

理科の発見学習の設計・実施・評価に関する実証研究（第4報）：単元構成を軸に <小学6年「電磁石」を例として>

著者	水越 敏行, 金沢市理科教育研究グループ物理班, 野村 祐冶, 宮崎 直二, 谷村 修次, 藤井 昭久, 宮下 文夫, 堀田 修
雑誌名	教育工学研究 = Studies in educational technology
巻	1
ページ	21-37
発行年	1976-03-15
URL	http://hdl.handle.net/2297/24929

理科の発見学習の設計・実施・評価に関する 実証研究(第4報) — 単元構成を軸に一

〈小学6年「電磁石」を例として〉

水越敏行*・金沢市理科教育研究グループ物理班**

1 基本的な考え方とその手順

これまでに私たちは、理科の発見学習に関する一連の実証研究を行ってきた。その中で、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、その交差の中で授業目標を見定めてきた。

これら授業目標に対する研究と共に、その目標を受けてそれをどう組織化し、授業の中で達成させるかは大きな問題である。そのためには授業を設計する際、目標と照し合わせた単元レベルでの設計が必要であり、きめ細かな単元構成が組まれるべきである。

いまひとつ単元構成の際にどうしても忘れてはいけぬのは、子供たちの実態の把握である。目標設定の面からの単元構成、子供サイドからの単元構成、の両者をいかに融合するか。つまり、目標分類マトリックスとレディネスをいかに融合させ、効果的な単元構成をするかが、この研究で特にねらったところである。

従来も私たちは子供サイドを忘れていたわけではない。設計段階には必ずレディネステストを行っていた。しかし、既有知識の単なる調査にとどまり、それが充分単元構成に生かされていなかった点を謙虚に反省する。ここで私たちはレディネステストを、単なる前提条件としての内容面にとどまらず、能力面をも含めた広範囲の情報収集、イメージまでに広めたあらゆる

角度からのレディネスと受けとめ、それらを単元構成に生かすべく努力した。以下具体的に研究の手順を述べる。

(1) 題 材

「電磁石」(小学6年) これはいうまでもなく小学校理科のB領域における典型である。また一連の電磁気教材の小学校におけるまとめにもあたり、中学・高校の電磁気分野でとりあつかう中心観念にたしかになつなかりをもつという意味でも、小学校理科の最重点単元の一つである。この単元をとりあげ、レディネスをふまえた単元構成のあり方について研究を進めた。

(2) 対象学級

つぎの二つの学級で一連の実証研究を試みた。

○金沢市立南小立野小学校6年3組 男子17名、女子17名、1975年11月……B校

○金沢市立小坂小学校6年3組 男子19名、女子16名、1975年11月……A校

(3) 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てきたが、特に単元構成に重点をおき評価面でも単元構成にスポットをあてた視点をもち研究を進めた。

(A) 設計段階

- ①領域レベルでの目標マトリックス、②単元レベルでの目標マトリックス、③レディネステストの洗い出し、④レディネステストの実

* 現職 大阪大学人間科学部 助教授

** 野村 祐 治(石川県教育センター)

宮崎 直 二(金沢市南小立野小)

谷村 修 次(金沢大学附属小)

藤井 昭 久(金沢市小坂小)

宮下 文 夫(金沢大学附属小)

堀田 修(金沢市小立野小)

