

理科教育における体験を通じた問題解決能力の育成 ——第6学年「水溶液の性質」を例に——

Significance of Developing Problem-solving Abilities through Experience in
Science Education: The Case of “Properties of aqueous solutions”

松原 静郎¹・岩間 淳子²

^{1,2} 桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部

(2017年3月18日 受理)

I はじめに

平成20年改訂学習指導要領理科の目標は、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」であり、「問題解決能力の育成」及び自然の事物・現象についての「実感を伴った理解」が示され、実体験を重視したものとなった（文部科学省，2008）。内容は「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を柱とした構成で、「安全性」が一層重視された。また、第6学年で主として育成すべき問題解決能力は、「多面的な見方（平成10年改訂）」から「推論」となり、目標には「燃焼、水溶液、てこ及び電気による現象についての要因や規則性を推論しながら調べ」と記されている。大項目「水溶液の性質」では、「いろいろな水溶液を使い、その性質や金属を変化させる様子を調べ、水溶液の性質や働きについての考えをもつことができるように」し、「水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること」「水溶液には、気体が溶けているものがあること」「水溶液には、金属を変化させるものがあること」を推論しながら学習する。

本研究では、小学校学習指導要領における「水溶液の性質」の変遷及び理科教科書における「水溶液の性質」に関連する内容を調査し、第6学年で育成すべき問題解決能力「推論」の扱いについて分析する。

II 方法

1. 小学校学習指導要領における「水溶液の性質」に関連する領域の内容の変遷

昭和22年試案から平成20年改訂の小学校学習指導要領における「水溶液の性質」に関連する領域の内容の変遷を調査した。
対象：昭和22年試案、昭和27年試案、昭和33年改訂、昭和43年改訂、昭和52年改訂、平成元年改訂、平成10年改訂、平成20年改訂の小学校学習指導要領における「水溶液の性質」に関連する領域の内容。

2. 理科教科書における「水溶液の性質」に関連する領域の内容

対象：
平成27年度版教科書（平成20年改訂、[H27]）
平成23年度版教科書（平成20年改訂、[H23]）
以上、第6学年全社（DN, TS, KR, KS, GT, SK）、計12冊
平成17年度版教科書（平成10年改訂、[H17]）
平成14年度版教科書（平成10年改訂、[H14]）

¹ MATSUBARA Shizuo : Professor, Faculty of Culture and Sport Policy, Toin University of Yokohama. 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan

² IWAMA Junko : Lecturer (part-time), Faculty of Culture and Sport Policy, Toin University of Yokohama

平成 13 年度版教科書(平成元年改訂、[H13])
平成 5 年度版教科書(平成元年改訂、[H05])
昭和 61 年度版教科書(昭和 52 年改訂、[S61])

以上、第 6 学年(DN, TS, KR)、計 15 冊。
昭和 49 年度版教科書(昭和 43 年改訂、[S49])
昭和 43 年度版教科書(昭和 33 年改訂、[S43])
以上、第 5・6 学年(DN, TS, KR)、計 12 冊。全合計 39 冊

調査内容：

「水溶液の性質」に関連する領域の内容
方法：学習指導要領の「内容」「内容の取り扱い」に従い、用語、観察・実験の問いかけ、安全等の記述について調査・分析した。

Ⅲ 結果と考察

1. 小学校学習指導要領における「水溶液の性質」に関連する領域の内容の変遷

表 1 は小学校学習指導要領理科「水溶液の性質」に関連する内容の変遷を示したものである。

小学校学習指導要領昭和 22 年、同 27 年の試案では、水溶液は金属を変化させるものとして扱われ、昭和 22 年試案では「塩水・酸」、昭和 27 年試案では「酸・アルカリ・食塩」に対する金属の性質の違いを学習する内容であった。昭和 33 年改訂では、酸性、アルカリ性、中性の水溶液の性質の他、「中和」についても学習しており、昭和 43 年改訂では、「水溶液と水溶液」「水溶液と金属」の変化について学習し、中和も含まれていた。昭和 52 年改訂の内容は、現行の学習指導要領と同様な 3 項目であったが、平成元年改訂では、3 項目の他に中和を学習していた。平成 10 年改訂により、現行と同様な内容を学習するようになった。平成 20 年改訂学習指導要領の「水溶液の性質」に関する内容の文言は、平成 10 年改訂のものと同様であるが、解説に「本内容は・・・(略)・・・、「粒子」についての基本的な見方や概念を柱とした内容のうちの「粒子の結合」「粒子の保存性」にかかわるものである」と記され、粒子概念の基礎として位置付けられることとなった。

