

## 昭和55年度理科学習調査(プロジェクト研究)

## 昭和55年度理科学習調査（プロジェクト研究）

- |                    |         |
|--------------------|---------|
| 1. 生物分野（細胞レベル）     | 貝 沼 喜 兵 |
| 2. 物理分野（原子物理）      | 大 道 明   |
| 3. 化学分野（酸・塩基，酸化還元） | 大 谷 悦 久 |

## 生 物 学 習 調 査

貝 沼 喜 兵

### 1. 調査のねらい

現在の生物Ⅰの指導内容は、細胞の構造と機能，恒常性の維持，生命の連続性であり，Ⅱでは，生命現象と分子，生態，進化であり，合せて6単元構成である。

生物ⅠとⅡの本校で実施しているカリキュラムを改善検討するためにそれぞれの単元の分野別理解度の調査をはじめた。

今回は，第1回目として「細胞の構造と機能」を50問にし，高校3年生（160名）を対象にして調査した。調査実施期日は，昭和55年1月であった。

問題の正答率の変化を，正答率の高いもの（1位から10位）と低いもの（41位から50位）に分け，それぞれを次の2点でチェックした。

- (1) 生物Ⅱ選択者と化学Ⅱ選択者との間で有意差があるかどうか。
- (2) 実験の実施の有無と関連があるかどうか。

### 2. 調査方法

(1) 問題文 50問の問題文は，紙数の都合で正答率上位5問（1～5位）と下位5問（46～50位）を次に示した（ただし化学選択者の）。《別紙問題文参照》

### 3. 調査結果

正答率順位表その1～2に結果の一部を示した。調査に参加したのは化学Ⅱ選択者110名，生物Ⅱ選択者45名計155名であった。《その1～2》

表のその2で，関連性の項目に○印のあるものは，化学Ⅱ選択者もこの問題で正答率が高く，かつ，その順位はその数字の通りであったことを示している。例えば，生物Ⅱ選択者の1位は，問題番号5で正答率98%であったが，化学選択者も高く，順位は1位で生物Ⅰで実験を実施した

項目（○印あり）であったことを示す。

正答率の最も低い50位は、問題番号39で正答率11%，これは化学Ⅱ選択者も50位で、これは実験を実施していない項目（×印あり）であることを示している。

#### 4. 結果の分析

調査結果のその1～2の通り、正答率の変化は化学Ⅱ選択者と生物Ⅱ選択者では有意差はほとんどなかった。

このことは、生物Ⅰで学習した内容について限定し、生物Ⅱ選択者が有利になるような問題をあまり含んでいないことを示している。

正答率の変化と実験の有無との関連は、実験を実施したもの、あるいは直接実施しなくても実験項目と関連づけて理解しやすいものは正答率が高いと考えられる。

逆に、正答率の低いものは、実験の実施していないもの、内容がむずかしく理解しにくいもの、特殊な知識を問う形式の問題などであった。

このような、結果から、カリキュラムを変更する場合は、実験の導入の可能なもの、できないものは、スライド、16 m/mの映画などを見せて、確実に理解させることが重要であることを示している。

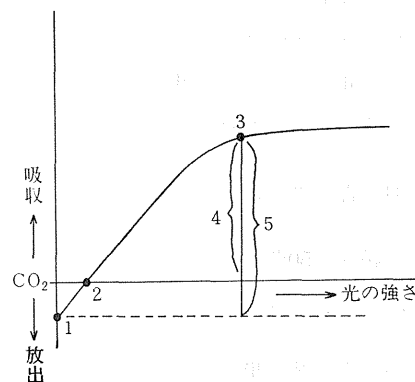
#### 〈正答率の高い問題〉

1位 5. 葉緑体のはたらきは何ですか。

1. 酸素呼吸    ②. 光合成    3. 窒素同化    4. タンパク質合成  
5. 物質の出入りの調節

2位 26. 右図で、補償点は何ですか。

1.    ②.    3.    4.    5.



3位 24. 緑植物の光合成の役割は何ですか。

- ① 生産者。    2. 消費者。    3. 分解者。    4. 酸素の生産。

4位 10. 植物の体細胞分裂は、どこでよく観察されますか。

1. 葉    2. 茎    3. 根    ④ 根、茎の成長点と茎の形成層    5. 花

5位 15. 基質特異性とは何ですか。

1. 酵素は、いろいろな基質と結合する。
2. 酵素は、あるグループの基質と結合する。 ③ 酵素は特定の基質と結合する。
4. ある酵素群が特定の基質と結合すること。 5. 酵素が基質と結合しないこと。