表3 学習目標と行動目標の設定

目標番号	学習場面	学習目標	行動目標
I-1-(1),(2)	電流の方向と磁場	・電流が通っている導線の周りに磁力がはたらくことを理解する	1. 磁針のふれから、磁針の周りに磁力があることを予想する 2. 導線が磁石になっているならばという仮定にたつて鉄粉や細い針金のつき方をみる 3. 導線が磁石になっていないという事実をふまえて導線のまわりにおいた針金の動き方をみる 4. 電流の流れる方向の違いによる磁針の動きを調べるための実験の構成をする 5. 電流の流れている導線のまわりに磁力がはたらくしていることを知る
I-1-(3)	コイルと磁力	・導線をコイルにすると磁力が強くなることを観点をもって調べる	1. 磁力を強くする方法を工夫する 2. 導線を方位針のよこにまいたものと、上下にまいたもので方位針の変化のしかたを知る 3. 電流の方向と磁力の方向とから関係づけて説明する
I-2-(3)	コイルの性質と磁力	・導線の巻き数を多くすると磁力が強くなることを理解する	1. 巻き数を多くするほど方位針のふれが大きくなる事実を確かに知る 2. 巻き数と磁力の量と関係づけて説明する 3. 導線の巻き数と方位針のふれを確かめる
I-2-(1),(2)	コイルの性質と磁力	・電流量を多くすると方位針のふれが大きくなることを明らかにする	1. 必要器具を入れた回路をつくることができる 2. 電流量の違いによる方位針のふれを確かめる 3. 導線の長さをかえて方位針のふれを確かめる 4. 導線の太さをかえて方位針のふれを確かめる
II-1-(1),(2),(3)	鉄芯とその効果	・コイルの中に入れた鉄芯はコイルの磁力によって磁化されることを調べる	1. コイルの中にいろいろな金属をいれて磁化されるもの、されないものを見つける 2. 硬鉄のものは永久磁石になることを確かめる 3. 軟鉄のものは電流が流れた時だけ磁化されることを硬鉄と比較して確かめる 4. コイルの中に入れる鉄芯の太さ長さをかえた時の磁力の強さを調べる 5. コイルに流れる電流の量が多いほど鉄芯は強い磁石になることを比較する
I-3-(1),(2)	電磁石の性質	・電磁石は電流の方向、コイルの巻き方によって極が変わることを、実験しながらきまりを理解する	1. コイルの巻き方をかえると、磁石の極が変わることを実験を通し、さらに一本の導線の場合と関連づけて説明する 2. 電池の向きによって電磁石の極が変わることを電流の向きと結びつける
II-2-(1),(2),(3)	電磁石の性質	・電磁石と永久磁石との共通点相違点を一方をもとにして比較する	1. 共通点、相違点を検討する

下位概念に、さらに上位概念としてまとめた。

以上は、「内容構造」についてであるが、「科学的技能」においても、内容構造の作成順序と同様に行なった。

② 重点目標（●印）のつけ方

内容構造と科学的技能面から全体を見通しさらに、指導形態をも考え重点目標を位置づけた。

③ 学習目標と行動目標

「こんな授業が私の経験からしたい」「ここを児童の実態から強調したい」……など討議し、目標分類のマトリックスの内容構造の「下位概念と要素」から学習目標を、同様にしてマトリックスの科学的技能の具体から行動目標を設定した。（表3）

3 レディネステストと単元構成

先に目標マトリックスをもとに学習目標や行動目標を設定し、一応授業内容の骨格はできあがった。しかし、それは指導者側のものであって、授業を受ける子どもの側から吟味されていない。そこで、子どもたちにこの単元内容を受け入れるだけのレディネスがあるかどうかをチェックするため、三つの観点を設け、レディネステストを行った。

- ・レディネスA（前提条件）
- ・レディネスB（意識、イメージ）
- ・レディネスC（学び方、見通し）

つぎに三つのレディネステストと結果についてみていくことにする。

表4 「6年 電磁石」レディネスA

下位概念	学 年		1	2	3	4	5	キーワード	記号
	要素								
I-1 電流と磁場	1	電流の方向		・回路と電流を通すもの	・回路	・回路 ・電流の流れ方		・回路 ・電流の方向	a b
	2	磁 場	・磁力と距離		・磁力線 (方向・範囲)	・電流の流れ方		(磁場の 図示)	c
	③	コイルと 磁力 電流の強さ							
I-2 コイルの性質と 磁力の強さ	4	と磁力			・電流の強さと明るさ	・電流の強さと明るさ ・電流の流れ方	・ニクロム線の太さと電流の量	・電流の強さ	d
	5	コードの太 さと磁力 まき数と					・ニクロム線の太さと電流の量		
	⑥	磁力 電流の向き							
I-3 コイルの性質と 磁力の向き	⑦	と極							
	⑧	まき方と極							
II-1 鉄芯とその効果	9	磁化の有無	・磁石につくものつかないもの		・磁石につくものつかないもの			・磁石になるもの	e
	10	鉄芯の磁化	・磁力を通すもの		・鉄の磁化				
	⑪	鉄芯と磁力							
II-2 電磁石の性質	12	電磁石と 永久磁石 電磁石と	・磁石の部分の強さ		・NS極 ・引斥力			(磁石の 性質)	f
	⑬	電流							
	14	電磁石と極			・NS極			・N極S極	f

