一人一人の問題解決能力

問題解決過程の各段階の平均得点（表3.4）から、一人一人の問題解決能力にはどのような特徴があるかを下記の2つの方法で分析する。

#### 1) 問題解決過程別タイプ

被験者の各問題解決過程の平均得点を評価基準（表3.1）を参考にして、4段階（A, B, C, D）に分類し、一人一人の問題解決過程の能力にどのようなタイプがあるかを分析したものが図3.3である。

タイプ	タイプ例 (S-O-R-C)	人数 (%)	タイプ	タイプ例 (S-O-R-C)	人数 (%)
I 	A-A-D-C	17.5	V 	B-A-C-C	12.5
	A-A-D-A			D-A-C-C	
A-A-D-B	C-A-C-C				
A-A-C-B	5.0		VI 	A-A-A-B	
B-B-D-B				B-B-B-C	
II 	B-A-C-B	17.5	VII 	A-A-A-A	5.0
	B-A-D-B			B-B-B-B	
	B-A-D-C		VIII その他	A-A-B-C	
	C-B-D-C			A-B-B-A	
	B-A-B-A			A-B-B-B	
D-B-D-B	B-B-B-A				
III 	A-A-B-B	15.0	*平均得点による分類基準 A(2.5以上), B(1.5~2.4), C(0.5~1.4), D(0.4以下).	D-C-C-B	12.5
	A-A-C-C				
IV 	A-B-D-B	15.0			
	B-C-D-C				
	B-C-D-B				

図3.3：問題解決過程別タイプ

この結果、一番多いタイプがタイプⅠとタイプⅡの17.5%であった。

タイプⅠはR（データの記録）だけが他の能力よりも劣っているものであり、実験・観察の計画・遂行能力や情報の解釈力はあるが、電気記号の理解が劣っているものである。

タイプⅡは、O（実験観察の遂行）とC（情報の解釈と結果の導出）とが他の二つの段階の能力よりもすぐれているものであり、実験・観察能力と電気概念の解釈・応用力はあるが、実験の計画力や電気記号の理解が劣っているものである。

次に多いタイプが、タイプⅢとタイプⅣの15%で、タイプⅤは12.5%であった。

タイプⅢはS（問題の再構成と実験計画）とOとが他の二つの段階の能力よりもすぐれているものであり、実験・観察を計画したり遂行したりする能力はあるが、電気記号の理解や情報の解釈力が劣るタイプである。

タイプⅣはタイプⅠと類似しているが、Rが特に劣る他に、OとCもやや劣るものであり、実験・観察を計画する能力はあるが、実験・観察の能力と電気概念の解釈・応用力がやや劣り、電気記号の理解が特に劣っているものである。

タイプⅤは問題解決過程のOだけが他の段階の能力よりも勝れているものであり、実験観察の能力はあるが、実験計画の方略を決定する能力に欠けていたり、電気記号の理解や電気概念の解釈・応用を行なうことができなかつたものである。

一番少なかつたタイプは、タイプⅥとタイプⅦで、5%であった。

タイプⅥは、Cだけが他の段階の能力よりも劣っているものであり、実験・観察の計画の計画や遂行能力、電気記号の理解はすぐれているが、電気概念の解釈・応用力が劣っているものである。

タイプⅦは、各段階の能力に変動がなかつたもので、一番理想的な形である全ての段階がAであつた児童は1名（2.5%）であつた。

その他に上記のタイプに属さないものが12.5%いた。

これらのことから、一人一人の問題解決能力のタイプは多種多様であるが、Rの段階だけが特に劣っているもの（タイプⅠとタイプⅣ）が32.5%で、その他の段階も劣っているタイプを含めると85%にもなる。「データの記録」のプロセススキルが特に劣っているといえる。しかし、タイプⅤのように、Oのみがすぐれているタイプが12.5%でOとその他の能力がすぐれているタイプを含めると、82.5%にもなる。「実験・観察能力の遂行」のプロセススキルが特にすぐれているといえる。

2) 思考型・行動型のタイプ

問題解決過程における能力は、問題解決するときの状況から2種類に大別できる。一つは思考的な段階であり、S（問題の再構成と実験の計画）やC（情報の解釈と結果の導出）が含まれる。これらの段階は、提示された状況や情報から主に思索によって、問題解決を図ろうとする活動である。

もう一つは行動的な段階であり、O（実験観察の遂行）やR（データの記録）が含まれる。これらの段階は、問題解決のために方向づけられた考えを基礎とした行動を伴った活動である。

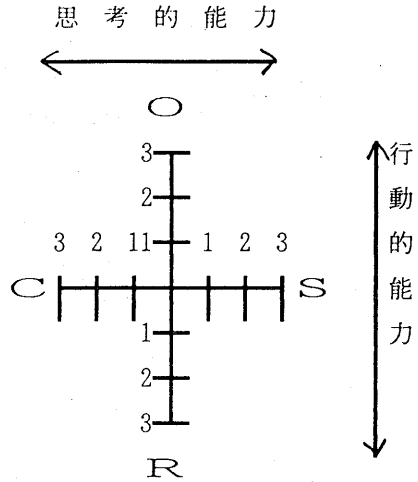


図3. 4：レーダーマップ

被験者の問題解決過程における各段階の平均得点を図3. 4のように、横軸に思考的な段階（S・C）を取り、縦軸に行動的な段階（O・R）を取り、それらの能力を比較し一人一人の問題解決過程における能力を分析したものが図3. 5である。

