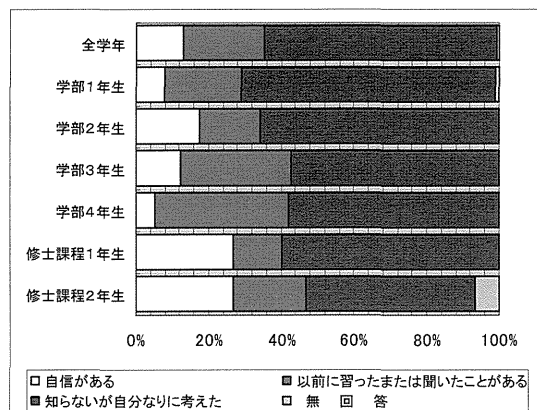


○解答に対する自信度（正解者対象）



学年に関わらず, おおむね正解率は高かった.

水中での炭素鋼は亜鉛を接触させることにより腐食の進行を軽減できる。○か×か。

【全学年：390名 正解率】

- 正解： 268名 (68.7%)
- 不正解： 108名 (27.7%)
- 無回答： 14名 (3.6%)

【学年別正解率】

①学部1年生：138名

- 正解： 87名 (63%)
- 不正解： 44名 (31.9%)
- 無回答： 7名 (5.1%)

②学部2年生：115名

- 正解： 70名 (60.9%)
- 不正解： 41名 (35.7%)
- 無回答： 4名 (3.5%)

③学部3年生：69名

- 正解： 55名 (79.7%)
- 不正解： 11名 (15.9%)
- 無回答： 3名 (4.3%)

④学部4年生：27名

- 正解： 23名 (85.2%)
- 不正解： 4名 (14.8%)

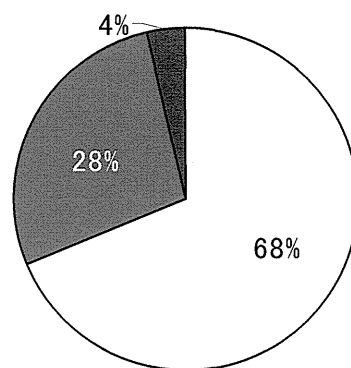
⑤修士課程1年生：21名

- 正解： 17名 (81%)
- 不正解： 4名 (19%)

⑥修士課程2年生：18名

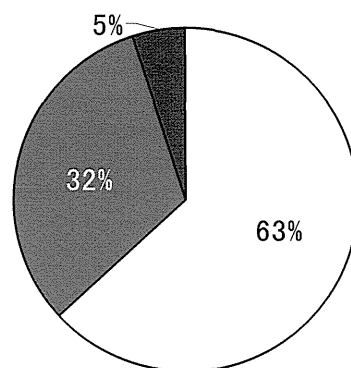
- 正解： 14名 (77.8%)
- 不正解： 4名 (22.2%)

○全学年



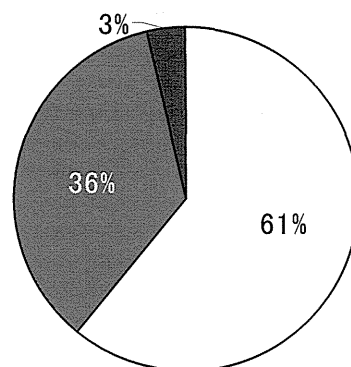
□正解 ■不正解 ■無回答

①学部1年生



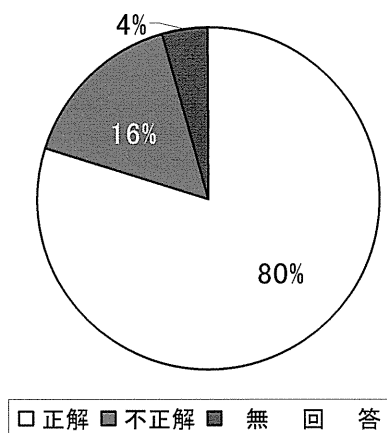
□正解 ■不正解 ■無回答

②学部2年生

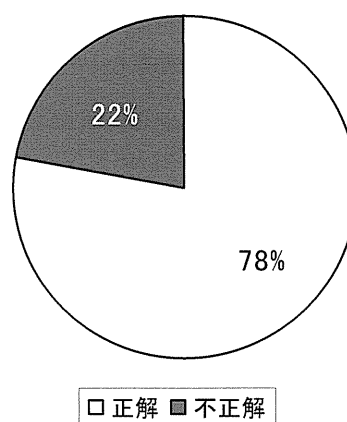


□正解 ■不正解 ■無回答

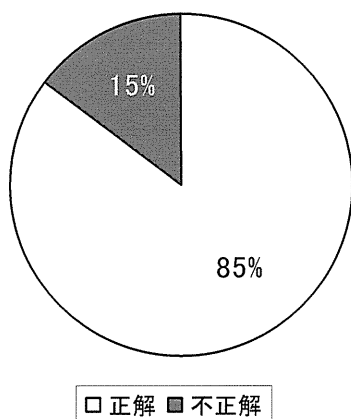
③学部3年生



⑥修士課程2年生



④学部4年生



次の項目の割合(①自信がある ②以前に習ったまたは聞いたことがある ③知らないが自分なりに考えた※正解者対象、○:無回答者数)

-全学年正解者: 268名

①: 35名(13.1%) ②: 74名(27.6%)

③: 158名(59%) ○: 1名(0.4%)

-学部1年生正解者: 87名

①: 6名(6.9%) ②: 18名(20.7%)

③: 63名(72.4%)

-学部2年生正解者: 70名

①: 6名(8.6%) ②: 14名(20%)

③: 50名(71.4%)

-学部3年生正解者: 55名

①: 11名(20%) ②: 24名(43.6%)

