

- 理工系と言わず、一般常識でわかる程度の安全認識及びリスク認識が出来ていれば良いと思う。でもそれが分からない方が多い。
- 諸外国に比べ、安全衛生に対する意識が低いので、上記のような教育を始め、基礎的な教育の実施が必要と感じる。
- 安全設計に関わる知識
- 3 分野(化学安全、環境安全、材料安全)にすでに含まれているのかもしれませんが、人体への影響・症状といった安全に係る基礎もあると良いかと思います。
- 趣旨が違うかもしれないが、ネット社会の問題点として、情報管理も必要と思う。
- 製造物責任についての考え方。
- 化学安全に包括されていれば良いのですが、化学物質の人体に対する影響など、有害性が不明なまま使用されている現状があり、遵法性との兼ね合いも含め、実効性のあるリスクアセスメントの仕組みに係わる研究が必要と考えます。
- 機械・電気制御上の安全化
- リスクアセスメントの基本的な考え方、社会とのコミュニケーション
- 化学工学、反応工学、統計解析等
- 化学物質そのものの安全性に関する知識
- 基礎的なもの以外は画一的には求めない。
- 建設業における安全に係る教育といえば労働安全です。様々な施工方法は確かな技術に基づいている筈ですが、不安全行動も含めたヒューマンエラーによって、労働災害が毎年多く発生しています。「人はエラーをする」ことを前提とした人間工学によるヒューマンエラー対策が重要だと思います。
- 特にないが、基本的な事故を起こさない知識は持っていてほしい。
- 畑村先生の「失敗学」などは是非学んでいただければと思います。
- 労働安全衛生法の概要について
- 危険物や化学物質を取り扱う化学産業においては、リスクマネジメントが様々な場面で活用されています。理工系の大学生時代にリスクマネジメントとリスクアセスメント手法について、ある程度学んでおくことは、社会人になってから大変役立つと思います。
- 信頼性工学、FMEA
- (1)安全が担保されていない状態で想定されるリスク(社会・経済、組織・企業等)。(2)想定されるリスクの影響範囲とその規模(一般的に例示できるもの)。
- 入社後に取り扱う物質等の安全教育を実施するため、一般的な基礎教育が出来ていれば問題ないと思います。
- 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
- 電気系による火災・爆発の学習、ロボットや装置の取り扱いの安全・保全など
- 人間工学
- 座学での安全教育はとても難しいと思いますが、日常生活における危険への感性を磨く意思をもつことは大切だと思います。
- 設計段階の工学的安全対策(機械安全の国際規格)
- リスク管理、危機管理とは何か。及びその管理手法。
- 「特になし・わからない」…………… 19 社

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したらお聞かせください。

●回答数:63社(151社中)

【回答内容】

- MOTプログラム。先端科学技術の交流。
- (1)人間の反応速度や視界の広さの測定など、自分を過信しないようなデータがとれれば活用したい。(2)ワイヤーロープの変形等による破断荷重の変化や、グラインダーのと石などの強度変化から破壊に至るまでの仕組みなど、形あるものがどの様にこわれていくかを理解させるような資料。
- 専門の教育による講義及び研究成果。
- こに示されている3分野は技術系社員の基礎として教育していただきたい。また、電気的安全基礎知識も。
- 現場工程プロセスの実体験、訓練、トレーニー(制)などの実践教育システム化。
- 熱供給事業では、材料力学、流体力学、伝熱工学、電気・機械・電子工学、計装工学、IT工学等の教育資源の中に現段階でも役立つものがあります。中長期的には、ITや省エネなど多岐にわたる最先端技術を組み合わせたシステムとしての社会インフラ(スマートコミュニティ)の構築などが求められると思われることから、これらに対応した教育資源を活用したい。
- MOTTOは役に立つと思うが、メーカーの場合現場社員の苦勞を知ることも必要かと思えます。
- 一ヶ月程度、教育実習期間を設けた体験教育を実施してはいかがでしょうか。
- 学生の基礎学力強化。