表8 レディネスAテスト結果表

解 答		A校	B校	C校	解 答		A校	B校	C校	
a	① 並列つなぎ	19%	15%	40%	d	① 太いほど電流が多く流れる	43%	21%	49%	
	② 直列つなぎ	70	82	46		② 誤 答	57	67	43	
	③ 解答なし	11	3	14		③ 解答なし	0	12	8	
1-1				5-2						
b	① たがいに反対にふれる	14	39	11	e	① 正 解	62	43	73	
	② 片方だけNSが反対になる	59	18	24		② 誤 答 (アルミ、銅)	38	57	24	
	③ 誤 答	6	28	35		③ 解答なし	0	0	3	
2-1				6-1						
b	① 電流の流れる方向がちがう	73	46	35	e	① 正 解	60	52	81	
	② 電流にもNSがある	0	21	6		② 誤 答 (アルミ、銅)	35	42	8	
	③ 誤 答	3	3	29		③ 解答なし	5	6	11	
	④ 解答なし	24	30	30		6-2				
2-2				f	① 引き合っくつつく	95	100	76		
c	①	正 解	79	73	73	7-1	② 誤 答	5	0	19
		誤 答	2	6	16		③ 解答なし	0	0	5
		解答なし	19	21	11		f	① しりぞけ合う	95	100
	②	正 解			70	7-2	② 誤 答	5	0	19
		誤 答			19		③ 解答なし	0	0	5
		解答なし			11		1. 各項目の上段が正解である 2. 人数は A校 37名 B校 33名 C校 37名である			
③	正 解			49						
	誤 答			41						
	解答なし			10						
d	① ②が強くふれる	54	31	30						
4-1	② 誤 答	22	51	27						
	③ 解答なし	24	18	43						
	d	① ②の方が電流が強い	68	43	30					
4-2	② 誤 答	5	36	27						
	③ 解答なし	27	21	43						
	d	① 正 解	43	70	49					
5-1	② 誤 答	57	30	43						
	③ 解答なし	0	0	8						

している。

(3-1)・磁力の現象のつかみかたが不十分である。

(4-1.2)・電流量と磁針のふれの関係はほぼつかんでいるが磁針のふれる方向がやゝ

あまい。

(5-1.2)・電流量と発熱量との関係はほぼつかんでいる。

・発熱現象を導線の抵抗としてとらえた児童もあった。

- (6-1)・磁石につくものを金属としてとらえている児童が多い。
- (6-2)・磁石になるものとのとらえ方はほぼ完全である。
- (7-1.2)・磁石の引付関係は完全につかんでいる。
- ② レディネスB（意識，イメージ）
- (1) 電磁石のことはほとんど知っている
- (2,3,4) 電磁石をどのように知っているかを調べたが、ばく然と電気+磁石ということばの上での意識であり、電気と磁石を混同している児童が多い。
- (5) 電磁石の製作の経験はほとんどない。
- (6) 磁針のふれを電流からとらえて考えている児童がすくない。
- (7) 電流が光や熱に変化しているというエネルギー転換の見方がすこしできている。
- ③ レディネスC（学び方，見通し）
- 1 回路の作成，(A)の入れかたが不十分である。
- 2 条件規制については、だいたい考えられる。
- 3 見通しをもっておよその仮説をたてられる。
- ④ 全体考察
- レディネステストA，B，Cの結果，全体的に電磁気教材の既習の定着が弱い。
- 理由として、女兒に多いが実験を一人一人手がけていないためのミスがめだつた。
- 電流の方向の面から回路を考えることはできる。
- 磁石の性質やはたらきは、正確にとらえている。
- 電磁石をイメージとして正しくとらえている。
- 学習パターンを個人個人で身につけている児童が多い。
- 電磁気教材は男女差が多いことがはっきりしたが、どこでそれをうめるかが問題となる。

