

# 大学入学者（教育系学部・理科）の 化学分野と物理分野をまたぐ 科目横断型知識・理解

田中元、鈴木哲也

## 1. 目的

2016年2月8日、日本学術会議が「理科基礎（仮称）」を高校の必須科目として新設し、大学入試センター試験あるいは後継に想定されている統一試験の必受験科目に含めるべきだとする提言を公表した<sup>1)</sup>。この科目は物理、化学、生物、地学の4科目にまたがる高校理科の基礎内容を全て含むものとして想定されており、提言の背景に見て取ることができるものは、事実に基づいて論理を組み立て、議論し、判断に導く実証的態度を高校生に身につけさせることができていないという危機感である。

また、2014年に行われた独立行政法人国立青少年教育振興機構による意識調査<sup>2)</sup>では、「社会に出たら理科は必要なくなる」と答えた高校生の割合が日米中韓で日本が最多であった（日本：44.3%、米国：22.4%、中国：19.2%、韓国：30.2%）。ここに見られる問題は、視野狭窄に陥ったものの考え方が社会に出る予備軍としての世代に広まっていることであり、理科にのみ留まるものではないと思われる。理科に限った言及をすれば、理科そのものに関する知識よりもむしろ、科学的に思考することが重要だという場面が社会には多々現れるはずである。理科で身につけたものを理科以外の分野に、あるいは生活に、積極的に応用しようという姿勢が欠如しているのであれば、

それは高校生の責任に帰せられると言うより、現在の学校教育におけるカリキュラムが少なくとも理科に関して言えば、科目間または教科間の連携に成功していないという課題の指摘につながる。

理科は必須知識とその運用、社会における実践的な例の組み合わせが豊かな科目であり、教科（理科）に関する科目に携わる筆者らにとって、まずは物理、化学、生物、地学をまたぐ科目横断型学習プログラムの作成、科学リテラシーの涵養を目指すことがこの課題に対する着手可能かつ有効的な選択肢であると考えられる。

この視点で冒頭の「理科基礎（仮称）」という科目を振り返ると、関連したケースとして過去に「理科Ⅰ」があったことが思い出される。これは1978年に制定された高等学校学習指導要領において、4単位の必修科目として新設された科目であった。その成果は大いに期待されたが、1989年に制定された次の学習指導要領で「綜合理科」と名称が変わり、必修から外されてしまったという経緯がある。「理科Ⅰ」が長く続かなかったことには複数の原因があろうが、「理科Ⅰ」に対応できる教員が十分に確保できなかった問題が実際に報告されている<sup>3,4)</sup>。

以上から、科目横断型を意識した取り組みは、特に理科教員を養成する高等教育課程で強く意識されるべきであると言える。大学におけるカリキュラムは指導要領の影響から離れており、その改変を待ってから行動する責任を全く持たず、一方で、科目横断型の中等教育に対応できる将来の教員を育てる必要を持つためである。さらには教科横断的な取り組みも今後その重要性を増すことが予想される。

科目横断的な人材養成、取り組みを目指す例は数あるが<sup>1,5,6)</sup>、これらに共通して見られる課題として、大きく次の二つが挙げられるであろう。

一つは、教授側（理学・工学・教育学の研究者）の専門によって取り組みが可能となったケースが多数であり、広く候補を求めた上で教育に対してより効果的な題材を選んだという例が少ない点である。中等教育課程の理科に関わる自然科学・工学等の研究者、専門家がけっして多くはない状況、さら

にはこれらの研究者がけっして中等教育課程のカリキュラムを把握しているわけではないという状況を思えば、この点は取り組まれねばならない課題である。

二つ目として、科目横断的な取り組みの効果を検証する手段が限られている現状がある。従来の研究では教科横断的、科目横断的な取り組みの効果を検証するために、次のような手法を用いたり、または提案している。

- 1 アンケート調査（質問紙）<sup>7,8)</sup>
- 2 課題設定による知識、スキルの検定<sup>8)</sup>
- 3 インタビュー<sup>9)</sup>
- 4 対象者の追跡調査（社会に出てから等）<sup>10)</sup>

1は最も多く見られる手法であるが、質問の項目の多くにおいて被験者である学生、生徒の自尊感情、取り組みに対する感想を尋ねる色合いが強く、各取り組みの効果はあると推測されつつも、それを客観的に見せるには不十分である向きがある。教科横断型、科目横断型であるかないかによらず、学習者に対する取り組みの効果を最も正確に反映し、定量するものは2または3であると考えられるが、これらには各取り組みに特化した内容の準備が必要となり、複数の科目横断的な教授法、カリキュラムに広く共通した手法になり得ないという難点がある。4は最も理想的な検証法であるかもしれないが、言うまでもなく実施に時間その他の面でのコストがかかり、現実的でない場面が多いであろうという難点をもつ。

