

- 畑村先生の「失敗学」・「創造学」・「思考展開法」などは是非学んでいただければと思います。
- 基礎教育も必要だと思いますが、大学での学習はほとんど実社会での実務には役だっていないのが現状です。
- 貴学が公開している「事業者の化学物質リスク自主管理の情報基盤」のサイト
- 実験計画法
- 疲労、破壊、腐食のメカニズム観察、理論とフィールドとのギャップ把握
- 安全に関する教育をバーチャルの世界で体験させ、事故が発生した時の対処や、事故を起こさせない方法の学習をさせたいです。(体験シュミレーション的なツールがあると、グローバルに教育ができるので)
- 化学薬品や高圧ガスの取扱方法、注意事項の知識。
- 特になし・不明…………… 26 社
- 現段階では特にありません。(私共の認識不足で想像以上の教育資源があれば別ですが)
- わからない(現在、大学が保有している教育資源がわからない。/安全に関する教育資源が不明など)…………… 8 社

Q15 現在までに大学等の高等教育機関との人材育成面での接点がありましたらお聞かせください。

●回答数:79 社(151 社中)

【回答内容】

- 弊社では、技術・技能および安全など人材育成について大学等高等教育機関から指導・助言を受けております。
- 学生(専門学校生、高校生、中学生)を対象とした職場体験教育を実施(相手方から要望があった場合)。
- 出前講座等。
- かなり前に大学教育への希望、期待という事で議論をした事がある。私は基礎教育の中にもう少し品質管理手法も含めるべきと考えていました。また当然ながら語学力も。(Global時代に対応した)
- 経営幹部層の教育において、大学教授の協力を受けている。
- (1)地元大学を含めた産、学、官の交流の中で今後の人材に期待する事等で討議した事があります。(2)複数の大学から就活に於けるアンケートで今後、どのような人材が必要かと言う内容等に付いてお答えした事があります。
- カリキュラム編成に関する企業側からの意見提供など委員会への参加。・産学連携プログラムへの参加。(モノづくり教育の提供など)
- 共同研究での接点。
- 大学院(社会人特別選抜)への社員の修学。産学官連携協議会への参加。
- 社員教育用センターで技術者の専門教育を行っており、国内の主要な大学の講師陣を招いて、自動車、生産、ソフトウェア、シ

ステム、エレクトロニクス等、専門技術の研修講座を開設しています。

- 大学、県や市等の地方自治体、民間企業からなるものづくり協力会議に参加している。
- 弊社は技術系社員の中でもニッチな人材を求めている、この分野でご活躍の10に満たない大学等と交流をはかっています。
- 弊社ではないが、出向元(自治体含む)ではあり。
- 国の機関に、安全教育をしていただけると、ありがたいです。
- 委託研究による当社スタッフの育成等

実習生/インターンシップ

- インターンシップの受入れ……………4社
- 大手企業への現場研修。(百聞は一見にしかずと思います)
- 実習生教育
- インターンシップの受入、実務実習生の受入。
- 当社は毎年、複数の大学からの依頼でインターンシップを受け入れている。
- インターンシップ制度で現場作業を実体験していただく事。
- 一部高専に対して、要望があれば不定期でインターンシップの受け入れを行なっている。

社会人研修生

- 製造業の経営のあり方を学ぶ大学院のプログラムへ派遣。
- 次世代事業基礎研修(社員の博士過程派遣)
- 大学・研究機関との共同研究、海外を含め社員の大学への留学、等を一部で実施。(ただし、安全環境分野ではありません)
- 大学への派遣履習制度(期間:2年)を活

用し、各職場のキーマンとなるスタッフの育成を行っている。

- 大学の研究室に社会人研修生として1年間派遣
- 貴学の社会人研究生として、これまで数名を派遣していました。

その他

- 人材育成面での接点は、今までなかったと認識している。
- 特にございませんが、連携を取れる点がありましたら、関心はございます。
- 高等教育機関との人材育成面での接点はありません。
- 安全衛生分野においては、特にありません。
- (過去にはあったかもしれませんが)私が知っている限りではありません。
- 特になし……………40社

Q16 労働安全教育全般としてお困りのことや大学に求めるニーズ等がございましたらお聞かせ下さい(教育内容、制度等、どのようなことでも結構ですので、忌憚ないご意見をお聞かせ下さい)