2. 理科教科書における「水溶液の性質」の変遷

表 2 は、昭和 33 年改訂から平成 20 年改訂の小学校学習指導要領に基づく「水溶液の

性質」に関連する小学校理科教科書の内容を比較し、まとめたものである。

表 2 から、液性を示す用語(酸性・アルカリ性・中性)及びリトマス紙の使い方についてはどの年代も教科書に掲載されており、扱われる水溶液は食塩水、炭酸水、酢、水酸化ナトリウムの水溶液、塩酸などであった。

問いかけは出版社による差異が大きい、全体的に見て、「色がどう変わるか調べよう(体験重視的な問いかけ)」が減り、「水よう液には、どのようなちがいがあろうか(思考重視的な問いかけ)」は増えており、第 6 学年で育成すべき問題解決能力である推論に対応した変化と思われる。

具体例として、KR の[S47]と[H27]の「水溶液の性質」で対応する内容を比べてみると(図 1, 2 参照)、液性、実験で使われている水溶液、リトマス紙の使い方の説明など、類似している点が多い。異なる点としては、問いかけに関する、[S47]の「いろいろな水よう液をリトマス紙につけて、色の変わり方を調べよう。」に対して、[H27]は「水よう液は、リトマス紙で、どんな仲間に分けることができるだろうか。」であり、体験重視的な問いかけから思考重視的に、目的意識を持って実験し、推論していくよう配慮した表現になっていた。

安全に関する記述は、[S40]に見られなかったが、[S49]には 3 社全てに見られ(平均 4.7)、その後、記述数は徐々に増え、[H27]には 3 社平均 28.7 と最も多くなった。

3. 理科教科書における「水溶液の性質」

表 3-1~3 は、平成 20 年改訂の小学校学習指導要領に基づく第 6 学年理科教科書「水溶液の性質」の内容を、平成 27 年度版([H27]、新教科書)と平成 23 年度版([H23]、旧教科書)を比較し、まとめたものである。

1) 単元名・ページ数(項目 1、項目 9)

教科書のページ数は、[H27]が 176~216 ページ(平均 200.7 ページ)、[H23]は 172~188 ページ(平均 178.3 ページ)で、全社でページ数が増えていた。

「水溶液の性質」に関連する単元の単元名は「水よう液の性質」「水溶液の性質とはたらき」など、4 社で新旧変わりなかったが、1 社では「水溶液」が「水よう液」に、他の 1 社では「水よう液」が「水溶液」

表1 小学校学習指導要領における「水溶液」に関連する領域の内容の変遷

発行・告示年(西暦)	学年	内容
昭和22年(1947)	6	単元十 金物 3, 湿気の多いところと, 乾いたところとに置いたとき, 水・塩水・酸につけたときについて, いろいろな金物の性質の違いを調べる. そして金物の使い方を考え, 話しあう.
昭和27年(1952)	6	金物はどこからとって, どのように利用しているでしょう 3. 濃度の違う酸・アルカリ・食塩の液をつくり, それに金属を浸して, 薬品に対する強さの違いを比べてみる.
昭和33年(1958)	5	(6) 日常生活に関係の深い燃焼, せっけんのはたらき, 酸性・アルカリ性の物質などの性質を実験により調べ, それらの性質や変化を理解させる. オ 酸性・アルカリ性の物質と, 中和について調べる. (ア) なつみかんのしる・酢・うすい塩酸などは酸味があり, 青色リトマス紙を赤く変えることに気づき, これらのものは酸性であることを知る. (イ) 木灰の上澄み液・アンモニア水・石灰水や, 水酸化ナトリウム・せっけんの水溶液などは赤色リトマス紙を青く変えることに気づき, これらのものは, アルカリ性であることを知る. (ウ) 蒸留水・砂糖水・食塩水などは中性であることを知る. (エ) 水酸化ナトリウムの水溶液と塩酸を適当な割合で混ぜると, 中和して中性になり, その水分を蒸発させると食塩ができることを知る.
	6	(6) 日常用いられる金属や繊維の性質を調べ, 金属や繊維にはいろいろあり, それぞれ特性があることを理解させ, それに応じた扱い方ができるようにする. ア 鉄・銅・アルミニウムなどの性質を調べる. (カ) 鉄を酸性の液に入れたり, アルミニウムを酸性・アルカリ性の液に入れたりすると溶けることに気づき, そのとき出てくる気体が水素であることを知る.
昭和43年(1968)	5	B 物質とエネルギー (1) 水溶液の性質を理解させる. ア 気体のなかにも水に溶ける物があること. イ 水溶液のなかには, 加熱すると溶けている物が蒸発するものがあること. ウ 水に溶かしたり, うすめたりしたとき発熱する物があること. エ 水溶液には, 酸性・アルカリ性・中性の物があること. オ 水溶液には, 電流を通しやすなものがあること.
	6	B 物質とエネルギー (2) 違う種類の水溶液を混ぜ合わせたり, 水溶液に金属を入れたりしたときに起こる変化を理解させる. ア 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせると, 中和して別の物ができること. イ 金属には, 酸性やアルカリ性の水溶液によって変化する物があること. ウ 水溶液によって起こる金属の変化のしかたは, 水溶液の種類や濃さ, 温度と関係すること. エ 違う水溶液を混ぜ合わせても変化の起こらない場合は, もとの水溶液に溶けていた物が混合して溶けていること.
昭和52年(1977)	6	B 物質とエネルギー (1) 水に溶けている物を調べ, 水溶液の性質を理解させる. ア 水溶液には, 気体が溶けているものがあること. イ 水溶液には, 酸性, アルカリ性及び中性のものがあること. ウ 水溶液には, 金属を溶かすものがあること.
平成元年(1989)	6	B 物質とエネルギー (1) いろいろな水溶液を使い, その性質や変化を調べることができるようにする. ア 水溶液には, 酸性, アルカリ性及び中性のものがあること. イ 水溶液には, 気体が溶けているものがあること. ウ 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせると, 別のものができること. エ 水溶液には, 金属を変化させるものがあること.
平成10年(1998)	6	B 物質とエネルギー (1) いろいろな水溶液を使い, その性質や金属を変化させる様子を調べ, 水溶液の性質や働きについての考えをもつようにする. ア 水溶液には, 酸性, アルカリ性及び中性のものがあること. イ 水溶液には, 気体が溶けているものがあること. ウ 水溶液には, 金属を変化させるものがあること.
平成20年(2008)	6	A 物質・エネルギー (2) 水溶液の性質 いろいろな水溶液を使い, その性質や金属を変化させる様子を調べ, 水溶液の性質や働きについての考えをもつことができるようにする. ア 水溶液には, 酸性, アルカリ性及び中性のものがあること. イ 水溶液には, 気体が溶けているものがあること. ウ 水溶液には, 金属を変化させるものがあること.