タイプ	タイプ例	人数%	タイプ	タイプ例	人数%	タイプ	タイプ例	人数%
思考型	I	25	調和型	I	8	行動型	I	25
	II	37		II	0		II	5
		62			8			30

図3. 5：思考型・行動型のタイプ

思考型は、思考的な段階の能力が行動的な段階の能力よりもすぐれているものであり、タイプIが25%で、タイプIIが37%であり、全体で62%であった。調和型は、思考的な段階の能力と行動的な段階の能力が等しいものであり、タイプIが8%で、タイプIIが0%であり、全体で8%であった。行動型は、行動的な段階の能力が思考的な段階の能力よりもすぐれているものであり、タイプIが25%で、タイプIIが5%であり、全体で30%であった。

このことから、電気概念領域での問題解決能力は、思考型の方が、行動型よりも多いといえる。なお、思考型のタイプIIが思考型の半数を上回っていることは、R（データの記録）が劣っているためであり、電気概念の理解の障害の一つになっていると思われる。

#### 第4節 まとめ

今回の目的は、電気回路概念におけるプロセススキルの実態と、一人一人の児童によってどのような問題解決能力であるかを解明することであった。そのため、APUのSAC及び問題解決の循環モデルを参考にして、問題解決過程を4つの段階に分類し、それぞれの段階における能力を評価するための調査問題を作成した。得られた結果を要約すると、以下ようになる。

- ・電気回路領域のプロセススキルの中で、一番高い能力を示したものが「実技作業の指示に従う」で、特に低い能力を示したのが「電気記号の使用」であった。
- ・問題解決過程の中で、一番高い能力は「実験観察の遂行」であり、最も低い能力は「データの記録」であった。
- ・一人一人の問題解決過程別のタイプが、おおよそ7通りに分類することができた。
- ・問題解決能力において、思考型のタイプが行動型のタイプを上回っていた。



## あとがき

A P Uを参考にした評価方法を使用して、児童のプロセススキルの実態を調べるために3つの調査を行ってきた。これらの結果については各章(1~3)で論じてきたが、ここではこれらの結果を再検討したり、結果を関係付けたりして更に考察する。結果を解釈し考察することは4つのことに焦点を当てる。最初はS A Cのサブカテゴリーごとについて発見したことに関係している。次に、学年が進むに連れて、プロセススキルがどのように上昇するかについてまとめる。三つめに、第2・第3調査で行なった問題解決過程による児童の能力についてまとめる。最後に、これらの3回の調査の問題点と今後の課題についてまとめる。

### 第1節 カテゴリーごとの発見

3種類の実態調査は、児童一人一人の問題解決の能力を調査するために、S A Cの枠組みの全てにわたって調査を行ってきた。そこで、これらの調査の結果から各カテゴリーの主な傾向を探っていききたい。しかし、問題のパフォーマンスは評価されるプロセススキルと同様に、問題の形式や文脈などの特徴にも依存する。また、人数的に少ないことと、数多くの調査問題を使用していないので、ここで述べる結果は仮のもののみなさなければならない。また、年齢が11才と12才にまたがることも考慮すると、小学校高学年の特徴の主な仮の傾向としてまとめることができるだろう。

#### (1) 「記号的表示の使用」のカテゴリー

- ・5年生に正比例のグラフからの情報の読取りを調査した結果、2/3の児童は情報を読取ることができた。しかし、 $y = x$ と $y = a x$ のグラフの混同がみられた。
- ・5年生に方眼紙とデータが与えられ、グラフの表示を調査した結果、軸を決定することはほとんどができるが、単位やスケールの記入は半数以下であった。
- ・6年生に電気記号の表示を調査した結果、豆電球は半数以上ができたが、乾電池は20%以下でスイッチに至っては10%以下であった。

#### (2) 「実験器具や測定器具の使用」のカテゴリー

- ・5年生に巻き尺とメスシリンダーと温度計の測定器具の使用について調査した結果、ほとんどの児童が使用することができた。主な誤りは巻き尺の読取りとメスシリンダーの単位の記入であった。
- ・6年生に回路図の実技作業の指示に従えるかを調査した結果、大多数の児童が指示に従うことができた。主な誤りは乾電池の極と豆電球の並列つなぎであった。

#### (3) 「観察」のカテゴリー

- ・ 5年生に検索表を使用した観察を調査した結果、大多数の児童は必要な観察ができた。主な誤りは児童にとって馴染みのある対象を優先させたことであった。
- ・ 5・6年生に類似点と相違点の観察について調査した結果、相違点の観察は2/3の児童ができるが類似点の観察はおよそ半数の児童しかできなかった。
- ・ 5年生に観察結果の解釈を調査したところ、大多数の児童が正確に対象を同定することができたが、適切な観察の観点を指摘できた児童は半数しかいなかった。