また、1～3はすべて、当のカリキュラムを経験する前と後で、学習者の知識、技能、自己肯定感を比較するものである。しかし、教科横断型あるいは科目横断型の教育が目指すものは、教科横断的、科目横断的に物事を考えようとする発想の習慣を身につけることである。この点を1～3が検証するとは限らず、むしろそこに至っていない場合が多いのではないだろうか。

本報告では一つ目の課題に対し、コンセプトマップを用いる試みを紹介する。今後の研究に向ける端緒として、高校の「化学分野」と「物理分野」をまたぐ科目横断型知識にはどのような候補が挙がり、それらについて大学新

入生達がどのような理解を持つのかを、高校理科の教科書の用語索引と学生達が描くコンセプトマップを手がかりとして調べるものである。田中が化学教育に携わるため、このコンセプトマップは「化学」に関連するものを学生に描かせたものであり<sup>11,12)</sup>、そこから「物理」へと向かう用語・概念にはどのようなものがあるかを調べることとなった。化学-生物、化学-地学をまたぐ領域についても同様の試みを行う予定である。科目横断型知識の候補となる用語、トピックスを一覧しようという試みは他に例が見当たらず、さらに高大連携につながる可能性にも意義があると思われる。将来は、大学におけるこの調査の結果を高校の講義で扱う内容に還元し、学習者達の「知識・技能を活用する力」の育成につながることを望んでいる。

本報告は科目横断的な教授法を行ったケースではないため、先に述べた4つの検証法と直接の比較をするものではないが、二つ目の課題に関しては、コンセプトマップを用いることで、学生達の科目横断型の理解の程度を定量できる可能性があることを示す。

マッピングを用いる手法は科目横断型の理科トピックスを広く集め、それらの中から対象となる学生集団の知識理解に合わせて教育に資するものを拾い上げるものになると期待される。

## 2. 研究方法

### (1) 調査対象

本報告においては、2014～2016年度の秀明大学学校教師学部理科専修コースおよび初等教育コース（理科）選択者計84名を対象とし、彼らの入学当初の時期に「化学」をキーコンセプトに据えてコンセプトマップを描かせた。当学部の卒業条件として彼らには中学校・高等学校教諭一種免許状の取得が必須であり、すなわち理科教員としての資格を得なければならない立場にある。また、学部が全寮制を義務付けており全国から学生を募集するため、地域の偏りが比較的小さい集団を調査対象とすることができる。

今回の調査対象となるコンセプトマップを描かせたのは、すべての年度に

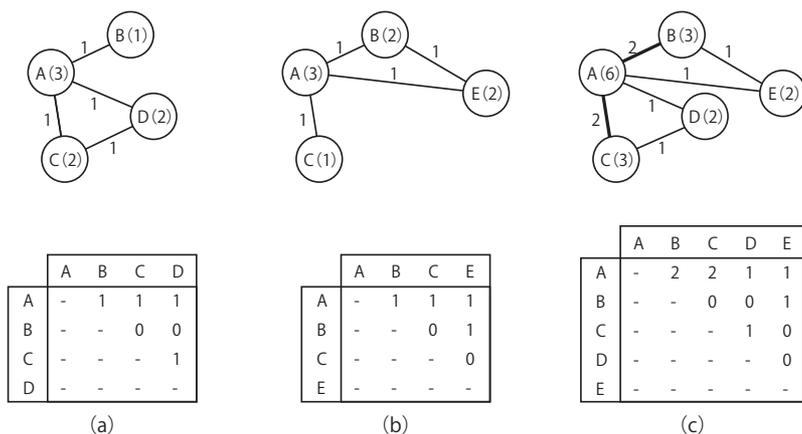


図1 (a) (b) 2つのコンセプトマップ、および(c)それらの総計について、それぞれの例とそのネットワークグラフを示したもの

A~Bの横()内の数値は、各ノードのウェイトを示す。

において本学部の講義「化学概説」の第一回目の冒頭であった。この講義は対象となった学生達にとって必修科目であり、前期に開講される。また、本講義以外に新生が前期に履修する化学関連の講義は存在しない。すなわち、本学部に入学者として将来理科の教員になることを志望する学生全員に対し、大学における化学教育の影響を受ける直前の状態をリサーチすることができる。