〈正答率の低い問題〉

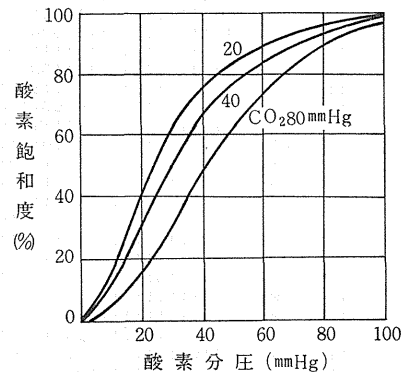
46位 34. プチアリンとは何ですか。

1. すい液リパーゼ。 ② だ液アミラーゼ。 3. ペプチダーゼ。
4. マルターゼ。 5. すい液アミラーゼ。

47位 48. 肺胞と組織における  $O_2$  および  $CO_2$  の分圧が次の表のようであった時、組織細胞に  $O_2$  を与えたヘモグロビンの割合は次のどれですか。

	分 圧 mmHg	
	肺 胞	組 織
$O_2$	100	30
$CO_2$	40	80

1. 25% 2. 35% 3. 45%
4. 55% ⑤ 65%



48位 46. TCA回路の役割は何ですか。

1. ブドウ糖をピルビン酸に分解する。 2. 活性酢酸を脱炭酸する。
3. 活性酢酸を脱水素する。 ④ 活性酢酸を脱水素、脱炭酸する。
5. 活性酢酸からATPをとりだす。

49位 28. 明反応でつくられる物質は何ですか。

1. ブドウ糖。 2. 水と酸素。 3. ATPとNADPH<sub>2</sub>
- ④ ATP・NADPH<sub>2</sub>・酸素。 5. ATPと酸素。

50位 39. 尿量を調節している主なホルモンは何ですか。

1. インシュリン。 2. チロキシン。 ③ バソプレシン。
4. 無機質コルチコイド。 5. パラトルモン。

ただし、1～5位、46～50位は正答率の順位を示す。次の数字は1～50問の番号である。

\*\*\* S-P TABLE \*\*\*

PROBLEM NUMBER

221211 2 12 2511 144234 114344 12 4343334' 2342333

51654047062719068972330183942573154650617822498839

	NUMBER		CA	% AT	C.S.
11	309	1111111111101111111111111111011111111110100101001	41	82	0.40
11	301	11111011111111111010110111111111111111101111110110000	38	76	0.50
11	311	11111101101111111010110111111111111111100111110110000	37	74	0.60
11	428	111111111111111111111111111101011110101111000001010	36	72	0.25
11	323	11111111111101111111111111110101111101001001010101000	36	72	0.31
11	30	1111111111110110110111111111111110010110001010001000	34	68	0.28
11	410	1111111011111111111111111001111111000010101000000110	34	68	0.34
11	331	11111111111101111111110110011101101011100011110000	34	68	0.40
11	420	1111111111110111111111111111000000110100101000000	33	66	0.21
11	341	1111011111111011011010101110101101011011010100100	33	66	0.54
11	421	1111111111010111111111111100001011010010100000	32	64	0.26
11	430	1111111111111100111010111001111110001001100000100	32	64	0.31
11	314	1111111111110101000111011111001000011001111100100	32	64	0.58
11	324	11111011111110111101111111110000110010001100101000	31	62	0.41
11	304	11111111111111111001010101101010110001000100011001	31	62	0.42
11	405	11110111111111111111110011000000111010100100010100	30	60	0.42
11	424	111111111111101001110001010011111111001001100000100	30	60	0.52
11	325	11111111010111111101001101011010010001001001110001	30	60	0.52
11	414	001111111111101110101111111010000101101101011000000	30	60	0.54
11	412	1111111111011111011000111111111000010111010000000000	29	58	0.30
11	332	11111111010111111100111111011001001011000101000000	29	58	0.35
11	335	11111111111101111110010000101100110010001000101000	29	58	0.36
11	415	11111111111100111110101011001010010110100101010000	29	58	0.40
11	408	11011111111111101011111110000101100100000001001010	29	58	0.40
11	305	111111111111010111111000010010111100010100000100	29	58	0.42
11	427	11101101110001101101111111001100010111011001001000	29	58	0.70
11	407	11011111111111111010101111000000100011000000001110	28	56	0.47
11	406	11111111111111011010101111100000010001010000000	27	54	0.21
11	417	1111111111111101110111000010010010101010000100000	27	54	0.25
11	340	111011111111011111110101000000101100001000101010	27	54	0.47
11		1111111111111110100011000101000100100100110000100100	26	52	0.38
11	303	1111111111110101110000100010110010010100010000000	25	50	0.32
11	339	1111111101110111110010010000010100100000010001011	24	48	0.51
1	426	11111110001011001111000100011101100001100000011000	24	48	0.60
11	438	1111111010010110001001000010010110101100101110000	24	48	0.68
11	425	11111111011000010101000001010010101010000111100100	24	48	0.70
11	322	111111110001110110101111000011000000100100100000000	22	44	0.35
11	433	11101101110110111110101010000010000000110001000000	22	44	0.38
11	315	1111100101111100000001111000010000001110001000000	21	42	0.50
11	336	111100011011000100010000001111001000001010110101	21	42	0.81
11	434	11111110100111000100000101100001000000000010010110	20	40	0.55
11	326	11111111111111010110000010100000000000000000000000	19	38	0.66
21	429	111001010011111110001011000001110001000000000000010	19	38	0.53
11	320	100101010100100100100110000000000000000000000000001	12	24	0.56
			CA	% AT	C.S.

