

プログラムとテーマ分野の背景

プロセスセーフティ分野の専門家のニーズは、リスクや生活の質の経済面、環境問題に左右される。これらはともに化学産業に関連する法的基準の着実な増加を反映する。設計から廃棄までの全段階においてプラントオペレーターに課される法的義務は独自の専門家セクターを作ることになる。その形態は組織内の安全部門と成長の目覚ましいコンサルタント企業市場である。市場からの強い要求があり、卒業生はプログラム終了前に就職してしまう。安全文化に関しては第三世界の発展から引き起こされている部分があり、英国企業は現在この分野のサービス提供において先頭に立っている。

プロセスセーフティとロスプリベンションの Msc プログラムは安全な化学プラントの設計と運転へ導く意思決定の場面において主導的役割を果たすことができるよう必要な知識と技術を学生に提供する。必要な技術を提供する演習は次の通り：

- ・ オンショア・オフショアの新しい化学プラントのセーフティアセスメント
- ・ 現存するプラント改造に関するセーフティアセスメント
- ・ 大規模ハザード管理規制（COMAH）や地方自治体の安全事情
- ・ 化学操作の環境負荷の計算
- ・ 責任準備金の評価
- ・ 発展途上国における安全基盤の開発

プログラムの目的

大学の使命は、幅広く多様な教育的、社会的背景を持つ学生に、学術研究の最先端で働くスタッフを使い、研究主導の環境を提供することである。化学・生体工学科では教育と研

究の双方に深く関わり、この目的を実行する。将来の自己学習と社会的責任への自覚を学生自身の中に培うこともまた目的とする。

このプログラムの特色は：

1. 広く学術的、社会的背景をもつ学生に工学学位を授与する
2. 産業界、教育界、公的機関、商業分野における専門的経歴を学生に準備する
3. 専門家に適当な人間関係スキルを培う
4. 学生が自身で考え、率先して効果的に行動し、社会意識を高める
5. 個人プロジェクトを拡大する経験をつむ
6. 専門的決定を下す能力を培う
7. プロセスセーフティとロスプリベンションに関する深い理解と実用的知識を身につける教育をする
8. 化学プラントにおけるハザード認定手法を身につける
9. セーフティとリスクの定量化段階における技術を培う
10. 許容範囲を決定できるようにする。
11. リスク削減計画における学生の技術を培う。

プログラムの最終目標

知識と理解

学生は次の知識と理解を深める：

1. プロセスセーフティに関する適切な数学的手法、IT とコミュニケーション原理。
2. 安全工学規則に適した科学。
3. ハザード認定手法、リスクアセスメントとリスク基準、ヒューマンエラー評価と削減、人間の信頼性の理解、プロセス設計や行動基準、法的枠組みでの安全研究

の統合。

4. 産業用化学物質の安全取り扱い技術：爆発、暴走反応、労働衛生、環境問題。着火性の理解、静電気や不活性、爆発性ベンディングを含む発火原因。：暴走反応ハザードと圧力解放；産業医学、毒物学、疫学、有害物質管理規則（COSHH）、環境監査。
5. 潜在するハザードを認定する HAZOP 手法の詳細な適用。
6. 有効性、信頼性評価を含む信頼性工学の技術と将来性。
7. 地球規模または社会背景による工学の専門的信頼性と民族的信頼性。
8. 機械的な欠陥原因、たわみ、塑性崩壊、クリープ疲労、断裂、腐食を含む主な欠陥。
9. 電気系統危険区域内に関する問題と固有セーフティの原則。
10. 実用的リスクアセスメントと大気中への重要化学物質放出の影響、environment quantification 放散速度と大気分散：緊急時計画の開発リスクアセスメントとセーフティマネジメント制度（SMS）、安全文化の統合。：QRA 用の商業ツールを使う。：事例研究を通して最近のモデルに対するセーフティマネジメント制度（SMS）の基準。
11. プロセス管理とコンピューターアーキテクチャーにおいてコンピューターを使用する。：プロセス管理ソフト、システムのテストと確認：フォールトトレラントシステムの開発：セーフティクリティカルなコンピューターシステムの基準

スキルとその他。

知的スキル 次のことができるようになる

1. プロセスセーフティのモデリングと分析のために適切な数学的手法を選び、適用する。
2. 様々な手法を用いて化学プラントに関するハザードを分析し、異なるレベルのリスクやその他を評価する。
3. 潜在的に危険な材料や利用法に関する特定のハザードを認定し、軽減する。
4. 機械的故障を避け、システムの欠陥における腐食の役割を理解・定量化するシステムを設計する。
5. 固有セーフティをもつ設計プロセスを理解し、ハザード軽減における信頼性のある設計の役割を理解する。
6. ヒューマンエラーの役割を最小化する選択する。
7. 化学プラントで発生するハザード影響の評価と定量化。
8. リスク防止と監視の管理構造を構築する。

実用的スキル 次のことができるようになる。

1. 特定の化学工学問題をモデリング、解析する演習のために適切な数学的手法を利用する。
2. 安全工学 IT ツールを利用する。
3. システムや構成要素、プロセス設計を行う。
4. 考えを発展するための情報を収集する。
5. 産業界や商業上の制約を考慮した工学手法の適用。プログラムを修了するために、必要な知識を集めて整理し、セーフティに関する判断を行い、より大きな研

究プロジェクトを展開する。

一般的コミュニケーションスキル 次のことができるようになる。

1. データを適切に取り扱い、分類し、発表する。
2. 問題解決に科学的根拠に基づく手法を利用する。
3. 一般的 IT ツールを利用する。
4. 問題解決に創造性やイノベーションを生かす。
5. 限られた情報、矛盾した情報を学ぶ。
6. 効果的な書面によるコミュニケーションと工学の問題解決へのアプローチ。
7. 時間管理と資料管理。
8. チームワークとリーダーシップ

教育、学習と評価

学習成果は、次の教育手法、学習方法から伸ばすことができる：

各学習で採られている教育、学習と評価方法は次の通り。大抵、複数の手法を組み合わせで行う。講義は知識を授ける基本的な方法であり、ワークショップ/ 個人指導、example calss、コース課題の組み合わせから理解が得られる。

プログラムはまた、個人的成長の機会を数多く提供する。たとえば、講義やワークショップ間の実地演習の相互作用、複雑な工業プラントシナリオに直面した時に起こりがちなプロセス決定責任の助勢などである。