表2 理科教科書における「水溶液の性質」の変遷

用語	DN										TS										KR													
	H27	H23	H17	H14	H13	H05	S55	S49	S40	S40	H27	H23	H17	H14	H13	H05	S55	S49	S40	S40	H27	H23	H17	H14	H13	H05	S55	S49	S40	S40				
出版年	H27	H23	H17	H14	H13	H05	S55	S49	S40	H27	H23	H17	H14	H13	H05	S55	S49	S40	S40	H27	H23	H17	H14	H13	H05	S55	S49	S40	S40					
学通指導要領 改訂年	H20	H20	H10	H10	H01	H01	S52	S43	S33	H20	H20	H10	H10	H01	H01	S52	S43	S33	S33	H20	H20	H10	H10	H01	H01	S52	S43	S43	S33					
学年	6	6	6	6	6	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	5	6	5	6					
酸性、アルカリ性、 中性(説明)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
実験 実験で扱われている 水溶液(数)	6	9	8	9	9	8	10	8	5	12	5	5	5	4	7	5	10	3	9	2	5	5	3	4	6	7	14	5	11	3				
リトマス紙の使い方	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
水溶液の性質 (酸姓、アルカリ性、 中性)	B	B	A	A	BA	BA	BA	A	—	AB	—	BAB	BAA	A	A	BAB	A	BBB	—	BB	—	B	B	B	B	A	—	AAB	—	AA	—			
水溶液と気体	B	B	A	A	BA	AB	B	BB	—	—	—	BA	A	BA	BA	B	BB	B	—	—	—	B	B	B	B	B	A	—	—	—				
水溶液と金属	BB	BAB	B	A	BB	ABB	BB	—	BB	—	B	BAB	BBB	BAB	BAA	BA	—	BAB	—	B	—	BBB	BB	A	BB	BBB	A	—	AAA	—	A			
水溶液と電流																																		
中和																																		
その他																																		
問いかげ																																		
問いかげの分類 (数)	A	0	1	3	2	3	3	1	5	1	3	0	5	4	4	4	3	6	1	0	8	2	0	0	0	1	2	7	11	2	1			
	B	4	5	1	2	4	8	5	3	9	1	1	5	4	3	3	2	5	5	5	11	3	1	5	4	2	4	5	6	3	2	0	0	
保護眼鏡	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
薬品の危険性(ラベル貼付含む)	7	8	2	5	5	3	3	2	2	0	0	0	9*	9	8	8	5	5	2	2	0	0	0	5*	5	7	7	1	1	0	0	0		
火気(火備など)	5	4	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	6	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4*	3	3	2	1	2	0	0	0	0	
安全																																		
換気	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6*	5	2	2	2	1	0	0	0	0	0	6*	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
器具の扱い、片付け	4	3	1	3	1	2	0	1	0	0	0	0	1*	1	3	2	1	0	0	2	0	0	0	4*	2	0	0	0	0	2	0	0	0	
廃液処理	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1*	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2*	1*	1	1	2	0	0	0	0	0	
計	30	21	7	6	7	5	4	3	2	0	0	32*	24	16	15	9	6	2	4	0	0	0	24**	17*	13	10	10	3	1	3	0	0	0	
単元	18	18	14	12	15	15	15	11	12	8	16	20	18	14	12	14	14	14	14	8	14	6	8	18	16	14	12	12	14	12	13	17	6	12
教科書	上	88	72	50	58	60	68	68	80	80	88	208	176	60	52	54	66	80	90	90	92	84	88	210	172	88	56	52	64	72	88	96	88	92
数	下	88	88	66	50	62	64	72	82	90	84	208	176	64	54	58	58	74	94	84	92	104	88	210	172	56	52	60	72	88	88	88	92	

