

フィンランドの大学入学資格試験「生物」における 基礎的分析

鈴木 誠

(北海道大学 高等教育推進機構/大学院理学院自然史科学専攻)

日本の大学入試センター試験に相当するフィンランドの大学入学資格試験 (Matriculation Examination) は、1科目6時間に及ぶ。その出題形式は思考力を問う論述が中心であり、日本とは大きく異なる。その中の「生物」は National Core Curriculum に準拠し、生態学や環境学、分子生物学や人体生理学、形態学や分類学を中心に、日本の高等学校「生物基礎」や「生物」の学習範囲を越えるものも見られる。また「探究の過程」や「実験計画能力」に関する出題が多く見られるのも、大きな特徴である。

1 はじめに

フィンランドの大学入学資格試験 (Matriculation Examination) は、日本の大学入試センター試験と類似する性格を持つ試験ではある。しかし、その実施形態や作問体制、出題内容は大きく異なる (鈴木 2010)。本稿はそこから出題内容、特に「生物」の試験問題に焦点を当て、その出題範囲や内容、形式からどのような能力を受験生に求めているのかを考察するものである。

2 National Core Curriculum と高校生物

高等学校理科の科目構成は日本と同じである。「National Board of Education (国家教育委員会) が示す National Core Curriculum (日本の学習指導要領と同義) によると、生物は1.有機的な世界 (進化を含む) ,2. 細胞と遺伝 ,3. 環境的生態 ,4. 人体 ,5. 生物工学の5科目からなり ,1. と2. が必修で後は選択となる。ここに記載される「生物」には、全体を通しての教科理念に始まり、「簡単な生物実験の計画や実行、その結果の解釈方法を学ぶ」といった10の教育目標が掲げられている。また、5科目それぞれに到達目標が6~8設定され、「生態系の多

様性と種」「DNAの構造と機能」「フィンランドの自然の脆弱性」「幹細胞の意味と組織分化」など目標を達成するためのコアとなる学習内容が科目ごとに2~4記載されている。しかし、総ページ数はわずか6である。

表1 National core curriculum for Upper Secondary Education, (2003) より

3. Environmental ecology (BI3)

OBJECTIVES

The objectives of the course are for students to

- command the basics of ecology and understand the effects of human activity on organic nature;
- understand the significance of biodiversity to the future of humanity;
- perceive the reasons for and the consequences of environmental problems in ecosystems;
- acquaint themselves with Finnish ecosystems and their special characteristics and also familiarise themselves with human-modified ecosystems;
- be familiar with and be able to assess methods used to monitor the state of the environment and solve emerging problems;
- know how to plan and implement a small-scale research project on the state of the environment and present the results;
- develop their environmental literacy, understand their responsibility for the state of the environment and know how to act in accordance with the principles of sustainable development.

表1は、前述3.環境的生態の一部である。その特徴は、高等学校まで一貫した実験計画や研究計画を重視するという科学の探究能力の育成を明示しているところにある。大学入学資格試験は、これら求める教育目標やコン

ピテンスの到達度を測定するものである。

3 大学入学資格試験「生物」の特徴1

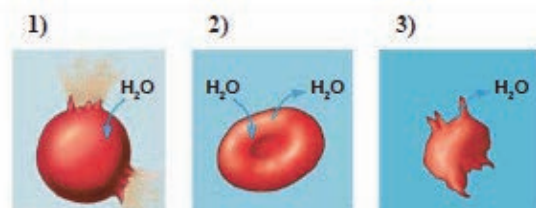
3.1 問題の基本的構成と出題内容

大学入学資格試験の「生物」は、基本的には10問で構成され、その中から最大で8問に解答できる方式で行われる。解答時間は最大6時間である。答は0～6点で採点されるが、+の印のついた「ジョーカー・クエスチョン」2問も出題される。この問題は他の10問よりも高度で難しく選択は自由である。解答すればボーナス点として0～9点で加点される。その総点が一定の配分比率に従って、7グレードのカテゴリー分けされる。まずどのような内容の問題が出題されているのかを調べるために、2014年3月21日実施「生物」（問12は一部省略）を表2として示す。