- 技術者の専門教育を行っている部門におります。今後は会社のニーズに伴う教育資源を活用させて頂くことになると思います。
- 現在、安全教育や業務に必要な基礎知識の教育は他社で十分に実施された従業員が当社に配属される形態となっており、大学が保有する教育資源の活用に関しては具体的な考えはありません。
- 取り扱い物質の危険性に関する資料。
- 環境に配慮した施工方法又は知識
- 保有されている資源の中味が判りませんので何とも言えませんが、基本となる設備・機械の本質安全化で事前のリスク評価、稼動してからのリスク評価が中々上手くいきませんので、そのような分野での資料があれば良いと思います。具体的には、災害が発生した場合にその発生事案のリスク評価がなされていない。というのが現実的に多いことです。
- (1)プラントの事故時の影響度評価の評価手法の標準的なガイドライン化・有害ガス漏洩・爆発被害・爆発防護策 (2)火災・爆発予防技術・静電気安全対策
- 基礎教育科目への安全工学の導入を検討いただきたい。専攻によっては、安全工学を全く意識していない社員を減らしていきたいと考えています。
- インターンシップなどを通しての相互で得る学び(学生側の企業理解、特に食品メーカーで活かされる機械工学の知識等)(外部を入れることによる新たな視点での気づき)
- 人間工学に基づいたヒューマンエラー対策
- 技術系社員だけに拘らないが、人としての基本的なコミュニケーションスキル。学生同士以外とのコミュニケーションが出来るように自らが能動的に動けること。

- 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。(体験シミュ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はあります。(2)複数の大学から就活に於けるアンケートで今後、どの様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くと、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で常識である為、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必要と言われてはいますが、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まりありませんが。
- 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、仕事をすすん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ういことと思います。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。
- 特にならない。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、パートタイム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」させる機会が多ければ安

全レベルの底上げにつながると思う)

- 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

3.3 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件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ものとしており、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3.2 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3.3 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つ折りにして封緘の上、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

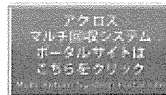


アクロスアンケート

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つだけ〇〕

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つだけ〇〕

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つだけ〇〕

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

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していますか。〔主な教育について1つだけ〇〕

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的技術教育の内容をお聞かせください。〔文字回答〕

Q7で「1. ある」と回答された方にお聞きします

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つだけ〇〕

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

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します

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します

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。〔いくつでも〇〕

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

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つだけ〇〕

1. ある 2. 多少はある 3. ない

4. その他

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お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〕

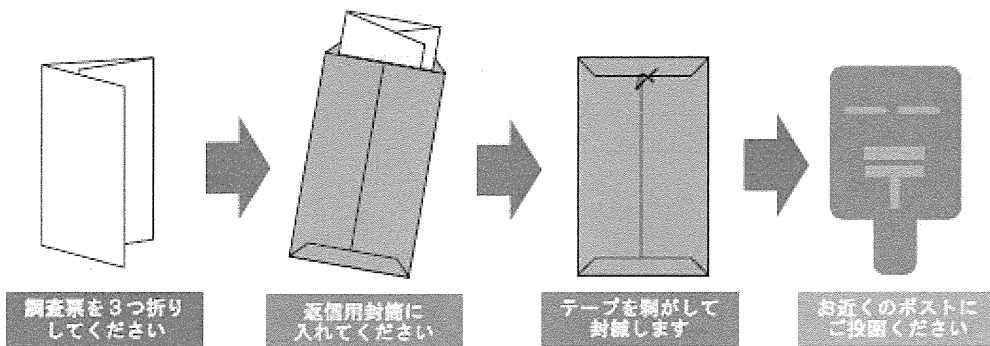
Q14. 大学が保有する教育資源において、技術系社員教育に现阶段で役立つあるいは将来的に活用したいとお考えのものがありましたらお聞かせください。【文字回答】