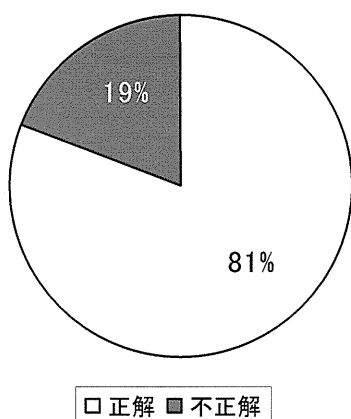
③: 20名(36.4%)

-学部4年生正解者: 23名

①: 4名(17.4%) ②: 9名(39.1%)

③: 10名(43.5%)

⑤修士課程1年生



-修士課程1年生正解者: 17名

①: 5名(29.4%) ②: 4名(23.5%)

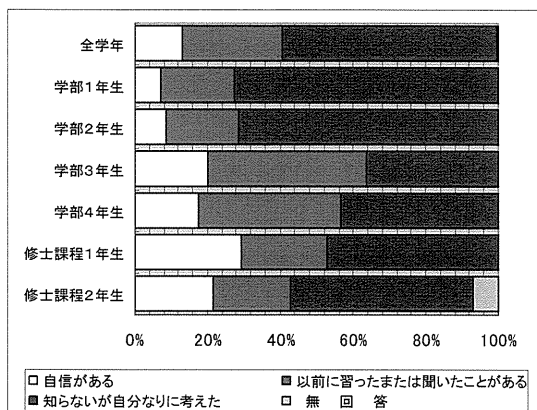
③: 8名(47.1%)

-修士課程2年生正解者: 14名

①: 3名(21.4%) ②: 3名(21.4%)

③: 7名(50%) ○: 1名(7.1%)

○解答に対する自信度（正解者対象）



学部 1 および 2 年生では正解率は 60% 台であり、「回答に自信がある」と回答した者の割合 10% 以下と低かった。一方、学部 3 年生以上では、正解率は 80% 前後であり、「回答に自信がある」および「以前に習ったまたは聞いたことがある」と回答した者は 4 割を超えた。

金属材料は繰り返し応力を受けると弱くなる性質がある。○か×か。

【全学年：390名 正解率】

- 正解： 343名 (87.9%)
- 不正解： 27名 (6.9%)
- 無回答： 20名 (5.1%)

【学年別正解率】

①学部1年生：138名

- 正解： 114名 (82.6%)
- 不正解： 12名 (8.7%)
- 無回答： 12名 (8.7%)

②学部2年生：115名

- 正解： 101名 (87.8%)
- 不正解： 10名 (8.7%)
- 無回答： 4名 (3.5%)

③学部3年生：69名

- 正解： 62名 (89.9%)
- 不正解： 3名 (4.3%)
- 無回答： 4名 (5.8%)

④学部4年生：27名

- 正解： 27名 (100%)
- 不正解： 0名 (0%)

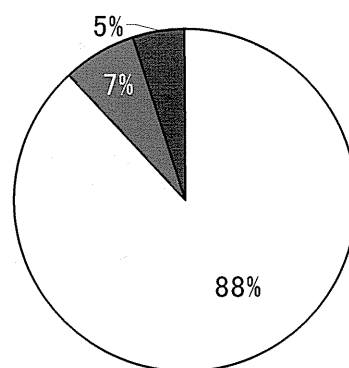
⑤修士課程1年生：21名

- 正解： 21名 (100%)
- 不正解： 0名 (0%)

⑥修士課程2年生：18名

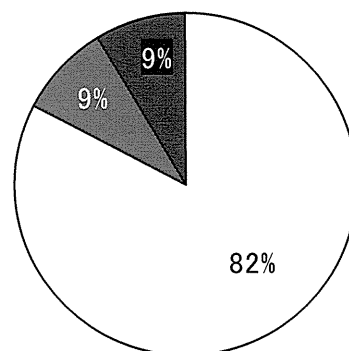
- 正解： 16名 (88.9%)
- 不正解： 2名 (11.1%)

○全学年



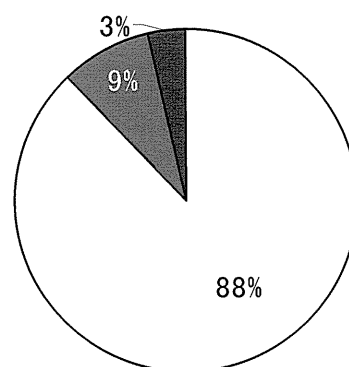
□正解 ■不正解 ■無回答

①学部1年生



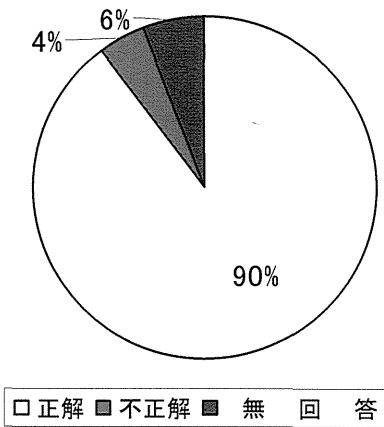
□正解 ■不正解 ■無回答

②学部2年生

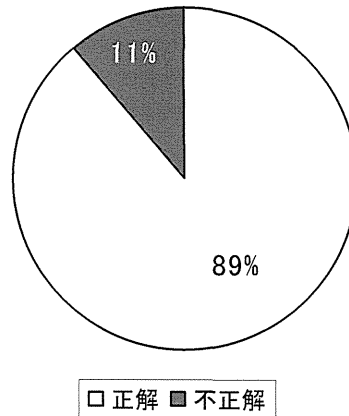


□正解 ■不正解 ■無回答

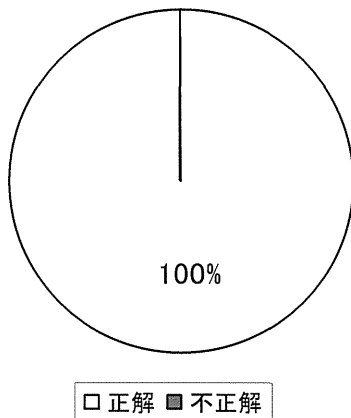
③学部3年生



⑥修士課程2年生



④学部4年生



次の項目の割合(①自信がある ②以前に習ったまたは聞いたことがある ③知らないが自分なりに考えた※正解者対象、○:無回答者数)