注)H23:平成23年度版、H14:平成14年度版、H13:平成13年度版、H05:平成5年度版、S55:昭和55年度版、S49:昭和49年度版、S40:昭和40年度版、教科書、DN、TS、KR:出版社名。○:記述有り、×:記述無し、△:定義されていない、説明がない、—:該当しない、問いかげの分類 A:体験重視的 B:思考重視的 *:別単元での扱いを含む

④ 酸性・中性・アルカリ性の液

水よう液のせいしつは、リトマス紙を使っても調べられる。リトマス紙には、赤色と青色のものがあり、この両方のリトマス紙に水よう液をつけると、液のせいしつによって、色の変わり方がちがう。

リトマス紙の使い方

- リトマス紙は、ピンセットを使ってはこから出す。
- ガラスぼうは、調べる液ごとに決めておくが、使うたびによくあらう。
- 調べようとする液をガラスぼうの先につけ、青と赤のリトマス紙につける。

	食塩水	塩酸
赤色リトマス紙	変わらない。	変わらない。
青色リトマス紙	変わらない。	赤色になる。

2. リトマス紙の色の変わり方から、水よう液をまとめてみる。

青色リトマス紙を赤色に変えるもの	
赤色リトマス紙を青色に変えるもの	
赤色リトマス紙も青色リトマス紙も変えないもの	

青色のリトマス紙を赤色に変えるせいしつをもつ水よう液は、酸性であるといい、赤色のリトマス紙を青色に変えるせいしつをもつ水よう液は、アルカリ性であるという。また、どちらのリトマス紙を使っても、その色を変えないような水よう液は、中性であるという。このように、あらゆる水よう液は、酸性のもの、中性のもの、アルカリ性のものに大きく分けることができる。

リトマス紙を使って、くだものや野菜のしる、せっけん水・ほう酸水などのせいしつを調べよう。

図1 昭和49年版小学校理科5年教科書(KR)での記述

1 水よう液の仲間分け

同じように見える水よう液も、リトマス紙という試験紙を使うと、色の変化で区別することができる。

水よう液は、リトマス紙で、どんな仲間に分けることができるのだろうか。

いろいろな水よう液

食塩水 水に食塩がとけている。	炭酸水 飲み物などにふくまれている。
うすい塩酸 トイレ用の液ざいなどにふくまれている。	石灰水 二酸化炭素があるが調べるのに使う。
うすい水酸化ナトリウム水よう液 はいちパイプ用の洗ざいなどにふくまれている。	