●回答数:70 社(151 社中)

【回答内容】

- (1)安全教育の内、危険体験という部分で加齢による労働能力の低下や作業環境によって変化することを安全工学等で研究されたデータに基づく体験設備・施設の構築にご協力いただけるのでしょうか。(2)本アンケートの趣旨である高等教育機関において就業前教育と、産業界の若手技術者の安全意識を深化させるための教育プログラムは一貫性のあるものなのでしょうか。また、産学一体となって労働安全教育システムを構築していくような考え方はあるのか伺いたいです。
- 若年層の労働災害がどの産業においても全般的に多いので危険性や有害性に関する感受性を学生時代から養って欲しい。
- 法改正に伴う対応。(例:CO対応)
- 労働安全や環境に一層配慮した生産の仕組みや設計を考えられる人材の育成。
- 技術系学生は、特に安全面等で人からのアドバイスを軽く受け流す方が多いかもしれません。そうした部分も身につけていただけるとありがたい。
- 大卒でも、モノづくりに携わる意識が低く、溶接などの実技に興味をもつものが少なく感じる。このため、「設計」や「開発」といった“カッコいい”仕事にあこがれて現場研修などに身が入らないようである。現場やユーザーを理解しなければダメであるとわ

からせてあげてほしい。職業を決める上で、幻想だけで決めると離職率も高くなる。是非「日本式の生産活動」を教育していただきたい。

- 行政機関との連携を深め、大学の研究成果(関連する事項)等ソフトウェアをより公開して頂ければ、企業の労働安全衛生教育に大いに奏効すると思われます。
- 安全教育は個々の会社、または社員の自覚のもと、会社に則した制度を築き上げるもの。大学教育は工学部門の基礎教育の一つとして含めていただきたいと思います。
- 今のところ各協会等が行なう教育、研修等で足る。
- 従業員の企業に於ける安全配慮業務で、特に近年は、健康への配慮でメンタルヘルスに関する案件が増加の傾向にあります。その意味からも、学生の内にこのメンタルヘルスに関する知識と安全衛生上、これを回避できるスキルを身に付けて欲しいです。
- 現在の若手は、安全に対する意識を維持する事が難しいので、今後学生のうちから安全に対する意識付けが出来ることを期待する。
- 基本的な設備や、構成部品の基礎知識。
- 安全工学分野の基礎教育充実と推進。
- 昔の現場は失敗や体験で学んだ教育(?)育成が大きな財産となっていたが、現代はシビアな管理、失敗は許されないのが常識である為、本当の現場の危険状況において、若手世代は管理・対応力が弱体化している。
- 特に基本的事項である酸欠や危険作業時の心得などは、一度限りの講義ではなく、

体得させてほしい。技術のみならず、総合職として採用している関係上、社会人として必要な一般教養が大変重要な要素であると認識しています。むしろこちらのニーズの方が大きいかも知れません。

- アンケートの送付方法等、ていねいでした。ただ労働安全は知識としてのつめ込み教育よりも、実地も含めないと徹底には効果がないと思います。例えば、疲れたり悩んでいる際の作業ではどんな危険があるのか。
- 最先端の作業者まで、どのようにしたら、法令及び社内ルールを守らせられるか苦慮しています。又、重層構告の中で、ヒューマンエラーによる自損事故防止対策の必要性を考えています。安全教育は繰り返しが重要と言われていますが、マンネリ化しないように教育することが大切であると考えます。
- 建設業においては、労働者の安全性を抜きにして施工を行うことは出来ない。学生のころから安全に対する意識付けをしておくことが重要。
- 特に技術系大学では、そのカリキュラムの中で安全についての意識付けがされていると、社会人として特に製造業などに就く学生などにとっては良い教育となるのではと感じる。
- 私共は専門バカを求めています。専門的知識よりも人間的資質を重視しています。あたりまえですが、そうでないのが現実のようです。もっとも、すぐれた専門バカもありませんが。
- 卒業を予定する就職活動で理工系大学等の就職希望、予定者が応募して来ない。地方の企業に関心を示さず、大手企業し

か見ていない。給与やその他大手企業に比べ見劣りする事実はあるが。(文系ばかりが多く、郷土のハローワーク登録して、就職活動している。)