#### (4) 「解釈と応用」のカテゴリー

- ・ 5年生に情報からのパターンの同定とその理由の記述を調査した結果、パターンを同定できた児童は2/3以上いた。情報の普遍的なパターンを引用できた児童は一人もいなかったが、局所的なパターンは2/3の児童ができた。
- ・ 5年生に推論の程度を調査した結果、推論の一番少ないものを選択した児童は半数しかいなかった。主な誤りは、過去の推測や現在の推測の文を選択したことである。
- ・ 科学概念の応用については、その概念に強く影響されると考えられる。5年生に水の水面のレベルについて調査した結果、約1/3の児童しか応用できなかった。6年生に豆電球の明るさについて調査した結果、半数以下の児童しか応用できなかった。6年生の主な誤りは乾電池の並列における明るさであった。
- ・ 相異なる仮説の設定についても、その仮説に必要な概念に強く依存すると考えられる。5・6年生には蔦が一方にしか茂らない理由について3つの仮説が設定できるかを調査した結果、平均得点率は約50%であった。しかし、2/3以上の児童が3種類の仮説を設定することができなかった。6年生に電磁石にならない理由について3つの仮説が設定できるかを調査したところ、蔦とほぼ同様な結果であった。

#### (5) 「実験の計画」のカテゴリー

- ・ 5年生に実験の不可能なものの同定について調査した結果、児童の約半数しか同定できなかった。
- ・ 6年生に従属変数の同定について調査した結果2/3の児童が同定することができた。
- ・ 5年生に変数のコントロールについて調査した結果、6割以上の児童が同定することができた。
- ・ 5・6年生に全体の実験の計画について調査したところ、計画の後半になればなるほど不明確になりだんだん低下してきた。

#### (6) 「実験のパフォーマンス」のカテゴリー

- ・ 5・6年生に異なった計画を調査した結果、問題把握はほとんどでき、実験の記録も観察結果と矛盾のないものであった。しかし、ほとんどの児童が当然行なわなければならない手順としての測定の繰り返しを行なわなかった。

- ・児童は2つの実験に高い興味と熱心さを以て取り組んだ。

## 第2節 問題解決過程の能力

児童の問題解決能力を調査するために、APUのプロセススキルを循環モデルを参考に、問題解決過程を4段階に分類した。この方法を使用して、5年生では一般的な能力を、6年生では電気回路領域について調査した。ここではこれらの結果を基に、問題解決過程別の能力と、一人一人の問題解決能力のタイプについて考察する。

### (1) 問題解決過程別の能力

- ・一番能力の高い段階は、どの学年とも「実験観察の遂行」であり、5年生が75%で6年生が77%であった。
- ・「情報の解釈と結果の導出」の段階の能力は5・6年生ともほとんど同じであり、5年生が47%で6年生が46%であった。
- ・「データの記録」の段階の能力は、6年生の問題の内容が知識の理解に大きく依存するために、5・6年生の違いが大きい。
- ・各問題解決の能力の相関を求めたところ、「問題の再構成と実験計画」と「データの記録」には5・6年生とも有意な相関が認められた。
- ・記述試験と実技試験の能力の相関を求めたところ、5・6年生とも有意な相関が認められた。

### (2) 一人一人の問題解決能力

- ・一人一人の問題解決能力のパターンは多種多様であるが、「実験の観察の遂行」がすぐれているタイプが一番多く、5・6年とも80%以上に達する。

## 第3節 学年間の能力

学年間のプロセススキルの実態を調査するためには同じ問題について考察すべきであろう。3回の調査でこれに該当するものは仮説設定能力しか存在しないので、他のプロセススキルについては残念ながら言及することはできない。しかし、[APUの評価法による日英の児童の比較]<sup>25)</sup>の考察が近い将来まとめられることにより、各プロセススキルの学年間の実態が明らかになるであろう。

- ・仮説設定のプロセススキルは、学年が進むに連れて上昇する(4年47.5%、5年57%、6年75%)。特に5・6年間の向上が急激である。
- ・仮説設定において、学年が進むに連れてたような発想をする児童が減少し限られた観点を想起しやすかった。

#### 第4節 問題点と今後の課題

第1回調査は仮説設定能力に関する分析方法の開発と学年間の能力について実施したが次のような問題点が考えられる。

- ・ 仮説設定数が最大2つの範囲であったために、仮説設定能力が十分分析することができなかった。
- ・ 評価問題が一つのみであったために、問題を構成する概念が異なることによる仮説設定能力の違いについては把握できなかった。

これらの問題点を改善するために、今後の課題として以下のことが考えられる。

- ・ 3つ以上の仮説設定を行なえる色々な概念や幅広い文脈での問題を開発し、実態調査を行なう。
- ・ どのように情報と既存概念が結びつき、推論され仮説が設定されるかについてより詳細な分析をするために、面接法などを取り入れ児童の実態を調べる。

第2回と第3回の調査は一人一人の問題解決能力について実施したが、次のような問題点が考えられる。

- ・ プロセススキルは概念や文脈の影響を受けやすいが、日本におけるこれらの影響についての研究が十分でないために、それらの予測ができなかった。
- ・ これらの問題点を改善するために以下のことが考えられる。
- ・ 概念領域についてはまだ電気領域しか調査を実施していないので、他の領域についても児童の実態を調査し、より一般的な能力を追求する。
- ・ 問題の解答に影響する要因を追求するために、問題の表示や解答の形式を比較してできる調査を実施する。