表2 大学入学資格試験「生物」 2014.3実施
(Ylioppilastutkinto-Lautakunta.Biologian Koe,2014)

1. 食塩は主に塩化ナトリウムからなり、水や岩盤に含まれている。塩分の取り過ぎは植物や動物に有害となる恐れがある。次の1～3の図は、3つの異なる塩分濃度の溶液に入れた赤血球を表している。a) 溶液の塩分濃度はそれぞれどのくらいか？また赤血球細胞ではそれぞれ何が起きているか？病院で脱水症状の患者に、水ではなく塩化ナトリウムを含んだ食塩水を点滴するのはなぜ？

b) 乾燥地帯にある農業国では、灌漑によ



図：Reece, Jane B. 他, 2011年, キャンベルの生物学, 第9版, Pearson Inc.

て土壌が塩化することが多い。このようなことが起こるのはなぜか？またこれによって裁

培作物にどのような悪影響を及ぼすか？

2. 葉緑体とミトコンドリアは、元来、対照的な働きを持つ細胞小器官である。それぞれの働きを説明せよ。

3. 個体群の遺伝的多様性は進化にとって不可欠なものである。最も競争力のある個体は数が最も多くなり、したがって自然淘汰されて個体の適応度 (fitness) が高まった遺伝子が個体群の多くを占める。

a) しかしながら疾患を引き起こす遺伝子など不利なものが個体群中に受け継がれているのはなぜか？

b) 平衡 (安定性) 選択, 方向性選択, 分断性選択とは何か？通常どのような環境でこれらは起こるか？

4. 「複製」「転写」「翻訳」とは何か？またこれらはどのように関係しあっているか。

5. a) 写真1, 2に写っている植生地の窒

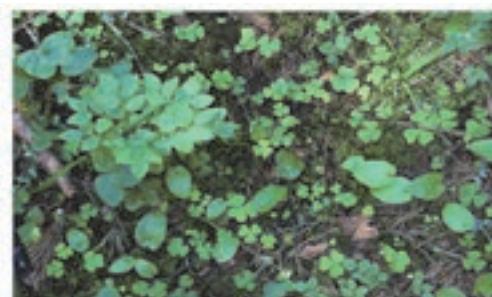


写真1



写真2 写真：Juhani Terhivuo

素含有量と酸性度を比較せよ。それぞれの写真から少なくとも2種類の植物を選び、それを使って比較説明せよ。

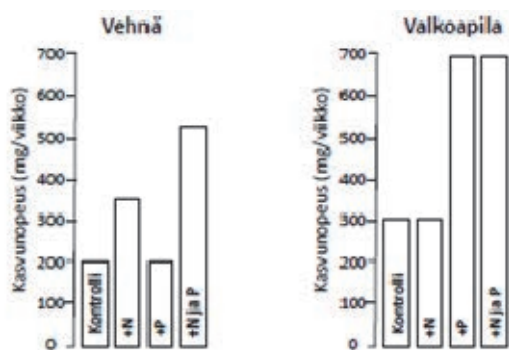
b) 写真1, 2の植生地では、どこから窒素を得ているか？

c) 植物種の例をあげて、植物がどのように

より多くの窒素を得ているかを説明せよ。

6. 現代人に比べて石器時代の人々はグルコースをごくわずかしか摂取していなかった。この栄養摂取の大きな変化が膵臓の働きにどのように影響を及ぼしていると考えられるかを説明せよ。

7. 窒素とリンによる肥沃化が小麦とシロツメクサの成長に与える影響について実験を行った。窒素(+N)のみ、リン(+P)のみ、そしてどちらも入れないもの(対照群)窒素とリン(+Nと+P)の両方を入れたものを用いた。その他の生育条件は同じである。次の表はそれぞれの成長速度(mg/週)を示している。この実験の主な結果を植物ごとに説明せよ。植物による違いは何か？



