

理科の発見学習の設計・実施・評価に関する実証研究（第3報）Ⅰ：小4 - 「食塩水」を例として

著者	水越 敏行, 山崎 豊, 金沢市理科教育研究グループ
雑誌名	金沢大学教育学部紀要.人文科学・社会科学・教育科学編
巻	24
ページ	47-57
発行年	1975-12-20
URL	http://hdl.handle.net/2297/47701

理科の発見学習の設計・実施・評価に関する 実証研究(第3報)* I

〈小4—「食塩水」を例として〉

水越敏行・山崎豊
金沢市理科教育研究グループ**

I 研究の目的

私たちはこれまでに、小学校理科のいくつかの題材を取りあげて、理科の発見学習の研究手順や方略を一般化することろみを続けてきた。「種子の発芽」(水越敏行ほか, 1973)「水溶液の変化」(水越敏行ほか, 1974)および「水溶液の性質」(水越敏行ほか, 1974~75)がそれである。今回さらに小4「食塩水」を取りあげて継続研究をおこなったその目的は、次のようである。

(1)目標分類の再検討 これまでの研究では、内容目標として特定の題材レベルだけに限定して考えてきたが、今回は小学校全体の理科B区分・水溶液教材について内容構造を取り出すこと、そして「食塩水」という特定題材の内容をその巨視的な内容構造に位置づけていくことを考えた。また能力目標についても、従来とってきたものを改訂し、科学的能力のスキルをもっと正面におし出すことにした。こうした行・列の改訂によって、新しい観点から目標分類の手順や方略を開発したいというのが、私たち

の第一のねらいである。

(2)評価に重点をおいた研究 従来の私たちの研究は、設計段階に大きな比重をかけた割りには、評価が弱かった。今回は、授業システムの評価はどうあるべきかの手がかりを得る目的で、評価に一層の重点をかけてみた。それも1時限だけの評価ではなく、この題材を取り扱った9時限にわたって、ひとりひとりがどのように変容していったのかを追跡することにした。

(3)中学年への適用 これまでは小学校高学年を対象にして、理科の発見学習の設計・実施・評価の手順・技法・方略を明らかにしてきた。それが小学校中学年についても果たして適用できるのかどうかをたしかめてみることに、これが私たちの3番目のねらいである。

II 研究の概要

題材:「食塩水」(小学4年) 小学校理科B区分の中の典型教材の一つである。溶解度という主概念や、重さの保存や溶液の均一性などのサブ概念は、中学や高校の化学的分野における中心概念とも、密接なつながりをもっている。

* 昭和50年9月16日受理

前報:理科の発見学習の設計・実施・評価に関する実証研究(第2報)〈小6—「水溶液の変化」を例として〉:金沢大学教育学部教科教育研究第7号(1974)

清水 弘(金沢市野町小)	大浦 博幸(金沢市医王山小)
竹本 義昭(金沢大学附属小)	谷村 修次(金沢大学附属小)
野村 祐治(石川県教育センター)	彦野 東洋男(金沢市諸江小)
平田 豊和(金沢大学附属小)	広田 専精(石川県教育センター)
藤井 昭久(金沢市小坂小)	堀田 修(金沢市小立野小)
槇野 輝義(金沢市森山町小)	丸谷 次吉(金沢市松ヶ枝町小)
宮下 勲(石川県鹿島町鳥屋小)	宮下 文夫(金沢大学附属小)
山形 喜一郎(金沢市瓢箪町小)	吉田 貞介(石川県教育センター)
米田 昭二郎(金沢市長町小)	

対象学級：トライの授業を金沢市立松ヶ枝町小学校丸谷学級で実施した後をうけて、金沢市立小坂小学校4年藤井学級で研究授業を実施した。1974年11月上旬、9時限にわたるものであった。

研究手順：これまでの一連の研究でとってきた手順を大体ふまえたが、特に評価を細分した。

- (A) 設計段階 ①授業の目標分類, ②レディネステスト, ③単元構成, ④思考過程のモデル図, ⑤授業細案, ⑥事前テスト
- (B) 実施段階 ⑦授業実施, ⑧事中テスト, ⑨観察者による評価(自由記述式とチェックリスト式) ⑩授業記録
- (C) 事後処理(評価)段階 ⑪事後テスト, ⑫思考過程のモデル図と授業での思考ルートとの照合, ⑬設計で配分した時間と所要時間との照合, ⑭授業コミュニケーションの分析, ⑮定着テスト, ⑯題材全体を通じての個の変容過程の追跡, ⑰設計・実施段階へのフィードバック