-全学年正解者: 343名

①: 136名(39.7%) ②: 118名(34.4%)

③: 86名(25.1%) ○: 3名(0.9%)

-学部1年生正解者: 114名

①: 27名(23.7%) ②: 34名(29.8%)

③: 52名(45.6%) ○: 1名(0.9%)

-学部2年生正解者: 101名

①: 33名(32.7%) ②: 42名(41.6%)

③: 26名(25.7%)

-学部3年生正解者: 62名

①: 35名(56.5%) ②: 22名(35.5%)

③: 4名(6.5%) ○: 1名(1.6%)

-学部4年生正解者: 27名

①: 12名(44.4%) ②: 13名(48.1%)

③: 2名(7.4%)

-修士課程1年生正解者: 21名

①: 16名(76.2%) ②: 4名(19%)

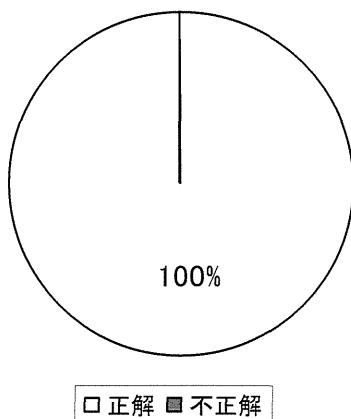
③: 1名(4.8%)

-修士課程2年生正解者: 16名

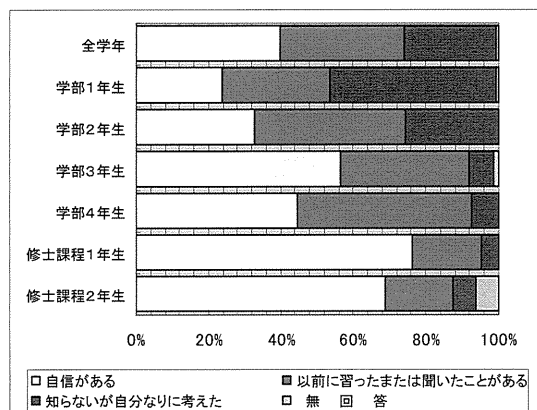
①: 11名(68.8%) ②: 3名(18.8%)

③: 1名(6.3%) ○: 1名(6.3%)

⑤修士課程1年生



○解答に対する自信度（正解者対象）



学年に関わらず正解率は高かった。回答に係る自信度は、高学年ほど高かった。

形状急変部では応力が他の部分より緩和される。○か×か。

【全学年：390名 正解率】

- 正解： 275名 (70.5%)
- 不正解： 95名 (24.4%)
- 無回答： 20名 (5.1%)

【学年別正解率】

①学部1年生：138名

- 正解： 78名 (56.5%)
- 不正解： 48名 (34.8%)
- 無回答： 12名 (8.7%)

②学部2年生：115名

- 正解： 83名 (72.2%)
- 不正解： 28名 (24.3%)
- 無回答： 4名 (3.5%)

③学部3年生：69名

- 正解： 55名 (79.7%)
- 不正解： 10名 (14.5%)
- 無回答： 4名 (5.8%)

④学部4年生：27名

- 正解： 24名 (88.9%)
- 不正解： 3名 (11.1%)

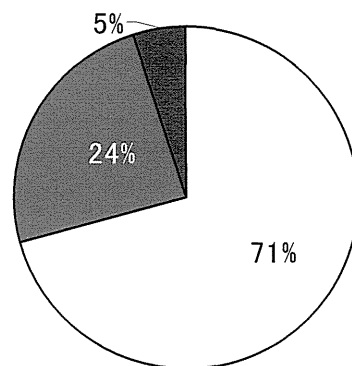
⑤修士課程1年生：21名

- 正解： 17名 (81%)
- 不正解： 4名 (19%)

⑥修士課程2年生：18名

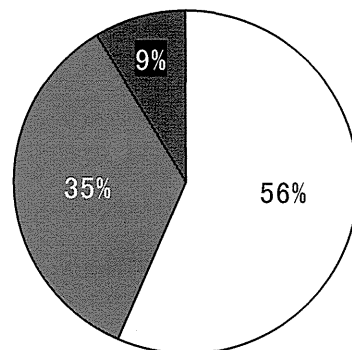
- 正解： 16名 (88.9%)
- 不正解： 2名 (11.1%)