- 安全(労働安全)は重要であり、仕事をする上で必要不可欠であるのに、学校教育ではほとんど教えないのは、おかしいと常々思っている。
- 科学技術のめざましい発展により、産業界では進歩する技術についていけず未知の分野もあります。新規化学物質や“ナノ”といった、新しい分野での研究もして頂くとよいと思います。なお、北川徹三先生著「基本安全工学」を長く使用させて頂きましたが、リニューアルされた最新刊が発行されることを希望致します。
- ヒューマンエラー対策の教育。
- 新入社員はガラス器具の取扱いや重量物の取扱い等、基本動作ができない事が見受けられます。どんな行動でも基本動作を守る事が大切と認識させる教育を望みます。
- 最近の社内の労働災害を見ると若手社員のケアレスミスによるものと高齢者のつまづき転倒など身体能力低下によるものが増加の傾向、また若年層のメンタル面での疾病も増えている。人員構成から必然の結果と見ることもできるが、教育面での対策も課題です。
- 現在、他社で教育・実務経験のある従業員が当社に配属される形態となっており、特に困っていること等はありません。
- 安全は出来て当たり前、何かがおこるまで危機感がもたれない事が多い。日々のくり返しが重要と考えるが、なかなか最優先になりづらい。

- 材料安全、環境安全に関する企業向けの教育(より実務に活かせるもの)、出前教育の開催。
- ヒューマンエラーに起因する災害が多い現状の中、作業員1人1人に対していかに常に安全意識を継続させ作業させるかがポイントであると考えています。効果的な教育があれば即取入れたい。
- 労働安全衛生法についての教育を進めて頂きたい。
- 実際の作業及び施工に生かせる教育。
- メンタルヘルス面が弱くなってきていると感じます。精神的にタフになって欲しいと思います。
- 安全工学は労働安全衛生に対し、安全面に関する学問となるのでしょうか？労働安全衛生マネジメントシステムにおいて、どういう関係になりますか？
- 広義での労働安全教育として、うつ病問題等、メンタル面での安全教育も検討願いたい。
- コミュニケーションスキルのアップ
- 当社の場合、事業所が全国に点在しています。そのため、集合教育で教育するには限界があります。また、そのかわりをOJTでやるには、現場の負担が大きい状態です。
- 安全衛生工学の教育を若手技術者に専門的に教えることは極めて重要です。しかし、現場で設備機械の目の前ではり付いてリスクと直接向かい合っているのはオペレーター1人1人です。工学的な安全を如何に現場に判り易く伝え、それが確実に実践できるか、それらの仕組み作りが必要です。論文を書いても現場での安全は担保出来ないのが現実です。安全は工学的な対応に加え、人の心に入り込まないと行けない

ので非常に難しいですが、漸くBS8800の思想が日本でも実践されつつあり、これから安全のレベルは上がってくると思います。頑張ってください。

- 特にない。大卒で当社に入社している学生はおおよそ優秀であると認識している。また、大学で学んだ内容如何に関わらず、実際の現場で学ぶことが非常に多いと認識している。
- 建設業は業種別死亡災害で3割以上を占めている極めて危険な産業です。労働安全の重要性を法律も含めて大学の授業で積極的に教えるべきだと思います。危険な産業から安全な職場にしなければ建設業に携わる人は少なくなる一方です。今後、益々建設業に携わる人は減少し慢性的な人手不足となり、現場の第一線で働いている人たちの負担が多くなるばかりです。
- 社会は限られた時間の中でアウトプットを求められます。時間をかけたら良いものができるという考えは学生まで、時間の効率化を意識した行動を身につける準備をしてほしい。
- 製造部署における安全への取り組みは以前よりも充実してきているが、開発・技術部門への展開が今後の課題ととらえています。
- 今回の趣旨とは異なりますが、パートタイマー等のサポート社員への教育は正社員と比較すると難しいです。(従業員レベルに応じた教育カリキュラムがあれば活用できると思います。)
- Q13のとおりです(Q13 回答:たき火・小刀の使用経験がなく、近所の町工場を見たり遊んだりしたことほぼない若者に対し、教育の場で「体感」させる機会が多くあれば安

全レベルの底上げつながると思う)