III 授業の設計

1 目標分類

私たちはこれまで「水溶液の性質」や「水溶液の変化」を題材にとった授業研究で、マトリックスをつくって目標分類をやってきた。行には内容目標(内容の構造), 列には能力目標(科学的能力の構造)をとり, その交差において授業目標を見定めていこうとするもので, 東京工大の坂元グループ(1974)と共通面をもった手法である。しかし研究を進めていくにつれて, 私たちのグループの中で次のような内部批判や問題提起が出されてきた。

・小学校理科B区全体についての内容目標を洗い出し, それに特定の題材の概念や要素を位置づけていくというアプローチが必要でないか。そうしないと, どの概念に重点をおくべきかの決め手が出てこない。手順の一般化をはかるためにも, 内容の精選や指導の重点化の実をあげるためにも, 巨視的な内容目標——教材構

造のとり出しを先行させたい。

・能力目標として考えてきたものが, 探究の過程とあまりにも重なりすぎている。たしかに探究の方法は, 科学的能力のエキスではあるが, もっと多面的な要素をもつ構造を考えるべきでないか。

こうした自己批判のうえにたつて, 私たちは目標分類の尺度や手順について再吟味をし, 今回あたらしく次のようなアプローチをとってみた。

(1) 内容目標

小学校B区分の中から各学年で代表的な水溶液教材を選出した。「いろみず」「くだものしる」(1年), 「せっけん水」(2年), 「ほうさん」(3年), 「食塩水」(4年), 「水溶液の性質」(5年), 「水溶液の変化」(6年)がそれである。数名ずつでチームを組んで, これらの題材について, 従来と同じような手法で内容目標を洗い出してみた。それらを統合して, 要素→下位概念→上位概念という系統性をもった内容目標にまとめていった。(表-1)。要するに上位概念と下位概念については, B区分水溶液教材全体にかかわるものであり, 「食塩水」のような題材レベルでの概念は, 要素という形で位置づけることにしたのである。なお今回は水溶液に限定したが, 表-1の上位概念A~Eに, いくつかの概念を追加していくと, 「物質とエネルギー」というB区分全体をカバーする概念構造にすることができる。

(2) 能力目標

ヨコ軸にとった能力目標については, サンドとトローブリッジの原案を叩き台とした(Sund, R.B. ほか, 1967)。その理由は, かれらが科学的能力を skill としてとらえていること, しかも情報処理能力という観点が前面に出てきている点を評価したからである。表-1の列にとったのが私たちの案であるが, Iとらえる(Acquisitive skills, 取得的技能), IIくみたる(Organizational skills, 組織的技能), IIIつくりだす(Creative skills, 創造的技能), IVでき

る (Manipulative skills, 操作的技能), そして V つたえる (Communicative skills, 伝達的 skill) という五つのカテゴリーは, サンドたちのものに依拠した。そして, それぞれを細分して得た 25 の項目については, 約 4 分の 3 くらいをつくりかえて, 日本の小学校理科の実態にマッチするようにした。

(3) 重点目標の選定

さて表-1 のマトリックスに重点目標である ●印を記入していくことになるわけだが, 私たちは次のような手順をふんだ。マトリックスを共同作成し, したがって共通理解をした約 20 名の研究グループが, 名刺大の白紙を何枚も持った。そして重点目標と思うものの位置を a-1 というように記入していった。a は内容目標の下位概念であり, 1 は能力目標を構成する技能である。結果を集計し, 原則として 6 票以上集中したものを ●印とした。さらにその結果を全体的な視野に立って検討し, 部分的ないれかえや補充をして, 最終的に表-1 に示す 15 の重点目標をとり出した。



(4) 目標分類のマトリックスのよみとり

重点目標が決定しても, 印がうたれただけでは目標は決められたことにならない。そこで文章化していくわけだが, 人によって文章表現にちがいの出るリスクを最少限にとどめるように, またそれをよむ人に内容が正確に伝達できるように心掛けてみた。たとえば表-1 から C f-9 をとりあげて例示してみると,