なお、ここで実施した実態調査はプロセススキルのほんの一部の研究であり、また、日本におけるプロセススキルの実態に関する研究はほとんど実施されておらず、今後、色々な角度からの研究が待たれる。

【参考引用文献】

- 1) Harlen W, Black P & Johnson S; Science in Schools, Age 11: APU Report No.1, London, HMSO, 1981.
- 2) Harlen W, Black P, Johnson S & Palacio D; Science in Schools Age 11: APU Report No. 2, London, HMSO, 1983.
- 3) Harlen W, Black P, Johnson S, Palacio D & Russel T; Science in Schools, Age 11: APU Report No. 3, London, HMSO, 1984.
- 4) Harlen W, Black P, Khaligh N, Palacio D & Russel T; Science in Schools, Age 11: APU Report No. 4, London, HMSO, 1985.
- 5) 福岡敏行・松森靖夫・森本信也「理科授業における個別化個性化—英国のAPUに見る評価方法論—」理科教育、No.214, 明治図書、1985.
- 6) 福岡敏行・松森靖夫・森本信也「理科授業における個別化個性化—APUを参考に—」理科教育、No.217, 明治図書、1985.
- 7) Harlen W, Black P, et al. ; Science in Schools, Age 11, APU Report No.1, pp.104, London, 1981.
- 8) Schofield B, Murphy P, Jonson S & Black P; Science in Schools. Age 13: APU Report No.1, p.119, HMSO London, 1982.
- 9) Wynne Harlen, Paul Black, et al. ; Science in Schools, Age 11, APU Report No.1, pp.109-110, HMSO London, 1981.
- 10) 小学校指導書理科編、文部省、1978.
- 11) Murphy P., Gott R., The Assessment Framework for Science at Ages 13 and 15, 1984. (Assessment of Performance Unit/Department of Education and Science, London)
- 12) Harlen W. et al. op. cit. 1)
- 13) Harlen W. et al. op. cit. 3)
- 14) Harlen W. et al. op. cit. 4)
- 15) J. ピアジェ, (滝沢武久・岸田秀訳), 「判断と推理の発達心理学」, p.164, 国土社, 1969.
- 16) Harlen W. et al. op. cit. 4)
- 17) Bell, B., Watt, D.M. & Ellington, K.; Learning, doing and understanding in science Proceedings of the Secondary Curriculum Review Conference, Woolley Hall, July London:SSCR, pp.94-101, 1984.
- 18) Harlen W. et al. op. cit. 1), pp.147-151.
- 19) 栗田一良, 「新理科教材の理論と方法」, 明治図書, p.133, 1981.
- 20) Harlen W. et al. op. cit. 1).

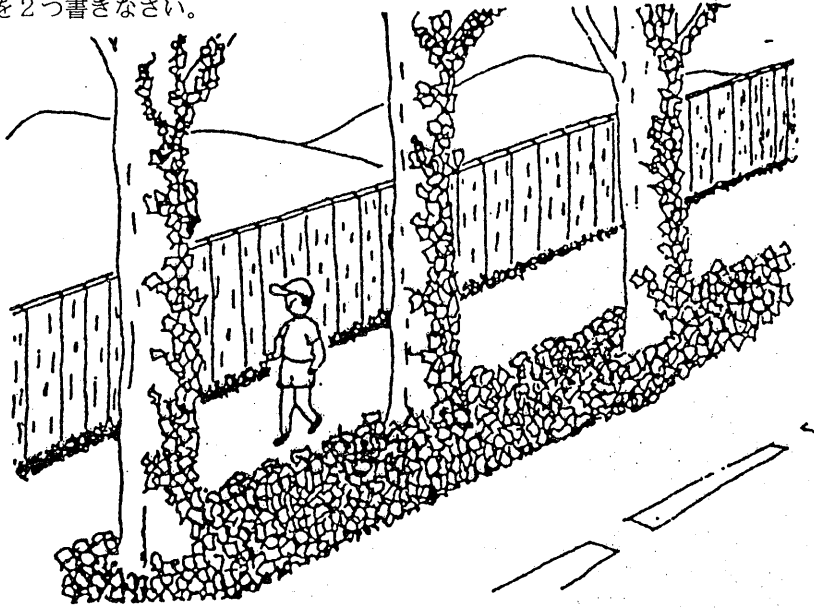
- 2 1 ) Schofield B. et al. op. cit. 8 ) .
- 2 2 ) Schofield B., Murphy P., Head J. & Black P. ; Science in Schools. Age 13 Report No. 2, London, APU, 1984.
- 2 3 ) Gott R., Schofield B., Davey A., Camble R., Head J., Khaligh N., Murphy P., Orgee T & Welford C. ; Science in Schools. Age 13 & 15 Report No. 3, London, APU, 1985.
- 2 4 ) J. ピアジェ, (滝沢武久・岸田秀訳), op. cit. 1 5 ) , p. 164.
- 2 5 ) 福岡敏行・森本信也・稲垣成哲, 「A P U の評価法による日英の児童の比較」, 昭和6 2 年度科学研究費 ( 課題番号62580239) , 1 9 8 8 .