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

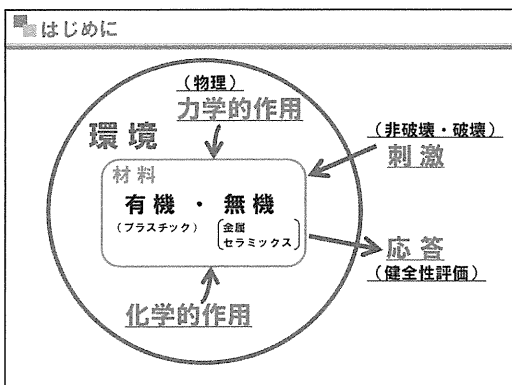


第4章 材料安全工学における教育コンテンツの一例

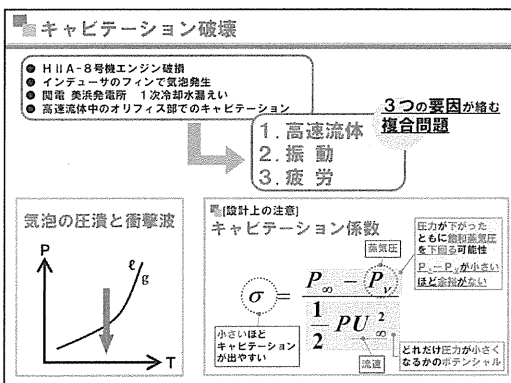
前年度に開発を行った教育プログラムに従って、材料安全工学に関する教育コンテンツを整備することができたので、その一部分を以下に示す。内容としては、まず材料の劣化をどのようにマネジメントするかという寿命の考え方を総括する。次に、材料ごとの物理的・化学的な劣化損傷モードの分類と基礎的事項をまとめた。

さらに、これらを防止するための技術(防食技術など)と検出するための技術(非破壊検査技術)などの劣化対策技術を示し、材料安全工学の基盤力を養成することを目的とした。