CA

44443333333333222222222222222222111111111111111  
3210998876444211887666554322100099877776665432285

%

99998888887777776665555555554444443333333332211  
85319966427773004419999775200855533199996664207781

ATT

[illegible]

C.P

[illegible]

3

00002210020102111211120002100022002010102011100002

TOTAL MEAN 56.8%

	MEAN	SD	ATT. MEAN
STUDENT	28.4	5.8	0.43
PROBLEM	25.0	9.6	0.66

$$D^* = 0.60$$

正答率順位表 その1 化学Ⅱ選択者(110名)

正答率順位	問題番号	問 題 項 目	正答者数	正答率
1	5	葉緑体のはたらき	101	91
2	26	補償点とは?	95	86
3	24	光合成の役割	92	83
4	10	植物の細胞分裂のおこるところ	90	81
5	15	基質特異性	90	81
6	21	マメ科植物と共生する根粒細菌	87	78
7	14	酵素の最適温度	84	76
8	20	独立栄養細胞	83	75
9	18	半透膜	81	73
10	13	酵素反応の特徴	76	68
11	27	真の光合成	76	68
41	22	A T P の役割	33	30
42	38	腎臓における1日のろ過量	32	29
43	37	糸球体でろ過されない成分	29	26
44	43	呼吸の役割	28	25
45	33	光合成細菌とは?	27	24
46	34	プチアリンとは?	25	22
47	48	酸素ヘモグロビン解離曲線の読み取り	23	21
48	46	T C A 回路の役割	23	21
49	28	明反応でつくられる物質	21	19
50	29	尿量を調節するホルモン	15	14

正答率順位表 その2 生物Ⅱ選択者(44名)

正答率順位	問題番号	問 題 項 目	正答者数	正答率	関連性	実験の有無
1	5	葉緑体のはたらき	43	98	○1	○
2	21	マメ科植物と共生する根粒細菌	42	95	○6	×
3	26	補償点とは?	41	93	○2	○
4	15	基質特異性	40	91	○5	○
5	24	光合成の役割	39	89	○3	○
6	10	植物の細胞分裂のおこる場所	39	89	○4	×
7	14	酵素の最適温度	38	86	○7	○
8	7	植物細胞特有の構造	38	86	×	
9	20	独立栄養細胞	37	84	○8	
10	6	ミトコンドリアのはたらき	36	82		○
41	37	糸球体でろ過されない成分	16	36	▲43	×
42	48	酸素ヘモグロビン解離曲線の読みとり	16	36	△37	×
43	2	タマネギの表皮細胞の大きさ	16	36	×	×
44	22	A T P の役割	15	34	▲41	×
45	34	プチアリンとは?	14	32	△46	×
46	49	CO <sub>2</sub> を運搬する血液成分	13	30	×	×
47	28	明反応でつくられる物質	12	27	▲49	○
48	38	腎臓における1日のろ過量	12	27	▲42	×
49	33	光合成細菌とは?	8	18	▲45	×
50	39	尿量を調節するホルモン	5	11	△50	×

(ただし○▲印関連性あり, ×なし)

# 物 理 学 習 調 査

大 道 明

今回の調査は原子物理に関連する事項である。この分野は抽象的で高度の内容を含むため、調査問題作成に苦慮した。調査対象は物理Ⅱ選択者（高三）44名で、原子物理は未だ学習していない状態であった。（昭和54年12月調査実施）

## I 調 査 問 題

- 「原子」について君の考えに近いのはどちらですか。  
ア 原子は目で見る事ができないから「ある」か「ない」か分らないが、存在を仮定すると便利（都合がよい）だから原子論は有効である。  
イ 原子を見た事はないが、原子が存在する間接的な根拠はあるのだから、原子は存在する。
- 古来、原子は「分割不可能な存在」という意味で把えられてきましたが、現代になって原子といえども分割できることが明らかになりました。この事を最初に明らかにした発見は何ですか。  
ア 中性子の発見    イ 陽電子の発見    ウ 放射線の発見    エ 中間子の発見  
オ 光子の発見
- 陰極線の正体は何ですか  
ア 陽子    イ 中性子    ウ  $\alpha$  粒子    エ 電子    オ 陽電子
- 元素の原子番号とは何ですか。  
ア 中性子の数    イ 陽子の数    ウ（陽子+中性子の数）  
エ（中性子-陽子）の数    オ（陽子+電子）の数
- 陰極線の正体を決定するうえでどのような量の測定が決定的に重要でしたか。  
ア 電気量    イ 質量    ウ 電気量と質量の比    エ 磁場中の運動の加速度  
オ 陰極線の輝度
- 原子の構造モデルをつくるうえで重要な発見は何ですか。  
ア 電子の発見    イ X線の発見    ウ 放射線の発見    エ 中間子の発見  
オ 宇宙線の発見
- 原子のラザフォードモデル（太陽系あるいは土星モデル）をつくるうえで重要な役割を果たしたのは何ですか。  
ア 中間子    イ 陽電子    ウ  $\alpha$  粒子    エ  $r$  線    オ 中性子
- 原子の大きさ（半径）はだいたいどのくらいですか。  
ア  $10^{-6}\text{cm}$     イ  $10^{-10}\text{cm}$     ウ  $10^{-8}\text{cm}$     エ  $10^{-4}\text{cm}$     オ  $10^{-12}\text{cm}$
- 電気素量（電荷には最小単位があること）発見のうえで決め手になった実験は何ですか。