学習成果達成の説明機会は次の評価システムから提供される

知識と理解は、主に書面による課題と試験によって評価される。技術は主にコースワークから身につけられる。プログラムを通じて、

個々のプロジェクトを手段として追加スキルを身につけることができる。これは総合評価の主要部分となる。

学習成果一覧表は別添のとおり：

参照事項

学習成果は次の参照事項を反映する：

- ・学習成果に基づく「Msc プロセスセーフティとロスプリベンション」の認定；2001年度化学工学機関とエネルギー機関
- ・大学評価基準—工学：ベンチマーク、英国高等教育質保証機構2000年(修士課程に関する限り)
- ・大学評価基準の付加事項—工学：ベンチマーク、英国高等教育質保証機構2002年(修士課程に関する限り)
- ・2001年1月、英国高等教育質保証機構による高等教育の枠組みにおける修士資格レベル

プログラムの構成と規則

学生は9つの選択肢から8つのモジュールを修了しなければならない。それは、45単位の基本 taught モジュール (CPE6001) と60単位のプロジェクトモジュール (CPE6390) を含む。モジュールは課題で評価される。CPE6001 では試験、CPE6390 では学位論文で評価される。プロジェクトの目標は学生がプログラムで身に付けた多くの技術を産業界において実践することである。

修士課程プログラムを専攻するフルタイム学生、パートタイム学生にとって総合した勉強量は同じである。フルタイム学生は、全要素を1年間で終了しなければならない。パートタイム学生はすべてのモジュールと課題を2年以内、最初の1年で4モジュール以上を終了しなければならない。パートタイム

学生は 3 年目にプロジェクトと学位論文の提出を終了することが認めらる。ディプロマを希望する学生はプロジェクトを行わない。Certificate を希望する学生は taught モジュールの 60 単位を取得しなければならない。個々のモジュールに関する情報はウェブサイトに記載されている

プログラムの構成、個々のモジュールに関する評価規則・進行・記述の詳細は、プログラム規則、大学規則、オンライン上のモジュール一覧を参照してください。

コース学習後の状況

プログラムの課題は、学生が taught 学習の特定要素に関する知識が必須レベルに達していることを証明するものである。合格レベルは学部で決定する。最終的に学位、ディプロマ授与はプログラムで修得された単位に関する学部規則により決定する。

プログラム選考基準

プログラムは本質的に職業的なものであり、化学プラントにおけるセーフティ問題の理解と管理への基礎的アプローチの根拠を提供する。プログラム参加には適切な科学あるいは工学分野における学位を取得していることが基本条件となる。

プログラム選考に関する詳細は下記より入手できる。

www.sheffield.ac.uk/prospective/.

追加情報

この説明はプログラムの重要な特徴を簡潔に説明したものであり、教育学科や大学が提供するその他の情報とともに参照すること。さらに、シェフィールド大学の学習に関

する詳細情報は学生支援サイトで入手できる。

修士課程（工学）プログラム

テーマ提出ガイドライン

サイズ

学位論文は、最長 25000 文字の本文と図表、参考文献を加えたものとする。追加参照は付録として記載するが、試験官に考慮されない場合もある。

レイアウト

学位論文は、Times New Roman フォントが望ましく、片面に 12point で 1.5line でタイプされること。章ごとにページを区切ること。章以下のセクションに番号をふることを勧めるが、3 段階以上に細分化しないこと。

内容

典型的な学位論文構成のアウトラインは以下のとおり。指導教官や下記の教科書から、さらにガイダンスを得ることができる。

‘A Short guide to writing about science’

‘Writing successfully in science’

‘How to write and publish a scientific paper’

(i)要約：

1 ページ以上。論文の目的と研究内容、結論を簡潔に述べる。

(ii)目次

(iii)用語集（必要に応じて）

(iv)序論：

学位論文の関連性・重要性・有用性を述べる。必要に応じて知識と実践の関係について述べる。上記より論理的展開のなかで、学位論文の目標と展望を説明し、研究内容にテーマを盛り込む。

(v)本文：

いくつかの章に分ける。論文の主題によ

って正確に章分する。

文献レビューを含まなければならない。文献レビューは簡潔であり、関連出版物、特にプロジェクトが取り扱う最新の知識における例外や矛盾に焦点をあてているものを批評しなければならない。テーマの展開、論文の主題に関するレビューの重要性を述べなければならない。論文作成の理由は下記の章に述べることになるだろう。

・方法論【手順】

・結論

・議論

本文中、各結論に対する主張を記載し、各章に「結論」を設けて短いレポートを記載することが重要である。

(vi)結論：

これは数ページの長さとしなければならない。一般的な構成では各章ごとに結論をおく。その分野における将来性ある仕事に対する推薦を含むことも重要である。結論部分では新しい議論を紹介するべきではない。

(vii)参考文献：

論文に含まれる情報を得るために使用したり、本文中で言及した論文や書籍の一覧である。BIDS や Athens のようなツールは追加参照を特定するとき便利である。論文中のすべての重要な項目は参照によって裏書きされ、研究の基礎や報告によって正当化されなければならない。学生本人の仕事によらないすべての情報は参照されなければならない。参照は（本文中に出てくる順番で）番号がつけられるか、アルファベット順（著者名（発行年）、同じ著者で同じ年に複数の参考文献がある場合は a,b,c をつける）とする。

論文の場合：

著者名（複数あり）、“論文タイトル”、時

期、巻数、発行月、ページ数

書籍の場合：

著者名（複数あり）、“題名”、発行元、発行都市/国

論文が主に文献レビューの報告となる場合、長い参考文献一覧となる。論文が主に研究報告となる場合、より少ない参考文献で十分となるかもしれない。

(iv)謝辞

学位論文の主題に助力したすべての人、学生や研究に資金を提供した人にあてたもの。私的謝辞を入れたいと思うかもしれない。

(ix)付録

学生が記載を望む補足資料。本文の一部としてはならない。

主題

大学のスタッフに認められなければならない。学生は最長 1 ページのアブストラクトを提出しなければならない。学生本人が産業界で働いている場合、学生本人や雇用主に関連したテーマを選び、そのために最善を尽くすだろう。優れた学位論文は学生自身が行った研究に関する文献レビューと結びつき、新しい、有益な何かを付けくわえたものである。可能性は次のとおり：

- ・既存の手法を新しい状況下で適用する
- ・特定の状況下で新しい手法を発展する
- ・関連する複数の手法の重要な比較
- ・一般的問題あるいは特定の問題を詳述し、解決策を提案する

早い段階で学生の考えを相談して下さい。個々の利益に従って選ばれたスタッフの中から指導教官を得ることができる。

第3章 安全工学教育プログラムの開発に係るアンケート調査

3.1 民間企業の技術者・研究者へのアンケート調査

民間の安全工学を専門とする3名の技術者・研究者にアンケート調査を行った。その結果を以下に示す。

3.1.1 アンケート項目

民間企業のアンケート項目を以下に示す。

- ・ 新卒大学生等の安全工学に関する知識または理解レベルについて
- ・ 企業内で行われている安全工学教育について
- ・ 高等教育機関、学協会、民間セミナー等で実施されている現状の安全工学教育に関して、注目しているもの、よく利用するもの。問題点や希望についてご意見。
- ・ 大学で行うべき安全工学教育に関するご意見・ご要望

