

理 科 学 習 調 査

筑波大学附属駒場中・高等学校 理 科

石川秀樹・大谷悦久・大道 明
貝沼喜兵・高橋宏和・濱本悟志

目 次

1. 物 理 分 野	96
2. 化 学 分 野	104
3. 生 物 学 習 調 査	107

§ 1. 物 理 分 野 (力 学)

——運動の基本法則の捉え方の推移——

担当 濱 本 悟 志

物理は、科学全般の中では方法論的役割を演じているが、その中でも最も基本的な運動の三法則と、それに付随する各物理量が生徒にいか理解されているか、その理解の仕方が年齢的にいかに推移していくかを生徒に対するアンケートを中心に分析していく。具体的には、中学での当該分野を中二の段階で終了している現中三 112 名、高校で一学期にその大半を終了させた現高二 143 名、さらに関心を持ち物理を選択した現高三 63 名に対し、速度・加速度・力という物理量の捉え方、各物理量の間に成り立つ法則、その法則を基盤とした力学の体系化という点から調査をしたものである。

I アンケートとその結果

2～5 個の選択枝のうちから 1 つを選ばせた。結果は選んだ数を百分率で示した。正答は斜線部である。

〔 1 〕 ある物体の重さを台ばかりで測った。地球上では目盛りは 60 [kg 重] であったが月面上では 10 [kg 重] であった。この物体の質量はいくらですか。

- (1) 10 [kg] (2) 60 [kg] (3) 地球では 60 kg, 月では 10 kg

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	1	95	3		
高 二	4	90	7		
高 三	2	95	2		

〔 2 〕 〔1〕で使用した物体の質量を重力のはたらいでない空間で測定しようとしたが、台ばかりでも、てんびんでも測ることができない。この空間での物体の質量はいくらと考えられますか。

- (1) 0 kg (2) 10 kg (3) 60 kg (4) 定義できない。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	4	3	76	13	
高 二	4	5	76	13	
高 三		5	87	8	

〔 3 〕 54 [km/h] と 20 [m/s] ではどちらの速さが大きいですか。

- (1) 54 [km/h] (2) 20 [m/s] (3) どちらも同じ

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	15	81	18		
高 二	7	88	4		
高 三	5	94			

〔 4 〕 用語上、速さと速度はどこが違いますか。

- (1) 速さは大きさのみで示されるが、速度は大きさと向きで示される。
 (2) 速さは大きさと向きで示されるが、速度は大きさのみで示される。
 (3) 速さも速度も同じように大きさのみで示されるが、日常用語としては速さを用い、物理用語としては速度を用いる。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	68	21	9		
高 二	90	8	1		
高 三	94	3	3		

〔 5 〕 一直線上をA君が5〔m/s〕で進んでいる。B君は8〔m/s〕で後を追いかけた。B君から見たA君の運動はどうですか。

- (1) 5〔m/s〕で遠ざかる。 (2) 3〔m/s〕で遠ざかる。 (3) 13〔m/s〕で遠ざかる。
 (4) 3〔m/s〕で近づく。 (5) 13〔m/s〕で近づく。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	1	5	1	91	1
高 二	1	4	1	94	
高 三	3	2	2	92	2

〔 6 〕 東に向かって、10〔m/s〕で走っている自動車の中から北に向かって10〔m/s〕で走っている自動車の運動はどのように見えますか。

- (1) 北に向かって 10〔m/s〕 (2) 北に向かって 14〔m/s〕
 (3) 北東に向かって 14〔m/s〕 (4) 北西に向かって 10〔m/s〕
 (5) 北西に向かって 14〔m/s〕

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	6	4	12	6	69
高 二	1		16	6	76
高 三	3		5	10	83

〔 7 〕 右向きに 8 [m/s] で運動している物体に 4 秒間一定の力を加え続けたら物体の速度は右向きに 2 [m/s] となった。物体の加速度はいくらですか。

- (1) 右向きに $1.5 \text{ [m/s}^2 \text{]}$ (2) 左向きに $1.5 \text{ [m/s}^2 \text{]}$
 (3) 途中で向きが変化し、これだけでは求められない。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	11	79	9		
高 二	5	94	4		
高 三	2	97			

〔 8 〕 右向きに 3 [m/s] で運動している物体に右向きに 2 秒間一定の力を加え続けたら、この間に 10 [m] だけ物体が進んだ。物体の加速度はいくらですか。

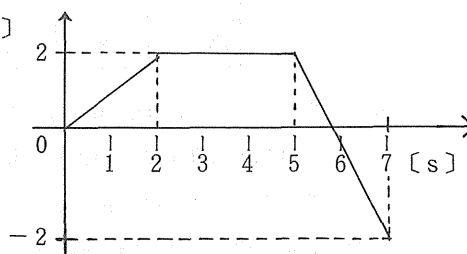
- (1) 右向きに $1 \text{ [m/s}^2 \text{]}$ (2) 右向きに $2 \text{ [m/s}^2 \text{]}$
 (3) 右向きに $3 \text{ [m/s}^2 \text{]}$ (4) 右向きに $4 \text{ [m/s}^2 \text{]}$
 (5) これだけでは求められない。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	9	54	5	18	12
高 二	14	70	4	4	7
高 三	11	84			