○全学年



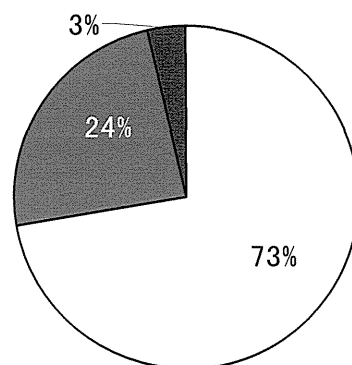
□正解 ■不正解 ■無回答

①学部1年生



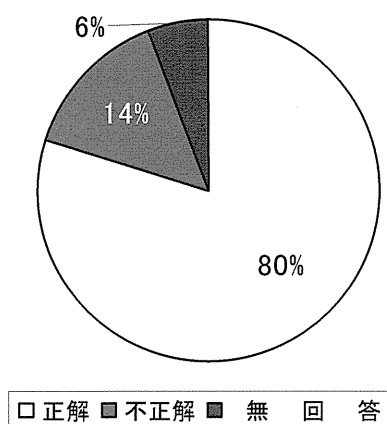
□正解 ■不正解 ■無回答

②学部2年生

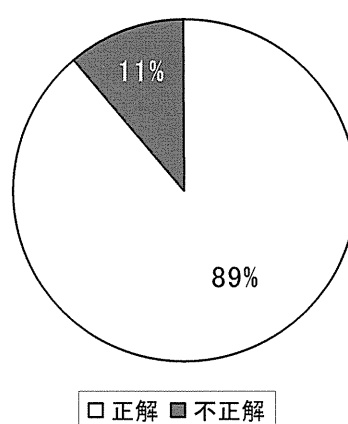


□正解 ■不正解 ■無回答

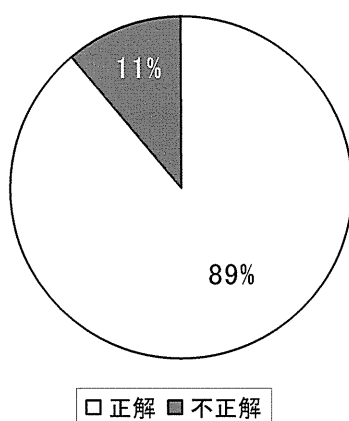
③学部3年生



⑥修士課程2年生



④学部4年生



次の項目の割合(①自信がある ②以前に習ったまたは聞いたことがある ③知らないが自分なりに考えた※正解者対象、○:無回答者数)

-全学年正解者: 275名

①: 70名(25.5%) ②: 81名(29.5%)

③: 123名(44.7%) ○: 1名(0.4%)

-学部1年生正解者: 78名

①: 6名(7.7%) ②: 7名(9%)

③: 65名(83.3%)

-学部2年生正解者: 83名

①: 20名(24.1%) ②: 32名(38.6%)

③: 31名(37.3%)

-学部3年生正解者: 55名

①: 23名(41.8%) ②: 21名(38.2%)

③: 11名(20%)

-学部4年生正解者: 24名

①: 4名(16.7%) ②: 13名(54.2%)

③: 7名(29.2%)

-修士課程1年生正解者: 17名

①: 8名(47.1%) ②: 4名(23.5%)

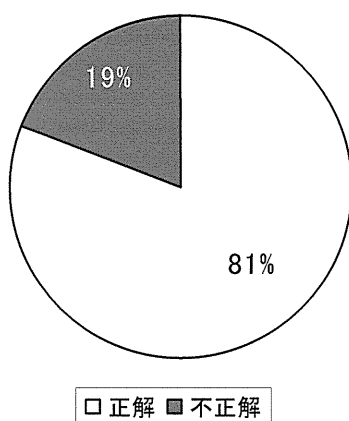
③: 5名(29.4%)

-修士課程2年生正解者: 16名

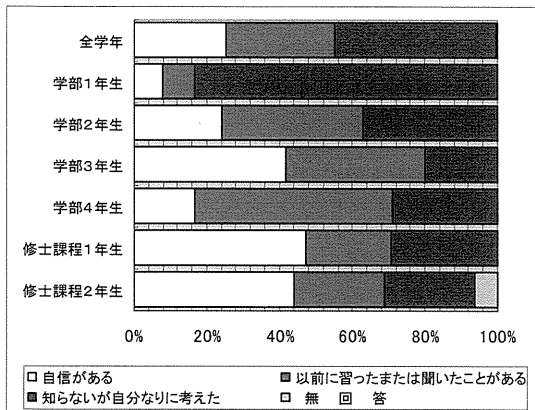
①: 7名(43.8%) ②: 4名(25%)

③: 4名(25%) ○: 1名(6.3%)

⑤修士課程1年生



○解答に対する自信度（正解者対象）



学部 1 および 2 年生よりも，学部 3 年生以上の者の方が正解率が高かった。

材料の破断面を電子顕微鏡などで観察することで、破壊に関して解析できる。○か×か。

【全学年：390名 正解率】

- 正解： 334名 (85.6%)
- 不正解： 36名 (9.2%)
- 無回答： 20名 (5.1%)

【学年別正解率】

①学部1年生：138名

- 正解： 115名 (83.3%)
- 不正解： 11名 (8%)
- 無回答： 12名 (8.7%)

②学部2年生：115名

- 正解： 96名 (83.5%)
- 不正解： 15名 (13%)
- 無回答： 4名 (3.5%)

③学部3年生：69名

- 正解： 63名 (91.3%)
- 不正解： 2名 (2.9%)
- 無回答： 4名 (5.8%)

④学部4年生：27名

- 正解： 26名 (96.3%)
- 不正解： 1名 (3.7%)

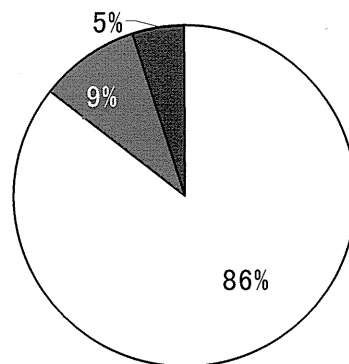
⑤修士課程1年生：21名

- 正解： 18名 (85.7%)
- 不正解： 3名 (14.3%)

⑥修士課程2年生：18名

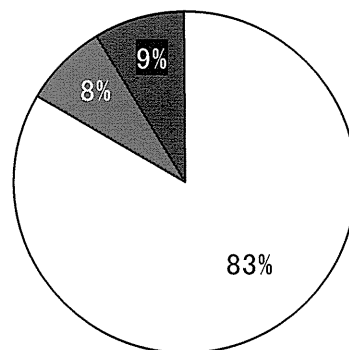
- 正解： 14名 (77.8%)
- 不正解： 4名 (22.2%)