【資料 1】

調査問題「つた」

○ 山田君は、歩道を歩いていて、木のみきのまわりに つたがしげっているのを、見つけました。しかし、そのつたは 下の図のように歩道に近い側には しげっていません。

なぜ、つたは木の一方だけにしか、しげっていないのでしょうか。考えられる理由を2つ書きなさい。



(理由1)

.....

.....

.....

(理由2)

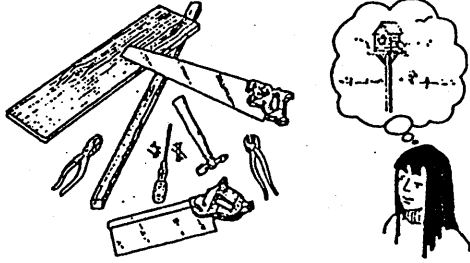
.....

.....

.....

S-α 「巣箱」

- 花子は次郎といっしょに巣箱（すばこ）を作ろうと思いました。そのためには、どんな木がいいか選ばなければなりません。木を選ぶために、いろいろなことを考えてみました。

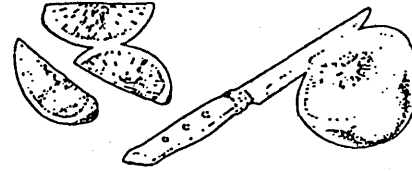


【問】 次に書かれたことは、いろいろな木を使って調べることができるものと、できないものがあります。できないものに1つだけXをつけなさい。

- のこぎりで切りやすいかどうか。
- 曲がりにくいかどうか。
- かなづちでくぎを打ちやすいかどうか。
- 巣箱ができあがった時、良いと思えるかどうか。
- ぬれた時、水をすいとりにくいかどうか。

S-β 「ミカン」

- 太郎はミカンを小さく切りました。太郎はいくつか食べて、残りはあとで食べることにしました。「かわかないように、ラップで包みなさい。」とお母さんが言いました。太郎はラップで包むとちがいができるかどうか、調べてみることにしました。太郎はラップで包んだものと包まないものを作り、あとで、重さを量ってちがいを調べることにしました



【問】 できるだけ正しい実験結果を知るために、両方とも同じにしなければならないことはなんですか。3つ書きなさい。

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



S-γ 「まな板」

○ パン、やさい、肉などを切るのに使うまな板を作ろうと思います。まな板として、どのような木がよいのかを考えて、4しゅるい(ア～エ)の木の中から、一番よいものをテストしてえらびます。

そのテストはどのようにしておこないますか。ただし、テストをするときは、下の絵の中にあるものを使えますが、全部を使う必要はありません。

【問】 そのとき、次のことははっきり書きましょう。

- ◆どんな道具を使うのか。
- ◆何をするのか。
- ◆どうなれば、一番よい木であるといえるのか。



O-α 「器具の使用」

○ つくえの上に まきじゃく、メスシリンダー、温度計がおいてあります。手でさわってはけません。

どれも めもりが ついています。それぞれのめもりを よみなさい。

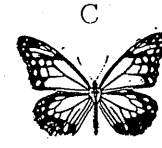
\* 答えのところに 単位(たんい)も かならず書いてください。

(1) したじきの はばは どれだけですか。..... ( )

(2) メスシリンダーの中に入っている 水のりょうは どれだけですか。..... ( )

(3) ビーカーの中のお湯の温度は どれだけですか。..... ( )

めいめいの児童  
に提示した資料



◎ チョウのけんさく表

1. はねの色が白い。……………もし、そうであれば、2に行きなさい。  
はねの色が白くない。……………もし、そうであれば、3に行きなさい。
2. はねのふちにそって、はん点が  
たくさんあり、はらが黄色い。……もし、そうであれば、モンシロモドキです。  
はねの上部が黒く、はん点が6  
つある。……………もし、そうであれば、モンシロチョウです。
3. 上下または左右のはねの色がち  
がう。……………もし、そうであれば、4に行きなさい。  
両方のはねの色が同じである。……もし、そうであれば、5に行きなさい。
4. 上下のはねの色がちがう。……………もし、そうであれば、アサギマダラです。  
左右のはねの色がちがう。……………もし、そうであれば、コムラサキです。
5. 黒いはねにはん点がある。……………もし、そうであれば、6に行きなさい。  
こげ茶色のはねにはん点がある。……もし、そうであれば、7に行きなさい。
6. 黄緑色のはん点が全体にちらば  
っている。……………もし、そうであれば、ミカドアゲハです。  
みず色のはん点が一列につなが  
っている。……………もし、そうであれば、アオスジアゲハです。
7. はねにある白いはん点がたてに  
つながっている。……………もし、そうであれば、イチモンジチョウです。  
はねにある白いはん点がつなが  
ってしまっている。……………もし、そうであれば、ミスジチョウです。

○ 3びきのチョウA, B, Cの名前を見つけるために、チョウのけんさく表を使いま  
しょう。

○ チョウAについて、けんさく表の1番から調べ始めましょう。どちらの説明文が、  
チョウAにあてはまっていますか。その説明があてはまっているとき、そのチョウの  
名前が書いてあるか、または、次にすすむ説明文の番号が書いてあります。  
チョウB, Cについても、同じようにやりましょう。