Vehnä = 小麦 Valkoapila = シロツメクサ
 Kasvunopeus(mg/viikko) = 成長速度 (mg/週)
 Kontrolli = 対照群 +N ja P = +N と +P

8. 嚢胞性線維症は、特に肺に影響を及ぼす、めずらしい代謝性疾患である。この疾患にかかると呼吸器に問題を起こし死に至る危険性が高い。ある細胞膜のタンパク質を遺伝情報化する常染色体の劣性遺伝子が、この嚢胞性線維症を引き起こす。カッレとエイラは子供を作ろうと計画している。しかしどちらの一族にも嚢胞性線維症発症者がいることが気がかりである。カッレは前妻との間に嚢胞性線維症の子供がいる。またエイラの姉(妹)はこの疾患で亡くなっている。しかしカッレもエイラも両親もこの疾患ではない。
 a) カッレが健康である、または疾患保因者である確率はそれぞれどのくらいか？
 b) エイラが健康である、または疾患保因者である確率はそれぞれどのくらいか？

c) 次の3つの選択肢のうち、可能性があるものはどれか？カッレとエイラの子供は健康である／疾患保因者である／嚢胞性線維症である。その理由を説明せよ。

9. 視覚によって人間は周囲の視覚情報を得ている。a) ロドプシンは視覚の発生にどのように関わっているか？

b) 水晶体を通る光線はなぜ網膜の中心窩に向かって曲がるのか？またこれは色覚にどのように関わっているか？

10. アルコールは、即時にまたは長期に渡って、中枢神経や末梢神経に悪影響を及ぼす。アルコールは脳の抑制力をなくし、興奮性神経伝達物質を増加させて、人間の行動を変えてしまう。長期間の飲酒は髄鞘を傷める。末梢神経細胞の損傷によって、手や足の触覚が弱まったり、チクチクしたり、動きが遅くなるといった症状が起こる。アルコールは抗利尿ホルモン(ADH)、すなわちバソプレシンの分泌も弱める。

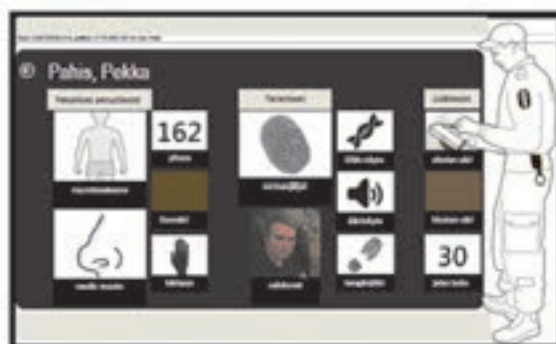
a) 中枢神経と末梢神経を説明せよ。

b) 髄鞘とは何か？また神経作用においてどのような役割を果たしているか？

c) アルコールを飲むとなぜ頻繁に尿意を催すか？

+11. 白亜紀の後に、新生代とも呼ばれるセノゾイック期が続くが、このセノゾイック期には主にどのような地質学的、気候的、生物学的変化があったか？

+12. 次の図は新聞記事「警察がタブレットを準備中」(ヘルシンキ新聞, 2013年1月19日付)に添付されていた図である。タブレット型コンピューターの使用によって、次のような体格、鼻の形、身長、肌の色、利き手、



指紋，写真，DNA サンプル，音声サンプル，足跡，眼の色，髪の色，足のサイズで識別情報を事件現場でも記録できるようになる。これらの識別情報から個人を特定するための生物学的根拠と適合性を説明せよ。

3.2 2014.3実施「生物」の出題内容の解説

以下に簡単な解説を付す。

問1は，赤血球の収縮と溶液に関する問題である。物質の出入りや浸透圧，また乾燥地域の水は土壌の影響を受け塩分濃度が高いことがわかっていれば容易な問題である。キャンベルを引用しているのが注目に値する。