○全学年



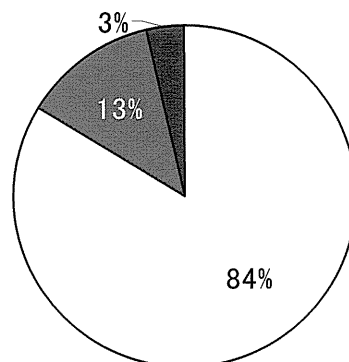
□正解 ■不正解 ▨無回答

①学部1年生



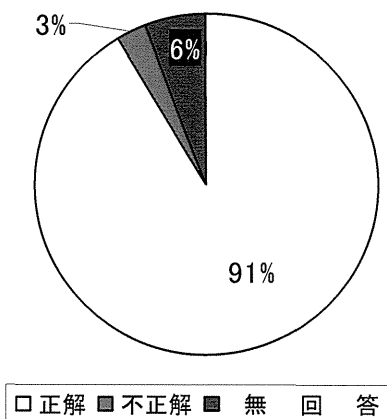
□正解 ■不正解 ▨無回答

②学部2年生

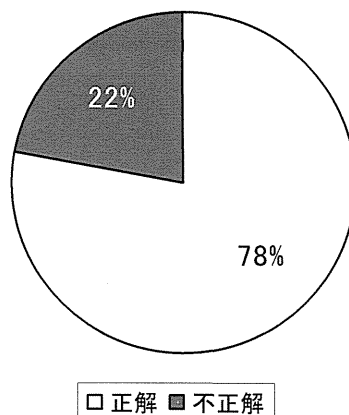


□正解 ■不正解 ▨無回答

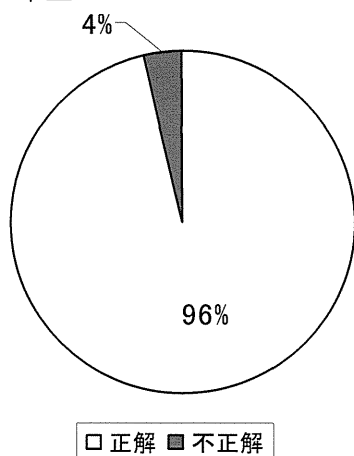
③学部3年生



⑥修士課程2年生



④学部4年生



次の項目の割合(①自信がある ②以前に習ったまたは聞いたことがある ③知らないが自分なりに考えた※正解者対象、○:無回答者数)

-全学年正解者: 334名

①: 83名(24.9%) ②: 100名(29.9%)

③: 149名(44.6%) ○: 2名(0.6%)

-学部1年生正解者: 115名

①: 13名(11.3%) ②: 18名(15.7%)

③: 83名(72.2%) ○: 1名(0.9%)

-学部2年生正解者: 96名

①: 13名(13.5%) ②: 36名(37.5%)

③: 47名(49%)

-学部3年生正解者: 63名

①: 29名(46%) ②: 24名(38.1%)

③: 10名(15.9%)

-学部4年生正解者: 26名

①: 11名(42.3%) ②: 13名(50%)

③: 2名(7.7%)

-修士課程1年生正解者: 18名

①: 9名(50%) ②: 6名(33.3%)

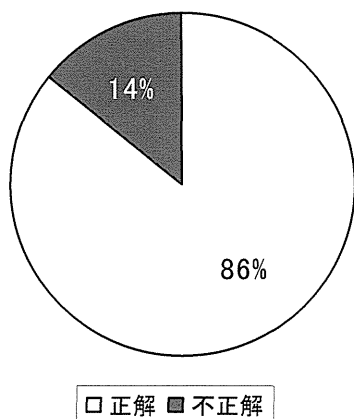
③: 3名(16.7%)

-修士課程2年生正解者: 14名

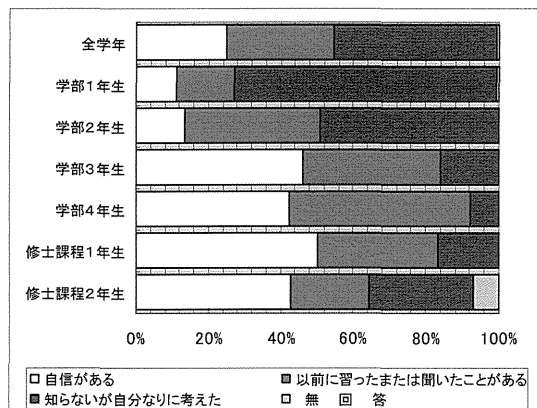
①: 6名(42.9%) ②: 3名(21.4%)

③: 4名(28.6%) ○: 1名(7.1%)

⑤修士課程1年生



○解答に対する自信度（正解者対象）



全ての学年において、正解率は高かった。

第4章 就業前および若手技術者向け安全工学教育プログラムの提案

4.1 基本的なアプローチと考え方

安心・安全で持続可能な産業社会を支える基盤的若手技術者及びその将来の担い手としての学生に対して工学リテラシーとしての安全工学教育の浸透を目的とし、安全工学が体系的に習得でき、自らの安全意識を深化できる教育プログラムの開発を目指した。すなわち、就業前の大学生だけではなく、産業界の若手技術者のための多面的な視点を有した総合的かつ体系的な教育プログラムとすること、minimum requirementを意識しながらも最低限の工学的安全センスを修得できるプログラムであることに力点をおいた。

この背景として、これまでに本学を中心に進めてきた人材育成関係の知見についてまず触れたい。平成13年に文部科学省「大学間コンソーシアムによる社会人キャリア・アップ推進事業」において東京湾岸地域大学間コンソーシアムによる社会人キャリア・アップ運営協議会が若手社会人技術者の資質の現状や教育環境の問題点等について東京湾岸地域の民間企業3000社に対する大規模なアンケート調査を実施し、約20%と非常に高い回収率を得た。近年の技術系社員の資質に関して、「専門分野に関係した基礎学力」、「実務的ノウハウ」、「新技術、先端技術に関する見識、知識」に分けて、4段階評価で調査を行った結果、いずれの項目においても傾向に大きな相違は認められなかったが、全ての項目において技術系社員の資質について「満足している」という回答は極めて少なく、「不足しているが問題ない」との回答も30%程度にとどまっている。残りの「あまり満足していない」、「非常に不足している」と