3.1.2 調査結果

質問内容ごとの調査結果を以下に示す。

質問

新卒大学生等の安全工学に関する知識または理解レベルについて

回答

- ・ 火災、爆発、拡散などに関する知識
- ・ 信頼性工学に関する知識
- ・ 物質安全、反応に関する知識
- ・ リスクアセスメントに関する知識
- ・ 材料や腐食に関する知識
- ・ 上記を支えるための物理、化学と化学工学の知識
- ・ マネジメント手法に関する知識
- ・ 論理性

- ・ 安全工学に関連する工学の基礎知識
- ・ リスク・ハザードなどの基本用語の理解
- ・ 安全に関する一般的知識
- ・ 取り扱う流体（特に Hydrocarbon）の物理的な性質や危険性とその対処方法
- ・ プラントに存在するハザード
- ・ 自己の考えを他者に説明し、理解してもらえる説明能力や交渉能力の基礎

質問

企業内で行われている安全工学教育について

回答

- ・ Workplace Safety Training（海外プロジェクト工事関係者向け）
- ・ Hazard Identification Training（設計担当者向け）
- ・ 安全に関するリスクマネジメント教育（国内プロジェクト工事関係者向け）
- ・ 相互啓発型安全文化醸成教育（国内プロジェクト工事関係者向け）
- ・ 新入社員安全体感教育
- ・ 初級・上級安全衛生環境管理講習会
- ・ 労働安全衛生教育
- ・ 初級工事安全衛生監理講座
- ・ 設計安全に関する教育
- ・ 化学系新入社員への安全工学の入門教育
- ・ プラント設計のうち、プロセス設計に関すること、Plot plan に関すること、
- ・ Design review (3D model review、Plot plan 等)
- ・ 配管設計に関すること
- ・ 計装に関することの初歩の教育
- ・ 新入社員 HSE 教育研修会
- ・ HSE study について (Consequence

- Analysis, QRA, Risk, Probability, Pool Fire, Jet Fire, HAZID、ENVID、HAZOP、SIL、LOPA、SIMOPS、Ergonomics)
- Active fire protection system、Passive fire protection system、Fire and gas detection system について
- HSE Management (Plan/procedure、Training、Technical audit 等)
- Code /standard の紹介
- QMS/EMS

質問

高等教育機関、学協会、民間セミナー等で実施されている現状の安全工学教育に関して、注目しているもの、よく利用するもの。問題点や希望についてご意見

回答

- 国内では安全工学会の安全工学セミナー、海外ではUKのFABIGなど。
- 化学工学会、安全工学会、防災システム協会、HSL、IChemEの講座。IChemEの講座は、参加者同士で課題に取り組む要素が多く、議論や作業を通して具体的な手法を印象深く習得できる基礎コースになっている。
- CCPSのセミナー
- Fabig (Fire and blast information group) の定例 Meeting
- SPE (Society of Petroleum Engineers) の国際会議
- RPI (UKのコンサル) のセミナー

質問

大学で行うべき安全工学教育に関するご意見・ご要望

回答

- 安全工学は実学の側面もあり、その部分の講師は産業界に求めるのも一つの解と考えられる。
- 安全工学の必要性や、安全に対する実際の問題意識は社会に出てからより感じることが多い。いったん社会に出た後、安全工学を体系的に学べるように社会人にも広く門戸を開くようにしてもらいたい。また、社会人が加わることにより、具体的なプラクティスを大学にフィードバックすることにより、教育活性化の一助になると思われる。
- たとえばプロセス工学を学んだ学生であれば、プロセス設計に関連にしてHAZOP等の経験をしているのが望ましいと思います。また機械工学の学生であればFMEAなどを通じて、設計・運転が思い通りでなかった場合に何が起きるか、結果を予測できるような知識の習得を設計手法と併せてできれば良いのではないのでしょうか。
- 広く一般的な安全に関する知識、リスクの考え方については今まで同様必要。
- プラントでは良く行われるWork shop系Studyの実際の経験(HAZID, HAZOP etc.)
- 災害想定シナリオに関すること
- Analysis系Study(Consequence analysis、QRA、SIL)の計算
- 消火システムや耐火被覆システムの講義
- 環境要求のトレンド
- 日本の安全工学教育は物質安全や現象論を扱うことが多いように感じています。一方、海外の教育はプラクティスやマネジメントなどを含めており、このよ

うな部分の拡充を希望する。

- ・ 物質安全に関する教育も重要ですが、同じように設計に関する安全も重要であり、教育の一部として取り入れるべき点だと考えます。体系的にリスク評価・安全設計を学んだ新卒学生は、現在求められている人材像の 1 つではないでしょうか。
- ・ プラントに関連する安全工学を理解するには、プラントそのものをイメージできる事がある程度必要だと考えます(その知識が前提となり、さらに学ばなければならない安全関連の基礎項目があるからです)。一度社会に出て何らかの形で実務に携わり、安全工学と関わりのある分野(プラントの設計や運転について)の広いイメージや基礎知識・用語を身に付けた上で、教育の場に戻れるような仕組みづくりが必要ではないでしょうか？
- ・ 安全の守備範囲が広いので、広い知識の提供が必要であるとともに、最近の安全評価、Risk 評価が、より詳細に複雑に求められることから、高い知識・経験も求められる。この 2 つの要求をバランスよく、効果的に提供していくことが大切だと思う。そう言った意味では、前半の広い知識の提供という点では、今までの守備範囲の修正で可能と考えるので、後半の部分、すなわち、専門性の高い知識を如何に提供するかが課題だと思う。
- ・ プラントの安全設計が高度化して多くの Study が要求されている。各 Study の意味も含めて、その結果が専門化していて、一見では分らないので、Interpreter が必要。

3.2 安全工学・安全衛生に関する基礎事項の認識度調査

3.2.1 目的

教育プログラム開発指針となる有用な知見の抽出を目的とし、産業界を担う技術系人材となることが将来期待される工学系(化学)学生が大学生の間に安全工学・安全衛生に関する基礎事項をどの程度体得しているかアンケート形式(一部テスト形式)の調査を行った。

3.2.2 アンケート実施概要

本アンケートの対象者は、横浜国立大学の学部 1-4 年生(物質工学科/化学・生命系学科)と、博士前期課程 1-2 年生(大学院環境情報学府/工学府)の総数 390 名である。なお、大学院生は安全工学系研究室配属学生が中心となった。このアンケートは 2012 年 10 月から 2013 年 1 月に実施された。