問2は，細胞小器官の機能を問う問題である。DNAを含む細胞共生説まで踏み込んだ解を求めているのかもしれない。

問3は，遺伝の総合問題である。遺伝子型や遺伝子プールなど基礎となる集団遺伝学の理解が求められる。

問4は，セントラルドグマの基礎的を理解していれば，容易な問題であろう。

問5は，植物生態学を中心とした総合問題である。種や形態といった植物学の基礎が必要である。環境や土壌学の知識，無機養分との関係の理解が求められる。

問6は，ヒトの各器官の構成と機能，消化器系器官の基本的な形態学的構造，消化吸収のメカニズム，ホルモンと体の調節といった基礎的な知識や理解が必要である。トランスポーターまで詳述する必要があるであろう。

問7は，イネ科小麦属とマメ科シャジクソウ属との無機養分との関係を，実験結果のグラフ解析から問うものである。オーソドックスな出題である。

問8は，ヒトの難病の劣性遺伝に関する出題である。遺伝子がホモである場合の出現確率が25%であることを理解していれば，比較的答えやすい出題といえよう。

問9は，硝子体管や水晶体，中心窩といったヒトの目の構造とその作用，また視覚に関する基礎的な内容の理解が必要となる。

問10は，動物の反応と行動に関する出題である。神経系の基礎的知識と自律神経とホルモンによる調節が理解できれば問題はない。

問11は，ジョーカー・クエスチョンである。地質時代の内，古第三紀，新第三紀，そして現代の第四紀が記述されなければならない。そのキーワードは，寒冷化，絶滅，適応放散，被子植物であろう。

問12もジョーカー・クエスチョンであるが，フィンランド国内でも話題になったものである。ヒトの各器官の機能に関する知識や遺伝やゲノムに関する理解が必要となる総合的な出題である。

2014年3月21日実施の「生物」は，まず基礎・基本を重視している。問1や2のように答えやすいものも散見される。一方その背景にある高度な知識を求める出題も少なくない。全問論述問題と相まって，難易度の高い出題と言えるだろう。遺伝やヒトに関する出題にやや偏るように写るが，後述表1に示すように出題範囲は，春と秋の二回実施でほぼ履修内容を網羅する。

4 大学入学資格試験「生物」の特徴2

4.1 出題範囲

表3は，2010年から3年間の生物の出題範囲をまとめたものである。出題範囲は日本の「生物基礎」及び「生物」をほぼ網羅する。最大の特徴は，2014年3月実施の問題でも見られたが，「生物基礎」の「生物の多様性と生態系」，および「生物」の「生物の環境応答」「生態と環境」に該当する生態や環境に関する出題が多いことである。「ジョーカー・クエスチョン」を含めた12問6回分（3年間）の総出題数72問のうち，生態や環境に関する出題は19問（26%：以下出現率とする）に及び出題全体の1/4以上を占める。生態学や環境学（陸水学を含む）はフィンランドでは最も重視され，教員養成課程のプログラムにも明確に位置づけられている。

表3 大学入学資格試験3年間出題範囲

	2010.10.1	2011.3.16	2011.9.19	2012.3.21	2012.9.26	2013.3.13
1	分類 <small>(系統)</small>	細胞	生殖	分類	細胞	形態
2	生態と環境	分類	細胞 <small>(ATP)</small>	生殖 <small>(進化)</small>	生態	細胞
3	代謝 <small>(光合成)</small>	代謝 <small>(光合成)</small>	環境 <small>(絶滅危機)</small>	遺伝子疾患	生態 <small>(樹林群)</small>	進化
4	恒常性	分解者	生態 <small>(個体群)</small>	酵素	恒常性	細胞 <small>(細胞分裂)</small>
5	遺伝 <small>(色覚欠乏)</small>	遺伝子疾患	恒常性	生態系	進化	生態
6	ゲノム <small>(ポリジーン)</small>	環境 <small>(酸性化)</small>	伴性遺伝	対立遺伝子 <small>(ヒト)</small>	細胞 <small>(免疫)</small>	生態
7	ゲノム	免疫	環境 <small>(有機物)</small>	体内環境 <small>(神経)</small>	遺伝 <small>(ヒト)</small>	動物の行動と反応
8	生態	ゲノム	生態と環境	形態 <small>(系統群)</small>	細胞	細胞 <small>(免疫)</small>
9	環境	ゲノム	遺伝子疾患	環境 <small>(腐敗物)</small>	ゲノム <small>(エ)</small>	遺伝子疾患
10	生態と環境 <small>(樹林群)</small>	生殖と発生	ゲノム	ゲノム	環境	ゲノム <small>(エ)</small>
11	ゲノム <small>(痛)</small>	人体 <small>(生殖)</small>	消化	進化	ゲノム <small>(virus)</small>	生態 <small>(個体群)</small>
12	遺伝 <small>(ヒト)</small>	進化	ゲノム	環境 <small>(絶滅)</small>	環境	生態