C f-9

内 容	・飽和した食塩水はどんな場合でも同体積の重さは等しく、同じ濃さである。
能 力	・とけ残りの量がちがう数箇の食塩水の濃さを比べるため、同体積の重さを観点にして、濃さを定量的にとらえる実験構成をする。

2 単元構成

「食塩水」を 1 次, 2 次, 3 次に区分し, それぞれに 4・3・2 時限の配時をした。第 1 次では食塩のとけ方を定性的・感覚的にとらえさせ, 観察を通して溶解現象に接近させる。第 2 次では, 食塩のつぶの行方を追求させる中で, 食塩水の重さと濃さの関係を把握させるとともに, 定量的なアプローチをもちこんでいく。溶液の飽和に関する概念形成も, この 2 次で形成させたい。そして第 3 次では, 食塩のとけた水溶液から食塩を晶析することを取り扱う。これは前単元の「水と水蒸気」にもつながるし, 高学年で学習する水溶液の分離への布石ともなる。くわしくは図-1 をみられたい。この図で  は学習の入口,  は学習の出口を示している。

3 思考過程のモデル図

今回の研究では, 第 2 次「食塩水の重さと濃さ」(3 時限)について, 思考過程のモデル図(思考のルート・マップ)を作成した。このモデル図の作成にあたっては, 私たちはこれまでに二つの方法を開発してきた。一つは研究同人が予想した思考のルートを, 1 枚に 1 項目の形でカードに記入し, それをグルーピングし, 構造化していくものである。もう一つは, 予備授業を観察・分析し, それを土台にして思考のルート・マップを構成していくものである。第 1 報で前者を, 第 2 報で後者を用いたが, 今回はふたたび前者のカード法を採用した。詳しい手順については, (山崎ほか, 1973) をみられたい。

この思考過程のモデル図は, 授業細案を設計する手がかりとして有用であるのみでなく, 学習のプロセスにおける評価の尺度として, また授業展開に最適な学習集団を構成していく指針として使うことにより, 一そのメリットが期待できる。