図は一直線上を運動する物体の速度と時刻との関係を示すグラフである。右向きを正とし、
 $0 \text{ [s]} \sim 2 \text{ [s]}$ の区間を A、 $2 \text{ [s]} \sim 5 \text{ [s]}$ の区間を B、 $5 \text{ [s]} \sim 7 \text{ [s]}$ の区間を C としたとき、次の各問に答えなさい。

〔 9 〕 力がまったくはたっていないのはどの [m/s] 区間ですか。

- (1) A (2) B (3) C
 (4) そのような区間はない。



	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三		88	4	7	
高 二		91	1	7	
高 三		98	2		

〔 10 〕 右向きの力がはたっているのはどの区間ですか。

- (1) A (2) B (3) C (4) そのような区間はない。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	91	4	4		
高 二	98	1		1	
高 三	97	2		2	

〔11〕 物体の速度の向きが変わるのはいつですか。

- (1) 2〔s〕 (2) 5〔s〕 (3) 6〔s〕 (4) 7〔s〕

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	4	40	52	3	
高 二		22	77		
高 三	2	8	90		

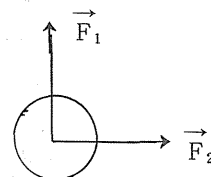
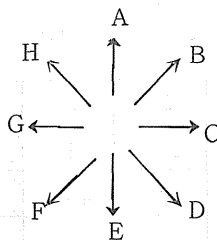
〔12〕 物体は0〔s〕のときより右向きに最高どのくらい離れますか。

- (1) 2〔m〕 (2) 8〔m〕 (3) 9〔m〕 (4) 10〔m〕

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	12	26	46	14	
高 二	5	19	70	6	
高 三	2	13	84	2	

〔13〕 図のように、1つの物体の重心に2つの大きさの等しい力を、1つはAの向きに、もう1つはCの向きに加えた。その効果は、ただ1つの力をどのように加えた場合と同じですか。

- (1) Aの向きに約1.4倍の力
→ (2) B “
→ (3) C “
(4) Bの向きに約2倍の力
(5) Fの向きに約1.4倍の力



	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	2	88	2	5	2
高 二	1	94	2		2
高 三	3	94	3		

〔14〕 上のような結果を出した理由は何ですか。

- (1) 力には向きと大きさがあり、そのような量の合成方法に従ったため。
(2) 説明はできないが、実際に実験をするとそうなるから。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	96	3			
高 二	82	16			
高 三	95	5			

運動している物体A, B, C, D, E, Fがある。

物体Aは、滑らかな水平面上に静止している。

物体Bは、滑らかな水平面上を一定の速度で直線運動している。

物体Cは、地上で自然に手から離れた物体で自由落下している。

物体Dは、地上のある高さから水平に投げ出された物体で放物線運動をしている。

物体Eは、人工衛星で一定の速さで地球のまわりを円軌道を描いてまわっている。

物体Fは、ばねにつけられたおもりで、滑らかな水平面上で振動している。

〔15〕 物体にはたらいっている力が、いつもつりあっているのはどれですか。

- (1) A (2) B (3) AとB (4) AとC (5) AとBとE

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	27	4	13	2	53
高 二	8	3	34	1	53
高 三	6		52		41

〔16〕 物体にはたらいっている力の合力が $\vec{0}$ でなく、その大きさと向きがいつも一定なのはどれですか。

- (1) A (2) AとB (3) C (4) CとD (5) CとDとE

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	4	23	41	14	13
高 二	2	13	43	29	11
高 三	2	2	8	73	16

〔17〕 物体にはたらいっている力の合力が $\vec{0}$ ではなく、その大きさがいつも一定なのはどれですか。

- (1) C (2) CとD (3) CとDとE (4) CとDとEとF (5) A～Fのすべて

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	15	15	33	14	16
高 二	4	27	40	15	13
高 三		7	75	14	5

〔18〕 物体にはたらく力が常にわかっているとき、ある時刻の物体の位置と速度を知ることができれば、その後の運動についてどのようなことが言えますか。

- (1) 短い時間が経過した後の位置と速度なら大体わかる。
- (2) 力が一定の場合だけなら、いつでも位置と速度を求めることができる。
- (3) はたらいっている力がどのように変化しても、その後の物体の位置と速度を予言することができる。
- (4) その後の運動はいっさいわからない。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	10	67	8	11	
高 二	7	55	24	13	
高 三	5	33	56	6	

〔19〕 何の目印もない闇夜の世界の中で運動を記述するために、次のような座標系をとった。

- A 観測者自身が静止しているような座標系
- B 何の力も受けていない物体が静止しているような座標系
- C " 等速直線運動しているような座標系
- D " ある向きに $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ で等加速度運動をしているような座標系（その運動の向きを下向きと定義する）

この中で運動方程式が成立するのはどれですか。ただし、実際にはたらいっている力だけを扱うものとする。

- (1) A (2) B (3) C (4) BとC (5) ABCDすべて

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
中 三	16	14	15	20	29
高 二	7	4	6	27	50
高 三	5	6	3	68	16