る。

以上をもとにして、わたしたちは単元構成の再編成の仕事にとりかかった。

4 単元構成

電磁石教材の流し方として普通、二通りの方法が考えられる。一つは先行経験を生かした一本の導線から入り、磁場の概念を基にして電磁石の性質を理解させる論理追求を主軸とした帰納的手法と、いま一つは興味関心を生かした電磁石から入る現象追求を主軸とした演積的手法とがある。

しかし先のレディネステストにおける全体考察にも述べたように、全体的に既習の定着が弱く断片的な知識の羅列という結果から、私たちはこの際前者の手法をとるべきだと考えた。

従って、単元構成においては、第1次に導線のまわりの磁力をとりあげることにした。ここでは既習の学習内容をも含めたきめ細かな構成にし、制御をきかした学習展開の中から、磁力についての概念を定着させる。

すなわち、第1次の段階では最終的には、電流の流れている導線のまわりに磁力が生ずることをつかませるのがねらいである。

そのために、私たちは、導線に平行においた方位針の振れる現象を子どもに見せ、導線に電流が流れると方位針が振れ、その振れ方には、きまりがあるということから、導線のまわりに磁力ができることへの理解にせまる方法を採用した。

そのことは、二次の扱いである。1本の導線からコイルへの考え方や、四次で扱う極のでき方を発見させる学習展開への足場になると考えるからである。(表9)