## (2) 学生の手によるコンセプトマップの作成

コンセプトマップは1970年代にジョセフ・D・ノヴァクらが学生の科学的知識を表現する手段として考案し<sup>13)</sup>、やがて教育ツールに限らず個人やチームの専門知識の表現方法として用いられるようになり現在に至る。概念(コンセプト)と概念とを線で結び、概念間の関係を視覚化するものであり、教育ツールとして用いられる場合、コンセプト間を結ぶリンク(線)に主語・述語関係を示す矢印を用いたり、そのリンクが生じた意味や理由を書き加え

表1 得られたコンセプトマップの総計をネットワークグラフとして表した様子

ウエイト	ノード	化学	実験	元素	原子	周期表	金属	計算	反応	水素	危険	電池	酸素	理科	炎色反応
668	化学	-	53	30	27	6	1	13	13	1	9	5	3	14	1
260	実験	-	-	0	0	0	0	1	6	0	8	5	0	1	3
170	元素	-	-	-	9	14	6	0	0	7	0	0	4	0	0
103	原子	-	-	-	-	0	3	1	0	4	0	0	4	0	0
82	周期表	-	-	-	-	-	1	1	0	2	0	0	2	0	0
74	金属	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	3	0	0	0
72	計算	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	2	0	0	0
61	反応	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	3
60	水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0
56	危険	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0
55	電池	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
52	酸素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
49	理科	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
48	炎色反応	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ることが多いが、利用目的によってコンセプトマップを作成する手続き、流儀も多様である<sup>14,15)</sup>。本研究においては、学生達にマップを描かせる上での簡便さとマップをデータ化するプロセスを簡潔にすることを考え、コンセプト間を単純に線で結ぶ形式を採用した。このコンセプトマップを描かせた手順については文献 11,12 を参照されたい。

### (3) コンセプトマップの総計

一つ一つのコンセプトマップからそれぞれのネットワークグラフデータ（隣接行列）を得て、これらのネットワークグラフデータの和から 1318 個の言葉を集めマップ中のノード（頂点）とし、それぞれのノードに連結するエッジ（辺）の数の合計をそのノードのウエイトと定義して算出した。なお、ネットワークグラフデータの和によって表されるマップ、すなわち学生達のコンセプトマップをつなぎ合わせてできるマップを、コンセプトマップの総計と称することにする。ノードのウエイト、ネットワークグラフデータ、コンセプトマップの総計についての簡単な説明を図 1 に示したが、さらなる説明についてはまた文献 11,12 を参照されたい。

参考までに、調査対象とした学生達から得られたコンセプトマップの総計の一部を表 1 に示す。

#### (4) 高等学校用教科書 (理科) 索引からの用語抽出

「高等学校用教科書目録 (平成 28 年度使用)」<sup>16)</sup> に記された理科の各教科書 (「物理基礎」7 冊、「物理」6 冊、「化学基礎」12 冊、「化学」7 冊、「生物基礎」10 冊、「生物」5 冊、「地学基礎」5 冊、「地学」2 冊、「科学と人間生活」は今回除いている)<sup>17-70)</sup> の索引にある用語を抽出し、重複を除いて約 12,000 個を得た。

#### (5) 抽出した用語の中から、化学 - 物理間を横断すると見なせるものを選択し、グループ分け

この報告では、解析の対象とする用語の条件を「ウエイトが 12 以上 84 未

表 2 化学 - 物理間の科目横断型知識に相当する用語の候補

化学・物理を横断する知識の候補	ウエイト	解析対象となるウエイトであるか			
実験	260	×	ボイルの法則	4	×
元素	170	×	引力	4	×
原子	103	×	核分裂	4	×
電池	55	○	結晶	4	×
元素記号	43	○	蒸発	4	×
気体	39	○	分子量	4	×
熱	35	○	A	3	×
液体	33	○	シャルル	3	×
温度	33	○	電荷	3	×
モル	28	○	不導体	3	×
電子	28	○	I	2	×
イオン	25	○	R	2	×
物質重	22	○	V	2	×
mol	18	○	X線	2	×
状態変化	14	○	ボイル	2	×
エネルギー	13	○	圧力	2	×
自由電子	12	○	気体の状態方程式	2	×
質量	12	○	原子量	2	×
原子核	11	×	原子力発電	2	×
陽子	11	×	固体	2	×
有効数字	10	×	質量数	2	×
体積	9	×	状態方程式	2	×
中性子	9	×	静電気力	2	×
Si	8	×	赤外線	2	×
ボイル・シャルルの法則	8	×	絶対温度	2	×
昇華	8	×	速さ	2	×
ニュートン	7	×	電離	2	×
気圧	7	×	熱量	2	×
周期	7	×	比熱	2	×
原子番号	6	×	標準状態	2	×
放射線	6	×	分子間力	2	×
同位体	5	×	陽イオン	2	×
IC	4	×	アンペア	1	×
アボガドロ定数	4	×	クーロン力	1	×
イオン化エネルギー	4	×	ボルト	1	×
シャルルの法則	4	×	紫外線	1	×