○ それぞれのチョウの名前と、名前を見つけるために使った説明文の番号を下に書き  
ましょう。(ただし、必ず1番から始めます。)

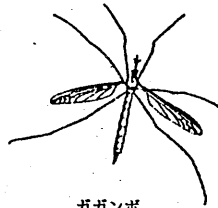
- a) チョウAは、\_\_\_\_\_です。  
使った説明文の番号は、1と\_\_\_\_\_です。
- b) チョウBは、\_\_\_\_\_です。  
使った説明文の番号は、1と\_\_\_\_\_です。
- c) チョウCは、\_\_\_\_\_です。  
使った説明文の番号は、1と\_\_\_\_\_です。

0-γ 「クモとガガンボ」

○ 下にある“クモ”と“ガガンボ”の絵を見て、次の問いに答えなさい。



クモ



ガガンボ

【問】 上の絵から、おたがいに“にている”と思うところを3つ見つけて、下の表にことばで書きなさい。また、“ちがっている”と思うところを3つ見つけて、下の表にことばで書きなさい。

にているところ	ちがうところ
1	1
2	2
3	3

0-δ 「ゴム」

- はこの数字のそれぞれの内側に、ガラス、金属、木、皮、ゴム、のうすくて四角いものがはりつけてあります。
- あなたの指をはこの中に入れて、その四角いものにふれてみなさい。

【問1】 どれが“ゴム”であるかを決めなさい。  
あなたが“ゴム”であると思うものの外側の番号を、次の□の中に書き入れなさい。

【問2】 その番号のものが“ゴム”であると思ったのは、どうしてですか？

.....

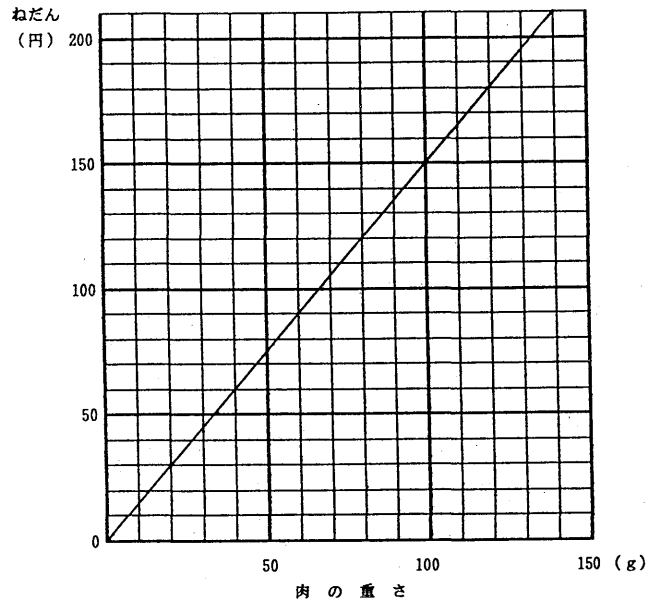
.....

.....

.....

R-α 「肉の重さと値段」

○ 下のグラフは、肉の重さとそのねだんを表したものです。グラフを見て、下の問いに答えなさい。



【問】

- 1) 肉60gのねだんは、いくらですか。      答(                      )
- 2) 120円で、何gの肉がかえますか。      答(                      )
- 3) 肉100gかうごとに、ねだんはいくらふえますか。      答(                      )

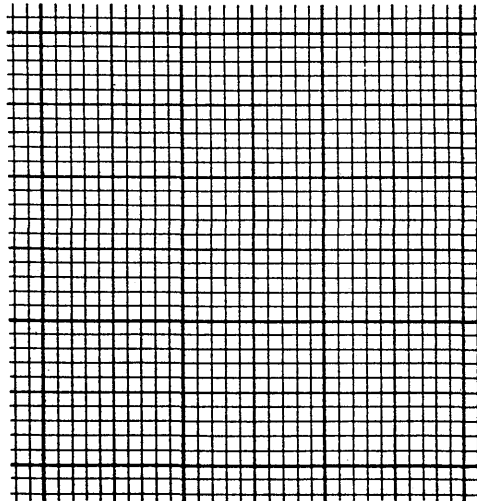
R-β 「インゲン」

○ 太郎くんは、インゲン豆のなえが、どのくらいのはやさでのびるか調べようと、毎週なえの高さをはかりました。はかり始めた時、なえは5cmでした。下に、はかり始めてから4週間の記録が、書いてあります。

- はかり始め—5cm  
1週間め—15cm  
2週間め—30cm  
3週間め—40cm  
4週間め—45cm

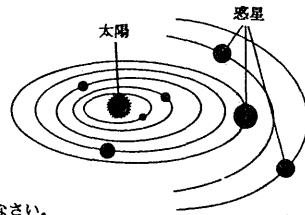


【問】 時間がたつにつれて、なえの高さがどのように変わるか、グラフに書きなさい。



C-α 「惑星」

○ 惑星（わくせい）が太陽のまわりをまわっています。



○ 次の表をみて、問いに答えなさい。

惑星名	太陽からの距離	太陽のまわりを一周するのにかかる時間
水星	5800万km	88日
金星	10800万km	225日
地球	15000万km	1年
木星	78000万km	12年
天王星	287000万km	84年
海王星	450000万km	165年