3.2.3 アンケート項目

アンケート項目はⅡ部構成として安全工学に対する意識の高さを測るアンケート形式の意識調査項目と安全工学の基礎知識の修得度を測るためのアンケート及びテスト形式の認知度調査項目からなる。具体的な項目を下記に列挙する。

I. 意識調査項目(アンケート形式)

質問項目は、基本属性(質問(1)-(3)), 受講講義名(質問(3)), 講義の充実度(質問(4)), 意欲度(質問(5)), 学びの開始時期(質問(6))から構成されている。

(1) あなたの現在の学年次をお答えください。

(2) あなたの性別をお答えください。

(3)安全工学に関連する下記の講義で既に受講されたもの(受講中も含む)を全てに○を付けてください。

- ①環境をめぐる諸問題(B1) ②安全環境と社会(B1) ③環境管理学(B2) ④安全・環境化学(B2) ⑤リスク分析学(B3) ⑥化学安全工学(B3) ⑦エネルギー安全工学(B3) ⑧プロセスシステム論(B3) ⑨信頼性工学(B3) ⑩環境工学Ⅰ(B3) ⑪環境工学Ⅱ(B3) ⑫安全工学概論(B4) ⑬その他

(4)工場などの生産現場における事故をはじめ、産業災害防止に関わる安全工学に関する教育として(3)に挙げた講義科目が用意されていますが、これで十分と思われませんか?5段階(“非常に不十分”から“非常に十分”のリッカート尺度)の中から該当する数字一つに○を付けて下さい。

(5)技術者・研究者として安全工学をどの程度身につけるべきと思われますか?1.全く身につけなくてよい、2.あまり身につけなくてよい、3.どちらともいえない、4.身につけるべき、5.十分身につけるべき、(5件法)の中から該当する数字一つに○を付けて下さい。

(6)安全工学を学びはじめる時期として適切と思うもの(1.社会人以降、2.大学大学院課程、3.大学学部専門課程、4.大学学部教育課程 5.大学以前)に○をしてください。

II. 認知度調査項目

(1)以下の技術用語について①人に説明できる、②聞いたことがある、③知らない、の中から該当する数字を各用語ごとに選択してください。

(アンケート形式)

■本質安全

- 安全率
- リスクコミュニケーション
- 工学的リスクの定義
- フォルトツリーアナリシス
- リスクマネジメント
- ヒューマンエラー
- バスタブ曲線
- 安全の定義

(2)下記記述について適切であれば○を、不適切であれば×を選択してください。また、各解答に対し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、のいずれかの数字を選択してください。(テスト形式)

【総合分野】

- 安全とは、リスクが0のことである。
- 同じ事象に対するリスク基準でも、地域・文化・社会受容性など様々な因子の影響を受ける。
- リスクの定量的評価は、全ての事故シナリオについて検討する必要がない。
- リスク低減のあり方として、例えば労働災害では作業者の健康を守るため、保護具による対策を最優先に検討、実施することが望ましい。

【化学安全分野】

- インド中部のボパールでは、過去に世界最悪規模の化学工場の事故が起こった
- 取扱う可燃性ガスまたは蒸気濃度が爆発限界に入らないように窒素ガス等の不活性ガスを加えることは、爆発防止のための安全対策となり得る。
- 一般に、空気中における炭化水素ガスまたは蒸気の最小着火エネルギーは数 J であり、静電気による着火危険性は低い。
- 引火点が -45°C のジエチルエーテルは、

室温で引火する。

■粉じん爆発を起こす危険性がある物として、アルミニウム微粉、小麦粉、炭じんなどが挙げられる。

■全ての自然発火性物質は、発火しないように水中で保存する。

■酸素ボンベを使用する際、バルブを急激に開けると危険である。

■分解爆発性のある物質は、その爆発を防ぐために栓付きのガラスで保存することが望ましい。

■粉末消火器を用いて消火する際は、燃えている物ではなく、出来るだけ火炎に向けて消火剤を噴霧する方が良い。

■金属ナトリウム火災が起きた場合は、すぐさま大量の水をかけ消火した方が良い。

【環境安全分野】

■化学物質が社会で利用される前に、人や環境への悪影響を事前に審査する制度としてPRTTR制度がある。

■化学物質の環境リスクとは、環境中に排出された化学物質が人の健康や動植物の生育などに悪影響を及ぼすおそれのことである。その大きさは、化学物質の有害性の程度と、化学物質にどれだけ暴露されたかで表される。

■オクタノール-水分配係数Powが大きな化学物質は、一般に生物体内に蓄積されにくい。

■大気中に浮遊する10 μ m以下の粒子状物質はSPMと呼ばれ、特に粒径2.5 μ m以下の粒子は肺深部に侵入・沈着しやすく、発がん性等の有害性も高いことが多い。

■環境基準とは、環境基本法に基づいて、大気汚染や水質汚濁、騒音などから人の健康を守り、生活環境を保全するために設けられた最低限度の環境の質を表す値のことである。

■戦略的環境アセスメントとは、個別の事業実施に先立つ「戦略的な意思決定段階」、すなわち、政策(Policy)、計画(Plan)、プログラム(Program)の「3つのP」を対象に、環境影響を事前に調査することによって、予測、評価する手続きのことである。

■日本に輸入される食物の生産のために海外で消費される水は、バーチャルウォーターと呼ばれ、国内の年間水使用量の半分程度もある。

■窒素酸化物の生成抑制のために、有機窒素含有量の少ない燃料を使用することや、燃焼域での酸素濃度を低くする、高温域での燃焼ガスの滞留時間を短くする、燃焼温度を高くするという対策がとられる。

■浄水処理において、凝集沈殿処理の後、オゾン酸化、活性炭吸着、急速砂ろ過、塩素消毒を行う方式は高度浄水処理の典型的なプロセスである。

■陸上埋立を行う最終処分場には、安定型、管理型、遮断型のものがあり、有害物質が基準(金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準)を超えて含まれる燃えがらや汚泥等は、管理型もしくは遮断型の施設に処分される。

【材料安全分野】

■炭素含有量が0.25%以上0.6%未満の炭素鋼の機械的性質は炭素量が多いものほど硬さも伸びも増加する。

■炭素鋼はある温度以下で衝撃値が急激に低下する低温脆性を示す。

■高温高圧の水素ガスはステンレス鋼を激しく水素侵食する。

■アルミニウムは酸およびアルカリに侵される。

■ステンレス鋼の不動態皮膜は塩素イオンでは全く破壊されない。

- チタンは純金属でもある程度強度が高く、海水にも優れた耐食性をもつ。
- 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。
- 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。
- 形状急変部では応力が他の部分より緩和される。
- 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。