II 考 察

19の設問は、〔1〕、〔2〕が質量の理解、〔3〕～〔6〕がベクトル量としての速度の理解、〔7〕〔8〕は加速度の計算、〔9〕～〔12〕が $v-t$ グラフの読み取り、〔13〕～〔14〕はベクトル量としての力の理解、〔15〕～〔17〕は力と運動との関係の具体的応用、〔18〕〔19〕は第1，2法則の力学での位置付け（体系化）に関する問いである。それぞれについてアンケート結果を分析していく。

① 質 量（設問〔1〕，〔2〕）

〔1〕の結果より“重さ”と“質量”との区別は年令を問わずほとんどの生徒が理解をしてい

る。我々は“質量”を重力のはたらいしている場所で“重さ”より判断しているが、その“重さ”を使えない場合、運動方程式の中での慣性質量として位置付けができていないと、〔2〕では〔4〕の「定義できない」を選択することになる。中三、高二の約 $\frac{1}{4}$ の生徒がこれに当たるが、全体としては“質量”を物体固有の量として捉えているようである。

② 速度（設問〔3〕～〔6〕）

学年の差が顕れているのが〔4〕、〔6〕である。我々は日常生活では“速さ”と“速度”を区別せずに使っているが、力学を学んで間もない中学生の〔4〕での正答率が低いのもこのあたりに原因がありそうである。〔5〕の一直線の相対速度では9割以上の正答であった中学生も、〔6〕のベクトル量としての合成となると苦手とするようである。数学でベクトルを学習した効果が高校生には見うけられる。

③ 加速度（設問〔7〕、〔8〕）

位置の時間的変化としての速度にイメージの湧く中学生も、速度の時間的変化としての加速度となるとイメージが湧かないようである。〔7〕は速度の変化より直接計算によって加速度を求めることができるが、〔8〕はより複雑な計算、あるいは $v-t$ グラフを使わなければ求めることができない。〔7〕から〔8〕へ高二の正答率が下がった原因もこのあたりにあるようである。逆に中三の5割以上の生徒が $v-t$ グラフを使って傾きより求めた（2次式の計算はまだ出来ないはず）ことは評価したい。

④ $v-t$ グラフ（設問〔9〕～〔12〕）

〔9〕、〔10〕の正答率が全体的に高いところを見ると、傾きが加速度を表し、力は加速度と向きが一致し、大きさが比例することを大多数の生徒が理解をしているようである。〔11〕の正答率が低いのは意外である。(2)を答えた生徒は縦軸を位置と勘違いしたのではないか。〔12〕は面積が移動距離（横軸より上が右、横軸より下が左向き）を表すことが年令とともに理解されていることを示している。

⑤ 力（設問〔13〕〔14〕）

〔13〕の力の合成は大多数の生徒が出来ている。しかし、この合成方法は他から説明できず経験的に成立し、今のところ反例がないという意味でニュートン3つの法則を支える法則である。大きさと向きのある量はすべてベクトルの合成に従うというように理解している生徒が大多数であるのは残念である。中・高との教科書も、力のつりあいは実験から入っているのにその効果があらわれないのは、公式暗記的な学習態度のマイナス面と言えそうである。

⑥ 力と運動の関係の具体的応用（設問〔15〕～〔17〕）

〔15〕の結果を見て、まず気がつくことは、中学生に(1)の回答が多いことである。等速直線運動をさせるには力が必要であるというアリストテレス流の考えが根強いことを示している。もう1つ気がつくのは、全体的に(5)の回答が約半数を占めていることである。地球との間の万有引力が向心力の役割りをするからこそ円運動するわけであるが、中の飛行士が無重力状態で浮んでいる光景が印象強いのであろう。どの座標から物体を眺めるかの問題である。〔16〕では中三、高

二に(3)の回答が多いのが気にかかる。放物線運動が曲線を描くことが誤解の種らしい。〔17〕の結果を見ると、低学年ほど頭の中で力と運動の関係が整理できず(1)～(5)にまたがって回答されているが、高三では回答のパターンも集約され正答率も高い。その反面、誤答の生徒は根本的に間違った理解をしているのではないかという心配も生じてくる。

⑦ 第1, 2法則の力学での位置付け(設問〔18〕,〔19〕)

〔18〕の結果より、中三は運動方程式を単なる計算の手段として捉えているようである。等加速度運動を中心に教わり微分方程式として眺められないため、当然(2)を答える生徒が多いのはうなずけるが、それではあまりにも淋しすぎる。原因としての力がわかれば、結果としての運動は割り出すことができるという“因果律”が運動方程式の本質であることは理解させたいものである。しかし、学年と共に正答率が上がっているのは、具体から抽象という思考パターンの成長を意味するのかもしれない。慣性の法則は眺める座標系を指定し、これがなければ運動は記述されず運動方程式など立てることはできない。その意味で“第1”の名が与えられていることを理解できている生徒は〔19〕の結果よりやはり少ないようである。高三の68%の生徒は具体的な問題に長く接しているうちに感覚的に読み取れるようになったのかもしれない。これも体系化の初歩と納得すれば、彼らの成長も大したものである。