図-1 4年「食塩水」の単元構成（9時限）

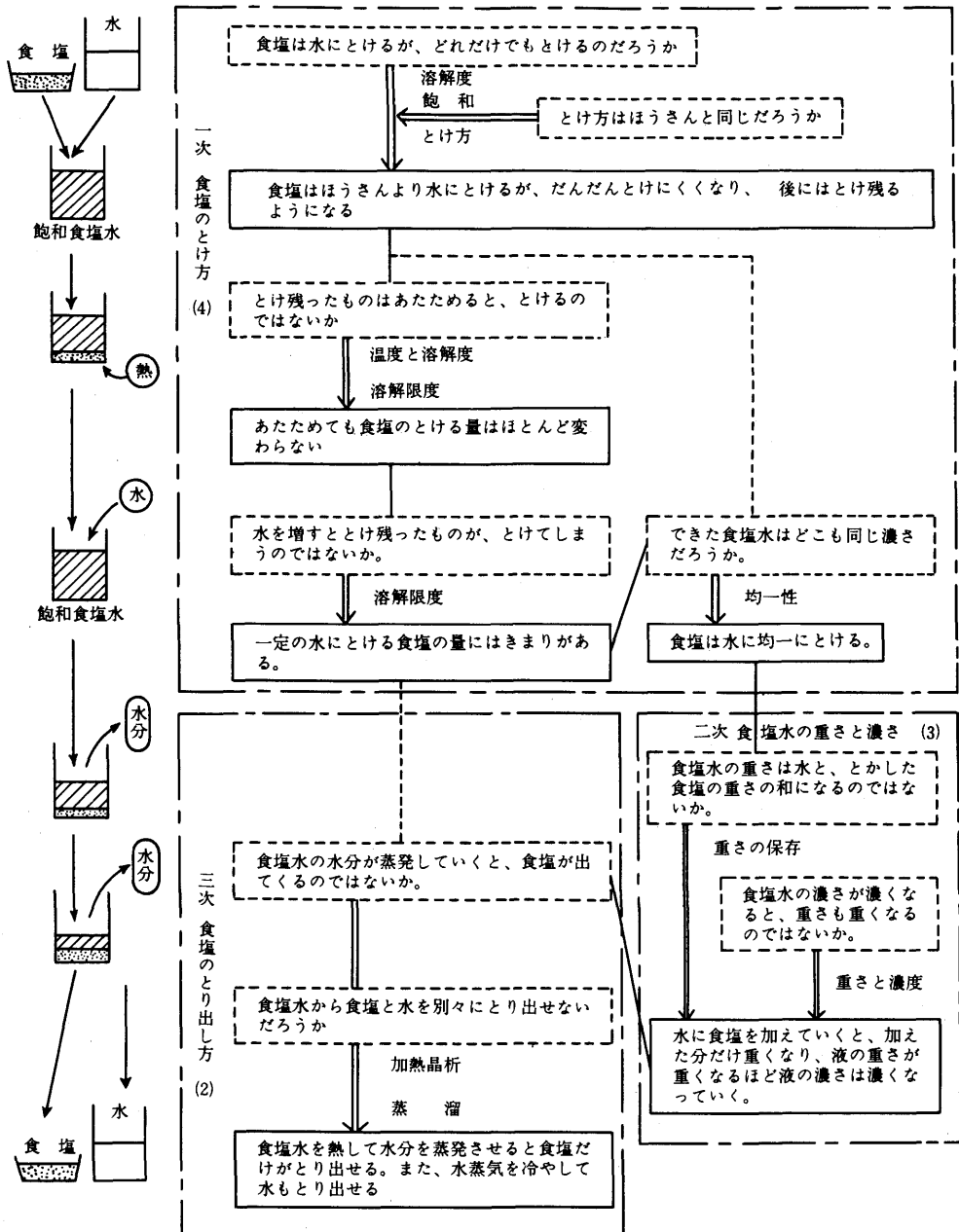
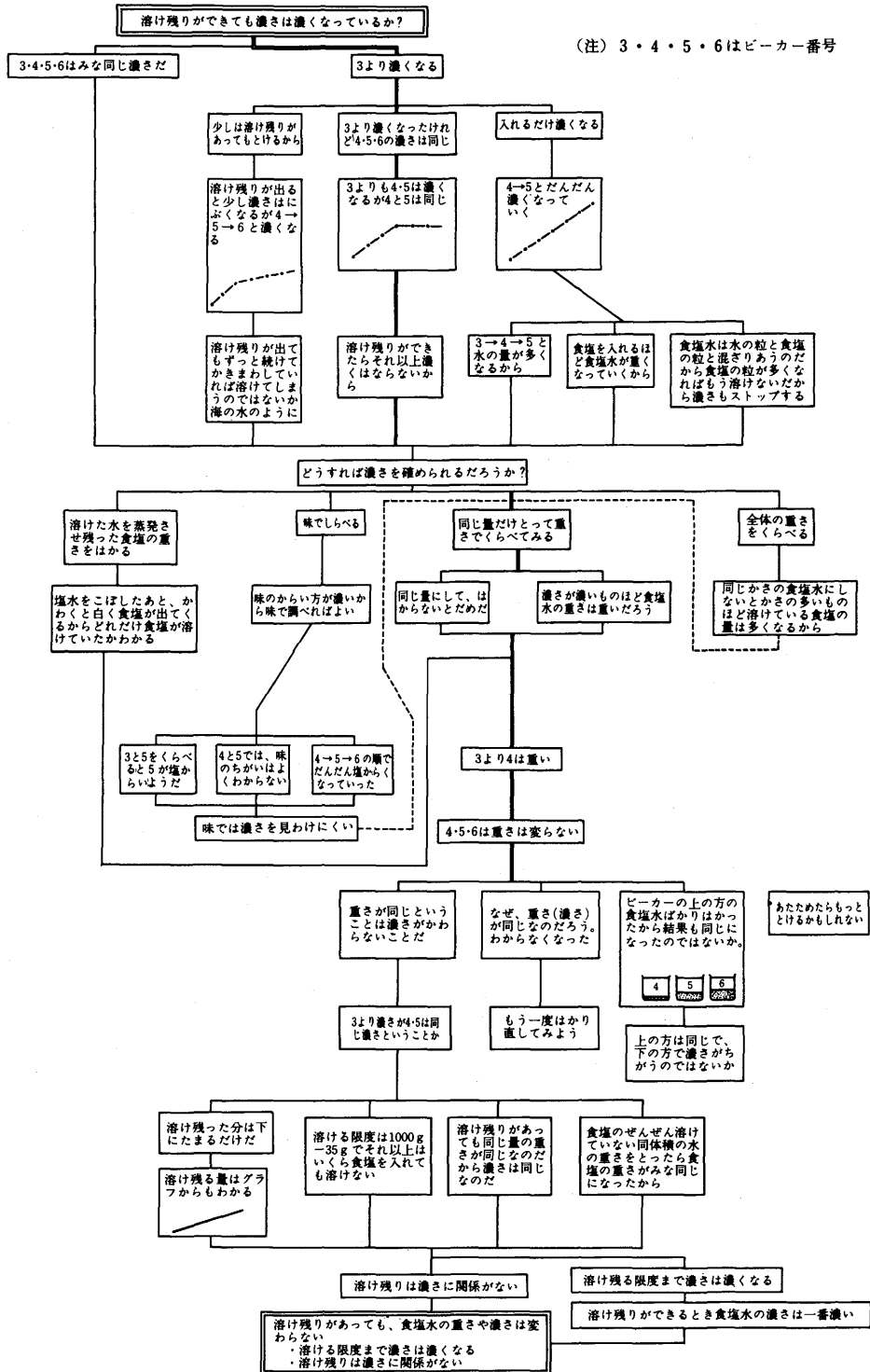