満であるもの」とする。調査対象となったコンセプトマップは84枚であり、この標準偏差  $\sigma$  すなわち 12.6% に相当する 11.4 にウエイトが満たない場合、その用語は学生達にとり中等教育を通じて十分定着しなかったと見なすものである。また、ある用語のウエイトが調査対象となった学生の人数 84 を越える場合、その用語は平均してどの学生のコンセプトマップにも登場するという頻度を見せることになる。これらは「化学」をキーコンセプトに置いてコンセプトマップを描くケースでは、ほぼ 100% の調査対象者が連想し記すことになる用語、化学分野では普遍的に登場する用語であると見なし、化学-物理という科目間に特異的に出現するものではないとして、調査対象から除くこととした。実際にこれらの用語を確認すれば、化学-物理間に特異的なものではないと思われるであろう（「化学 (668)」、「実験 (260)」、「元素 (170)」、「原子 (103)」；( ) 内はウエイト)。

(4) で集めた用語のうち、化学分野に属するもの（「化学基礎」または「化学」の教科書の索引に現れるもの）と物理分野に属するもの（「物理基礎」または「物理」の教科書の索引に現れるもの）との双方に共通する用語は 72 個であった。これらの用語のうち、先のウエイトに関する条件を満たすものを選んだところ、表 2 に示す 15 個の用語が残った。

これら 15 個の用語は学生達が持つ科目横断型知識の候補となる。15 個の用語それぞれに対し、コンセプトマップの総計の上で隣接するノードの中から先のウエイトに関する条件を満たすものを調べ、化学-物理間の科目横断型領域に属するもの、化学分野に属するもの、物理分野に属するものを拾い上げた。この結果、表 3 に示す 6 つのグループがコンセプトマップの総計の上に現れた。

なお、グループ 5 における「C (12)」、「H (16)」については手法の上での不備があり、今回の解析では対象に含めなかったことをお断りしておく。「C」は化学分野で「炭素」、物理分野で「クーロン (単位)」をそれぞれ意味する。「H」は化学分野で「水素」、物理分野では「ヘンリー (単位)」を示す。今回の調査ではこれらの区別を失念していたものである。

表3 化学 - 物理間の科目横断型知識が属すグループ

グループ	1	2	3	4	5	6
化学-物理	電池(55) 電子(28) イオン(25) 自由電子(12)	気体(39) 液体(33) 状態変化(14)	熱(35) 温度(33)	モル(28) 物質(22) 質量(12) mol(18)	元素記号(43) C(12)*	エネルギー(13)
化学分野		水素(60) 酸素(52) 水(47) アンモニア(24) 空気(23) ピーカー(20) 酸(21) CO <sub>2</sub> (18) 固体(17) 状態(16) 希ガス(15) 熱化学方程式(12)	金属(74) 計算(72) 反応(61) 水(47) 化学反応(36) 変化(25) 熱化学方程式(12)	計算(72) 炭素(42) 中和(36)	周期表(82) 水素(60) Cu(13) Al(12)	燃焼(15)
物理分野	発電(12)				H(16)*	

### 3. 結果

(1) 新入生達にとって科目横断型知識として定着している用語があるとすれば、何であろうか。

6つのグループの中で、「電池 (55)」に代表されるグループ1には、明らかに物理分野に関わると見て差し支えない用語が大きなウエイトを持って複数属しており、同時に、コンセプトマップの総計の上で「金属(74)」「計算(72)」「銅(12)」という化学分野に関わる用語とも隣接している(詳細は割愛)。「金属(74)」「銅(12)」は「電池」に隣接するノードとして現れたが、正しくは「ボルタ電池」「ダニエル電池」を介するものであると推察される。このグループが化学 - 物理間の科目横断型領域にあると見ることは適切であろう。