また、「生物基礎」の「遺伝子とそのはたらき」、および「生物」の「遺伝情報の発現」に該当するいわゆるゲノムに関する出題も多いことである。遺伝子解析、遺伝子操作、その倫理など出題は20問で、出現率は28%に及ぶ。また、日本では避けられているヒトに関する遺伝子疾患に関する出題も、2014年3月実施の問題でも見られるように大変多く、その半数に及ぶ。フィンランドは「助け合い」を文化の基軸とする国家であり、教科書に遺伝子疾患の記述や子どもの写真を積極的に載せ共通理解を図る施策が進められている。

ゲノム関連の出題が多い一方、基礎的な系統学や分類学からの出題も散見され毎年1題程度見られる。National Core Curriculumや教科書では生物学の基礎が意図的に重視され、それが本試験にも反映されている。

その他、エキソサイトーシスやエンドサイトーシス、シナプス小胞など神経伝達に関する論述問題も見られる。また、2008年9月実施の試験では、中学校で学んだ洞房結節と房

室結節のパルス伝達など、人体生理学や組織学に関する出題も見られる。これは本試験が高等学校だけでなく、初等中等教育全体での到達度測定を目的にしていることによる。

4.2 出題形式

表4は3年間の出題形式をまとめたものであ

る。最大の特徴は科学的な知識や事実を元に自分の考えを客観的に述べるといった、受験生の思考力を問う論述式がほとんどで、その出現率は95%以上に上る。ここでいう論述式とは、1) 何らかの条件が与えられ、2) それに対して自身の考えを展開する出題形式の問題を指す。「説明する」など問いに対して文字で解答するものは記述式として分離する。

この論述式には、定量的なデータやグラフを元に論ずるものや、相反する生物理論に対して自身の考えを述べるなど、多様な出題形式となっている。穴埋めに近い出題は、3年間で9問、出現率は1%強と極めて少なく、それも記述や論述と合わさったものがほとんどである。初等中等教育全体で「自分で考え意見する」という学習スタイルを基本にしているからである。単純に知識を問うものは6回の試験の中で1問だけである。

4.3 受験生に求められる探究能力

National Core Curriculumには、実験計画や研究計画の立案といった、科学の探究能力

表4 大学入学資格試験3年間の出題形式

	2010.10.1	2011.3.16	2011.9.19	2012.3.21	2012.9.26	2013.3.13
1	論述2 (数字は数回数)	穴埋6・記述6	記述2・論述1	穴埋6・記述2・ 論述1	穴埋9・論述4	穴埋・総合問題16
2	論述3(グラフ)	穴埋6	記述6	論述3	論述3	記述1・論述1
3	穴埋5・論述	論述	論述	論述	論述3	論述3
4	穴埋12・記述12	論述	論述2(グラフ)	論述(データ)	論述4	論述3
5	論述2(図)	論述4(図)	論述	論述	論述3	論述5
6	論述3	論述2	論述2	論述(図示)	論述3	論述2
7	論述	論述	論述	穴埋6・記述2	論述3	穴埋5・論述5
8	論述(計算)	論述3(図)	論述3(グラフ)	論述	記述12	論述6
9	論述	論述(図)	論述	論述	論述	論述
10	論述(データ)	記述3・論述2(図)	論述	論述(図)	論述	論述
11	論述	論述	論述	論述	論述	論述
12	論述	論述	論述(図)	論述	論述	論述