5 学習計画の設定

単元構成を土台として現象の観察、予想、仮説、実験などを通して、認知、理解してほしい内容が深められるよう適確に設定しなければな

表9 単元構成

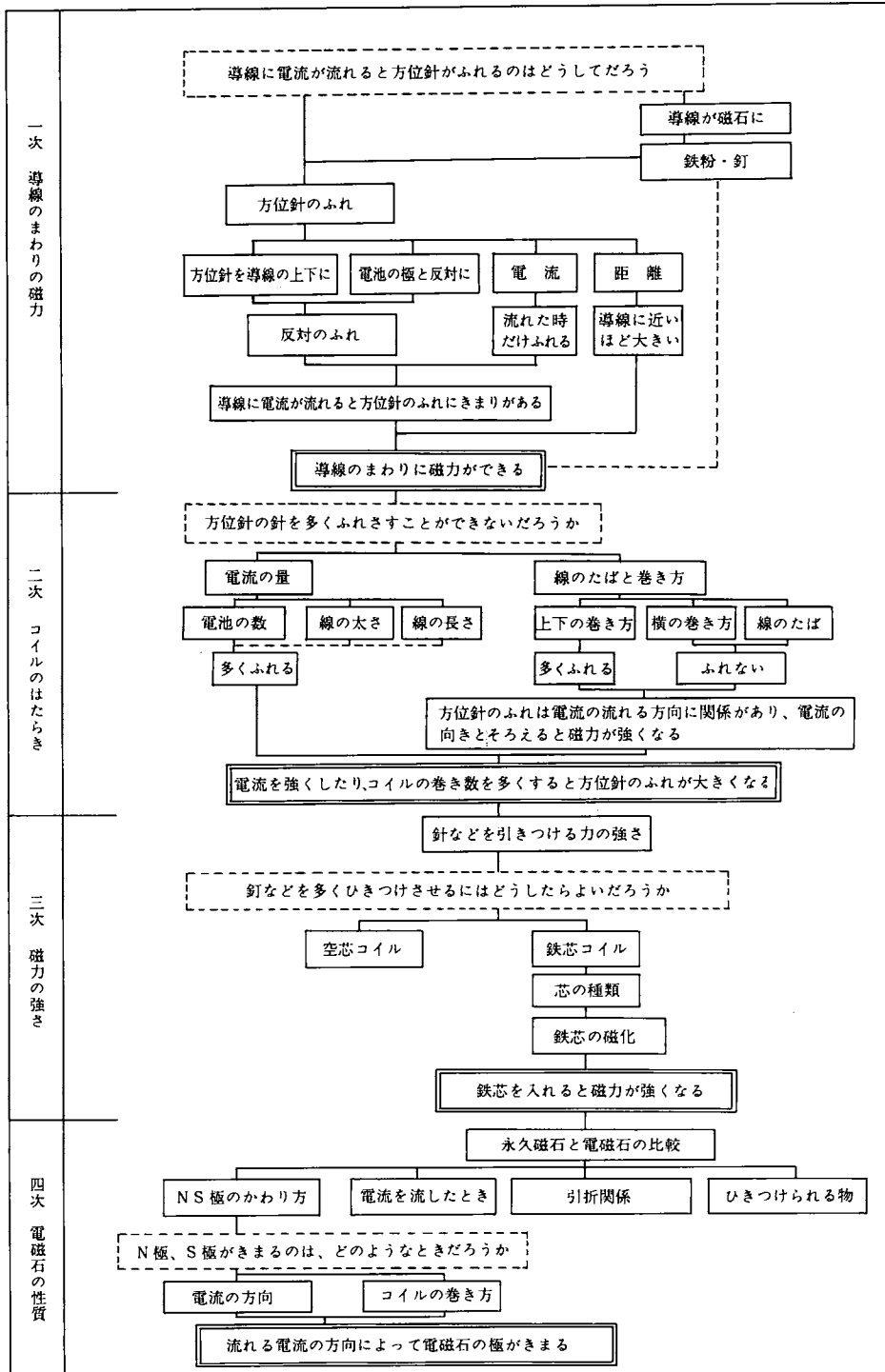


表11 事中テスト(1)

No.1	小学校	6年組	
------	-----	-----	--

問1
(1-1)導線に矢印のように電流を通しました。方位磁石の振れる方向を矢印で表わしなさい。

(1-2)矢印を書いたわけをいいなさい。

問2 (2-1)
次の図のように導線と方位磁石を紙の上におきました。矢印の方向に電流を通すと方位磁石はどんな動きをするか図に書きなさい。

(2-2)方位磁石の方向を書いたわけをいいなさい

表12 事中テスト(2)

No.2	小学校	6年組	
------	-----	-----	--

問3 (3-1)
図のような回路の導線の上に方位磁石をおきました。スイッチを入れたら方位磁石はどうなるでしょうか。①と②のふれ方のちがいを書きなさい。

(3-2)①と②のふれのちがいを書きなさい。

問4 (4-1)
次の図の①と②では方位磁石のふれはどうなりますか。

(4-2)それぞれのわけを書きなさい。

①

②

表13 事中テスト(3)

No.3	小学校	6年組	
------	-----	-----	--

問5 次の図のように方位磁石をおきました。

(5-1)①と②ではどちらの方位磁石の針が大きくふれますか。

(5-2)②のような電磁石を作る時しんにどんな金ぞくをいれればよいですか。

(5-3)①と②ではどちらが多く鉄粉をひきつけますか。

(5-4)鉄粉を多くひきつけるわけをかきなさい。

表14 事中テスト(4)

No.4	小学校	6年組	
------	-----	-----	--

問6 (6-1)
次の表に永久磁石だけについていえること、電磁石だけについていえること、両方についていえることを書きなさい。

永久磁石だけのこと	電磁石だけのこと	両方に共通していること

問7 (7-1)
電磁石のはしに方位磁石をおき、導線に電流を通すとどうなるでしょうか。○の中に書きなさい。

(7-2)方位磁石のふれ方を逆にする方法を二つかきなさい。

7 授業設計へのフィードバック

(1) フィードバック情報としての評価

先に、単元構成への基本的な考え方を述べたが、評価結果からもわかるように、電流の方向、導線の位置、方位針の振れる方向の三者の関係が実験を通して確実に定着されていない。導線のまわりにはたらく磁力がどの程度立体的に把握されるかを、学習の転移力を測る形式の問題によってテストした場合では、かなり結果が悪く、第1次の学習の中で、磁力の空間的なとらえ方が弱いことをはっきり表している。子どもたちは、電流の方向による方位針の振れを、導線のまわりにはたらく磁力との関係から充分にとらえていない。目に見えない磁力のはたらきを的確に把握させる指導法の工夫が必要であると考える。

評価結果(表15 評価番号2-1)を見ると、磁力の空間的なとらえ方のできるものが、A校では20%、B校では41%という低率であることから、上記の指導には、何らかの手だてが必要で