# 化学分野（酸・塩基，酸化還元）

大 谷 悦 久

## 1. は じ め に

酸・塩基，酸化還元は小学校から高校までの理科の化学分野でくり返し，また少しずつ概念が拡大される形で取り上げられている。

本調査では，この二つのテーマについて，中学3年生（中学の課程をほぼ終了）と高校1年生（化学Iで両テーマを学習済み）の認識の異同を明かにすることを目的とし，今後の指導に役立てようとするものである。次節の2でも明かなように，生徒の中学での理科の学習後から高校化学Iの学習後の変化は以下のものであると予想される。

- ①化学Iでモル概念を学習することにより，認識が定性から定量へと深化する。
- ②概念が抽象化，一般化され，その適用も広くできるようになる。中学ではバラバラに教えられる知識が，高校では系統的に教えられ体系化される。
- ③物質に対する認識が現実的，具体的になる。

なお，結論を先に言えば，②については確められたが，①については不十分であり，③は全く確められなかった。

## 2. 中学，高校の課程

中学理科から高校化学Iに学習が進むときの様子を図1で整理した。

酸・塩基の学習の様子下次のようになる。

中学では，まず気体の水溶液が酸性やアルカリ性を示すことを学習する。次に，イオンの概念を導入し，イオンの1つとして  $H^+$ ,  $OH^-$  を扱う。また反応の量的な関係の概念を中和にも適用する。これをもとにして，高校でモル概念を学習し，量的な計算もできるようになるように学習が進行する。

酸化還元反応は，中学ではバラバラに扱われているが，高校では酸化還元は対をなすものとして扱われ，酸化数（または電子のやりとり）の導入とともに電気分解にまで拡張される。

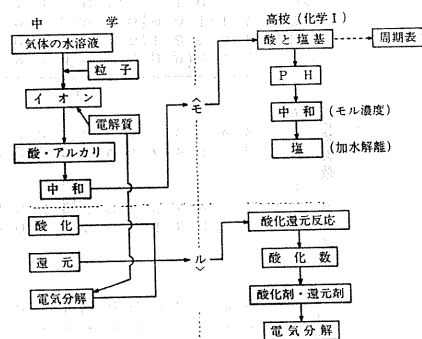


図1 中学と高校（化学I）の学習の様子

## 3. 調 査 問 題

調査問題は通常のいわゆるテストよりも簡単に答えることができ、しかも生徒の認識のよう



參考資料

S---- 44  
\*---- 0  
P---- 20

PROBLEM NUMBER

s 曲線

STUDENT NUMBER	3	4	1	9	2	9	4	8	5	6	1	4	7	2	7	3	0	0	8	5	CA	% AT	C.S
3230	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	17	85	0.22	
3406	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	15	75	0.13	
3219	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	15	75	0.16	
3111	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	14	70	0.30	
3410	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	14	70	0.36	
3139	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	14	70	0.30	
3108	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	13	65	0.14	
3303	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	13	65	0.32	
3135	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	13	65	0.34	
3329	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	13	65	0.35	
3202	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	13	65	0.37	
3204	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	13	65	0.43	
3334	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	13	65	0.68		
3137	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	13	65	0.96	
3427	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	12	60	0.10		
3325	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	12	60	0.15		
3225	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	12	60	0.24	
3402	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	12	60	0.24		
3123	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	11	55	0.01		
338	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	11	55	0.25		
3416	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	11	55	0.38		
3232	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	11	55	0.51		
3209	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	11	55	0.63	
3128	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	10	50	0.17		
3315	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	10	50	0.24		
3423	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	10	50	0.26		
3336	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	10	50	0.30	
3317	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	10	50	0.37	
3233	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	10	50	0.67	
3419	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	10	50	0.94	
3307	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	9	45	0.18	
3101	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9	45	0.24	
3440	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	9	45	0.28	
3129	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	9	45	0.71	
3104	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	9	45	0.72	
3425	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8	40	0.38	
3420	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8	40	0.51	
3127	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	8	40	0.85	
3124	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	35	0.20	
3414	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	35	0.34	
3207	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	30	0.21	
3234	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	25	0.25	
3107	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	25	0.74	
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3	15	1.00	