⑧ 全体的に

年令と共に抽象的な議論が可能となり、法則も問題を解く手段から体系化の基礎として見なせるようになっている。また細かな物理量もその法則の下で、さらに物理的意味を深めていくものである。しかし、これも長い間多くの具体的な現象を調べた結果である。抽象的な思考を急がず、中学生や高校の理科Ⅰを学んでいる生徒は興味ある現象に多く接してもらいたい。参考書、問題集の普及からか〔7〕～〔12〕のような机上の問題には強いが、生徒が本当に力や加速度を理解し、 $v-t$ グラフを見て運動が頭の中に浮んでくるのかは疑わしい。一方〔15〕～〔17〕のような身近かな運動の定性的理解に弱点を示している。運動は、できるだけストロボやタイマーなどの実験機器を使って実際に観測や測定をさせるのがむしろ体系化への近道のような気がする。

§ 2. 化 学 分 野（酸塩基，酸化還元）

担当 大 谷 悦 久

1. はじめに

昭和 54・55 年度に実施した酸化還元，酸塩基に関する調査を，60 年度に同一問題で実施した。この 2 つのテーマは，化学分野では系統性のあるもので，小学校以来スパイラムな形で取り上げられてきている。特に，中学から高校への移行では，概念が量的になる，系統性をもつものになる，拡大された概念で現象を考えていくなどの特徴がある。このうちで量的な概念はモルの学習と結びつきが深い。

また，カリキュラムの改訂（理科 I の導入など）に伴って，このテーマの学習のようすがどのように変わったかも見る目的があった。

2. 調 査 問 題

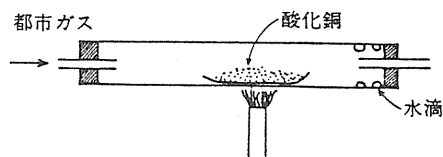
○次の文が正しければ 1 を，誤っていれば（いつも正しいとは限らない時も含む）2 をマークしなさい。わからなければ 3。

- 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（ 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) 水酸化ナトリウム滴液を 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 cm^3 と 10 % の水酸化ナトリウム溶液 10 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 cm^3 を中性にするには塩酸 20 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) 水がふっとうして水蒸気になる。
- 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

3. 実施時期など

60年度は高1 82名に, 高2 127名(化学選択者)に, 60年の6月に実施した。この時期では, 高1はまだ充分理科Ⅰの化学分野を学習していない。また, 高2は理科Ⅰおよび「化学」の理論的な分野は学習が終了している。

54年度は中3, 123名と高1, 151名に実施した。中3は12月に, 高1は55年3月に実施した。

55年度については比較の対象にしなかったので省略する。

なお, 対象はすべて本校の生徒である。

4. 結果と考察

各問に対する正答率および, 60年度の高1と高2の比較, 60年度高1と54年度中3の比較, 60年度高2と54年度高1の比較を表1に示す。比較はいずれも χ^2 検定である。

- ① 教えられるかどうかで大きな差のでてくるもの, つまり, 学習効果の高いものは, 1の中和と中性の違い, 4, 5の $[H^+][OH^-] = K_w$, 12のイオン化傾向, 18の水素の燃焼(「化合」

すると表現するとわかりにくいようだが），20の電気分解，21の金属と酸との反応，27，28，29の酸化銅の還元，30の酸と酸化の相違などである。

② 60年度高2が高1よりも正答率の低いものがいくつかある。11の物質の知識，22の石灰石と塩酸の反応，23の沈殿反応，24の中和反応などである。生として酸化還元反応に集中しているのは学習の順序からウェイトのおき方が影響しているようである。

③ 物質の性質に関しては，学年での進歩はあまり見られず，むしろ知っているか，実験したかどうかで決ってくるようだ。（問の9～11）

④ 年度間で差のあるものがある。カリキュラムとの関係でもう少し検討が必要である。

表1. 各問に対する正答率と比較

（＊5％で有意， ＊＊1％以下で有意）

問	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60年度高1正答率（％）	16	88	89	60	68	92	90	76	85	89	54	62	71	55	66
60年度高2正答率（％）	69	81	92	80	92	94	87	82	91	88	46	72	68	49	71
54年度中3正答率（％）	35	83	96	58	68	93	93	89	92	94	70	78	73	51	71
54年度高1正答率（％）	77	89	98	86	91	91	95	95	97	98	66	83	73	42	75
60年度高1，高2の比較	**			**	**										
高1(60)と中3(54)の比較	**							*			*	*			
高2(60)と高1(54)の比較							*	**		**	**				
問	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
60年度高1正答率（％）	89	88	73	99	54	18	72	62	77	22	93	62	39	71	68
60年度高2正答率（％）	88	83	86	93	64	85	38	54	63	19	93	83	82	82	88
54年度中3正答率（％）	92	85	85	94	70	33	54	76	68	9	90	63	42	75	81
54年度高1正答率（％）	99	78	92	97	61	79	49	65	76	25	93	89	87	86	93
60年度高1，高2の比較			*	*		**	**		*			**	**		**
高1(60)と中3(54)の比較			*		*	*	*	*		*					*
高2(60)と高1(54)の比較	**								**						