たぐさんのデータをまとめることは大切！
ほかにも調べる水よう液があるが、先生と相談して同じように調べよう。

- レモンなどの菓物のしる
- 酢
- しょうゆ(うすめて調べる)
- クエン酸や酢そうの水よう液
- 海水

リトマス紙の使い方

赤色と青色の2種類のリトマス紙の色の変化で、水よう液を仲間分けすることができる。

- リトマス紙をピンセットで取り出す。
- ガラス棒で水よう液をリトマス紙につけて、色の変化を観察する。
- ガラス棒は、1回ごとに水で洗う。

色の手でさわらないのは、すぐに洗う。

実験 ① 水よう液の仲間分け

赤色と青色のリトマス紙のそれぞれに、調べる水よう液をつけて、色の変化を観察する。

使用するもの
・いろいろな水よう液
・試験紙
・試験紙立て
・ガラス棒
・リトマス紙
・ピンセット
・水
・安全眼鏡

安全眼鏡をかけて、かんをしながら実験する。また、水よう液どうしを混ぜ合わせてはいけません。

実験が終わったら、水よう液を決められた容器に集める。

記録しよう それぞれの水よう液で、赤色と青色のリトマス紙が何色になったか、表を使ってわかりやすく記録する。

考察しよう 結果の共通点から、それぞれの水よう液は、どんな仲間に分けることができるか。

図2 平成27年版小学校理科6年(KR)での記述

表3-1 第6学年理科教科書「水溶液の性質」の内容

項目	出版社		DN		TS		KR		KS		GT		SK	
	教科書の出版年	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	
1	単元名	水溶液の性質	H23	水溶液の性質とは	H23	水溶液の性質とは	H27	水溶液の性質とは	H27	水溶液	H23	水溶液の性質	H27	水溶液の性質
	単元のページ数	18	18	20	18	18	18	18	20	18	16	20	14	14
	実験で扱われている水溶液(水を含む)	食塩水、炭酸水、酢、水酸化ナトリウムの水溶液、塩酸、硫酸、水酸化ナトリウムの水溶液、アンモニア水	食塩水、石灰水、アンモニア水、うすい塩酸、うすい塩酸、炭酸水、アンモニア水	食塩水、石灰水、アンモニア水、うすい塩酸、うすい塩酸、炭酸水、アンモニア水	食塩水、石灰水、アンモニア水、うすい塩酸、うすい塩酸、炭酸水、アンモニア水	食塩水、炭酸水、アンモニア水、うすい塩酸、うすい塩酸、炭酸水、アンモニア水	食塩水、炭酸水、アンモニア水、うすい塩酸、うすい塩酸、炭酸水、アンモニア水	食塩水、炭酸水、アンモニア水、うすい塩酸、うすい塩酸、炭酸水、アンモニア水	食塩水、うすい塩酸、うすい塩酸、アンモニア水、炭酸水、石灰水、炭酸水、アンモニア水	食塩水、うすい塩酸、うすい塩酸、アンモニア水、炭酸水、石灰水、炭酸水、アンモニア水	食塩水、うすい塩酸、うすい塩酸、アンモニア水、炭酸水、石灰水、炭酸水、アンモニア水	食塩水、うすい塩酸、うすい塩酸、アンモニア水、炭酸水、石灰水、炭酸水、アンモニア水	うすい塩酸、水酸化ナトリウム、酢、炭酸水、アンモニア水、炭酸水	うすい塩酸、水酸化ナトリウム、酢、炭酸水、アンモニア水、炭酸水
2	掲載数	6	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	8
	参考として挙げられている水溶液	クレンザー、洗剤、シャンプー、アンモニア水	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー	クレンザー、洗剤、シャンプー
	掲載数	5	3	4	4	4	2	2	0	0	7	7	0	0
	問	水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあるか、	水溶液を区別して見ると、水溶液は酸性のものがあるかどうか、	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう
	方法	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A
3	問	水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあるか、	水溶液を区別して見ると、水溶液は酸性のものがあるかどうか、	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう	水溶液のちがいを調べよう
	方法	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A

注)DN, TS, KR, KS, GT, SKは出版社名、H23は平成28年度版、H27は平成29年度版、H27は平成28年度版理科書、問いわけの分類 A:体験重視的、B:思考重視的、ページ数以外の数値:記載数。

表3-2 第6学年理科教科書「水溶液の性質」の内容

項目	出版社	DN		TS		KR		KS		GT		SK		
		H127	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	
4	教科書の出版年	問	水溶液には、気体が溶けているものがあるだろうか、	水溶液には、気体が溶けているものがあるだろうか、	炭酸水には、何が溶けているのだろうか、	炭酸水には、何が溶けているのだろうか、	水を蒸発させて何も出てこない水溶液には、どのようなものが溶けているのだろうか、	水を蒸発させて何も出てこない水溶液には、どのようなものが溶けているのだろうか、	塩酸、アンモニア水、炭酸水は、水蒸発させても何も出てきません。これらの水溶液には、何が溶けているのだろうか、	塩酸、アンモニア水、炭酸水は、水蒸発させても何も出てきません。これらの水溶液には、何が溶けているのだろうか、	炭酸水の中から出てくる気体を、取り出して調べよう、	炭酸水の中から出てくる気体を、取り出して調べよう、	H23	
		方法	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A
4	イ 水溶液には、気体は溶けていないものがあること、	問	二酸化炭素は水にとけるだろうか、	二酸化炭素は水にとけるかを調べよう、	炭酸水から出てくる気体が、二酸化炭素かどうか調べよう、	炭酸水から出てくる気体が、二酸化炭素かどうか調べよう、	炭酸水から出てくる気体が、二酸化炭素かどうか調べよう、	炭酸水から出てくる気体が、二酸化炭素かどうか調べよう、	炭酸水から出てくる気体が、二酸化炭素かどうか調べよう、	炭酸水から出てくる気体が、二酸化炭素かどうか調べよう、	二酸化炭素が溶けている炭酸水を熱すると、何が出てくるだろうか、	二酸化炭素が溶けている炭酸水を熱すると、何が出てくるだろうか、	B	
		方法	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B
5	ウ 水溶液には、金属を変化させるものがあること、	問	塩酸に金属を入れたら、どうなるだろうか、	水溶液には、金属を変化させるものはあるだろうか、	水溶液には、金属を変化させるものはあるだろうか、	うすい塩酸には、金属を変化させるものはあるだろうか、	うすい塩酸には、金属を変化させるものはあるだろうか、	塩酸にとけた金属は、どうなっただろうか、	塩酸にとけた金属は、どうなっただろうか、	塩酸にとけた金属は、どうなっただろうか、	塩酸は金属を溶かすこともできるので、塩酸にとけた金属は、どうなったのだろうか、	うすい塩酸にアルミニウムを入れると、どうなるだろうか、	うすい塩酸にアルミニウムを入れると、どうなるだろうか、	B
		方法	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5	ウ 水溶液には、金属を変化させるものがあること、	問	塩酸にとけたアルミニウムは、液の中にあるだろうか、	塩酸に金属をとけた液を蒸発させてくるのだろうか、	塩酸に金属をとけた液を蒸発させてくるのだろうか、	見えない金属は、どうなったのだろうか、	見えない金属は、どうなったのだろうか、	液から水を蒸発させると、塩酸にとけたアルミニウムが出てくるのだろうか、	液から水を蒸発させると、塩酸にとけたアルミニウムが出てくるのだろうか、	液から水を蒸発させると、塩酸にとけたアルミニウムが出てくるのだろうか、	塩酸にとけたアルミニウムが取り出せるか調べよう、	塩酸にとけたアルミニウムが取り出せるか調べよう、	A	
		方法	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A