いった回答は、技術統括者が技術系社員の資質について何らかの問題意識を持っていることを示すと考えられるが、これは全体の60%を越えた。この点を確認するべく、製造業を中心とした企業(62社、延76名)への聞き取り調査を行った。調査企業の業種は、化学45%、機械24%、電気・輸送機器13%、鉄鋼・金属7%、石油・電力4%、その他7%であり、回答者の職種としては、管理職(経営、研究開発統括)が約3割、中堅以上の熟練現場技術者・研究者が約5割、人事関係(技術系含)が約2割といった構成であった。ヒヤリング調査の結果、企業から見た新卒技術系社員の問題点として総括として約40%が学力低下をみとめるという深刻な結果であり、以前に比べ改善しているとの回答は8%程度しかなかった。さらに修士・博士に対する評価は必ずしもよくなく、知識切り取り型の技術者が多いとの指摘も得られた。さらに、低下している内容は知識レベルだけではなく、知的好奇心、目的意識、責任感、工学的センス、などが含まれており、単純ではないことが分かった。以上のように、自社の社員に対する厳しい評価がでるのは当然であるが、それにしても次世代の産業界を担うべき若手技術者の資質が低下している意見が大勢を占めたことは非常に重く受け止めなければならない。近年では、日本経団連教育問題委員会「企業の求める人材像についてのアンケート結果報告」(2004年11月8日)により技術者に必要な要素や理系大学・大学院への期待について詳細に調べられているが、520社に技術系人材となる理系学生への要望を複数回答可として集計したところ専門分野の知識を学生にしっかり身に付けさせるという要望が340社と最も

多く、依然として新卒技術系として入社することになる若手技術者の資質に物足りなさを感じている様子が良く分かる。加えて、知識や情報を集めて自分の考えを導き出す訓練（287社）や理論に加えて、実社会とのつながりを意識した教育（162社）を理系大学・大学院に要請する意見が多く、コアとなる専門知識とそれを応用するための思考力を持ち合わせていないため即戦力的な現場対応力の素地が十分強固になっていないことが推察される。この状況は現在においても著しく改善されたとは言いがたい。しかし、彼らの学習不足を非難することもできない。先般の同様の調査では、新卒技術者の資質を向上させるためにはどのような教育が最も有効か調査したところ「OJTの一層の活性化」が、全体の46%という大勢を占めた。しかし、OJTを積極的に行っている会社が87%もある一方で、社会人技術者の能力開発環境の現状を直接ヒアリングしたところ、OJTにも以下に示したような非常に重大な問題も指摘された。

- ・OJTは実務教育として優れた方法であるが、受講者に基礎学力が不足していると、機能しない。受講者は問題点を認識できず、現実問題の本質をいつまでたっても理解できないからである。

- ・社内教育について見るならば、OJT以外のものについては、実務レベルの要素技術や個別的な知識の提供を行っているのが現状である。OJTの問題点を補完するような教育を試みる会社も僅かながら存在するが、教育を行う側の人材不足で実現にこぎつけられない現状のようである。

- ・技術系社員の半数は社内教育に満足していない。不満の原因は内容とマンパワー。内容

に関する不満とは、技術系社員は基礎教育・新しい分野の知識や技術の取得・能力開発等を期待するが、それに相当するものが与えられない。また場合によっては、必要性の低い内容の講座の受講を強制されることもあるという。一方、マンパワーとは、社員の求める内容の講義を行えるマンパワーが不在であるという。

以上のように、近年の若手技術者の資質低下を受けて、それを企業内で補完することは現在の経済状況と人材不足では行うことは非常に困難であり、若手技術者も自力のみでそのギャップを埋めることは不可能に近い状況と考えられる。従って、大学の教育資源を大いに役立てる余地があるといえよう。

次に安全教育の必要性とその内容について検討する。日本学術会議安全工学研究連絡委員会報告（平成9年6月20日）「社会の安全・安定化への道の確立について—安全工学の立場から—」において安全教育の内容が示されているとともに、「大学生、とくに技術系学生は、将来のますます複雑化、多様化する科学技術の担い手であり、技術を安全性と調和のとれたものとするために、安全に関する基本的な教育を必要とする。」ことが提言されており、その重要性は、一層増していると考えられる。さらに、その目的の一つに「安全のフィロソフィーと基礎技術をしっかりと身につける」ことの重要性が述べられており、本研究事業における着眼点もこれに従うこととした。さらに、日本学術会議の今後の活動方向として「産業、研究機関、大学教育の場などにおける、共通の安全工学教育法（カリキュラム、テキストを含む）を検討し、大要を明確にする。」ことが述べられており、本研究事業で検討を行う教育プログラムも

この検討の一助となる必要があるであろう。

次にカリキュラム構成を検討するために安全教育の具体例が詳細に示されている化学プラントの例を示す (PETROTECH, 35, 9, 667-672(2012))。化学プラントでは、「基礎能力習得段階」として、基本及び実務基礎知識・技術 (異常時の措置・化学工学の基礎・仕事の基本) の習得、実習設備による実験実習、プラント機器の構造原理の理解、化学工学計算シミュレーターによる伝熱・流動などの化学工学基礎の理解に加え、安全衛生や安全確保の基礎知識、危険予知や禁止事項に関する学習、感性教育 (災害防止に関する実体験を通じた実習) を行っている。次は「実務習熟段階」として、論理的思考力・判断力 (設備管理・運転管理・異常時の措置・計装及び制御) の養成、分散制御システム、運転支援システム、スタティックシミュレーターを利用した自動化プログラム、制御ループ、プロセス挙動推定プログラムの構築が挙げられている。さらに上級になると「実務能力発揮段階」として総合判断力 (マネジメント・異常時の指揮力) の養成、ダイナミックシミュレーターなどを用いた訓練用実機プラントを使用した実習、安全文化を形成するためのコミュニケーションやリーダーシップなどを涵養する実習が行われるという。この内容から分かることは、化学プラント等の生産現場の最前線では初級段階から既に専門的なレベルかつ内容が高度であり、安全工学における基盤的な素養は新卒社員には既に身に付いていることが前提となっていることである。従って、最前線の現場では、もはや安全工学を体系的に学習する余裕はないと考えられる。従って、就業前及び若手技術者レベルの段階で安全工学の基礎を体系