CA	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	CA	% AT	C.S
正答者数	3	2	6	4	7	6	6	4	3	3	2	2	1	9	9	6	5	4	9	7			
%	9	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	1			
正答率	8	5	2	7	1	9	9	5	2	2	0	0	8	3	3	6	4	2	0	6			
ATT																							
C.P																							
注意係数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
B	1	0	2	3	1	3	1	2	2	2	2	4	5	2	4	0	3	4	3	6			

TOTAL MEAN 53.2%

STUDENT MEAN 10.6 SD 2.9 ATT. MEAN 0.39  
PROBLEM 23.4 9.4 0.55

D\*=0.63 差異係数

電子・原子・原子核の展開例

展開項目 (メモ)	備考
<p>§ 1. 電子と電気素量の発見</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 気体の真空放電から陰極線の発見</li> <li>◦ 陰極線の正体→比電荷の決定→未知の粒子=電子</li> <li>◦ 原子の構成要素としての電子, 原子とイオン</li> <li>◦ 電気素量の発見→電子の電荷の決定</li> </ul>	<p>電場, 磁場中の荷電粒子の運動 エネルギーの単位としての eV ミリカンの実験 (生徒実験は無理なので原理を示すのみ)</p>
<p>§ 2. 原子の構造 ——西瓜型か梨型か——</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ トムソン Vs 長岡, ラザフォードモデル ←原子を構成する正電荷の正体</li> <li>◦ ラザフォードによる検証結果 (核の存在, 大きさ, 電気量)</li> <li>◦ ラザフォードモデルの検討 (核内現象, 核外現象の分離, 原子の安定性, 線スペクトル)</li> </ul>	
<p>§ 3. 光の不思議な振舞い ——光は粒子か——</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 黒体輻射</li> <li>◦ 光電効果 ——津波と大砲の効果の比較——</li> <li>◦ 連続X線のスペクトルと限界振動数の存在</li> <li>◦ コンプトン効果</li> </ul>	
<p>§ 4. 水素原子中の電子の振舞い ——ボーアの水素原子モデル——</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 水素原子の線スペクトル系列の発見</li> <li>◦ ボーアの量子仮説とそれに基づくスペクトル系列の説明</li> <li>◦ 対応原理</li> <li>◦ フランク・ヘルツの実験←定常状態の確認</li> <li>◦ ボーア理論の限界</li> </ul>	<p>電子の軌道運動の振動数 = 光の振動数 ≠ ( = 高エネルギーレベル (古典論と一致) ≠ 低エネルギーレベル (量子効果) )</p> <p>軌道半径, エネルギーの量子化の後で量子条件 (角運動量の量子化) を考える</p>
<p>§ 5. 電子の不思議なふるまい ——電子は波か——</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 電子は古典的な粒子ではない←ド・ブロイの仮説</li> <li>◦ 位相速度・群速度と電子の速度</li> <li>◦ 電子波の波長</li> <li>◦ 電子の波動性の確認←デヴィソン・ガーマーの実験</li> <li>◦ 電子線回折と電子の振舞いの二重性</li> </ul>	ブラッグの反射条件
<p>§ 6. 電子の存在確率と不確定性関係 ——神はサイコロで遊ぶか——</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 波束と電子 (電子は実在波か)</li> <li>◦ 電子線回折の回折部分の強度と電子の存在確率</li> <li>◦ <math>\Delta p \cdot \Delta x = h</math> ←ハイゼンベルグの思考実験</li> <li>◦ 陰極線軌道と不確定性関係</li> </ul>	
<p>§ 7. 電子の運動方程式</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 定常状態のシュレーディンガー方程式</li> <li>◦ 井戸型ポテンシャル中の電子……両端固定弦との対比</li> <li>◦ トンネル効果</li> </ul>	
<p>§ 8. 水素原子中の電子のふるまい ——量子論——</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ボーアの量子条件の波動的立場での検討…定常波との対応</li> </ul>	