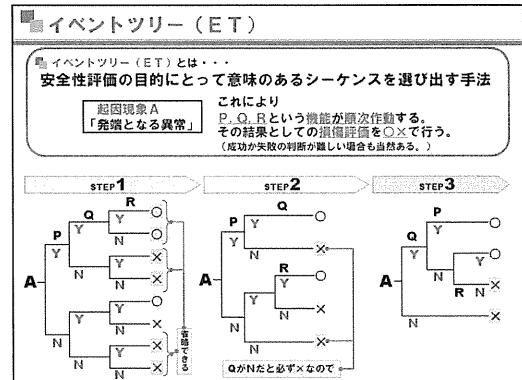
1



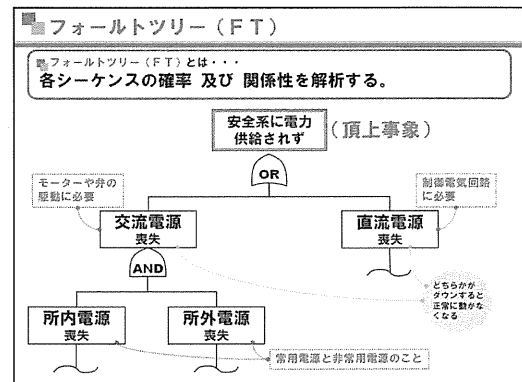
2



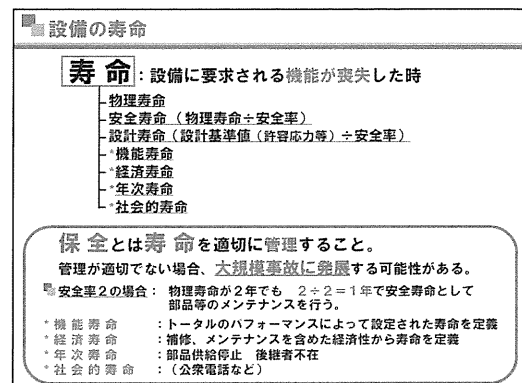
3



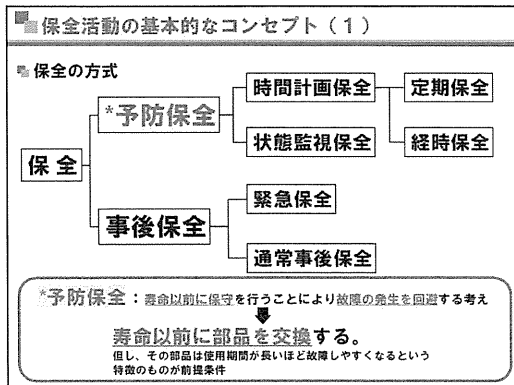
4



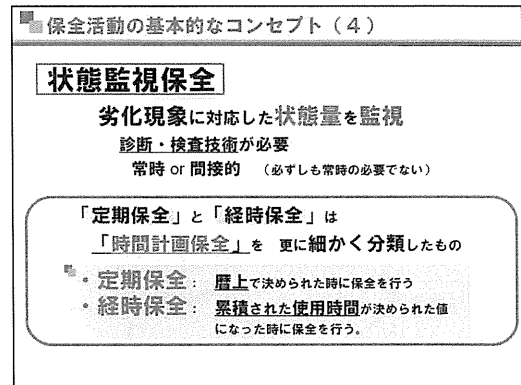
5



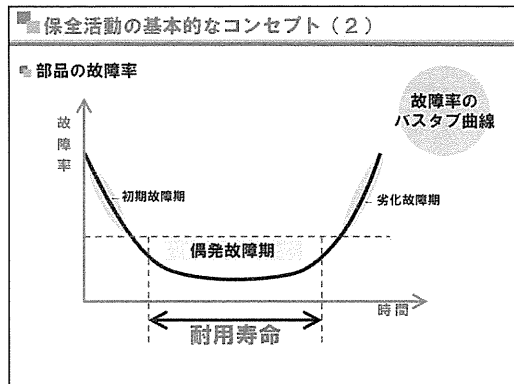
6



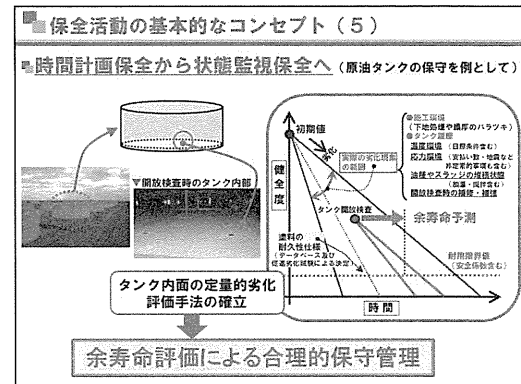
9



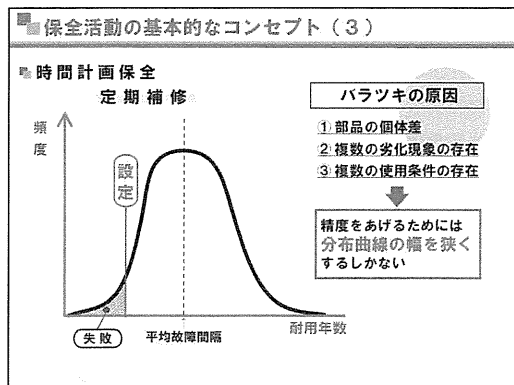
7



10



8



11

■ 劣化現象の傾向と検出技術との関係

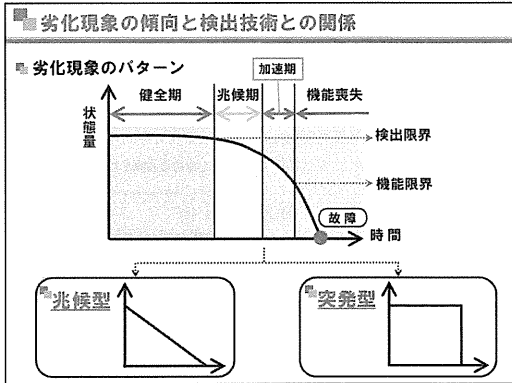
● 材料の劣化現象が起因した大事故