【問1】 今 太陽から約143000万kmのところ、別の惑星があります。その惑星は、太陽のまわりを一周するのに、どのくらいの時間がかかると思いますか。次のア～オの中から、正しいと思うものを選んで○でかこみなさい。

- ア, 10年
- イ, 100年
- ウ, 100日
- エ, 30年
- オ, 300日

【問2】 あなたが、それを選んだ理由はなんですか。その理由を書いてください。  
(理由)

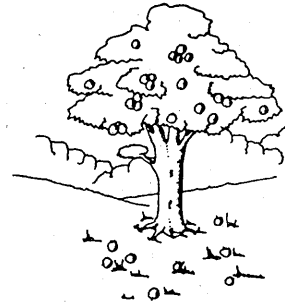
.....

.....

.....

C-β 「りんご」

○ 次の図をみて問いに答えなさい。



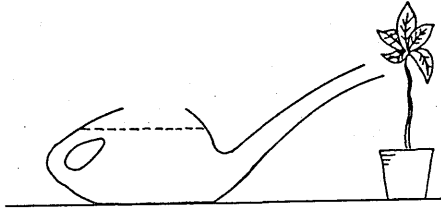
【問】 上の図をありのままあらわしている文はどれか、それを1つ選びその番号を○でかこみなさい。

1. 風がふいて 木からリンゴが落ちた。
2. 地面の上や 木にリンゴがある。
3. 木にぶらさがっているリンゴは よくじゅくしている。
4. 地面の上にあるリンゴは よくない。
5. 木は すべてのリンゴを ぶらさげることができなかった。

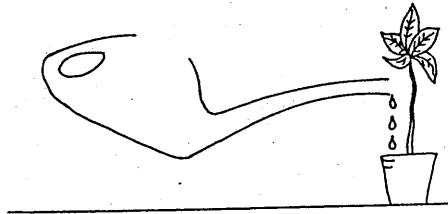
C-γ 「じょうろ」

○下の図は、じょうろで花に水をやろうとしているところです。

【問1】 じょうろに水が下の図のように入っています。さし口の部分の水面を書きかわえて下さい。

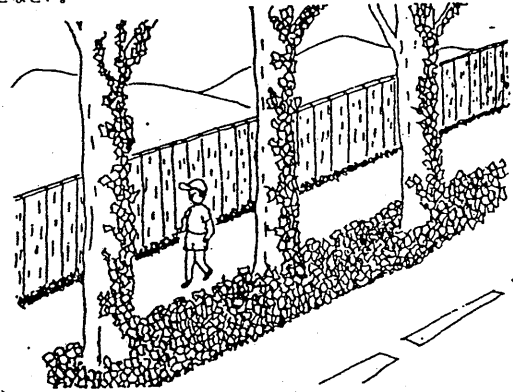


【問2】 下の図はじょうろをかたむけて水をやっているところです。じょうろの中の水面を書いてください。



C-δ 「つた」

○ 山田君は、歩道を歩いていて、木のみきのまわりに つたがしげっているのを見つめました。しかし、そのつたは 下の図のように歩道に近い側には しげっていません。なぜ、つたは木の一方だけにしか、しげっていないのでしょうか。考えられる理由を3つ書きなさい。



(理由1)

.....

.....

(理由2)

.....

.....

(理由3)

.....

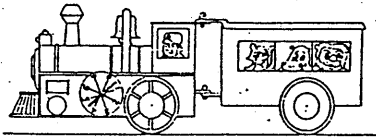
.....

.....

P 「動くおもちゃ」

動くおもちゃ

動くおもちゃがあります。ねじの巻き数をかえて、それぞれの進む距離をはかりなさい。巻き数は、3回かえて行いなさい。ただし、ねじは巻きすぎるとこわれるので、8回以上は巻かないこと。



【問1】 実験結果を下に書きなさい。

	巻き数	進んだ距離
1		
2		
3		

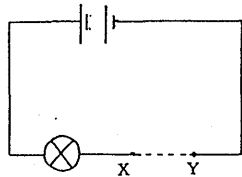
【問2】 ねじを( )回巻いたとしたら、このおもちゃはどれ位進むと思いますか。

答え( )

S-β 「乾電池と豆電球」

電気を通すものには、通しやすいものと通しにくいものがあります。

- このことについて調べるために、下の図のような回路を作りました。電気の通しやすいものほど、豆電球が明るくなります。



X～Yのあいだに、  
電気を通すものをつなげます。

【問】 このじっけんをするには、何をかえればよいですか  
正しいと思うものを、アからオのなかから1つえらび、○をつけなさい。

- ア. かん電池のかずをかえる。
- イ. まめ電球をほかのしゅるいのものにとりかえる。
- ウ. 電気を通すものしゅるいをかえる。
- エ. 電気を通すもの大きさや太さをかえる。
- オ. まめ電球のかずをかえる。