的に修得するための教育プログラムを大学が実施することは大変重要であると考えられる。ただし、企業あるいは部署によっても取り扱う内容は大きく異なるため、大学等の教育機関と産業界との安全工学教育の役割分担の明確化を行い、効果的な協働体制を構築することが有効といえよう。また、本年度事業では、法律や作業環境に関する項目は、企業で行われている安全教育との重複も考えられるため、現段階ではまだ導入していないが、次年度以降検討が必要と考えている。次に学生と社会人技術者とはそもそも教育受容性が全く異なるため、同じ教育内容であってもその教授方法には工夫が必要と考えられる。本年度は安全工学教育を学生に対して行うための留意点として、本学で教育経験が豊富な教員とのヒヤリングを通じて以下の2つの方針を提示する。

①安全や環境は、多様な既往の基礎的学問を基盤として、総合的・複合的な見地から安全・安心、そして持続可能社会の実現に向けた取り組みを行う学問分野である。そのため、学生への教育内容の浸透を図るためには、安全工学が目指す方向性により、それがどのように社会 (現場) に貢献できるのかということや社会 (環境) における安全・安心や持続性を阻害する要因及びもたらされるリスクなどともに伝えることが重要であり、それによって安全工学がどのように役立つのかについて明示することが可能となり、それを教育内容に十分組み込むことで学生は関心を持って授業内容を習得することが可能になるものといえる。例えるなら、目的を実現するための頂上に向かって、化学、材料、機械、システム、生物など等、多様な基盤分野 (入口) があり、そこからの登山道も多様で

ある。多様な登山口、登山道から入山し、より効果的・効率的に登頂を果たすには的確なナビゲーションが必要であり、登山道の途中には、見晴らし台に相当する仕掛けを作ることも、登頂を円滑に実現するためには、効果的といえる。これは、視聴覚教材や演習等の役割といえる。また、3. 1. 1を経験して、社会（志望する学生も）の考え方が変化しており、ゼロリスクは有りえないということを経験に、ベネフィット（便益）、リスク、コスト（リスク低減および便益をえるための多様な負担）の関係について、より定量的な解析・評価の仕方を教授すること、その関係の解析結果に個人や社会の考え方を把握しながら、意思決定（経営、政策、基準、規制・・・）が行われること、そのような人材が求められていることもあわせて学生に問いかけることも重要と考えられる。

②安全工学は対象とする学問領域が広く幅広い基礎知識が必要。例えば化学系であれば、化学はある程度理解しているが、現場では機械、材料や建築、環境など、幅広い知識が必要となる。（就業した後、工場の保安部門に配属されたら化学は分かるけど機械は分からないといった言い訳は通らない厳しい状況に置かれることになる。）しかし、これを学部教育ですべて教授するのは現実的に不可能であるし、無理をして幅広い知識を教えようとする逆底の浅い、上面だけの知識レベルの話で終わってしまう。できれば特定の分野については研究できるくらいのレベルまで身に付けた上で、安全工学の考え方を理解し、専門以外の分野についても理解できるという技術者を育てられれば良いが、これも大変難しいと考える。学部レベルあるいは就業前技術者教育として考えるのであれば、

教養的な位置づけで、必要になった時に何を勉強すれば良いかが分かるレベルを目指すことが最も妥当といえる。言い換えると必要な時に勉強すれば、必要なものをしっかりと吸収できる安全工学の素地を整えることが今回の教育プログラムの肝要な点といえる。これは、安全工学の特定知識も大切であるがその知識をもとにどのような妥当な結論を導き出せるかという工学基盤能力と言い換えることもできる。従って、この点を十分考慮した上で安全工学の教育内容・コンテンツを整備することが有効である。

4.2 開発したカリキュラムの具体的構成

4.1 を受けて、本年度は以下のような共通概念化学分野、環境安全工学及び材料・機械安全工学分野のシラバスを提案する。

4.2.1 包括的なリスク/危機管理を含めた共通概念

工学リテラシーとして最低限の安全工学の共通概念として以下の内容を取り上げることが導入教育として適切と考えられる。

- ①災害の種類と安全工学の役割
- ②産業災害事例紹介
- ③事故の要因に潜む物理・化学法則と現象
- ④事故の要因分析
- ⑤ハインリヒの法則をふくむ安全工学の基本概念と災害防止へのアプローチの方法
- ⑥安全を担保するための方法・対策
- ⑦予知予測技術の重要性
- ⑧環境やシステムの健全性と保全
- ⑨安全設計について
- ⑩法と規制の考え方・技術者の倫理
- ⑪安全とリスクの定義

- ⑫リスクの計算とアセスメント
- ⑬リスクマネジメント
- ⑭ヒューマンエラーの捉え方
- ⑮安全文化と保安力

4.2.2 化学安全工学分野：燃焼・爆発編

化学安全工学分野に関して本プロジェクトで提案する、これまでに実施してきた講義や調査結果を基に再構成した講義の構成案を示す。時間配分や講義内容については参考例であり、実際に受講者の知識や興味（職務内容）と講義担当者の専門性とにより、変更することが望ましい。本プロジェクトでは、引き続き加除修正してバージョンアップを図る。

本分野は、内容を大きく 4 章に分け講義を行う。各章に費やす時間は講義担当者の裁量によるが、おおよその案を併記する。

第1章 安全工学の歴史(1回)

本章では、過去に発生した化学物質・化学反応による大災害について説明することにより、化学安全工学の重要性を認識させるとともに、事故の教訓から化学安全工学が発展してきた経緯を概観していく。

第2章 化学物質の性質と管理(5回)

本章では、化学物質のもつ性質（フィジカルハザード）について概観し（毒性物質、放射性物質は含まない）、各性質の特徴について説明する。ここで、第3章で使われる化学物質の燃焼・爆発防止に必要な用語にも最初に触れる。

次いで、これらの物質の取扱いにおいて関係する規制について説明する。さらに自主管理活動としてのレスポンスブルケア活動、評価

のために必要なリスクの概念を導入する。

- ・化学物質・化学プロセスの物理的潜在危険性
- 酸化性，可燃性（爆発範囲），発火性，禁水性，自己反応性，混合危険性，混触危険性
- ・法律で規制されている危険物
 - 消防法，国際的に整合性のある危険物の分類と輸送基準（GHS）
- ・レスポンスブルケア
- ・リスク・ハザードの概念
- ・リスクマネジメントの考え方
 - リスクの取り扱い
 - 個人リスクと集団リスク