1940	タコマ橋の崩壊
1943	リハティ船の脆性破壊
1954	ジェット旅客機コメットの空中分解
1969	英国の原子力発電所低圧蒸気タービンのバースト
1972	関西電力海陽発電所3号機破損事故
1974	フリックスフローの化学プラント爆発
1980	水素脆化試験中の脆性破壊
1984	インドネシアの化学工場の毒ガス漏洩
1985	日航ジャンボ機墜落事故
1991	関西電力美浜発電所2号機蒸気発生器蒸気発生器破断
1992	エルアル機のヒューズピン破断による墜落
1995	阪神大震災における鋼構造物の破壊事故
1995	高速増殖炉もんじゅのNa漏出事故
1999	H-IIロケット8号機の打ち上げ失敗
1999	JR西日本新幹線トンネルにおける
2004	関西電力美浜発電所3号機の配管破断で蒸気漏出

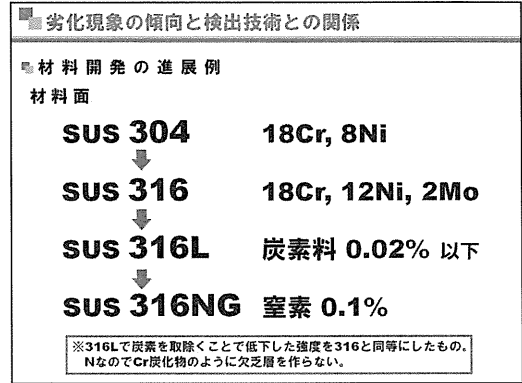
- ◆ 人命損失 (破壊・爆発事故)
- ◆ 環境破壊 (漏洩事故)
- ◆ インフラ・装置設備・輸送機器の損傷による経済損失