S-γ 「東京乾電池」

- あるお店の広告にこう書いてありました。

「東京かん電池」は、ながもちします。



【問】 この広告の文が本当かどうか確かめてみたいと思います。  
どんな実験をすればよいでしょうか。

-----

-----

-----

-----

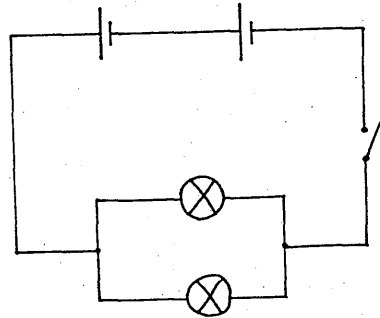
-----

-----



○-γ 「回路作り」

【問】 ここに、かん電池とまめ電球とスイッチがあります。  
これらを使って、下の絵のような回路を作りなさい。



○あなたがスイッチをおしたとき、すべてのまめ電球がつかましたか。

( はい いいえ )

☑あなたがすべてやり終えたなら、手をあげなさい。先生があなたの回路を見にくるでしょう。

○-δ 「電球の類似点と相違点」

○ AとBという記号のついた2つの電球があります。  
それらの2つの電球のちがうことと、にていることをかんさつして見つけなさい。

【問1】 2つの電球がちがうことを4つ見つけ、それぞれのちがいを下に書きなさい。

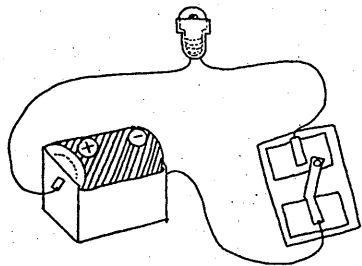
電 球 A	電 球 B
1 ..... .....	1 ..... .....
2 ..... .....	2 ..... .....
3 ..... .....	3 ..... .....
4 ..... .....	4 ..... .....

【問2】 2つの電球がにていることを2つ書きなさい。

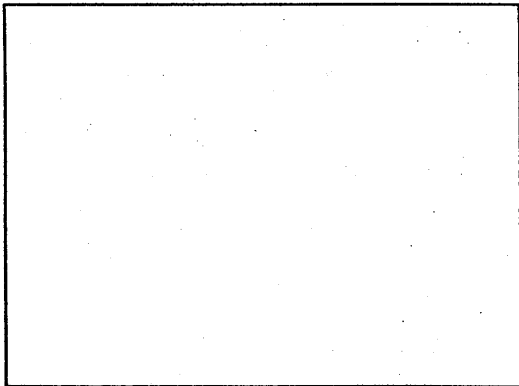
1 ..... .....
2 ..... .....

R-γ 「電気記号」

○ かん電池とまめ電球とスイッチを、下の図のようにどう線でつなぎました。



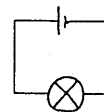
【問】 記号を使って、上の図の回路図を書きなさい。



C-γ 「回路」

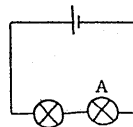
○ 下には、3つの回路図がえがかれています。これは、いくつかのまめ電球とかん電池をつないだものです。

○ 右の図のように、1つのかん電池と1つのまめ電球をつなぐと、あかりがつかまりました。



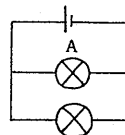
【問】 それぞれの問題で、Aのしるしがついたまめ電球の明るさは上のときとくらべてどうなりますか。アからオの中で、あてはまるものをえらび、○をつけなさい。

(1)



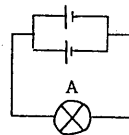
- ア. おなじ明るさになる。
- イ. たいへん明るくなる。
- ウ. あかりがよくなる。
- エ. あかりがつかない。
- オ. まめ電球がきれる。

(2)



- ア. おなじ明るさになる。
- イ. たいへん明るくなる。
- ウ. あかりがよくなる。
- エ. あかりがつかない。
- オ. まめ電球がきれる。

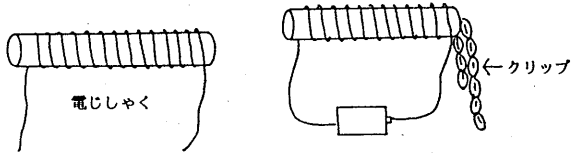
(3)



- ア. おなじ明るさになる。
- イ. たいへん明るくなる。
- ウ. あかりがよくなる。
- エ. あかりがつかない。
- オ. まめ電球がきれる。

C-8 「電磁石」

○ Aくんは何かほそ長いぼうにエナメル線をまいて電じしゃくを作りました。エナメル線のはしをかん電池につないで、クリップがたくさんくっつくようすをおとうとに見せました。



○ おとうとはさっそく自分のへやで同じように電じしゃくを作りましたが、おにいさんのようにクリップがくっつきませんでした。

【問】 なぜ、おとうとの電じしゃくがうまくできないのか、その理由を考えて3つ書きなさい。

(1) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

(2) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

(3) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

P 「回路」

あかりをつけてみなさい。そして、どうしてはじめにあかりがつかなかったのか、その原因を調べてみなさい。

【問1】 あなたが色々ためたことと、そのときにおこったことを、いくつか書きなさい。

ためたこと	おこったこと

【問2】 はじめにあかりがつかなかった原因を書きなさい。

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_