第3章 燃焼・爆発(6回)

本章では、甚大な被害をおこす燃焼・爆発現象を説明する。燃焼・爆発の定義・種類や発火理論についても説明する。

- ・燃焼現象
- 燃焼の3要素（可燃物，エネルギー（最小着火エネルギー），酸素）
- ・燃焼形態
- 余混合火炎，拡散火炎，燻燃・自然発火
- ・火災の形態
- プール火災，流出火災，ボイルオーバー，スロップオーバー
- ・発火理論
 - 熱発火理論，連鎖発火理論
- ・爆発現象
 - 化学爆発・物理爆発の分類，ガス爆発，蒸気爆発，粉じん爆発
- ・爆轟

第4章 評価と対策(3回)

本章では、これまで学んできた知識を踏まえ、

燃焼・爆発の災害防止のための威力推定法、また危険性評価方法を説明する。また、安全対策として本質安全化の概念を導入する。

・爆発の影響評価

爆風（TNT 換算、プロビット関数による被害推定）・放射熱・飛散物

・化学プロセスの評価手法

HAZOP, ETA

・本質安全化

多重防御層、フェールセーフ設計、インターロックシステム

4.2.3 環境安全工学分野

環境安全工学分野は以下の 15 回の講義で構成される。

- ①環境問題（人と生態系）と化学物質の係わり、化学物質管理の国内外の取り組み
- ②循環型社会形成の実現、健全な物質循環の取り組み
- ③環境リスクと有害性（人、生態系）
- ④化学物質の環境中挙動と曝露
- ⑤大気汚染（種類とメカニズム）
- ⑥水質汚濁（種類とメカニズム）
- ⑦土壌汚染（種類とメカニズム）
- ⑧化学物質のリスク評価と管理(1)環境基準、不確実性
- ⑨化学物質のリスク評価と管理(2)情報発信とリスクコミュニケーション
- ⑩環境影響評価とLCA
- ⑪資源とバイオマス利活用
- ⑫環境管理と対応技術(1) 大気、排ガス処理技術
- ⑬環境管理と対応技術(2) 水、 水処理技術
- ⑭環境管理と対応技術(3) 土壌、土壌汚染対策技術

⑮環境管理と対応技術(4) 廃棄物処理、リサイクル技術

環境安全工学分野に関して本プロジェクトで提案する、これまでに実施してきた講義や調査結果を基に再構成した講義の構成案を示す。時間配分や講義内容については参考例であり、実際に受講者の知識や興味（職務内容）と講義担当者の専門性により、変更することが望ましい。本プロジェクトでは、引き続き加除修正してバージョンアップを図る。

第 1 回 講義内容例

第 1 回は、環境安全工学の中での大きな柱である、環境問題（人と生態系）と化学物質の係わり、化学物質管理の国内外の取り組みについて紹介し、化学物質管理の重要性について考えてもらうとともに、本講義の位置づけを明確化するとともに、学習の目的意識を持ってもらう。

- ・ 化学物質の定義（広辞苑、化審法や化管法での定義）
- ・ 様々な化学物質の例
（資源、燃料、素材、機能材、化学薬品、非意図的生成物質剤など）
- ・ CAS 登録物質数の推移
- ・ 様々な環境問題と原因となる化学物質の例
- ・ 化学物質管理のこれまでの主な取り組み
- ・ 国連人間環境会議、人間環境宣言
- ・ 国連環境開発会議、環境と開発に関するリオ宣言
- ・ アジェンダ 21 の 19 章（21 世紀に向

けた持続可能な開発のための具体的な行動計画)

- 地球開発サミット、ヨハネスブルク宣言
- ヨハネスブルグ実施計画 23 段落の化学物質関連の記載
- 国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ (SAICM)
- SAICM 世界行動計画の概要 (36 の作業領域、273 の行動項目)
- 他の国際的な化学物質管理の動き (RoHS 指令、REACH)
- 日本の化学物質管理関連法体系
- 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法) 目的と概要
- 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律 (化管法) 目的と概要
- 感想や意見・要望を聞く

第 2 回 講義内容例

感想や意見・要望を聞く第 2 回は、環境安全工学の中でのもう一つの大きな柱である、循環型社会形成の実現、健全な物質循環の取り組みについて紹介し、循環型社会構築の必要性について考えてもらうとともに、本講義の位置づけを明確化するとともに、学習の目的意識を持ってもらう。

- 日本における経済成長とエネルギー消費
- 日本だけでは閉じない海外にも広がった物質循環ネットワーク
- 不適正な処理の事例 (アジアへの廃家電の輸出と不適正処理)
- 環境面からのわが国の現状 (欧米諸

国との比較)

- 日常生活を取り巻くリスク要因とその管理、Sustainability と Quality of life
- 持続可能社会実現に向けた基本的考え方、時間・空間・種間でのツケ回しの回避
- 健全な物質循環を基盤とした持続可能社会への手順
- 未来社会像の提示と実現のためのロードマップ
- 持続可能未来社会の実現に向けた取り組み課題
- 安全・安心な持続的社会構築のための科学技術の必要性・緊急性
- 持続可能未来社会の実現に向けた考え方
- 国内における物質収支
- 一人当たり GDP と資源消費量の関係
- 物質フロー解析の例
鉄鋼産業、窯業・土石製品産業 (全国、愛知県)
石油製品、自動車産業 (神奈川県) 全産業 (愛知県)
- 種々の産業における製品製造量と廃棄物量との関係

第 3 回 講義内容例

第 3 回は、環境リスクと人や生態系に対する有害性について説明し、リスクの考え方の重要性を理解してもらう。

- リスクの定義 (国際安全規格 ISO/IEC ガイド 51、環境省HP)