失敗記録データベース (科学技術振興機構) http://shop.kist.go.jp/Rd_Search

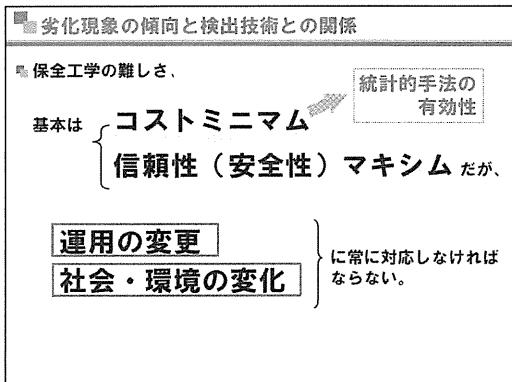
12



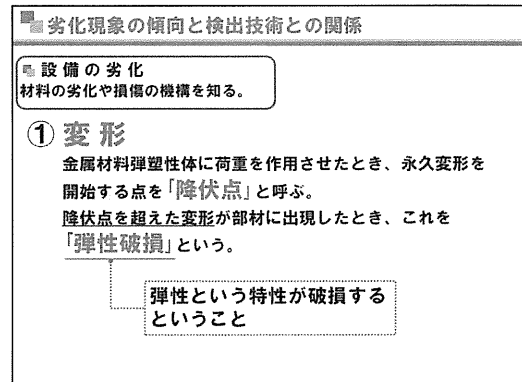
15



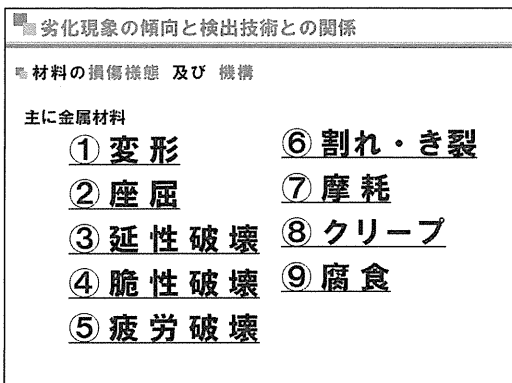
13



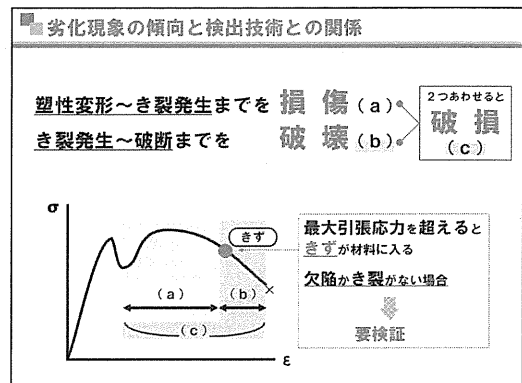
16



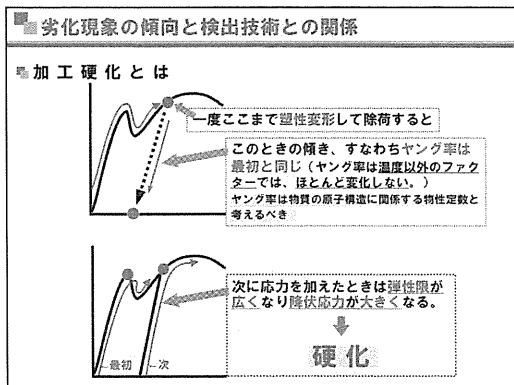
14



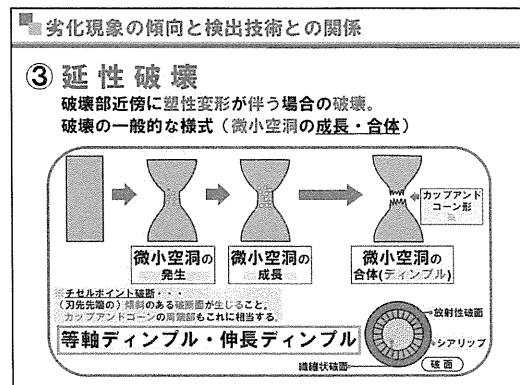
17



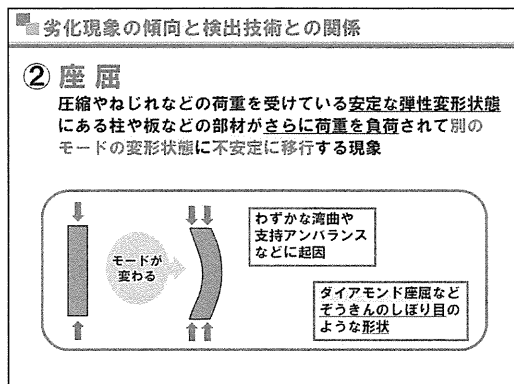
18



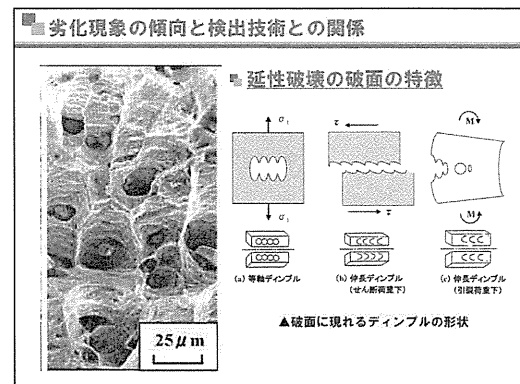
21



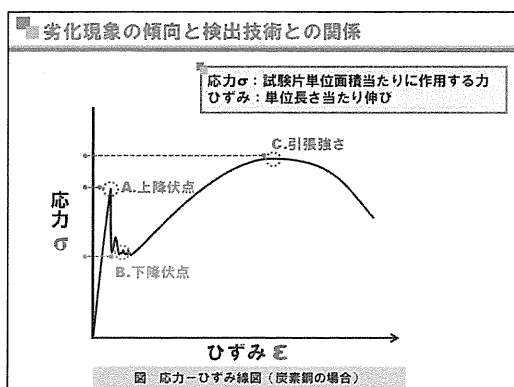
19



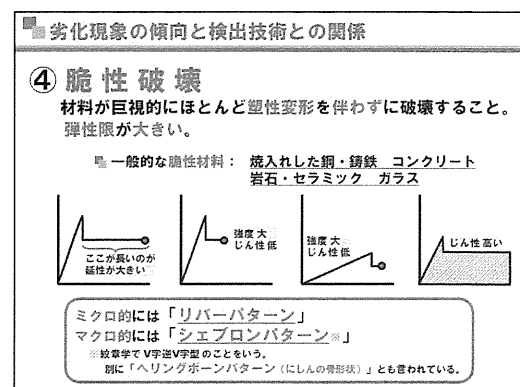
22



20



23



24

劣化現象の傾向と検出技術との関係

脆性破壊の破面の特徴

▲リバーパターン

27

劣化現象の傾向と検出技術との関係

脆性評価