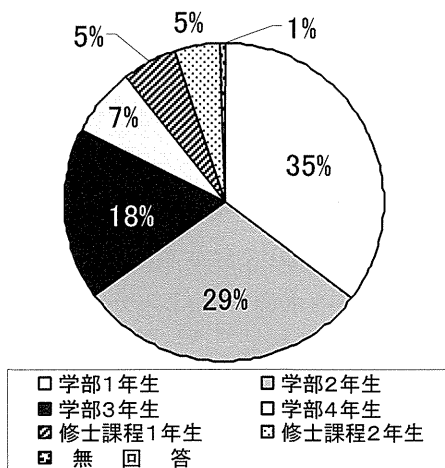
3.2.4 アンケート結果

3.2.4.1 I. 意識調査項目のアンケート結果

アンケート結果を以下に列記する。

(1) あなたの現在の学年次をお答えください。

- 学部1年生：138名
- 学部2年生：115名
- 学部3年生：69名
- 学部4年生：27名
- 修士課程1年生：21名
- 修士課程2年生：18名
- 無回答：2名（総人数390名）

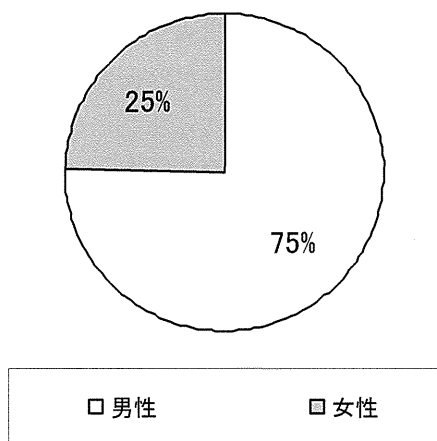


【説明】

大学院生の対象者数が限られたため、本調査では学部生が全体の約90% (n = 349) を占めた。中でも工学専門教育を本格的に受けていない学部低学年や約64%をしめるのでこの点には留意する必要がある。但し、各学年ごとの比率に関しては回答総数の影響はさほど現れないものと考えられる。

(2) あなたの性別をお答えください

- 男性：294名
- 女性：96名

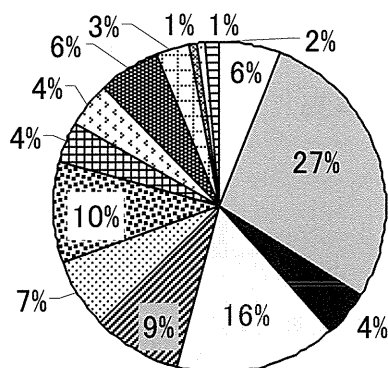


(3)安全工学に関連する講義で既に受講されたもの(受講中も含む)を全てに○を付けてください。

- 環境をめぐる諸問題 (B1)：70名
- 安全環境と社会 (B1)：336名
- 環境管理学 (B2)：52名
- 安全・環境化学 (B2)：190名
- リスク分析学 (B3)：104名
- 化学安全工学 (B3)：78名
- エネルギー安全工学 (B3)：120名
- プロセスシステム論 (B3)：48名
- 信頼性工学 (B3)：53名
- 環境工学I (B3)：71名
- 環境工学II (B3)：37名
- 安全工学概論 (B4)：10名

●その他： 9名

●無回答： 18名



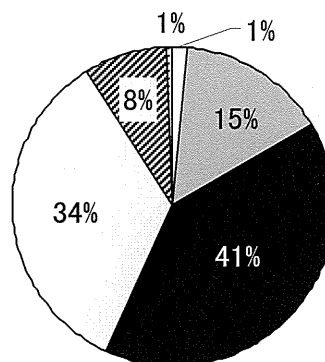
□ 環境をめぐる諸問題(B1)	□ 安全環境と社会(B1)
■ 環境管理学(B2)	□ 安全・環境化学(B2)
▨ リスク分析学(B3)	□ 化学安全工学(B3)
▩ エネルギー安全工学(B3)	▩ プロセスシステム論(B3)
□ 信頼性工学(B3)	▩ 環境工学 I (B3)
□ 環境工学 II (B3)	▩ 安全工学概論(B4)
□ その他	□ 無回答

【説明】

対象となった教育課程においては化学・応用化学をベースとしているが安全工学関係講義もコア科目として整備されている。そのため、無回答者 (n=18) を除くと、全ての者が少なくとも 1 以上の講義を受講しており、学生の関心は高いことがうかがえる。ちなみに、平均受講数は $M=3.2$ ($SD=2.5$) であった。

(4) 工場などの生産現場における事故をはじめ、産業災害防止に関わる安全工学に関する教育として (3) に挙げた講義科目が用意されていますが、これで十分と思われませんか？

- 1. 非常に不十分： 5名
- 2. やや不十分： 59名
- 3. どちらともいえない： 158名
- 4. やや十分： 133名
- 5. 非常に十分： 33名
- 無回答： 2名



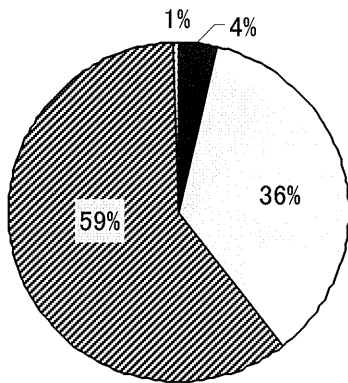
□ 非常に不十分	□ やや不十分
■ どちらともいえない	□ やや十分
▨ 非常に十分	□ 無回答

【説明】

社会経験のない学生がほとんどであるため、最頻値は「3. どちらともいえない」であったが、回答は十分側に傾いている。産業界からすれば安全に関する必要な知識を身に付けるために、提供されている講義群ではとても十分とはいえないものと予想されるが、学生にはその点が理解できないのは当然といえよう。

(5) 技術者・研究者として安全工学をどの程度身につけるべきと思われますか？

- 1. 全く身につけなくてよい： 0名
- 2. あまり身につけなくてよい： 0名
- 3. どちらともいえない： 14名
- 4. 身につけるべき： 140名
- 5. 十分身につけるべき： 234名
- 無回答： 2名



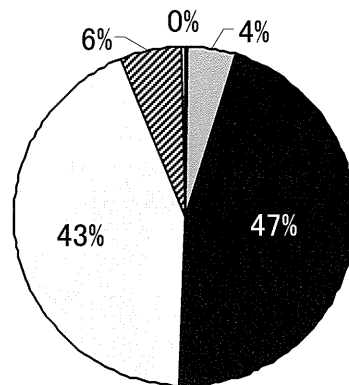
□ 全く身につけなくてよい	□ あまり身につけなくてよい
■ どちらともいえない	□ 身につけるべき
▨ 十分身につけるべき	□ 無回答