「気体(39)」に代表されるグループ2にも物理変化を代表する「状態変化(14)」とそれに関わる用語が属す一方、コンセプトマップの総計の上で「水

素 (60)」「酸素 (52)」「アンモニア (24)」「空気 (23)」「CO<sub>2</sub> (18)」「希ガス (15)」という、化学分野の教科書索引に現れる用語が複数隣接する。

「熱 (35)」に代表されるグループ3は、表3では「熱 (35)」「温度 (33)」以外の用語を見せないが、「金属 (74)」「計算 (72)」「反応 (61)」「水 (47)」「化学反応 (36)」「変化 (25)」「熱化学方程式 (12)」という化学分野に関わる用語とコンセプトマップの総計の上で接しており、これらの多くが比較的大きいウエイトを示す。

「モル」に代表されるグループ4は、「計算 (72)」「炭素 (42)」「中和 (36)」というウエイトの大きな用語を化学分野に複数有する。

これらのグループに対して、「元素記号 (43)」に代表されるグループ5および「エネルギー (13)」に代表されるグループ6は、学生達が科目横断型知識としてとらえているものと確信するに至らなかった。「元素記号 (43)」、「エネルギー (13)」ともに、それぞれのグループに化学-物理間に現れる用語としてただ一つ存在するのみであり、グループ内のノードの数も少なく、確としたグループを形成しているとは見なしにくい。「エネルギー (13)」については、ウエイトが解析対象となる下限の値12に近いことも指摘される。

調査対象となった大学新生にとって化学-物理間の科目横断型な知識として定着している可能性が高い用語は、グループ1～4に属するものであると言って良いであろう。

## (2) 新入生達にとっての科目横断型な理解は、どのようなものであろうか

科目横断型な理解については、マップ上で化学分野にあるノード（用語）が物理分野にあるノード（用語）とエッジを辿って連結されているか、連結されている場合はそれがどの程度密であるかを見ることで評価されるであろう。ここではそれを簡単に、グループごとに隣接するノードの中で、化学分野のみに属するもの、物理分野のみに属するもの、化学-物理にまたがる領域に属するものがそれぞれいくつ存在するのかを調べることで見積もってみる。

隣接するノードの中で解析に足るウエイトを持ったものを調べたところ、グループ1では、解析対象とするノードの中で化学分野のみ、物理分野のみのいずれの索引にも現れるものが無く、グループ2～6では物理分野の索引に現れるものが無かった。すなわち、全てのグループに共通して物理分野のみに現れるノードは存在しない。

なお、化学-物理間と並行して、化学-生物間の解析も試みたところ、コンセプトマップの総計の上で「反応 (61)」「酸素 (52)」「水 (47)」などの用語が属すグループは化学反応を象徴し、36個の用語を有するが、生物分野の索引のみに現れる用語としては「生物 (37)」「植物 (18)」を見せるのみであった。これは化学-物理間と同じく、大学新入生が科目横断型なものとなり得る知識を有しているが、それらを科目横断型に理解していない可能性、科目横断的に発想する習慣に欠ける可能性を強く示す。

#### 4. まとめ

本報告から得られる知見と展望を以下に列挙する。

##### (1) 科目横断型知識の候補であり、マクロ的なトピックスである「電池」「気体」「熱・温度」

「電池」「気体」「熱・温度」は明らかにエネルギー、エントロピーに関するトピックスであり、かつマクロ的な範疇にある概念である。これらが化学-物理間の科目横断型知識の候補であることが今回の調査により示されたと思われる。

マクロ的な概念には科目関連型知識に相当するものが多いということは想像に難くない。科目関連型理解には、マクロ的な側面が大きいことが推測される。

高等教育における理科関連講義では、これらの概念を出発点とするストーリー作りが学生達の科学的視野を育成するために有効的であろう。現在、筆者の一人である田中は秀明大学学校教師学部において講義「無機化学」で「電池」を、講義「理論化学」で「気体」を扱うところから話を始め、学生の科

目横断的理解につながる効果を検証したいと考えている。この試みの効果については今後の報告を待たれたい。

### (2) 新入生達が持つ知識が科目横断型理解に至っていない状況を受けて

新入生達が科目横断型知識を持つとすれば、グループ1～4に属す用語、「電池」「気体」「熱・温度」「モル・物質質量」に代表される内容がその候補として挙げられるとしたが、しかし、彼らが科目横断的にそれらを理解しているとは言い難い。大学入学時点で平均的な学生達は、科目横断型な理解をほぼ持たないという可能性がある。