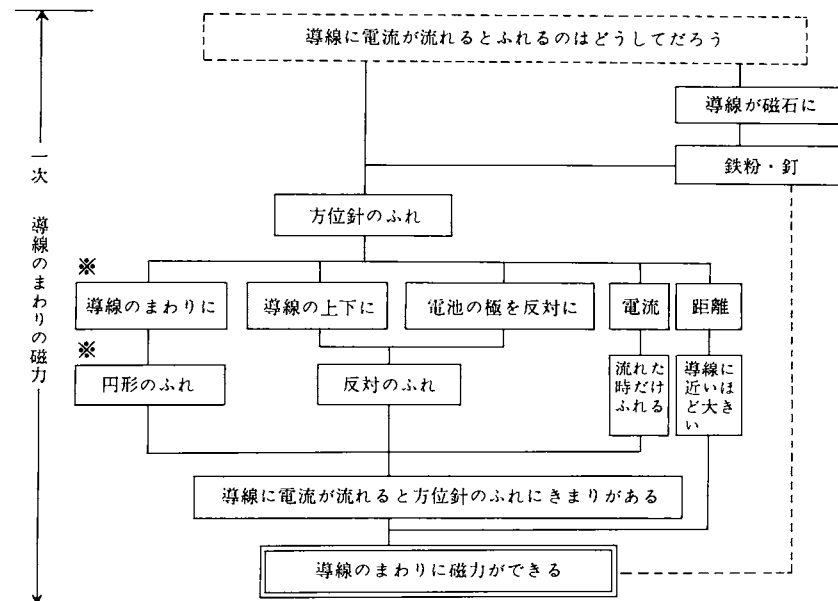
あることがわかる。そこで、モデルによる指導や個別指導を加えて、その理解を高めようと試みた。その結果、二次の扱いである1本の導線からコイルへの考え方(表15評価番号4-1,2)で、ほぼ90%に達する定着度を見た。このような実例から考えても、当初の単元構成に対しては、ある程度の部分修正が望ましい。

部分的な授業細案段階での修正箇所はいくつかあるが、ここでは、単元構成レベルでの部分修正案を記すことにした。

当所の単元構成で、とくに一次の扱いで、電流の方位針のふれの関係を生動的な見方からとらえさせていたので、方位針の振れのきまりも平面的なきまりとしてとらえ、導線のまわりにはたらく磁力の立体的な見方ができにくかった。

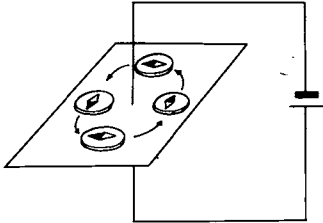
そこで、修正案では、方位針のふれを見る段階に、導線のまわりに目を向ける実験をも採り入れた巾びろい見方をさせることにより、方位針の振れのきまりを立体的に受けとめさせることができる(表16中の※印)。

表16 単元構成(修正部分-表9参照)



そのことによって、導線のまわりの磁界の理解を容易にさせるものと考えられる。

具体的には下図のような実験をもとり入れたり、導線のまわりにつく鉄粉のようすを観察させることを意味する。



付 記

本報は「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）」（金沢大学教育学部紀要第24号（1975）P.47に引続くものである。

今回は、単元構成にスポットを当てた研究であったが、そのことを通じて他の段階でも、種々の成果や問題点があった。今後、それらの面にも目を向けて研究を進めたいと思う。

なお、今回の実証研究にあたって、多くの方々のご協力に心からの謝意を表したい。

また報文作成にあたり、ご助力を頂いた金沢大学山崎豊教授にお礼申し上げます。

本研究は金沢大学教育学部教育工学センターのプロジェクト研究の一つとして実施された。

参 考 文 献

- 水越敏行・金沢市理科教育研究グループ：「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）金沢大学教育学部教育研究第7号（1974）
- 水越敏行・山崎豊・金沢市理科教育研究グループ：「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）金沢大学教育学部紀要第24号（1975）
- 山崎豊・水越敏行編著：「理科教育の構造・過程・評価」黎明書房（1973）
- 水越敏行著：「発見学習の研究」明治図書（1975）