【説明】

「十分身につけるべき」と回答した者が一番多く、これと「身につけておくべき」と回答した者の合計は約 95% (n=374) に達しており、大学生の安全工学の必要性に対する認識は極めて高いものと思われる。従って、この数字からは大学教育課程における安全工学に対する教育受容性は極めて高いと結論される。

(6)安全工学を学び始めめる時期として適切と思うものに○をしてください。

- | | |
|---------------|------|
| 1. 社会人以降： | 1名 |
| 2. 大学 大学院課程： | 17名 |
| 3. 大学学部 専門課程： | 179名 |
| 4. 大学学部 教養課程： | 169名 |
| 5. 大学以前： | 23名 |
| ●無回答 | 1名 |



□ 社会人以降	□ 大学 大学院課程
■ 大学学部 専門課程	□ 大学学部 教養課程
▨ 大学以前	□ 無回答

【説明】

「大学以前」と回答した極めて意識の高い学生も少数認められるが、安全工学を学び始める時期として「大学学部教養課程」および「大学学部専門課程」と回答した者はそれぞれ 47% および 43% もおり、多くの者が大学学部で学び始めるべきと考えていることが分かった。自らのキャリアも意識しながら、実社会で役立つ学問を志向するのはおよそこの時期からであるといえる。

3.2.4.2 II. 認知度調査項目(1)技術用語の認知度に関するアンケート結果

結果の一例を以下に列記する。なお、項目全てについての結果は参考資料に整理したので、そちらを参照されたい。

II. 認知度調査項目

(1)以下の技術用語についてお伺いします。

■「本質安全」について

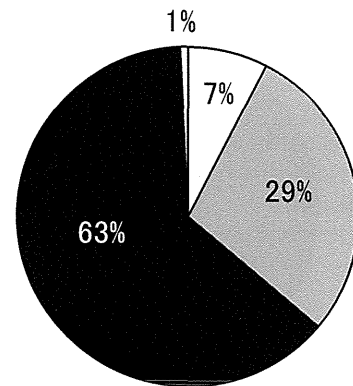
【全学年：390名 「本質安全」認知度】

- | | |
|------------|------|
| ●人に説明できる： | 29名 |
| ●聞いたことがある： | 112名 |
| ●知らない： | 246名 |
| ●無回答： | 3名 |

【学年別「本質安全」認知度】

①学部1年生：138名

- 人に説明できる： 1名
- 聞いたことがある： 28名
- 知らない： 108名
- 無回答： 1名



□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない □ 無回答

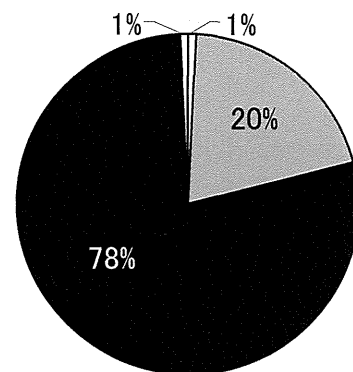
②学部2年生：115名

- 人に説明できる： 1名
- 聞いたことがある： 23名
- 知らない： 91名

③学部3年生：69名

- 人に説明できる： 4名
- 聞いたことがある： 31名
- 知らない： 33名
- 無回答： 1名

①学部1年生



□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない □ 無回答

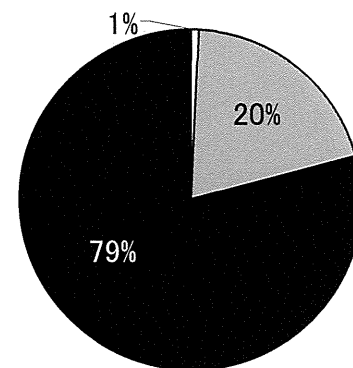
④学部4年生：27名

- 人に説明できる： 8名
- 聞いたことがある： 13名
- 知らない： 6名

⑤修士課程1年生：21名

- 人に説明できる： 8名
- 聞いたことがある： 9名
- 知らない： 4名

②学部2年生



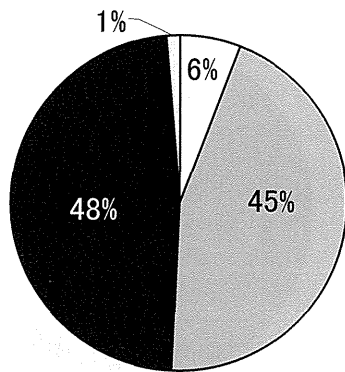
□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない

⑥修士課程2年生：18名

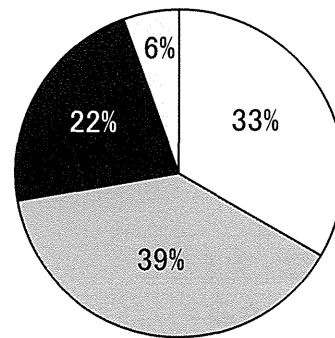
- 人に説明できる： 6名
- 聞いたことがある： 7名
- 知らない： 4名
- 無回答： 1名

○全学年

③学部3年生

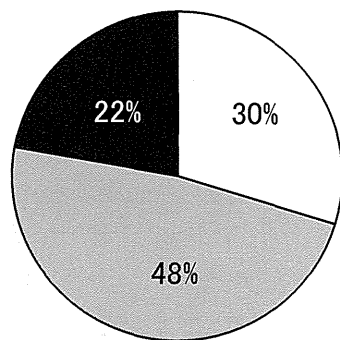


□ 人々に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない □ 無回答



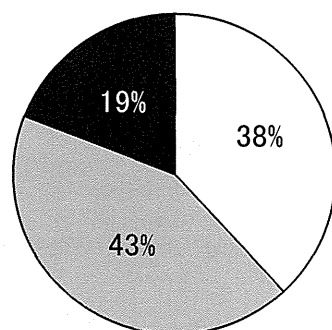
□ 人々に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない □ 無回答

④学部4年生



□ 人々に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない

⑤修士課程1年生



□ 人々に説明できる □ 聞いたことがある
■ 知らない

⑥修士課程2年生

【説明】

「本質安全」という用語については教養課程の学生には難しいようであるが、学年が上がるほど、「人々に説明できる」と回答した者の割合が増加することが分かる。今回の調査では、4年生以上の学生が安全工学系の研究室に所属するということもあり、一概にはいえないが、「人々に説明できる」とする学生の割合は、3年生から4年生で急激に増加している。これは、卒業研究等で実験を自らが計画して実施する立場になると、安全に関する意識が非常に高くなり、安全工学に関連した知識の認知度も急激に高まったのではないかと推測される。他の分野でも同様の検証をする等、今後検証をする必要があるが、非常に興味深い結果といえる。