§ 3. 生 物 学 習 調 査

担 当 員 沼 喜 兵

は じ め に

最近の理科のカリキュラムは目まぐるしく変化する。

生物Ⅰ～Ⅱ（6単位）から理科Ⅰ《生物分野～選択分野（3単位）》へのカリキュラムの実施にともない大きく変化したものの1つは単位数の減少である。

指導者側では、指導単元の省略、各単元の時間数の節減、指導内容の削減、実験の省略などをして対応してきた。

この影響は、当然ながら、生物の学習に興味をなくする生徒を増やし、指導される事項の理解できない生徒を増加させていることが予想される。

そこで、その実態を客観的に把握するため1982年（57年度）生物Ⅱ選択生徒29名に実施した学習調査「生殖・発生・遺伝」と全く同じ問題を1985年（60年度）高2選択生物の生徒26名に実施した。そして、正答率を比較検討することでカリキュラム変更にもなう生徒への影響を検討することにした。

比較調査の分析を次の順序で紹介する。

1. カリキュラムの比較
2. 調査問題（50問中13問）
3. 正答率の比較（1）
4. 正答率の比較（2）（正答率の低い問題と高い問題）
5. 正答率の分析 （1）正答率の高い問題 （2）正答率の低い問題
6. 調査結果の考察

1. カリキュラムの比較

表1に、56年度と59年度の対象生徒へ指導した生物分野（生命の連続性）の指導項目とその内容を示した。この表で明らかなのは、指導時間が28時間から24時間と4時間の短縮をしていること、さらに16%のフィルムを用いた指導を省略していることである。時間数短縮の実態が明らかである。

表1 カリキュラム（生命の連続性）の比較

指導単元	年 度	56年度		59年度		備 考
		8時間	実験など	6時間	実験など	
Ⅰ 生 殖						
1 生殖の意義	○		○		種族の保存，進化	
2 生殖の方法	○		○			
3 減数分裂	○	film	○		体細胞分裂と比較しながら	
4 植物の配偶子形成と受精 (重複受精を含む)	○		○		接合，同型配偶子，異型配偶子	
5 動物の配偶子形成と受精	○		○		配偶子の形成についてふれている	
6 世代交代	○	film	○			
Ⅱ 発 生		10時間		8時間		
1 発生の意義	○		○			
2 卵黄の存在様式と卵割	○		○			
3 個体発生						
(1) ウニ	○	film	○	film	○ 重点的に触れた	
(2) カエル	○	film	○	film	○ //	
(3) ニワトリ	○	film	△		○ 胚膜の意義などについてふれた (59年度は軽く)	
(4) ヒト	△		△			
4 系統発生	○		○		キョク皮動物の分類についてふれた	
5 発生のしくみ	○		○		前成説，後成説の歴史的な実験	
Ⅲ 遺 伝		10時間		10時間		
1 メンデルの法則	○		○		メンデルの法則 遺伝子の自由配分	
2 メンデルの法則の例外	○		△		↓ 等についてふれた	
3 遺伝子相互のはたらき	△		△		連鎖くみかえ	
4 連鎖と組みかえ	○		○		↓	
5 染色体地図	○		○		染色体地図	
6 伴性遺伝	×		×		↓	
7 細胞質遺伝など	×		×		一遺伝子一酵素説 (56年度は軽く， 59年度は指導せず)	
(1) キセニア					↓	
(2) 遅滞遺伝					DNAのつくり (59年度は軽く)	
8 一遺伝子一酵素説	×		×		構造，複製，タン白質合成	
9 遺伝学の応用	×		×			

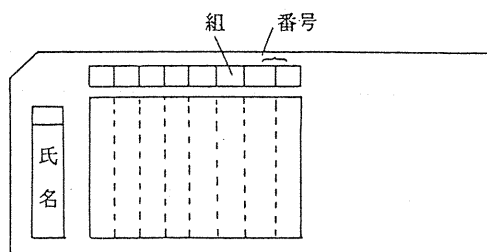
○ 授業，実験などを実施した film 16ミリの映画をみせた

× " " せず △ 時間がなく少しふれた程度

この調査は、本校のカリキュラムをつくるための資料になるものです。それぞれの質問に対して、よいと思うものをそれぞれの下から選び、回答カードのあてはまる番号を鉛筆（HB）でマークしなさい。

○氏名欄に氏名
を記入する。

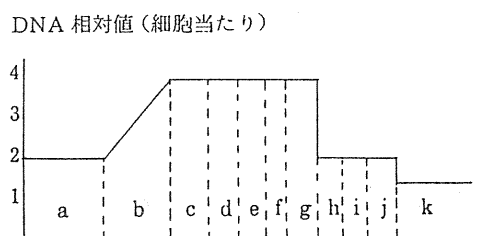
- 生徒番号欄下
3桁の欄に組、
番号を記入し、
マークする。



2. 生殖の方法として胞子形成を主とするものはどれか、次の生物群の中から選べ。
- ① ヒドラ ② コウボキン ③ オランダイチョ ④ ゼニゴケ ⑤ トマト
3. 次の中で配偶子の分化という点で、最も未分化なのはどれか。
- ① シダの前葉体の配偶子 ② ゾウリムシの接合 ③ アオミドロの接合
- ④ ユリの胚のうと花粉
4. 最も分化していると考えられるのはどれか。3.の選択肢より選べ。