図-2 思考過程のモデル図 (第2次、1~3時限)



4 授業細案

図一1に示した単元構成と、図一2の思考過程のモデル図に準拠して、第2次全3時限「食塩水の重さと濃さ」の授業細案を作成した。これを1974年10月上旬、丸谷次吉が金沢市立松ヶ枝町小学校でトライの授業にかけ、こどもの反応や実際の思考のルートなどと照合して修正を加えたものが、以下に記載する授業細案である。

学習目標

- A—a 食塩水の重さは、食塩と水の重さの和である。
- B—d 同体積の場合は、食塩を入れるほど濃い食塩水ができる。
うすい食塩水は濃い食塩水よりも軽い。
- C—e 水の量と水温が決められると、食塩が

水にとける量には限度がある。

- B—d } とけ残りのある食塩水の重さはかわら
C—f } ない→濃さもかわらない。
17. ヤクルトカップ1杯の食塩水の重さを、はやく正確に測定できる。
9. 食塩水の濃さの変化を同体積の食塩水の重さで示すことができる。
24. 表やグラフに実験結果をまとめることができる。

注：A—aとか、17とかは表一1のマトリックスの記号)

指導細案(図一3)に沿って実施した授業の評価に関しては、後報にのべる。

図-3 指導細案「食塩水の重さと濃さ」(その1)