- 大学では、労働安全衛生マネジメントシステム(OSHMS)やリスクアセスメントの概念を学んでいただき、専門的な安全工学等については入社後のOJTで身に付けていただくという流れが、効果的かつ効率的であると弊社では考えております。
- 安全に対する基礎教育の充実。
- そもそも「安全」というものが、会社および個人に対してメリットであるということの教育(根拠の提示)。
- 特になし…………… 22 社

5.2.4 考察とまとめ

企業における安全教育としては、雇い入れ時や配属時に集中的に行うことが多い一方で、定期的かつ積極的に事故事例について理解を深める取組も行われており、安全教育においてはその継続が重要であるとの認識が高いと見受けられる。教育形態も単なる集合教育だけではなく、グループ討議などの少人数教育で質を高めている。また、内容については、座学ではリスクアセスメント、法令、品質管理に重点をおいて教育するという意見が多かった。社外研修について学協会や民間企業が行っているセミナー等を利用している企業が多かった。実習に関しては、ビデオ・写真等の教材を利用する他、実技のある危険体感型(特別な研修施設を有している企業に限られるが、親会社が行う研修を利用するという意見も多かった。)の研修を採用している企業が非常に多かった。

専門的技術内容として、本研究事業では化学安全工学・環境安全工学・材料安全工学を網羅した教育プログラムを開発しているが、その必要性については、約76%の企業が業務に係るしており、今回対象とした製造業におい

て当該教育プログラムは何らかの形で企業内教育にも貢献できるものといえる。そして、3日～5日間程度の教育カリキュラムに対するニーズに対しては、約51%が「ある」と回答している。ただし、内容についてはリスクアセスメント等に関する初級的な内容や法体系等の各専門分野だけではない横断的な基礎知識を体得することの重要性を指摘する意見も多く見受けられた。さらに、今回の教育プログラムでは検討していない内容として、ヒューマンエラーなどの人間工学に関連するものに対するニーズが高いことが分かった。今後カリキュラムを拡充する場合の知見として極めて重要と考えられる。

資料5. 2. 2 アンケート鏡文

社員教育ご担当者 各位

技術系若手社員及び就業前学生に対する安全工学教育に関する アンケート調査について（依頼）

拝啓、時下益々ご清祥のこととお慶び申し上げます。

平素は、横浜国立大学安心安全の科学研究教育センターの活動におきまして格別のご高配を賜り、深く御礼申し上げます。

さて、当センターでは、平成24年度より3ヵ年計画で厚生労働省科学研究費補助金「大学等教育研究機関における就業前及び若手技術者向けの安全工学教育プログラムの提案」に関する調査研究を行っております。

近年、社会構造・産業構造の急激な変化により科学技術がかつてない速度で複雑化・高度化しておりますが、その一方で事故や産業災害が頻発するという深刻な状況に直面しております。こういった現状を鑑み、本調査研究事業では、大学等高等教育機関において就業前教育の一環として実施できる効果的な安全工学教育カリキュラムを示すとともに、産業界の若手技術者の安全意識を深化させるための教育プログラムを産業界と連携したニーズ調査に基づいて提案することを目的としております。

上述の調査の一環としまして、このたび、安全工学教育に対するニーズ等について幅広く民間企業におきまして社員教育の企画・運営等に携わられている方々からの御意見を賜るためのアンケートを実施する運びとなりました。

ご多用中大変恐縮ではございますが、添付致しましたアンケート用紙に御回答頂き、9月27日（金）までに同封の封筒にて御返送賜りたく何卒宜しくお願い申し上げます。なお、当アンケートは統計的に処理されるだけですので、特定企業の情報が外部に漏洩することは一切ございません。

敬具

横浜国立大学大学院工学研究院 准教授
研究代表者 岡崎慎司

当アンケートに関しまして御不明な点等がございましたら、下記にご連絡下さいますようお願い申し上げます。

横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
安心・安全の科学研究教育センター
自然科学系総合研究棟 501 号室
045-339-3776

資料5. 2. 3 送付資料

技術系若手社員に対する 安全工学教育ニーズに関するアンケート調査

マルチリターンシステムについて

本調査は回答方法を選べる「マルチリターンシステム」を導入しています。
郵送回答、WEB回答、メール回答のうち、ご都合に合った形式をお選びください。



郵送回答

このままこの調査票にご回答ください。回答後は同封の返信用封筒に調査票を3つ折りして封緘の上、ご返送をお願いします。
(切手貼付は不要です)