注) DN, TS, KR, KS, GT, SKは平成23年度版、H27は平成28年度版理科教科書、問いわけの分類 A:体験重視的、B:思考重視的。

表 3-3-3 第 6 学年理科教科書「水溶液の性質」の内容

項目	出版社		DN		TS		KR		KS		GT		SK	
	出版年		H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23	H27	H23
6	酸性	青色リトマス紙が赤色に変わる。赤色リトマス紙の色は変わらない。	青色リトマス紙が赤くなる。	青色リトマス紙が赤くなる。	青色のリトマス紙が、赤色に変化する。	青色のリトマス紙が赤くなる。	青色のリトマス紙が赤くなる。	青色リトマス紙が赤色に変える。	青色リトマス紙が赤色に変える。	青色リトマス紙が赤色に変える。	青色リトマス紙が赤色に変わる。	青色リトマス紙が赤色に変わる。	青色リトマス紙が赤色に変わる。	青色リトマス紙が赤色に変わる。このように性質のある体より液の中性の液といえます。
		青色、赤色どちらのリトマス紙の色も変わらない。	青色、赤色どちらのリトマス紙の色も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	どちらの色のリトマス紙も変化しない。	塩酸は青色リトマス紙を赤く変えます。このように性質のある水も液を、中性の液といえます。
		青色リトマス紙の色は変わらない。赤色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。	青色リトマス紙が青色に変わる。
7	リトマス紙の使い方	ピペットでリトマス紙をとり出す。	ピペットでリトマス紙をとり出す。	リトマス紙は、ピペットで持つ。	リトマス紙は、ピペットで持つ。	リトマス紙をピペットで取り出す。	リトマス紙をピペットで取り出す。	リトマス紙は、手で直接取り出す。	リトマス紙は、手で直接取り出す。	リトマス紙は、手で直接取り出す。	リトマス紙は、手で直接取り出す。	リトマス紙は、手で直接取り出す。	リトマス紙は手で直接持たないで、ピペットで持つ。	
		ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	ガラスばらを使って調べる水より液をつくる。	白い紙の上にリトマス紙を置き、ガラス棒で水より液をつくり、直接水より液をつくり、直接水より液をつくる。色の変化を見る。
8	安全に関する注意	調べる液を変えるときは、使ったガラスばらを手で洗う。	使ったガラスばらは、調べる液を変えるときに水で洗う。											
		保護眼鏡	10	4	9*	4	3	2	5	2	4	5	7	2
9	教科書のページ数	上	88	210	172	206	188	216	182	176	188	216	176	
		下	88	210	172	206	188	216	182	176	188	216	176	

注)DN, TS, KR, KS, GT, SKは出版社名。H23は平成28年度版理科教科書、ページ数以外の数値:記載数。*:単元外の「器具の使い」などでの記載を含む。

と表記を替えていた。単元のページ数は、[H27]は14～20ページ(平均18.3ページ)、[H23]は14～18ページ(平均16.7ページ)で、4社でページ数が増えていた。

2) 実験(項目2)

実験で扱われる水溶液は、食塩水、炭酸水、酢、塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水などであり、[H27]では5～8種類(平均6.2種類)、[H23]では5～9種類(平均5.7種類)で、1社のみが3種類減っていたが他社は変化がなかった。参考としてクレンザー、漂白剤、ジュースなどを挙げている教科書もあった。