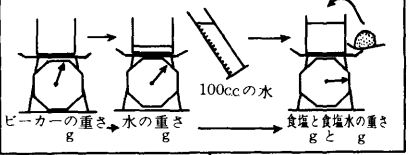
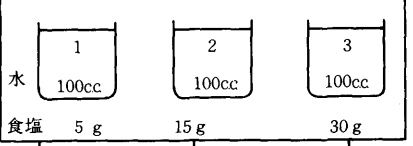
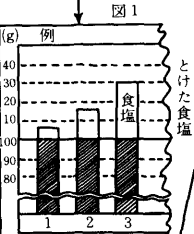
分節	学習事項・過程	配時	教師の働きかけ・留意点	学形 習態	子どもの主な思考の流れと活動																				
a	<p>(問題学習)</p> <p>食塩水の濃さと重さ</p>	5	<p>(発問)</p> <p>食塩水の濃さによってその重さはどのように違ってくるだろうか</p> <p>・薄い食塩水濃い食塩水の食塩の重さに目をむける程度の子想でよい</p>	全	<p>(指示)</p> <p>食塩水の濃さによってその重さはどのように違うだろうか</p> <p>濃くなるにしたがって食塩水は重くなるだろう</p> <p>薄い食塩水は食塩が少ししか溶けていない 濃い食塩水は食塩が多く溶けている</p> <p>重さを比べてみればよい</p>																				
b	<p>(検証方法)</p> <p>食塩と水・食塩水の重さ</p> <p>検証方法の説明</p>	15	<p>・食塩水の重さを計るだけでなく、食塩の重さ、水の重にも考えがいくよう</p> <p>・条件を考えながら検証の構成ができるよう、</p> <p>・検証方法をOHPで提示し方法をくわしく説明する</p>	全	<p>濃い食塩水と薄い食塩水の重さだけ比べてもだめだ</p> <p>どれだけ食塩を溶かしたかが必要だ</p> <p>食塩の重さを計って食塩水を作るとよい 水の重さや量も計る必要がある</p> <p>(揭示)(説明)</p> <p>・水の重さと食塩の重さを計ってそれを溶かし食塩水の重さを計る</p>  <p>ビーカーの重さ g 水の重さ g 100ccの水 食塩と食塩水の重さ g と g</p>																				
c	<p>(検証)</p> <p>試料の作成 重さの測定 実験値の表記</p> <p>表 グラフ 観察</p>	15	<p>・水の量・食塩の重さを指示</p> <p>・記録の仕方を指示する</p> <p>・記録カードを与える</p> <p>・味を調べることや溶液を注意深く観察し、溶液がふえていることに気づかせたい。</p> <p>・グラフに水の重さの部分、溶けている食塩の部分の話合いの中から記入していく</p>	G	<p>(指示)</p>  <p>水 100cc 100cc 100cc</p> <p>食塩 5g 15g 30g</p> <p>(提示)</p> <p>実験値を表に記録する 実験値をグラフに表わす 溶液を観察する</p> <p>(記録)</p> <table border="1" data-bbox="699 1294 878 1526"> <tr> <td>味の順</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>食塩水の重さ</td> <td>105g</td> <td>115g</td> <td>13g</td> </tr> <tr> <td>食塩の重さ</td> <td>5g</td> <td>15g</td> <td>10g</td> </tr> <tr> <td>水の重さ</td> <td>100g</td> <td>100g</td> <td>3g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table> <p>とけた食塩</p>  <p>味を調べる</p> <p>だんだん塩からい</p>	味の順	1	2	3	食塩水の重さ	105g	115g	13g	食塩の重さ	5g	15g	10g	水の重さ	100g	100g	3g		1	2	3
味の順	1	2	3																						
食塩水の重さ	105g	115g	13g																						
食塩の重さ	5g	15g	10g																						
水の重さ	100g	100g	3g																						
	1	2	3																						
d	<p>(考察)</p> <p>食塩+水=食塩水</p>	10	<p>・個の考えをノートする (記録)</p> <p>・濃さは食塩がとけた量で決まることをわからせる前提でよい。</p>	個 全	<p>水の重さは変らないから食塩の入れた分だけ食塩水は重くなっていく</p> <p>食塩は全部、溶けた</p> <p>食塩を入れると水の量がふえた</p> <p>食塩と水の重さが食塩水の重さであることがわかる</p>																				