この分裂の様式は次のどれにあ
か。

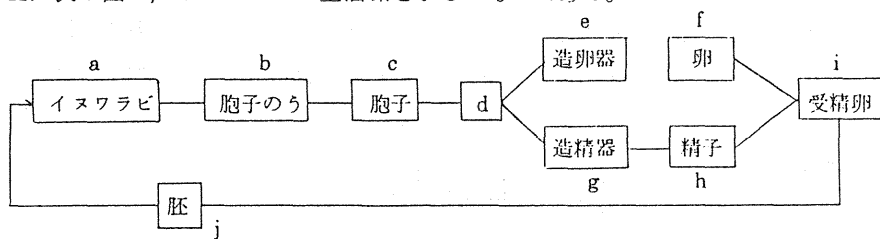
- ① 卵割 ② 無糸分裂
③ 体細胞分裂 ④ 減数分裂



14. 右図は動物の配偶子形成を模式的に示したものである。

- 109 —

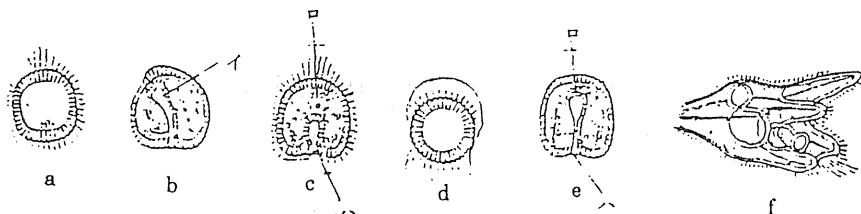
22. 次の図は、イヌワラビの生活環を示したものである。



d の名称は何か。

- ① 雌株 ② 雄株 ③ 胚のう ④ 前葉体 ⑤ 胞子体

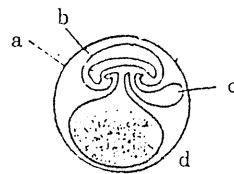
23. 下図のような発生をする動物は何か。22. の選択肢から選べ。



30. 右図は、ニワトリの胚膜を模式的に示したものである。

b は何か。

- ① しょう膜 ② 羊膜 ③ 卵黄膜(のう) ④ 尿膜(のう)



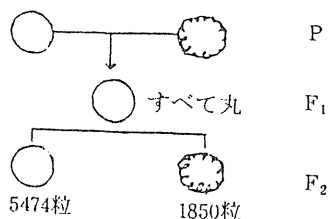
31. d は何か。30. の選択肢から選べ。

32. c のはたらきは何か。

- ① 保護 ② 栄養 ③ 呼吸 ④ 排出 ⑤ 呼吸と排出

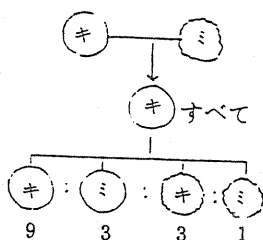
42. 右図の交配において、 F_2 の丸の種子の中で、自家受精して F_3 でも全て丸の種子を生ずる種子の確率はいくらか。



- ① 1 ② 0.5 ③ 0.33 ④ 0.25



45. 下図はエンドウの両性雑種である。F₁にある形質のものをかけ合わせたら、全て⊕になった。
ある形質の遺伝子型は何か。

- ① AABb ② AaBB ③ AABb ④ AaBb ⑤ aabb



遺伝子		A	{	キ (子葉は黄色)	B
		a		ミ (子葉は緑色)	b

(表 1)

50. アカバンカビの野生株は試験管中で糖と数種類の無機塩類と、ビオチン(ビタミンの一種)を含む最小培地で生育する。しかし変異株の中には最小培地で生育しないが、これにある種のアミノ酸、たとえばアルギニンを加えるとよく育つものがあり、これをアルギニン要求株という。アルギニン要求株には、右表にみられるように種類の違うものがある。

アカバンカビのアルギニン要求変異株

株	添加物質	オルニチン	シトルリン	アルギニン
アルギニン要求株	I	+	+	+
	II	-	+	+
	III	-	-	+

(+…発育する -…発育不良)

野生株は前駆物質より、まずオルニチンをつくりそれからシトルリンを経て、アルギニンを合成することが知られている。表 2 はアルギニン要求株 II についての上記アミノ酸の合成酵素の有無を示すものである。空欄に酵素合成をもつものを +、もたないものを - と記入したい。次の 1～4 の中で正しいものはどれか。

選択肢	酵 素		
	オルニチン合成	シトルリン合成	アルギニン合成
1	+	+	+
2	-	+	+
3	+	-	+
4	-	-	-

(表 3)

	合 成 酵 素		
	オルニチン合成	シトルリン合成	アルギニン合成
変異株 II			

(表 2)