3) 問いかけ(項目3～5)

第6学年で育成すべき問題解決能力は「推論」であり、小学校学習指導要領記載の「ア 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること」「イ 水溶液には、気体が溶けているものがあること」「ウ 水溶液には、金属を変化させるものがあること」をそれぞれ推論しながら学習する。

「ア 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること」に関する問いかけは、「水溶液のちがいを調べよう」という体験重視的な問いかけが新旧共に4社、「水溶液には、どのようなちがいがあのだろうか」という思考重視的な問いかけは新旧共に5社に見られた。

「イ 水溶液には、気体が溶けているものがあること」に関する問いかけは、「炭酸水の中から出てくる気体を、取り出して調べよう」という体験重視的な問いかけが新旧共に3社、「炭酸水には、何がとけているのだろうか」という思考重視的な問いかけは[H27]6社、[H23]5社で1社増えていた。

「ウ 水溶液には、金属を変化させるものがあること」に関する問いかけは、「金属にうすい塩酸を注ぐとどうなるか、調べましょう」という体験重視的な問いかけが[H27]3社、[H23]4社で1社減っており、「塩酸にとけたアルミニウムや鉄は、どうなったのでしょうか」という思考重視的な問いかけは6社であった。問いかけ全体を見ると、新旧共に体験重視的な問いかけが4割、思考重視的な問いかけは6割であった。

次に、それぞれの教科書の巻頭に示された学習方法に関する記述の変化を[H27]と[H23]で比べてみると次のようであった(資料1参照)。**[H23]**のDNとTSにあった「発表

資料1 学習方法に関する記述

DN: 理科の学び方; 「見つけよう→調べよう→まとめよう」のサイクルは[H27]と[H23]に共通、九つの下位項目もほぼ同じであったが、教科書の学び方マークとして、[H23]の「**発表しよう**」が[H27]では無くなり、「**予想しよう**、計画を立てよう、考えよう」が新設された。

TS: [H23]; 理科のせかいに出かけよう! 1ふしぎを見つつけよう、2調べる計画を立てよう、3調べよう、4結果をまとめよう; マークとして「話し合おう、考えよう、整理しよう、**発表しよう**」、[H27]; 理科の世界にとび出そう! ①ふしぎをつかむ、②ふしぎを解き明かす、③学習をふり返る; 各下位項目「①思い出そう、②問題をつかもう、**予想しよう**、計画しよう、考えよう、説明しよう、③たしかめよう」

KR: 学習の進め方; [H23]は1調べることを決める、2計画を立てる、3観察や実験をする、4結果を記録する、5結果から考察する、[H27]は「①見つけよう→②計画しよう→③調べよう→④ふり返ろう→新しい問題」のサイクルで、下位項目「2**予想しよう**、4ひろげよう」など
KS: [H23]; 学習のステップ、[H27]; 学習の順序; (「やってみよう」[H27]のみ)、「はてな?、**予想しよう**、計画しよう、調べよう、結果から考えよう、わかった、学んだことを使おう」は[H27]と[H23]に共通

GT: [H23]; なし、[H27]; 見つけよう、調べよう、まとめよう; 下位項目1問題を見つけれ、2計画する、3**予想する**、4調べる、5記録する、6考察する、7まとめる、8生かす

SK: 学習方法に関するまとまった記述はなし、マークは[H27]と[H23]に共通

しよう」マークが抜け、[H27]にはKRとGTを含め「予想しよう」が入ってきた。結論を導く推論から、実験計画を立てるための推論へと中心が移行したことが考えられる。

4) 用語(項目6)

「酸性」という用語には、「青色リトマス紙を赤色に変える」という性質の説明が新旧共に全社に見られた。「アルカリ性」は、「赤色リトマス紙を青色に変える」、「中性」は「どちらのリトマス紙の色も変えない」という説明が同様に全社に見られた。

5) リトマス紙の使い方(項目7)

「リトマス紙の使い方」については、「リトマス紙はピンセットで持つ」「ガラス棒で、少量の水よう液をリトマス紙につける」

という説明が新旧共に全社に見られた。

6) 安全性に関する記述 (項目 8)

安全性に関する記述数は[H27]が 24~32 (平均 27.7)、[H23]は 13~25 (平均 19.5) で平均 8.2 増えていた。中でも「保護眼鏡」の着用に関する記述は新教科書に多数見られ、[H27]では 3~10 (平均 6.3)、[H23]では 2~5 (平均 3.2) で平均値が倍増していた。「薬品の危険性」については、[H27]が 4~10 (平均 7.4)、[H23] 3~9 (平均 7.0) で平均 0.4 増え、「火気」は、[H27] 3~6 (平均 4.4)、[H23] 3~5 (平均 3.7) で平均 0.7 増えていた。「気体 (換気)」は、[H27] 3~6 (平均 4.5)、[H23] 1~5 (平均 2.5) で平均 2.0 増え、「器具の扱い、片付け」は、[H27] 1~6 (平均 5.5)、[H23] 0~4 (平均 2.2) で平均 3.3 増えていた。「廃液処理」の記述も新旧共に全社で見られ、安全・環境への配慮が一層重視されていた。