WEB回答

インターネットブラウザにて簡単にご回答ができます。下記サイトより、「WEB調査票」に進んでいただき、そのままご回答ください。
※回答の途中保存はできません。



メール回答

Excelファイルにてご回答ができます。下記サイトより、「Excel版調査票」をダウンロードしてください。回答後は「メール用調査票送信フォーム」より送信ください。
※回答の途中保存ができます。

サイトへのアクセス方法

①YAHOO!またはGoogle等の検索エンジンにて「アクロスアンケート」と入力して検索

YAHOO! JAPAN

Google

アクロスアンケート

検索

②検索結果の最上部の「調査・アンケート集計：株式会社アクロス」をクリックしてください。

③サイト右上にある青いボタンをクリックしてください。



④ポータルサイトにてアンケートコード「203780」を入力してください。

アンケートコード(6桁)を入力してください

203780

<http://www.across-net.co.jp/mrs/ynu> のアドレスからもサイトに入れます。

⑤マルチリターンシステムのサイトが表示されます。

アンケートの提出締切日について

誠にお手数ですが **2013年9月27日(金)** までにご提出をお願いいたします

本調査に関するお問い合わせについて

本調査に関しまして御不明な点等がございましたら、下記にご連絡くださいますようお願い申し上げます。
なお、本アンケートで得られたデータは統計的に処理された後に、適切に処分いたします。

厚生労働省科学研究費補助金

「大学等教育研究機関における就業前及び若手技術者向けの安全工学教育プログラムの提案」

研究代表者 横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター 准教授 岡崎慎司

神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5

安心・安全の科学研究教育センター 自然科学系総合研究棟 501号室

TEL 045-339-3776

Q1. 御社の本社所在地（都道府県）をご記入ください【文字回答】

都 道
府 県

Q2. 貴社の従業員数 [1つだけO]

1. 20人以下 2. 21~100人 3. 101~300人 4. 301~1000人
5. 1001~3000人 6. 3001人以上

Q3. 貴社の資本金（1つだけ○）

1. 2000万円未満 2. 2000万～5000万円未満 3. 5000万～1 億円未満
4. 1 億～3 億円未満 5. 3 億～10億円未満 6. 10億円以上

Q4. 貴社が属する産業分野（主な産業分野に1つだけ○）

1. 機械・金属産業 2. 化学産業 3. 電気・電子・情報産業 4. 土木・建築産業
5. その他
- 上記にあてはまらない産業分野に類する場合は、ご記入ください

Q5. 現在、貴社では事業内容および従業員等に関わる安全（労働安全衛生・安全管理・事故防止など）について、社員教育をどのような形で行っていますか。
〔主な教育について1つだけ○〕

1. OJTのみ
2. 自社カリキュラムなどのテキスト研修のみ
3. OJT+自社カリキュラムなど
4. OJT+外部機関の講習（資格も含む）を活用
5. OJT+自社カリキュラムなど+外部機関の講習
6. その他

Q6. 貴社で行っている安全に関わる教育や人材育成の中で、効果が高いと感じた教育方法や実施時期・期間がありましたらお聞かせください。【文字回答】

教育方法	実施時期・期間

Q7. 貴社で行っている安全に関わる教育や人材育成の中で、若手技術系社員に対して行っている専門的技術教育がありますか。【1つだけ〇】

1. ある 2. ない → Q12へ

▼ Q7で「1. ある」と回答された方にお聞きます

Q8. 若手技術系社員に対して行っている専門力技術教育の内容をお聞かせください。〔文字回答〕

[illegible]

Q7で「1. ある」と回答された方にお聞きます

Q9. 安全工学を構成する分野の内、化学安全（火災・爆発）、環境安全（化学物質管理や環境汚染問題）、材料安全（破壊・腐食）の3分野に関する基礎を教育する場はありますか。【1つだけ○】

1. 3分野について全てある 2. 業務に深く関係する分野についてはある

3. その他

具体的に

4. ない → Q11へ

↓ Q9で「1. 3分野について全てある」「2. 業務に深く関係する分野についてはある」と回答された方にお聞きます

Q10. 上記の3分野に関する基礎教育の内容をお聞かせください。【文字回答】

Q9で「4. ない」と回答された方にお聞きます

Q11. 上記の3分野に関する基礎教育を行っていない理由は何ですか。【いくつでも○】

1. 学生時代に身につけているべきもので、会社では教育の必要ない
2. 必要最低限の教育内容には含まれない 3. 必要性はあると考えるが、会社に余裕がない
4. その他