3. 正答率の比較

表2. 正 答 率

		正答率 (%)				正答率 (%)	
No.	項目と内容	57年	60年	No.	項目と内容	57年	60年
1	生殖の役割	52	19	26	ウニの発生様式 (4) (プルテウス幼生)	93	69
2	生殖の方法 (無性生殖)	83	8	27	" (5) (中胚葉形成)	90	62
3	有性生殖 (配偶子の分化) (1)	31	38	28	" (6) (原腸の形成)	41	19
4	" (2)	76	69	29	" (7) (後口動物)	62	23
5	無性生殖と有性生殖の比較	45	46	30	ニワトリの胚膜 (1) (羊膜)	69	62
6	細胞周期 (1)	83	85	31	" (2) (卵黄膜)	83	77
7	" (2)	69	46	32	" (3) (尿膜の機能)	24	12
8	" (3)	59	58	33	胎盤の形成	28	31
9	被子植物の配偶子形成 (花粉) (1)	66	62	34	発生予定図 (1) (交換移植)	48	27
10	" (精核) (2)	52	27	35	" (2) (予定神経と表皮の交換)	41	23
11	" (3) (胚のう細胞)	14	31	36	" (3) (原口背唇の移植)	66	35
12	" (4) (極体)	24	42	37	クシクラゲの割球分離と クシ板形成	45	23
13	" (5) (被子植物の配偶体)	21	23	38	ウニの割球分離 (4細胞期)	48	50
14	動物の配偶子形成 (1) (第1卵母細胞)	10	8	39	モザイク卵と調整卵	52	38
15	" (2) (第1極体形成)	72	77	40	オルガナイザーの発見者 シュペーマン	41	27
16	" (3) (第2卵母細胞)	62	50	41	エンドウの遺伝研究材料 としての特徴	79	69
17	" (4) (極体形成の意味)	55	62	42	単性雑種 (丸かしわか)	55	58
18	ウニの受精 (1) (受精膜形成)	100	73	43	両性雑種の遺伝子型	38	42
19	受精のしくみ	69	58	44	補足遺伝子	52	38
20	シダの生活環 (1) (前葉体)	72	73	45	抑制遺伝子	21	31
21	" (2) (減数分裂のおこる時期)	10	35	46	連鎖と交さ率 (1)	48	54
22	卵割 (不等全割)	45	19	47	" (2) 配偶子の遺伝子型	31	50
23	ウニの発生様式 (1)	97	88	48	伴性遺伝 ヒトの色盲の遺伝 (1)	48	50
24	" (2) (ウニの発生順序)	79	54	49	" (2) 色盲の遺伝子型	69	62
25	" (3) (幼生の名称)	52	50	50	アカパンカビの一遺伝子 一酵素説	20	42

表2に57年度(生物Ⅱ29名)と60年度(選択生物26名)の表を示した。この表に基づいて、両年度について正答率の低い問題と逆に高い問題をマークして比較したのが表3である。○印は、正答率38%以下の問題、●印は正答率29%以下の特に低い問題を示す。この結果、60年度の選択生物生徒は、57年度生物Ⅱ選択生に比較し正答率の低い問題が50問中21問で、その中に特に低いのが13問ある。

これに対し、正答率の高いものは57年度の12問から6問に半減している。全体的に60年度の生徒は正答率がかなり減少していることがわかる。

5. 正答率の分析

問題別に、カリキュラムとも関連づけて分析してみた。表4が正答率の低い問題、表5が逆に高い問題である。分析表を参照してほしい。

傾向としては、細かな知識を問う問題について正答率が低いようである。

表3. 正答率の比較

No.	項目と内容	57年度	60年度	No.	項目と内容	57年度	60年度
1	生殖の役割		●	26	ウニの発生様式 (4) (プルテウス幼生)	▲	
2	生殖の方法 (無性生殖)	△	●	27	" (5) (中胚葉形成)	▲	
3	有性生殖 (配偶子の分化) (1)	○	○	28	" (6) (原腸の形成)		●
4	" (2)	△		29	" (7) (後口動物)		●
5	無性生殖と有性生殖の比較			30	ニワトリの胚膜 (1) (羊膜)		
6	細胞周期 (1)	△	△	31	" (2) (卵黄膜)	△	△
7	" (2)			32	" (3) (尿膜の機能)	●	●
8	" (3)			33	胎盤の形成	○	○
9	被子植物の配偶子形成 (花粉) (1)			34	発生予定図 (1) (交換移植)		●
10	" (精核) (2)		●	35	" (2) (予定神経と表皮の交換)		●
11	" (胚のう細胞) (3)	○	○	36	" (3) (原口背唇の移植)		○
12	" (極体) (4)	●		37	クシクラゲの割球分離と クシ板形成		●
13	" (被子植物の配偶体) (5)	●	●	38	ウニの割球分離 (4細胞期)		
14	動物の配偶子形成 (1) (第1卵母細胞)	●	●	39	モザイク卵と調整卵		○
15	" (2) (第1極体形成)	△	△	40	オルガナイザーの発見者 シュペーマン		●
16	" (3) (第2卵母細胞)			41	エンドウの遺伝研究材料 としての特徴		
17	" (4) (極体形成の意味)			42	単性雑種 (丸かしわか)		
18	ウニの受精 (1) (受精膜形成)	▲	△	43	両性雑種の遺伝子型	○	
19	受精のしくみ	△		44	補足遺伝子		○
20	シダの生活環 (1) (前葉体)	△	△	45	抑制遺伝子	●	○
21	" (2) (減数分裂のおこる時期)	●	○	46	連鎖と交さ率 (1)	○	
22	卵割 (不等全割)		●	47	" (2) 配偶子の遺伝子型	○	
23	ウニの発生様式 (1)	▲	△	48	伴性遺伝 ヒトの色盲の遺伝 (1)		
24	" (2) (ウニの発生順序)	△		49	" (2) 色盲の遺伝子型		
25	" (3) (幼生の名称)			50	アカパンカビの一遺伝子 一酵素説	●	