高等教育におけるこれからの理科関連講義は、学生達にとって既知の知識からスタートしつつ、これらの知識を有機的に組み合わせることを教える工夫を込めるべきである。

### (3) コンセプトマップの総計に法則名・人名がほとんど現れない状況を考えて

化学・物理の双方の分野に現れる人名、あるいは法則名に関わる固有名詞として「ボイル」「シャルル」「アボガドロ」等が挙げられる。これらの人名あるいは人名に関わる法則は、化学分野、物理分野いずれの教科書の索引にも現れるものであり、筆者らは当初、学生達のコンセプトマップに科目横断型の知識として現れることを予想した。しかし結果としてこれらのウエイトは有意に小さく、いずれも解析対象とならなかった。法則の提唱者、発見者の名前はそれぞれ、理科において抽象的な概念を象徴する一つのアイコンである。調査対象となった大学新入生にとっては、自然科学の一つの方向性である抽象化、一般化、法則化というプロセスが重要なものとして印象づけられていない可能性が大きい。

### (4) 今後は、資料の索引に拠るのではなく、内容に拠る用語の分野判定を

各科目の教科書にある記述を共起分析の対象とすることで、ここに示したコンセプトマップの解析と同様の手法を教科書に対して適用し、各用語が属

す分野をより詳細に判定することが可能になると考えられる。今回の調査では、用語が属す分野を高校理科の教科書の索引に拠って判定したが、今後は調査の精度が大幅に向上されると期待される。ひいては教科書によって与えられるべき科学リテラシーと、実際に生徒・大学新入生に定着した科学リテラシーを定量的に比較することを目指している。

## 5. 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 (一般 C; 課題番号 15K00987) の助成を受けて行われた。

### [参考文献]

- 1) 日本学術会議「提言 これからの理科教育のあり方 (平成 28 年 2 月)」<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t224-1.pdf> (2016 年 9 月 28 日現在) よりダウンロード。
- 2) 国立青少年教育振興機構「9. 高校生の科学等に関する意識調査 - 日本・米国・中国・韓国の比較 (平成 26 年 8 月)」<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t224-1.pdf> (2016 年 9 月 28 日現在) よりダウンロード。
- 3) APEJ 物理教育研究会作業班編『理科 I はどのように行われたか—高校教師の意見—』(1996)
- 4) 佐野 博敏『化学教育からみた新教育課程への提言 (これからの理科教育を考える) (<特集> 化学教育フォーラム)』「化学と教育」(1996) 44 (7), 474-475
- 5) 本多 敏、古田 一雄、飯島 淳一、長田 洋、佐野 昭「大学・大学院における横断型人材育成の現状と課題」『横幹連合』Vol. 3 (2009) 1,27-35.
- 6) 鈴木 久敏「高校における横断型基幹科学技術教育」『第 1 回横幹連合コンファレンス』セッション ID: C2-43 (2006)
- 7) 中村 剛、熊谷 太郎「武蔵野大学における初年次教育「武蔵野 BASIS」の効果—自己の探求プログラムの効果検証—」『武蔵野大学紀要』(2016)、6, 89-100.
- 8) 川口 清司、長谷川 淳、黒田 重靖、升方 勝己「問題解決力を育成する講義併

- 用型創成科目』『工学教育』 Vol. 55 (2007) No. 1 P 1\_97-1\_102
- 9) Tuysuz, Mustafa; Bektas, Oktay; Geban, Omer; Ozturk, Gokhan; Yalvac, Bugrahan “Pre-Service Physics and Chemistry Teachers' Conceptual Integration of Physics and Chemistry Concepts” EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education, v12 n6 p1549-1568 Jun 2016
- 10) 谷下 一夫「大学における横断型人材の育成」『学術の動向』 Vol. 10 (2005) No. 8 47-51
- 11) 田中 元、鈴木 哲也「コンセプトマップとその変遷を通じて読み取る学生の化学概念」『秀明大学紀要』(2016)、13,59-80.
- 12) 田中 元、鈴木 哲也「大学入学者（教育系学部・理科）が抱く「化学」のイメージ -用語のマッピングを通して -」『日本科学教育学会年会論文集』(2015)、39,353-354.
- 13) ノヴァク&ゴウイン著、福岡 敏行、弓野 憲一監訳『子どもが学ぶ新しい学習法 概念地図法によるメタ認知』(1992)、東洋館出版社
- 14) リチャード・ホワイト、リチャード・ガンストン著、中山 迅、稲垣 成哲 監訳『子どもの学びを探る 知の多様な表現を基底にした教室をめざして』、東洋館出版社、「第2章 概念地図法」(1995)、33-63.
- 15) 中山 迅、稲垣 成哲（編著）『理科授業で使う思考と表現の道具 - 概念地図法と描画法入門 -』、東洋館出版社、「第2章 道具により広がる学びの世界：実践」(1998)、25-32.
- 16) 文部科学省「高等学校用教科書目録（平成28年度使用）」『教科書目録（平成27年4月）』[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/kyoukasho/mokuroku/27/1357046.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/mokuroku/27/1357046.htm) (2016年9月28日現在) よりダウンロード。
- 17) 佐藤 文隆（著）、小牧 研一郎（著）ほか13名、『物理基礎』平成27年1月25日発行、実教出版株式会社
- 18) 佐藤 文隆（著）、小牧 研一郎（著）ほか13名、『高校物理基礎』平成27年1月25日発行、実教出版株式会社
- 19) 高木 堅志郎（著）、植松 恒夫（著）ほか16名、『物理基礎』平成26年12月