IV 結論

「水溶液の性質」の内容は、昭和 52 年改訂の小学校学習指導要領より、現行の学習指導要領にある 3 項目、すなわち、水溶液には「酸性、アルカリ性及び中性のものがあること」、「気体が溶けているものがあること」、「金属を変化させるものがあること」が取り上げられてきた。このうち、「金属を変化させるもの」については昭和 22 年試案の学習指導要領からあり、「酸性、アルカリ性及び中性」については昭和 33 年改訂から、「気体が溶けているもの」は昭和 43 年改訂から一貫して扱われている。一方、「中和」に関する内容は、昭和 33 年改訂、昭和 43 年改訂及び平成元年改訂の各学習指導要領でのみ扱われていた。

昭和 33 年度版からデータのある DN, TS, KR の教科書でみると、教育の現代化に対応した[S49]の単元のページ数は 5、6 年合わせて平均 24.3 ページ、問いかげの数も 5、6 年合わせて平均 21.3 と多いが、体験重視的な問いかげと思考重視的な問いかげは出版社により大きく異なっていた。その後、単元のページ数は減少し、厳選の影響を受けた[H14]が最小となり、平成 15 年の学習指導要領一部改正後に出版された[H17]以降は現行に至るまで増加してきている。

平成 20 年改訂学習指導要領に基づく [H27] と [H23] を比較すると、扱われる水溶液は、食塩水、炭酸水、酢、水酸化ナトリウムの水溶液、塩酸などであり、大きな変化は見られなかった。

また、「問いかげ」に関して、体験重視的な問いかげは 4 割、思考重視的な問いかげは 6 割であったが、中には思考を重視した問いかげと体験を重視した問いかげを併記した教科書もあり、体験を重視しながらも「推論」の育成に配慮する傾向が見られた。

さらに、学習方法に関する記述では、[H23]に見られた「発表しよう」が[H27]にはなくなる一方「予想しよう」が入っており、結論を導く推論から、実験計画を立てるための推論へと中心が移行したと考えられた。

安全に関する記述は、[S40]に見られなかったが、[S49]には調査した 3 社全てに見られ、その後、記述数は徐々に増えていった。[H27]では[H23]に比べて 6 社全社で増えており、保護眼鏡の着用、薬品の危険性、換気及び水溶液の廃棄についての記述が全社に見られ、安全・環境への配慮が一層重要視されたものとなっていた。

【注】

- 1) 「問いかげ」は、松原・岩間 (2014) に基づき、体験を促す問いかげを「体験重視的」、思考を促す問いかげを「思考重視的」とし分類した。
- 2) 単元外に記載がある場合、そのページは単元のページ数に含めないこととした。

【引用文献】

- 松原静郎・岩間淳子 (2014) 理科教育に見る問題解決能力育成の扱い—第 3 学年「電気の通り道」一、日本理科教育学会第 64 回全国大会論文集、334。
- 松原静郎・岩間淳子 (2016) 理科教育に見る問題解決能力育成の扱い—第 6 学年「水溶液の性質」一、日本理科教育学会第 66 回全国大会論文集、345。
- 文部科学省 (2005) 『小学校学習指導要領解説、理科編』、東洋館出版社。
- 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説、理科編』、大日本図書。
- 文部省 (1947) 『学習指導要領試案、理科編』。
- 文部省 (1952) 『学習指導要領試案、理科編』。
- 文部省 (1958, 1968, 1977, 1989, 1998) 『小学校学習指導要領、第 4 節理科』。

- 文部省（1999）『小学校学習指導要領解説、理科編』東洋館出版社。
- 『小学校理科教科書、第5学年』（1965, 1974）、大日本図書。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（1965, 1974, 1993, 2001, 2002, 2005, 2011, 2015）大日本図書。
- 『小学校理科教科書、第5学年』（1965, 1974）、東京書籍。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（1965, 1974, 1993, 2001, 2002, 2005, 2011, 2015）東京書籍。
- 『小学校理科教科書、第5学年』（1965, 1974）、啓林館。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（1965, 1974, 1993, 2001, 2002, 2005, 2011, 2015）、啓林館。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（2001, 2002, 2005, 2011, 2015）、教育出版。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（2001, 2002, 2005, 2011, 2015）、学校図書。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（2001, 2002, 2005, 2011）、信濃教育会出版部。
- 『小学校理科教科書、第6学年』（2015）、信州教育出版社。