具体的に

Q12. 本調査研究事業では、労働安全衛生・安全管理・事故防止などにかかわる学問の一分野として化学安全、環境安全、材料安全を系統的に3～5日間程度で教育する教育カリキュラムの開発を目指しておりますが、そのような教育ニーズは貴社にありますでしょうか。【1つだけ○】

1. ある 2. 多少はある 3. ない

4. その他

具体的に

Q13. 安全に係る教育として上記の分野以外に理工系大学学部に於いて学んでおくべき内容などがありましたらお聞かせください。【文字回答】

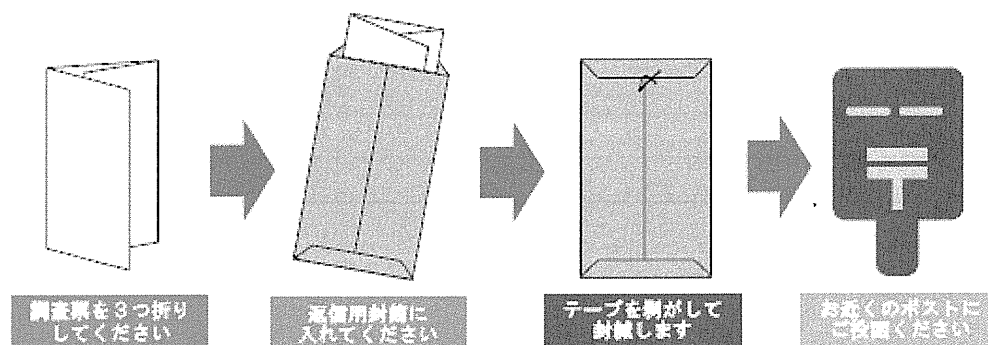
Q14. 大学が保有する教育資源において、技術系社員教育に現段階で役立つあるいは将来的に活用したいとお考えのものがありませんでしたらお聞かせください。【文字回答】

Q15. 現在までに大学等の高等教育機関との人材育成面での接点がありましたらお聞かせください。【文字回答】

Q16. 労働安全教育全般としてお困りのことや大学に求めるニーズ等がありましたらお聞かせください。（教育内容、制度等、どのようなことでも結構ですので、忌憚ないご意見をお聞かせください）【文字回答】

質問は以上で終了です。ご協力いただき誠にありがとうございました。

アンケートの「ご提出方法」について



第6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

6.1 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難い。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和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関する学習、感性教育(災害防止に関する実体験を通した実習)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ということである。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を社会(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、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、3.11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基盤に、ベネフ

イット(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と逆に底の浅い、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。

6.2 開発したカリキュラムの具体的構成

6.1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。

6.2.1 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ハインリッヒの法則を含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

6.2.2 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, 燵燃・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

6.2.3 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つてもらう。

- ・ 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)
- ・ 化学物質のリスク(E(Environment)H(Health)S(Safety))
- ・ 化学物質の人の健康や環境への悪影響に関するリスク
 $\text{リスク} = f(\text{有害性、曝露性})$
- ・ 有害性情報の種類
- ・ 摂取量と悪影響との関係(慢性毒性と発がん性、閾値の考え方)
- ・ 日本人の死因と癌の原因
- ・ 生態毒性の種類と評価方法
- ・ 化学物質リスクを考える際の考慮点
①リスク評価の条件と現実との違い
②ものづくりの視点と環境の視点、リスクとベネフィット
③リスクの偏在、リスクを被る人と利便性を受ける人
④リスクとリスク認知の違い

- ・ リスクマネジメントの基本
- ・ 演習 リスクの考え方が必要な理由について列挙してもらい、議論しながらとりまとめる。(次回の講義のはじめに、とりまとめたものを示して議論しても良い。)