図-3（その2）

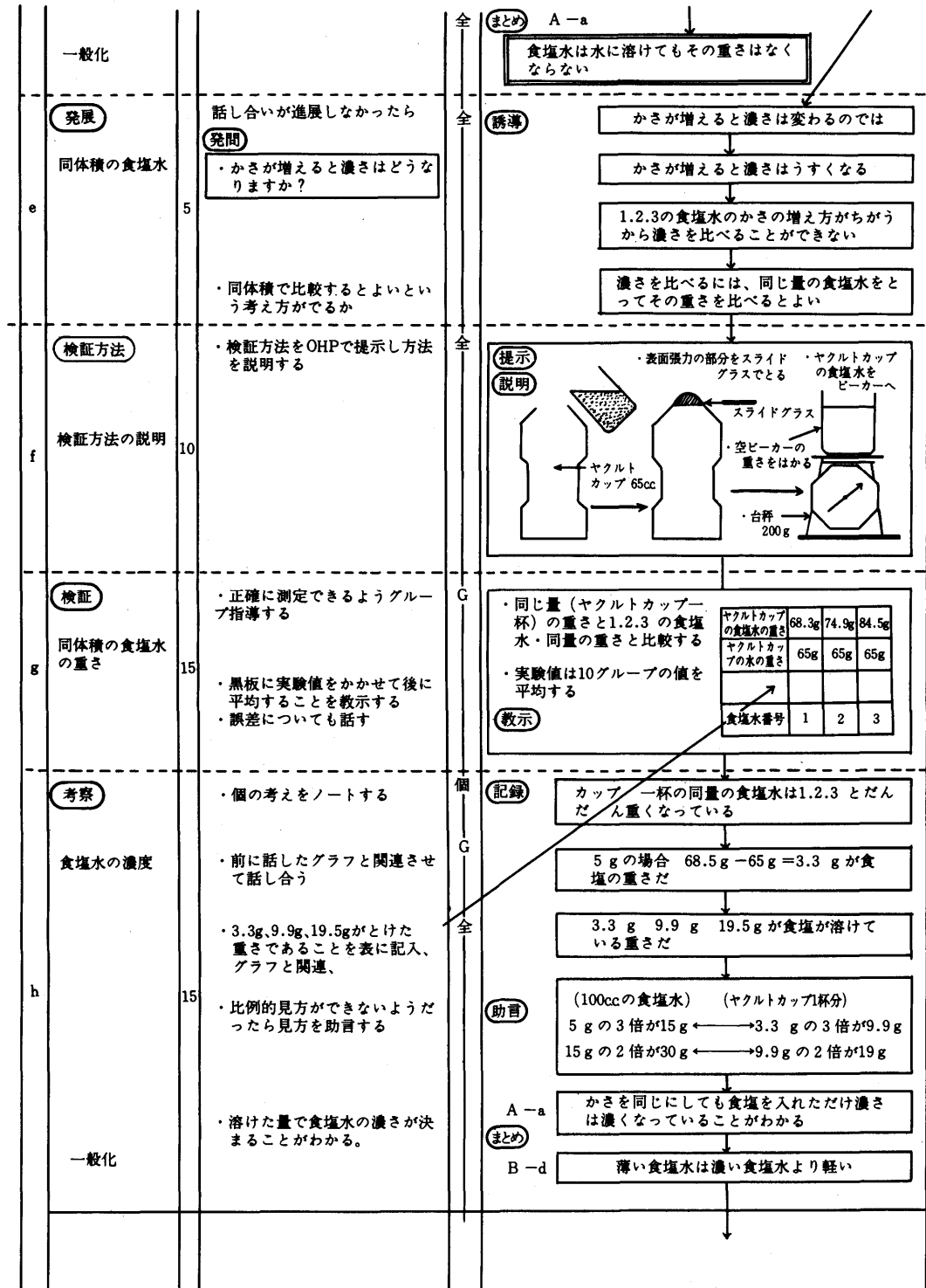


図-3 (その3)