○ 正答率の低い問題 (38%以下)

△ 正答率の高い問題 (70%以上)

● 特に低い問題 (29%以下)

▲ 特に高い問題 (90%以上)

表 4. 正答率の低い問題（38%以下のもの）の分析

No.	項目と内容	正 答 率 (%)		分	析
		57 年度	60 年度		
1	生殖の役割	52	19	個体の維持としているのが 54%	
2	生殖の方法（無性生殖）	83	8	ブランク 73% 問題の訂正不備か（分裂→胞子形成と訂正するつもり）	
3	有性生殖 （配偶子の分化）	31	38	配偶子の分化についてよく理解していないためか、ゾウリムシとすべきをアオミドロ（50%）としている。	
10	" （精 核）	52	27	精核と極核の混同か、極核としているもの 27% あり	
11	" （胚のう細胞）	14	31	胚の形成についてよく理解されていない。2n - 23% 4n - 27% あり	
13	" （被子植物の配偶体）	21	23	シダ類と被子植物の比較ができていない。C - 46% あり	
14	動物の配偶子形成 （第 1 卵母細胞）	10	8	動物の配偶子形成について名称に混乱がある。忘れているらしい。	
21	" （減数分裂のおこる時期）	10	35	シダの生活環について理解不十分、動物の配偶子形成と混同	
22	卵割（不等全割）	45	19	ニワトリを不等全割としている 38%	
28	" （中胚芽の形成）	41	19	原口と中胚葉の混同 中胚葉を原口としているもの 38%	
29	" （後口動物）	62	23	肛門を消化管としている 73%	
32	" （尿膜の機能）	24	12	尿のうの機能を排出のみにしているもの 62%	
33	胎盤の形成	28	31	胚膜の機能について理解の混乱	
34	発生予定図 （交換移植）	48	27	分化の時期について混乱か	
35	" （予定神経と表皮の交換）	41	23	分化の時期について混乱か	
36	" （原口背唇の移植）	66	35	オルガナイザーについて理解の混乱	

37	クシクラゲの割球分離とクシ板形成	45	23	モザイク卵の意味, 細かな知識で忘れたか
39	モザイクク卵と調整卵	52	38	調整卵とは何か, 基本的
40	オルガナイザーの発見者シュペーマン	41	27	モルガンとする者31%
44	補足遺伝子	52	38	よく理解されていない
45	抑制遺伝子	21	31	よく理解されていない

表 5. 正答率の高い問題 (70%以上)

No.	項目と内容	正 答 率 (%)		分 析
		57年度	60年度	
6	細胞周期	83	85	減数分裂について理解されている
15	動物の配偶子形成 (2) 第2極体形成	72	77	配偶子形成は理解されている
18	ウニの受精 (受精膜形成)	100	73	発生の順序は常識的か
20	シダの生活環 (1) (前葉体)	72	73	前葉体は中学で観察している
23	ウニの発生様式 (1)	97	88	ウニの発生様式は常識的か
31	" (卵黄膜)	83	77	胚膜の名称はよくわかる

6. 調査結果の考察

(1) 全体の特徴

正答率の低い問題での共通点は次のように考えることができる。

- 授業で取り上げなかった問題（57年度 45,50,）あるいは、時間数を短縮した問題（60年度の29,32）は共通して低い。
- 細かい知識を問う問題では、錯覚、混乱、混同が多く正答率を低くしている（3,10,13,21,22 など）。
- よく指導されていない問題については正答率は低い（31,32,33,45,50 など）。
- 指導後時間が経過し、忘れたため正答率を下げている例もある（10,11,14,22,28,29,32,33,34,35,36,37,39,40,45 など）。

正答率の

正答率の高い問題での共通点は次のように考えることができる。

- 学習上ポイントにならないような基本的事項についての正答率が高い（4,6,15,18,20,26,27,31 など）。
- 単純な問題、難易度の低い問題などの正答率が高い（4,20,23,26 など）。

(2) カリキュラム変更にもなる影響

カリキュラムが生物1（3単位）から理科1生物分野（2単位）に変更された直接の影響は単位数の減少で、指導時間が33％減少した。このため、指導する単元の削減、指導時間数の減少、実験の省略などをせざるを得ない。生命の連続の単元でも、56年度28時間が、59年度は24時間と15％縮小している。

このため、指導される項目の十分理解できない生徒を増加させていることは十分予想された。具体的に、比較してみると正答率が38％以下の問題が表3のように57年度は13問（特に低いのは7問）であったが、60年度は21問（特に低いのは13問）に増加している。これとは逆に正答率70％以上の問題は57年度は12問（特に高いのは4問）であったのが60年度は6問（特に高いのは0）に半減している。

このことは、先の予想を裏づけているものと考えられる。

今後、この種の比較調査を他の単元に拡大してみる予定である。そして、それらの結果を通して今後のカリキュラム検討の資料にしていきたいと考えている。