の育成が明示されている。これは日本の理科教育でも最も重要視されているが、実験計画や研究計画に関する能力の育成については指摘があるものの、教育現場では指導が進んでいないのが現状である。フィンランドでは限られた出題の中で、その資質を測定しようという試みがなされている。

「探究能力」の定義の中で、有名なものに全米科学振興会（American Association for the Advancement of Science）が開発したプロセススキル（AAAS 1963）がある。それは8つの基本的なプロセススキル（①観察する，②空間・時間の関係を用いる，③分類する，④数を用いる，⑤測定する，⑥伝達する，⑦予測する，⑧推論する）と5つの総合的なプロセス（⑨条件を制御する，⑩データを解釈する，⑪仮説を作る，⑫操作的に定義する，⑬実験する）からなり，広く一般化した。それは、PISAの科学的リテラシーの枠組みに見られる「科学についての知識」における「科学的探究」より分析的である。そこでこの枠組

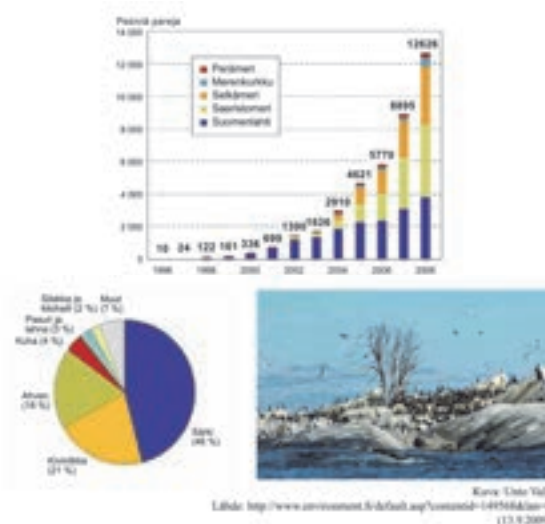
みを用いて具体的に問題を分析することにする。

6.4 解答に求められる探究能力

図2は、2010年秋に出題された問題である。棒グラフは繁殖つがい数を示しており，上から[赤]ボスニア湾，[水色]クヴァルケン群

島，[オレンジ]ボスニア海，[黄緑]フィンランド多島海，[青]フィンランド湾を示している。ボスニア湾，クヴァルケン群島以外は個体数の急速な増加を示している。

図2 大学入学資格試験生物 2010.9実施



(訳) 2. カワウ (河鵜) (*Phalacrocorax carbo*)の生息域は，バルト海南部からフィンランドの沿岸水域へと広がった。この鳥は

1996年に初めてフィンランドで繁殖し、その個体数は次のグラフのように増加してきた。

a) 個体数を急速に増加させてきたと考えられる要因を考察せよ。(3点)

b) 個体群の増加を妨げる要因を説明せよ。(2点)

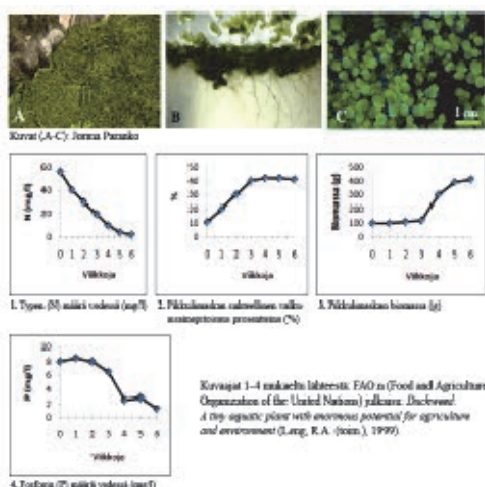
c) 次の円グラフや写真から、カワウの餌と繁殖について推測できることは何か?(1点)