【総括】

その他の技術用語に関してもほぼ同様の傾向を示したが、「リスクマネジメント」、「ヒューマンエラー」については極めて認知度が高く、様々な情報リソースを介して学生にもかなり浸透している様子がうかがえた。

3.2.4.3 II. 認知度調査項目 (2) テスト形式
の認知度アンケート結果

結果の一例を以下に列記する。なお、項目
全てについての結果は参考資料に整理した
ので、そちらを参照されたい。

(2) 下記記述について適切であれば○を、
不適切であれば×を選択してください。また、
各解答に対し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、のいずれかの数字を選択して
ください。

【総合分野】

■安全とは、リスクが0のことである。○か×
か。

【全学年：390名 正解率】

- 正解： 357名 (91.5%)
- 不正解： 31名 (7.9%)
- 無回答： 2名 (0.5%)

【学年別正解率】

①学部1年生：138名

- 正解： 126名 (91.3%)
- 不正解： 12名 (8.7%)

②学部2年生：115名

- 正解： 105名 (91.3%)
- 不正解： 9名 (7.8%)
- 無回答： 1名 (0.9%)

③学部3年生：69名

- 正解： 62名 (89.9%)
- 不正解： 6名 (8.7%)
- 無回答： 1名 (1.4%)

④学部4年生：27名

- 正解： 26名 (96.3%)
- 不正解： 1名 (3.7%)

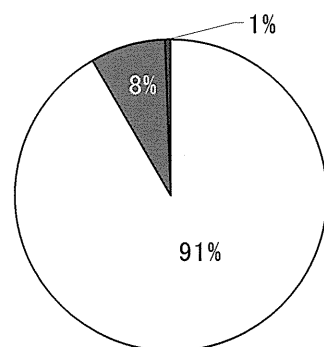
⑤修士課程1年生：21名

- 正解： 19名 (90.5%)
- 不正解： 2名 (9.5%)

⑥修士課程2年生：18名

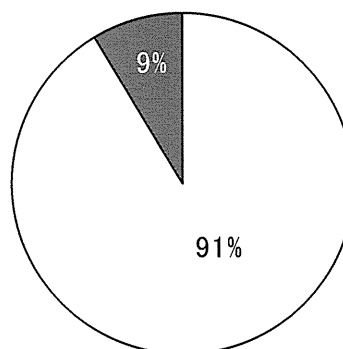
- 正解： 17名 (94.4%)
- 不正解： 1名 (5.6%)

○全学年



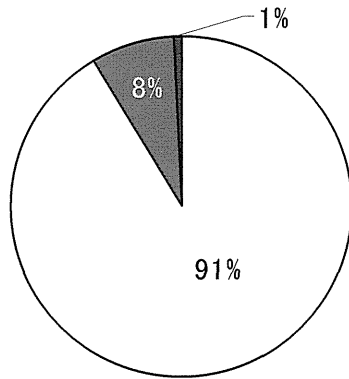
□ 正解 ■ 不正解 ■ 無回答

①学部1年生



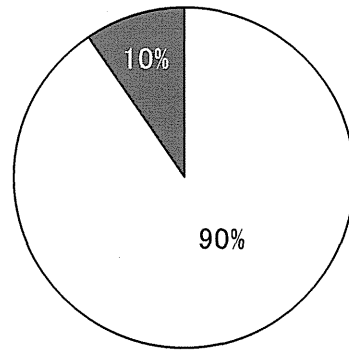
□ 正解 ■ 不正解

②学部2年生



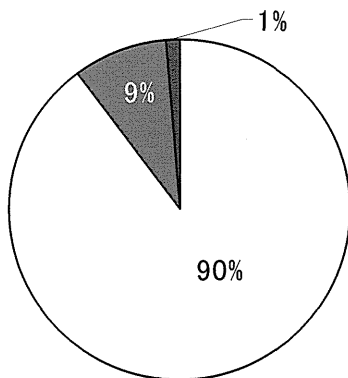
□ 正解 ■ 不正解 ▨ 無回答

⑤修士課程1年生



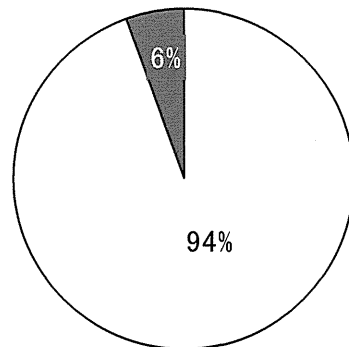
□ 正解 ■ 不正解

③学部3年生



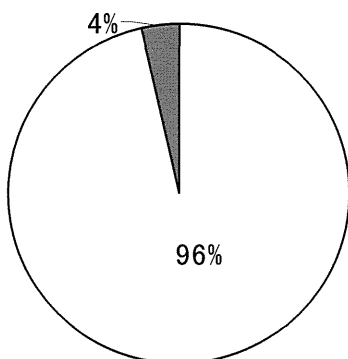
□ 正解 ■ 不正解 ▨ 無回答

⑥修士課程2年生



□ 正解 ■ 不正解

④学部4年生



□ 正解 ■ 不正解

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 ○:無回答者数)については正解者に対して集計を行った結果である。

-全学年正解者: 357名

①: 143名(40.1%) ②: 149名(41.7%)

③: 62名(17.4%) ○: 3名(0.8%)

-学部1年生正解者: 126名

①: 42名(33.3%) ②: 48名

(38.1%)

③： 34名 (27%) ○： 2名 (1.6%)

-学部2年生正解者：105名

①： 28名 (26.7%) ②： 61名 (58.1%)

③： 16名 (15.2%)

-学部3年生正解者：62名

①： 32名 (51.6%) ②： 21名 (33.9%)

③： 9名 (14.5%)

-学部4年生正解者：26名

①： 17名 (65.4%) ②： 7名 (26.9%)

③： 2名 (7.7%)

-修士課程1年生正解者：19名

①： 10名 (52.6%) ②： 7名 (36.8%)

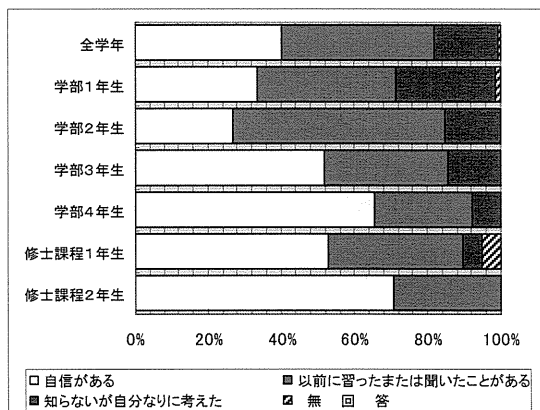
③： 1名 (5.3%) ○： 1名 (5.3%)