すがわかるようにした。出題意図つまり目的は次のようになる。

問1～5, 酸・塩基についての基礎的な概念の理解ができているか。

問6, 操作的定義を理解しているか。

問7～11, 酸性, 塩基性を示す物質についてどの程度正確な知識をもっているか。

問12～13, 酸・塩基とイオンとの関係が理解できているか。

問14～15, 酸・塩基についての量的な関係がわかっているか。

問16～25, 酸化還元反応の概念がどの程度一般化され適用できるか。特に酸化数（または電子の授受）の認識があるか。

問26～29, 酸化と還元反応が同時に進行することが理解できているか。

問30 酸と酸化の概念に混乱がないか。

#### 〈問 題〉

○次の文が正しければ1を, 誤っていれば(いつも正しいとは限らない時も含む) 2をマークしなさい。わからなければ3。

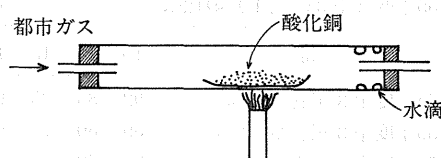
- 1) 中和とは酸とアルカリを適当な割合に混ぜて中性にすることである。
- 2) 酢酸と水酸化ナトリウム溶液を適当な割合に混ぜて中性にすることができる。
- 3) 塩酸の中には水素イオンが存在する。
- 4) 水酸化ナトリウム溶液の中には水素イオンは全く存在しない。
- 5) 純水の中には水素イオンも水酸イオン(水酸化物イオン)も存在しない。
- 6) 赤いリトマス紙を無色の溶液につけたら青くなった。この溶液はアルカリ性である。
- 7) 二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )の水溶液は酸性である。
- 8) 塩酸を1滴スライドガラスの上につけて弱く加熱すると白い粉が残る。
- 9) 水酸化ナトリウム溶液を1滴スライドガラスの上につけて弱く加熱すると白い粉が残る。
- 10) アンモニア水を1滴スライドガラスの上につけて弱く加熱すると白い粉が残る。
- 11) 塩酸とアンモニア水の混合液をスライドガラスの上につけて弱く加熱すると白い粉が残る。
- 12) ある金属が塩酸と反応し水素を発生したとすれば, この金属は銅よりもイオン化傾向は大きい。
- 13) 酸やアルカリの溶液は電気をよく通す。
- 14) ある濃度の塩酸  $10\text{cm}^3$  と 10% の水酸化ナトリウム溶液  $10\text{cm}^3$  を混ぜたら中性になった。  
この塩酸の濃度は10%である。
- 15) 前問で用いた塩酸で, 20% の水酸化ナトリウム  $10\text{cm}^3$  を中性にするには塩酸  $20\text{cm}^3$  必要である。

○次の変化(反応)が酸化または還元反応を含んでいる時は1を, そうでない時は2を, 判断がつかない時は3をマークしなさい。

- 16) 水がふっとして水蒸気になる。
- 17) 紙がもえる。

- 18) 水素が酸素と化合して水ができる。
- 19) イオウがもえて二酸化イオウができる。
- 20) 水を電気分解すると水素と酸素ができる。
- 21) 亜鉛と希硫酸が反応すると水素が生成する。
- 22) 石灰石に塩酸を加えると二酸化炭素が生成する。
- 23) 硝酸銀溶液と塩化ナトリウム溶液を混ぜると塩化銀が沈殿する。
- 24) 塩酸と水酸化ナトリウム溶液を混ぜると塩化ナトリウムが生成する。
- 25) ブドウ糖溶液とフェーリング液を混ぜて加熱すると赤色沈殿が生成する。

○加熱した酸化銅に都市ガスを送ると銅と水ができる。



- 26) 酸化銅は
  1. 酸化された
  2. 還元された
  3. どちらでもない
- 27) 都市ガスは上の1～3のどれか。
- 28) 酸化銅は
  1. 酸化剤
  2. 還元剤
  3. どちらでもない
- 29) 都市ガスは上の1～3のどれか。
- 30) 「どんな物質でも酸化すると酸になる」
 

これは、1. 正しい    2. 必ずしも正しくない    3. わからない

#### 4. 調査対象、調査時期

昭和54年度は、54年11月に中学3年生（本校生徒、以下すべて本校生徒）123名と、55年3月に高校1年生151名に実施した。昭和55年度は55年12月に中学3年116名と高校1年158名に実施した。

#### 5. 結果および考察

各問に対する正答率および中3どうし、高1どうし、また中3と高1どうしの正答者数の比較（ $\chi^2$ 検定）を表1に示した。

表1から以下のことがわかった。

- ①中和に関する概念は教えられるか否かでかなりの違いが見られる。つまり学習前後の違いまたは学習効果の現われと考えられる。中学ではHClとNaOHの中和反応で、中和の完成＝中性として教材化されているのに対し、高校では塩の加水解離やpHの学習を通して、中和と中性の相違がきちんと教えられている。（問の1、以下数字は問の番号を示す。）
- ②高校での $[\text{H}^+][\text{OH}^-]=一定$ はきちんと理解されており、学習の効果がみられる。（4、5）
- ③物質についての認識は進歩が見られない。これは実験を行ったかどうかが決定的に作用するものと思われる。つまり学年間の相違よりも年度間の相違が強く表われている。

表 1 各問に対する正答率 (%) と年度間学年間の比較  
(\* : 5 % の危険率で有意。 \*\* : 1 % 以下の危険率で有意)