10日発行, 株式会社新興出版社啓林館

- 20) 高木 堅志郎(著), 植松 恒夫(著)ほか16名, 『新編 物理基礎』平成26年12月10日発行, 株式会社新興出版社啓林館
- 21) 高木 堅志郎(著)ほか10名, 『物理基礎』平成27年1月10日発行, 数研出版株式会社
- 22) 國友 正和(著)ほか8名, 『新編 物理基礎』平成27年1月10日発行, 数研出版株式会社
- 23) 中村 英二(著)ほか15名, 『高等学校 新物理基礎』平成27年2月10日発行, 株式会社第一学習社
- 24) 三浦 登(著)ほか14名, 『物理』平成27年2月10日発行, 東京書籍株式会社
- 25) 佐藤 文隆(著), 小牧 研一郎(著)ほか12名, 『物理』平成27年1月25日発行, 実教出版株式会社
- 26) 國友 正和(著)ほか10名, 『物理』平成27年1月10日発行, 数研出版株式会社
- 27) 國友 正和(著)ほか10名, 『総合物理1 - 力と運動・熱 -』平成27年1月10日発行, 数研出版株式会社
- 28) 國友 正和(著)ほか10名, 『総合物理2 - 波・電気と磁気・原子 -』平成27年1月10日発行, 数研出版株式会社
- 29) 中村 英二(著)ほか15名, 『高等学校 物理』平成27年2月10日発行, 株式会社第一学習社
- 30) 竹内 敬人(著)ほか17名, 『化学基礎』平成27年2月10日発行, 東京書籍株式会社
- 31) 竹内 敬人(著)ほか17名, 『新編化学基礎』平成27年2月10日発行, 東京書籍株式会社
- 32) 井口 洋夫(著), 木下 實(著)ほか14名, 『化学基礎』平成27年1月25日発行, 実教出版株式会社
- 33) 井口 洋夫(著), 相原 惇一(著)ほか6名, 『新版化学基礎』平成27年1月

- 25日発行，実教出版株式会社
- 34) 務台 潔（著）ほか3名，『高校化学基礎』平成27年1月25日発行，実教出版株式会社
- 35) 齋藤 烈（著），藤嶋 昭（著），山本 隆一（著）ほか19名，『化学基礎』平成26年12月10日発行，株式会社新興出版社啓林館
- 36) 齋藤 烈（著），藤嶋 昭（著），山本 隆一（著）ほか19名，『新編 化学基礎』平成26年12月10日発行，株式会社新興出版社啓林館
- 37) 辰巳 敬（著）ほか8名，『化学基礎』平成27年1月10日発行，数研出版株式会社
- 38) 野村 祐次郎（著），辰巳 敬（著）ほか6名，『高等学校 化学基礎』平成27年1月10日発行，数研出版株式会社
- 39) 辰巳 敬（著）ほか8名，『新編 化学基礎』平成27年1月10日発行，数研出版株式会社
- 40) 山内 薫（著）ほか18名，『高等学校 化学基礎』平成27年2月10日発行，株式会社第一学習社
- 41) 山内 薫（著）ほか18名，『高等学校 新化学基礎』平成27年2月10日発行，株式会社第一学習社
- 42) 竹内 敬人（著）ほか17名，『化学』平成27年2月10日発行，東京書籍株式会社
- 43) 竹内 敬人（著）ほか17名，『新編化学』平成27年2月10日発行，東京書籍株式会社
- 44) 井口 洋夫（著），木下 實（著）ほか14名，『化学』平成27年1月25日発行，実教出版株式会社
- 45) 井口 洋夫（著），相原 惇一（著）ほか6名，『新版化学』平成27年1月25日発行，実教出版株式会社
- 46) 齋藤 烈（著），藤嶋 昭（著），山本 隆一（著）ほか19名，『化学』平成26年12月10日発行，株式会社新興出版社啓林館
- 47) 辰巳 敬（著）ほか13名，『化学』平成27年1月10日発行，数研出版株式会社