-修士課程2年生正解者：17名

①： 12名 (70.6%) ②： 5名 (29.4%)

③： 0名 (0%)

○解答に対する自信度（正解者対象）



【説明】

全ての学年において正解率は極めて高く、

>90%であった。しかし、低学年においては単なる知識として身に付けているだけで、十分体得できていないことがうかがえる。学年が上がるにつれ、「回答に自信がある」と回答した者の割合は増加傾向にあり、実学として定着しているものと考えられる。

【総括】

その他のテスト項目に関しても、概ね7割程度の正解率であり、ペーパーテストとしての知識の修得度はそれなりに高いことが分かった。しかし、正解率が著しく低い項目や、正解率が高くても自信をもって回答している割合の小さい項目も散見され、これらの重要項目が応用できるほどのレベルまで学生に浸透しているとはいえないものと考えられる。問題点の見つかった項目については、さらに検討を行い、これまでの教育課程における欠陥部分を見出すため活用する予定である。

3.2.5 アンケート結果のまとめ

学生の教育受容性(安全工学教育に対する意識の高さ)や安全工学の基本項目に関する理解・達成度をアンケート及びテスト形式で調査した。化学・応用化学を主に専攻する学生約390名に対して調査を行った結果、安全工学に対する関心が高く、自己のキャリア形成に必要と考える学生が大半を占めることが分かった。一方、基礎的な事項が十分体得してるとはいえず、理解が浅い点も多く存在することが判明した。

参考資料

安全工学に関する認知度調査結果

「安全率」について

【全学年：390名 「安全率」認知度】

- 人に説明できる： 56名
- 聞いたことがある： 198名
- 知らない： 133名
- 無回答： 3名

【学年別「安全率」認知度】

①学部1年生：138名

- 人に説明できる： 7名
- 聞いたことがある： 58名
- 知らない： 72名
- 無回答： 1名

②学部2年生：115名

- 人に説明できる： 15名
- 聞いたことがある： 59名
- 知らない： 41名

③学部3年生：69名

- 人に説明できる： 7名
- 聞いたことがある： 48名
- 知らない： 13名
- 無回答： 1名

④学部4年生：27名

- 人に説明できる： 9名
- 聞いたことがある： 14名
- 知らない： 4名

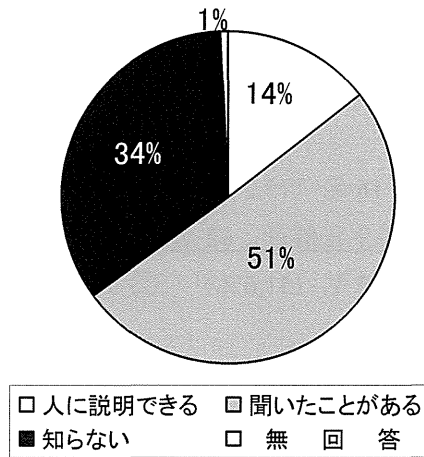
⑤修士課程1年生：21名

- 人に説明できる： 9名
- 聞いたことがある： 11名
- 知らない： 1名

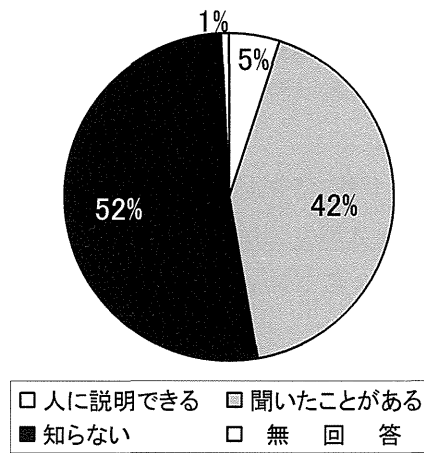
⑥修士課程2年生：18名

- 人に説明できる： 8名
- 聞いたことがある： 7名
- 知らない： 2名
- 無回答： 1名

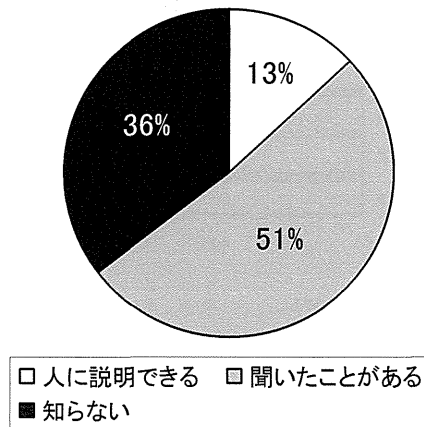
○全学年



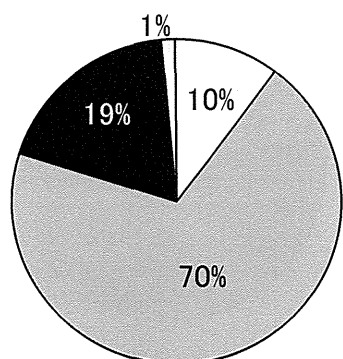
①学部1年生



②学部2年生

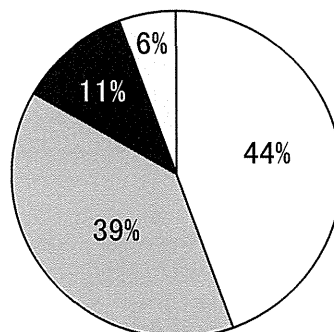


③学部3年生



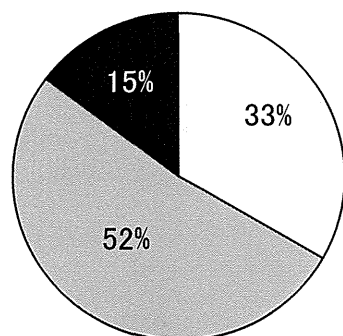
□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
 ■ 知らない □ 無回答

⑥修士課程2年生



□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
 ■ 知らない □ 無回答

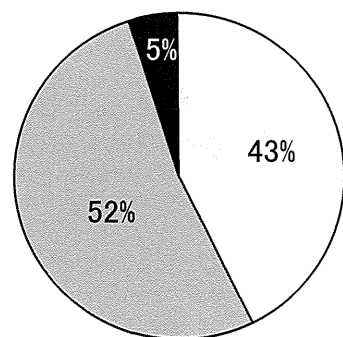
④学部4年生



□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
 ■ 知らない

安全率に関して、学年が上がるにつれ、認知度（「人に説明できる」+「聞いたことがある」）が上昇し、「人に説明できる」と回答した者の割合が大きくなることが分かった。

⑤修士課程1年生



□ 人に説明できる □ 聞いたことがある
 ■ 知らない