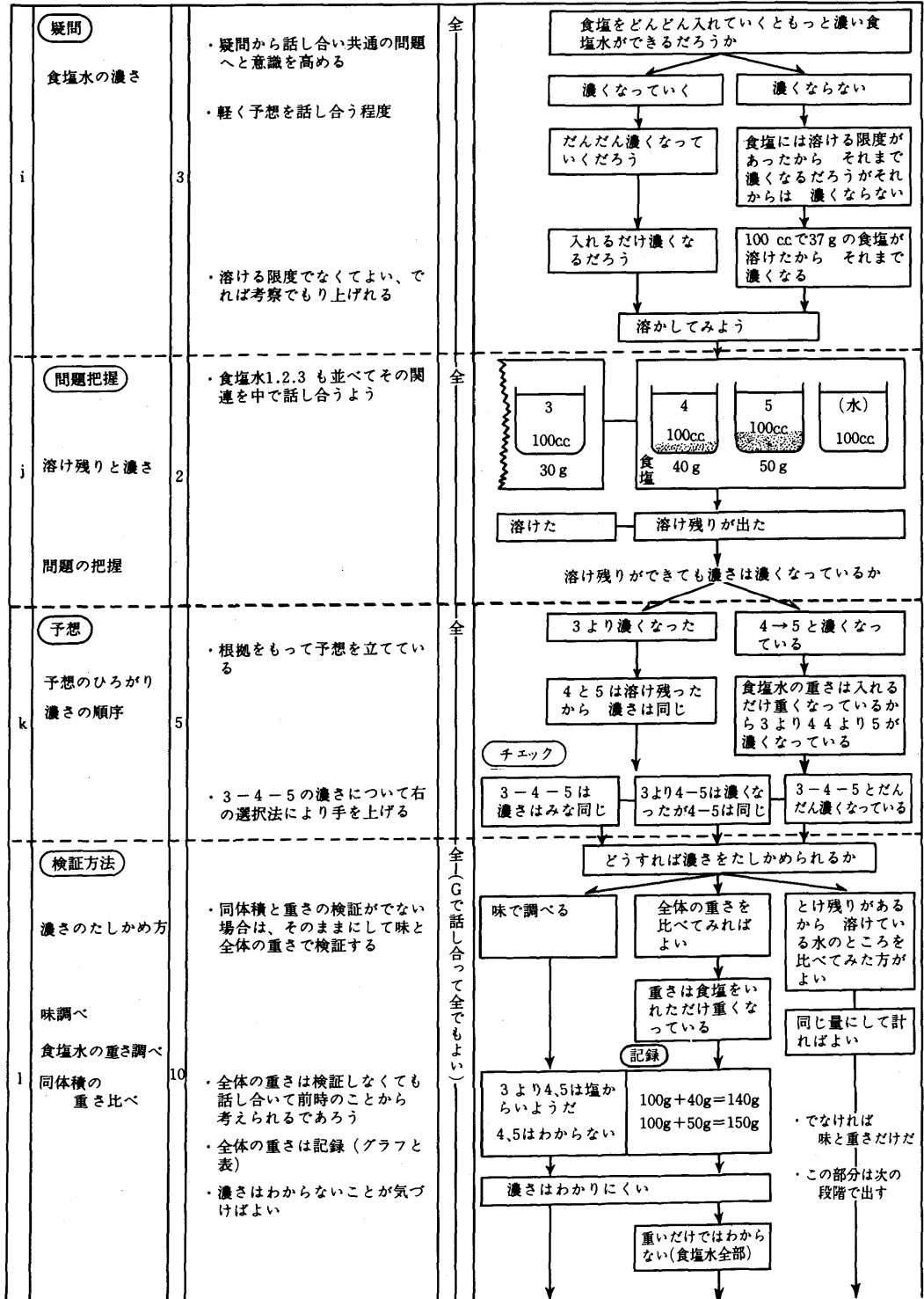


図-3（その4）

	<ul style="list-style-type: none"> ・わかりにくいことから同体積の重さで比べられないかという検証へ追いこむ ・でなければ誘導する 	<p>とけている部分を同じ量だけとって重さを計っては</p>									
<p>検証</p> <p>同体積の重さの計量</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・前時の検証方法が身についているか ・黒板に実験値をかき後、平均値を出す 	<p>前時の検証方法（ヤクルトカップ1杯の重さを計る）</p> <p>実験値は10グループ平均して</p> <p>指示</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>平均値</td> <td>89 g</td> <td>89 g</td> </tr> <tr> <td></td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>	平均値	89 g	89 g					4	5
平均値	89 g	89 g									
	4	5									
<p>考察</p> <p>同体積の重さと濃さ</p> <p>濃さの限度</p> <p>グラフの読み取り</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・結果から自分の考えをまとめさせる。 ・グループで自分の考えを発表する ・話し合いの時期を見てでない場合溶ける限度をだして誘導する ・溶液の限度で学習された10cc 37gの実験値を移転し溶け残り濃さについて考えていけるか ・グラフがでたら提示、それまで見えるところへかかしておく（別にOHPにも用意するとよい） ・グラフから解決の糸口を見つけ出すか 	<p>記録</p> <p>話し合い</p> <p>誘導</p> <p>ヤクルトカップ1杯の食塩水の重さは4,5も同じ重さだった</p> <p>濃さは4,5も変わりがないのだ</p> <p>溶ける限度は100cc-37gだったからそれ以上は溶けないのだ</p>									
<p>濃さの一般化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・グラフから溶ける限度を基にとけた食塩の部分、残った食塩の部分を読みとれるように、話しがでたら図に記入する ・底に残った食塩は濃さに関係ないことを同体積の重さや溶ける限度から総合して説明できるか ・まとめて一般化する 教師中心に 	<p>提示</p> <p>OHP</p> <p>ヤクルトカップ89g - 65g = 24g どちらも同じ重さだから 濃さは同じ</p> <p>その分 食塩がとけ残ったのだ</p> <p>とけ残りは 底にたまっただ</p> <p>とけ残りは濃さに関係がない とける限度まで濃さは濃くなる</p> <p>まとめ</p> <p>B-d C-c C-f</p> <p>◎溶け残りがあっても食塩水の重さや濃さは変わらない</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶ける限度まで濃さは濃くなる ・溶け残りは濃さに関係がない 									
		<p>事後テスト</p>									