なお、円グラフは魚の種類を示しており、占める割合の大きい方からローチ/roach (46%), ゲンゲ/eelpout (21%), スズキ/perch (18%), パイクパーチ/pike-perch (4%), ヘダイ/silver bream とブリーム/bream (3%), バルチックニシン/baltic herring とバルチックスプラット/baltic sprat (2%), その他(7%)となっている。

これらの情報を元に、受験生の⑦予測する, ⑧推論する, ⑩データを解釈という探究能力の一部を測定している。

また図3は2011年秋に出題された問題である。

大学入学資格試験「生物」2011.9実施より (Ylioppilastutkinto-Lautakunta.Biologian Koe,2011)



問8 コウキクサ (*Lemna minor*) は、富栄養

化した環境を好む浮遊性の淡水草である(写真A, 南西フィンランドの池)。根のような菌糸(写真B)による栄養吸収および3枚の葉による光合成(写真C)を効果的に行い、生物量(バイオマス)特にタンパク質を大量に生成する。家庭用アクアリウムではコウキクサによって藻の生長が抑えられる。

a) コウキクサの速やかに生長してタンパク質を生成するという特徴は、グラフ(1~4)からどのようにわかるか?

b) アクアリウムの藻の生長は、なぜコウキクサによって抑えられるか?

c) 富栄養化した河川を効率よく生物学的に浄化させるために、なぜコウキクサが利用できるか?

注) グラフの軸は、それぞれ1が水中の窒素(N)量(mg/l), N(mg/l), 時間(週), 2がコウキクサのタンパク質相対割合(%), %, 時間(週), 3がコウキクサの生物量(g), 生物量(g), 時間(週) 4が水中のリン(P)量(mg/l), P(mg/l), 時間(週)を示す。

先の問題と同様に②空間・時間の関係を用いる, ④数を用いる, ⑤測定する, ⑦予測する, ⑧推論するといった探究能力の基本的なプロセススキルと, ⑩データを解釈するといった総合的なプロセスを受験生に求めていることがわかる。

表5は,3年間の出題内容からプロセススキルを問うものを調べたものであり,17問,出現率は約24%と高い。また日本では重要視されながらも見られない実験計画に関する出題が3問見られる。これらのことは, Basic Education から National Core Curriculum に掲げられてきた探究能力を, 入試問題で測定していることを示す。

5 おわりに

大学入学資格試験は、獲得してきた知識や与えられたデータから自分の考えを組み立てる能力, 問題解決能力や探究能力を「生物」という教科を通して受験生に求めている。それは、起業家精神の育成, 自己実現の重視と

いうフィンランドの教育理念と合致する。

表 5 大学入学資格試験 3 年間探究の出題内容

	2010.10.1	2011.3.16	2011.9.19	2012.3.21	2012.9.26	2013.3.13
1						
2	データ解釈・予測					
3	実験計画					予測・推論
4			データ解釈・予測	データ解釈・予測		
5	データ解釈・推論			予測・推論	予測・推論	
6		実験計画		データ解釈		推論
7					予測・推論	
8			データ解釈・予測			
9				予測・推論		
10	予測・推論					実験計画
11						
12						予測・推論

参考文献

Finnish National Board of Education
(2003). *National core curriculum for
Upper Secondary Education*,137-138.

鈴木 誠 (2010) . 「フィンランドの大学入
学資格試験」『化学と教育』,58
(10) ,463-467.

Matriculation Examination Board
(2010,2011,2012,2013,2014) . *Ylioppilas
tutkinto-Lautakunta. Biologian
Koe.* ([http://oppiminen.yle.fi/sites
/oppiminen.yle.fi/files/yo-kokeet/biologia](http://oppiminen.yle.fi/sites/oppiminen.yle.fi/files/yo-kokeet/biologia))

Commission on Science Education of
American Association for the Advancement
of Science(eds.)” *Science-a process a
approach commentary for teachers*” ,
pp.122-131.AAAS/XEROX
Corporation,1963.