社

- 48) 山内 薫（著）ほか 18 名, 『高等学校 化学』平成 27 年 2 月 10 日発行, 株式会社第一学習社
- 49) 浅島 誠（著）ほか 20 名, 『生物基礎』平成 27 年 2 月 10 日発行, 東京書籍株式会社
- 50) 浅島 誠（著）ほか 21 名, 『新編生物基礎』平成 27 年 2 月 10 日発行, 東京書籍株式会社
- 51) 馬場 昭次（著）ほか 8 名, 『高校生物基礎』平成 27 年 1 月 25 日発行, 実教出版株式会社
- 52) 庄野 邦彦（著）ほか 9 名, 『生物基礎』平成 27 年 1 月 25 日発行, 実教出版株式会社
- 53) 本川 達雄（著）, 谷本 英一（著）ほか 16 名, 『生物基礎』平成 26 年 12 月 10 日発行, 株式会社新興出版社啓林館
- 54) 本川 達雄（著）, 谷本 英一（著）ほか 16 名, 『新編 生物基礎』平成 26 年 12 月 10 日発行, 株式会社新興出版社啓林館
- 55) 嶋田 正和（著）ほか 11 名, 『新編 生物基礎』平成 27 年 1 月 10 日発行, 数研出版株式会社
- 56) 嶋田 正和（著）ほか 11 名, 『生物基礎』平成 27 年 1 月 10 日発行, 数研出版株式会社
- 57) 吉里 勝利（著）ほか 17 名, 『高等学校 生物基礎』平成 27 年 2 月 10 日発行, 株式会社第一学習社
- 58) 吉里 勝利（著）ほか 17 名, 『高等学校 新生物基礎』平成 27 年 2 月 10 日発行, 株式会社第一学習社
- 59) 浅島 誠（著）ほか 20 名, 『生物』平成 27 年 2 月 10 日発行, 東京書籍株式会社
- 60) 庄野 邦彦（著）, 馬場 昭次（著）ほか 12 名, 『生物』平成 27 年 1 月 25 日発行, 実教出版株式会社
- 61) 本川 達雄（著）, 谷本 英一（著）ほか 16 名, 『生物』平成 26 年 12 月 10 日発行,

株式会社新興出版社啓林館

- 62) 嶋田 正和 (著) ほか 21 名, 『生物』平成 27 年 1 月 10 日発行, 数研出版株式会社
- 63) 吉里 勝利 (著) ほか 16 名, 『高等学校 生物』平成 27 年 2 月 10 日発行, 株式会社第一学習社
- 64) 木村 龍治 (著), 島崎 邦彦 (著), 吉岡 一男 (著) ほか 14 名, 『地学基礎』平成 27 年 2 月 10 日発行, 東京書籍株式会社
- 65) 森本 雅樹 (著), 天野 一男 (著), 黒田 武彦 (著) ほか 9 名, 『地学基礎』平成 27 年 1 月 25 日発行, 実教出版株式会社
- 66) 磯崎 行雄 (著), 江里口 良治 (著) ほか 10 名, 『地学基礎』平成 26 年 12 月 10 日発行, 株式会社新興出版社啓林館
- 67) 小川 勇二郎 (著) ほか 13 名, 『地学基礎』平成 27 年 1 月 10 日発行, 数研出版株式会社
- 68) 西村 祐二郎 (著) ほか 7 名, 『高等学校 地学基礎』平成 27 年 2 月 10 日発行, 株式会社第一学習社
- 69) 磯崎 行雄 (著), 江里口 良治 (著) ほか 10 名, 『地学』平成 26 年 12 月 10 日発行, 株式会社新興出版社啓林館
- 70) 小川 勇二郎 (著) ほか 14 名, 『地学』平成 27 年 1 月 10 日発行, 数研出版株式会社

(たなか はじめ・秀明大学学校教師学部 教授、  
すずき てつや・東京未来大学こども心理学部 准教授)