問	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
54年度中3 正答数 (%)	35	83	96	58	68	93	93	89	92	94	70	78	73	51	71
55年度中3 正答数 (%)	12	84	93	56	65	92	86	88	97	92	61	50	76	59	72
54年度高1 正答数 (%)	77	89	98	86	91	91	95	95	97	98	66	83	73	42	75
55年度高1 正答数 (%)	75	82	95	96	91	92	97	92	93	90	80	89	82	42	74
中3 (54, 55) の比較	**											**			
高1 (54, 55) の比較				**						**	**				
54年度 (中3, 高1) の比較	**			**	**										
55年度 (中3, 高1) の比較	**			**	**		**				**	**		**	

問	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
54年度中3 正答数 (%)	92	85	85	94	70	33	54	76	68	9	90	63	42	75	81
55年度中3 正答数 (%)	89	80	72	96	57	31	46	78	72	28	91	70	45	83	79
54年度高1 正答数 (%)	99	78	92	97	61	79	49	65	76	25	93	89	87	86	93
55年度高1 正答数 (%)	99	93	94	99	70	82	47	69	68	27	96	93	87	92	96
中3 (54, 55) の比較			*		*					**					
高1 (54, 55) の比較		**													
54年度 (中3, 高1) の比較	**					**				**		**	**	*	**
55年度 (中3, 高1) の比較	**	**	**		*	**						**	**	*	**

④高校で酸化数の学習を行うことにより、酸化還元概念は拡張される。これは学習の顕著な効果と見られる。(17, 18, 21, 27~29)

⑤酸と酸化概念は中3では混乱が見られるが、高1ではきちんと区別されている。(30)

⑥年度間の相違が多く項目で見られる。これは教え方や教師の個性が学習に強く影響するものと考えられる。特に、差のある項目(問)についてのデータの積み重ねが必要である。

## 6. 反 省

中学生と高校生で化学Ⅰの学習前後で概念がどのように異なるかを、同一の問題で調査するのはかなりむづかしい。解答も5肢選択にした方がよいのだが今のところ困難で成功していない。何種類かの標準化された問題があると便利である。たとえば、問14について、重量%の指定が問題文で強調されていないので、そこでの混乱も見られるようだ。モル概念は特に重要であるから、量的な関係の中3と高1に同時に適用できる問題を工夫する必要がある。

- ア フランカー・ヘルツの実験    イ コンプトン効果の実験    ウ 光電効果の実験  
エ ミリカンの油滴実験    オ シュテルン・ゲルラッハの実験
10. 原子のラザフォードモデルで原子内の電子が円運動する場合、古典物理学によれば、原子は不安定になります。それは何故ですか。
- ア 電子が万有引力を受けるから    イ 電子の質量が非常に小さいから  
ウ 電子が電荷をもち加速度運動するから    エ 電子が原子内磁場から力を受けるから  
オ 電子が大きさをもたない点だから
11. 光は干渉や回折の現象に見られる波としての性質以外に粒子のような振舞いをするのが明らかになった。次の事項で光の粒子性と直接関係ないのはどれですか。
- ア 高温物体からの光の放射    イ 連続X線で加速電圧に応じた最大振動数が存在すること  
ウ 光電効果    エ 晴れた日に空が青く見えること    オ コンプトン効果
12. 光電効果とはどのような現象ですか。
- ア 金属に電子をぶつけると光が放射されること  
イ 高温物体から放射される光が粒子のような性質をもつこと  
ウ 油滴にX線をぶつけると油滴の運動量がとびとびの値になること  
エ 金属に紫外線をあてると電子がとびだすこと  
オ 粒子加速器で加速された荷電粒子から放射される光の速さが  $3 \times 10^{10} \text{m/s}$  を越えること
13. ボーアは水素原子の安定性と水素原子からでる光のスペクトルがとびとびの値をとることを念頭に置いてボーアの理論を提出しました。次の事柄でボーアの理論に関係のないのはどれですか。
- ア 定常状態にある電子は古典物理（力学）に従って運動する  
イ 原子が光を吸収したり放出したりするのは、電子が一つの定常状態から他の定常状態へ移った時である  
ウ 電子の軌道角運動量がとびとびの値をとること  
エ 電子の軌道やエネルギーはとびとびの値をとること  
オ 電子は定常波のように原子の中心のまわりを振動している
14. 次の電磁波の中でエネルギーが一番大きいのは何ですか。
- ア 可視光線    イ 紫外線    ウ 赤外線    エ X線    オ γ線
15. 原子の定常状態（時間が経過してもエネルギーが変化しない状態）の存在を明らかにした実験は何ですか
- ア デヴィソン・ジャーマーの実験    イ フランク・ヘルツの実験  
ウ シュテルン・ゲルラッハの実験    エ ミリカンの実験    オ ラザフォードの実験
16. 水素原子探究の過程でそのモデルは歴史的により多くの実験事実を説明できるように正確なものに発展させられてきた。その歴史的な発展の道筋として正しいのはどれですか。
- ア 電子の発見→ボーアモデル→ラザフォードモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル

- ル ボーアモデル→電子の発見→ラザフォードモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル
- ル 電子の発見→ラザフォードモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル
- ウ 電子の発見→ド・ブロイ波モデル→ラザフォードモデル→ボーアモデル→量子力学的モデル
- ル 電子の発見→ラザフォードモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル
- エ 電子の発見→ラザフォードモデル→ボーアモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル
- ル 電子の発見→ラザフォードモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル
- オ 電子の発見→ラザフォードモデル→ド・ブロイ波モデル→量子力学的モデル

17. 電子が粒子的な性質以外に波動的な性質をもつことを明らかにした実験は何ですか。

- ア フランク・ヘルツの水銀蒸気の加速電圧と電流の関係を調べる実験
- イ ミリカンの油滴実験      ウ 光電効果の実験      エ ラザフォードの散乱実験
- オ デヴィソン・ジャーマーの結晶による散乱実験

18. 次の文で誤っているのはどれですか。

- ア 石の運動と電子の運動を較べると、石の運動では軌道が決まるが電子の運動では軌道は決まらない
- イ 石の位置と運動量は同時に決めることができるが、電子では決めることができない
- ウ 石の場合、ある時刻におけるエネルギーは正確に決めることができるが、電子の場合は決められない
- エ 石の場合、位置とエネルギーは同時に正確に決められるが、電子の場合は決められない

19. 次の放射線で原子核に関係のないものはどれですか

- ア  $\alpha$ 線      イ  $\beta$ 線      ウ  $\gamma$ 線      エ X線      オ ニュートリノ (中性微子)

20. 原子核の大きさは原子の大きさの約何倍ですか。

- ア  $10^{-2}$       イ  $10^{-3}$       ウ  $10^{-5}$       エ  $10^{-6}$       オ  $10^{-8}$

## Ⅱ 調査結果

44 名 中

回答番号 問題番号	ア	イ	ウ	エ	オ	誤 答 数 (未記入を含む)
1	6	36⊕	0	0	0	8
2	14	4	19⊕	5	0	25
3	0	0	0	43⊕	0	1
4	0	⊕	2	42⊕	0	2
5	3	0	23⊕	16	0	21
6	23⊕	10	5	3	1	21
7	1	7	19⊕	2	11	25
8	0	7	24⊕	3	8	20
9	1	0	6	34⊕	0	10
10	8	6	15⊕	11	1	29
11	7	6	2	22⊕	5	22
12	10	3	2	27⊕	1	17
13	16	1	10	1	16⊕	28
14	0	6	2	9	26⊕	18
15	8	7⊕	13	1	8	37
16	6	4	0	22⊕	4	22
17	8	1	7	2	21⊕	23
18	10	9	13	9⊕	0	35
19	2	4	8	26⊕	1	18
20	0	6	14⊕	10	10	30

⊕は正答

## Ⅲ 考 察

1. 結果をS－P表\* にまとめると、この調査の結果は演習問題型、またはプリテスト型であることが分かる。問題の注意係数\* の平均値が0.55で差異係数\* が0.63であることを考えると、高2までの学習経験が原子物理分野に関して殆んど予備知識の役割を果たしていないことが理解できる。
2. 注意係数が0.75以上の問題は15, 18, 20, 13, 16, 6である。問題6は題意が十分に理解されておらず、問題20は細かい知識を要求しすぎたようだ。その他の問題については量子論発展の歴史と内容を系統的に学習しないと理解できない内容なので、この段階（学習前）では、係数の値が大きくなっても止むをえまい。
3. 正答率の低い問題については、常識程度では答えられず、この分野に関する系統的な学習の必要性を示している。
4. 注意係数の低い問題は10, 2, 9, 5, 1である。いずれも、中学校や物理Ⅰにおける学習経験の深浅が反映されているのであろう。
5. 正答率の高い問題についても4と同様の事がいえる。
6. 原子物理に関する生徒の予備知識が極めて少ない事に対応して、この分野の認識調査問題の作成は大変難しい。

\* 参考文献 日数教会誌第 巻第 号「S－P表を利用した形成評価」磯脇一男



- 水素原子のドブロイ波的な取り扱い
- 水素原子中の電子の存在確率……定性的
- 水素原子の不確定性モデル ( $r=0.53 \text{ \AA}$ ,  $E=13.6 \text{ eV}$ )

#### § 9. 原子核の構成

- 原子核を構成する粒子……質量数, 電荷
- 安定な原子核の分布図と同位体
- 原子核の大きさと質量……質量分析器の原理
- 原子核の質量と結合エネルギー

#### §10. 原子核の壊変

- 放射性同位元素の存在とその寿命……半減期→年代測定
- $\alpha$ ,  $\beta$  崩壊
- 放射性元素の系列と宇宙の年令
- 原子核の人工変換と加速器

#### §11. 原子核のエネルギー

- 核分裂と連鎖反応
- 原子炉 (軽水炉, 重水炉, 高速増殖炉)
- 原子力発電の問題点
- 核融合反応