第4回 講義内容例

第4回は、化学物質の環境中挙動と曝露について説明し、化学物質の多様な環境中挙動と多様な曝露経路について理解してもらう。

- ・ 環境中における化学物質の移動と分解プロセス
- ・ 化学物質の一般環境経路での曝露経路図
(排出源が大気、河川・湖沼水、土壌の場合)
- ・ 環境中での物質循環と、各媒体での分解と濃縮
- ・ 様々なPOPsと被害事例(ダイオキシン問題など)
- ・ POPs条約(残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約)
- ・ 化審法における指定化学物質の判定手順
- ・ 化審法における分解度試験～特徴と試験の意義・課題
- ・ 化審法における濃縮性試験～特徴と試験の意義・課題
- ・ 演習 過去の環境問題についてどのような環境中挙動・曝露経路により健康影響や社会問題が生じたか考えてもらう。
(水俣病、イタイイタイ病、PM2.5、ダイオキシン)

第5回 講義内容例

第5回は、大気汚染の種類とメカニズムについて説明し、大気汚染問題について理解を深めてもらう。

- ・ 大気とは？大気汚染とは？(大気の組成)
- ・ 大気汚染の被害事例と環境基準
- ・ 大気汚染防止法の概要
- ・ ばい煙の排出規制と基準
- ・ 粉じんの排出規制と基準
- ・ 有害大気汚染物質に対する規制と基準、管理対象物質
- ・ 自動車排ガスに対する規制と基準
- ・ 浮遊粒子状物質／微小粒子状物質の規制と基準
- ・ 微小粒子状物質 PM2.5 の発生源
- ・ 粒子粒径と呼吸器内沈着部位と健康影響
- ・ 様々な大気汚染の発生機構と影響
光化学スモッグ
酸性雨～酸性雨はpHがいくつ以下の雨のことか？
オゾン層破壊～紫外線の有害性、フロン有害性と難分解性
地球温暖化、CO₂ 以外の温暖化物質の特徴、難分解性
- ・ 大気汚染による影響の考え方(急性影響と慢性影響、作業環境と一般環境)
- ・ 人以外への被害(植物被害、食物生産量、建物や文化財など)
- ・ 大気汚染物質濃度の経年変化と新たな国際的なオキシダント被害(農作物の減収と食糧問題)
- ・ 演習 PM2.5 の問題について、リスクの観点も踏まえて対応を考えてもらう。

(社会問題となっている／なった
事例を取りあげる)

第6回 講義内容例

第6回は、水質汚濁の種類とメカニズムについて説明し、水質汚濁問題について理解を深めてもらう。

- 水とは？(体内の水分量)
- 水は十分にあるのか？
(地球上の水の量と水不足(安全な水が確保できない人口 1/6))
- 日本の水収支(降水量と使用量、1日に使用する水量の国際比較)
- バーチャルウォーターとは？
- 水質汚濁防止法と水質汚濁の定義
- 水質の環境基準と排出基準
- 環境中での物質循環と、各媒体での分解と濃縮
- 水質汚濁の発生源(点源と非点源(移動発生源と面源))
- 水の物質循環フロー
- 水質汚濁の事例と影響
- 演習 2012年の利根川水系の浄水場でのホルムアルデヒド検出事故について、原因物質が、ヘキサメチレンテトラミンであったことについて、原因や今後の対策についての意見を問う。皆で議論する。
(社会問題となっている／なった事例を取りあげる)

第7回 講義内容例

第7回は、土壤汚染の種類とメカニズムについて説明し、土壤汚染問題について理解を深めてもらう。

- 土壤とは？
- 土壤汚染の社会問題化の契機となった汚染
- 土壤環境基準と地下水環境基準
- 特定有害物質及び指定区域の指定基準(溶出基準、含有量基準)
- 質問 1mL のテトラクロロエチレンが地下水環境基準まで薄められるのに必要な水量はどのくらいか？
～わずか 1mL の PCE をこぼすことで、どれだけの水が汚染されるか考えてもらう。
- 汚染事例件数と対象物質(土壤、地下水、農用地)
- 国内に潜在する汚染サイト数の推計と調査対策費用
- わが国における化学物質汚染の浄化制度
- 土壤汚染対策法の概要と施行状況
- 土壤汚染の特徴(残留性、他の環境媒体の汚染源、発見が困難、特徴的な曝露経路)
- 演習 他の大気や水の汚染とは異なり、汚染原因が環境基準が制定される以前であっても、土地の所有者や汚染行為者が対策を求められます。土地の所有者や購入者、行政は、このような問題に対してどのように対応すべきか？意見を聞き、議論する。
(社会問題となっている／なった事例を取りあげる)