シャルピー衝撃試験機

25

劣化現象の傾向と検出技術との関係

破壊解析図(例)

ACは塑性域で破壊する場合
B: 弾性→破壊遷移点
C: 破壊応力が引張強さに等しくなる点

脆性破壊条件
 $K_I \geq K_{IC}$
▷ K_{IC} : 平面ひずみ破壊靱性

高強度材では、き裂などの欠陥寸法が大きくなると破壊強度が急激に減少し、ある寸法以上では低強度材の値より低くなる逆転現象が現れる。

28

劣化現象の傾向と検出技術との関係

シャルピー衝撃試験から分かること

図. 軟鋼の引張試験と衝撃試験における延性破壊から脆性破壊への遷移

26

劣化現象の傾向と検出技術との関係

脆性破壊と延性破壊の違い

脆性破壊 ←→ 延性破壊

29

劣化現象の傾向と検出技術との関係

⑤ 疲労破壊

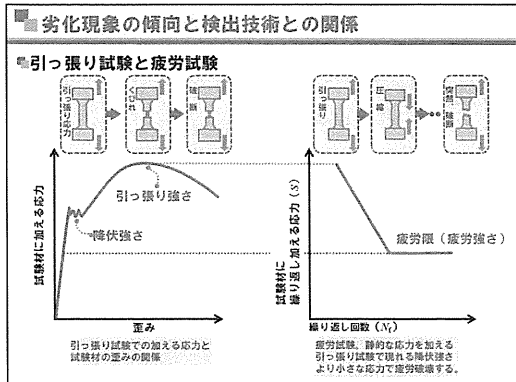
実用構造物は次のような応力の繰返しを受ける。

- ① 運転中の負荷変動
- ② 温度変動
- ③ 内部流体や駆動装置の回転・振動
- ④ 装置の起動・停止の繰返し
- ⑤ 風・地震などの外力の変化

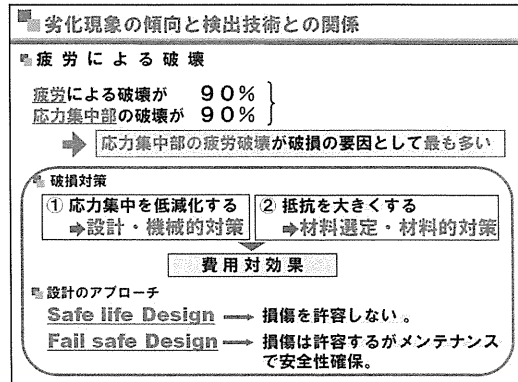
変動する応力の振幅が材料の静的な引張強さや降伏点以下であっても損傷や破壊が生じる。この現象を疲労という。

ピーチマーク(負傷模様)
ピーチマークはマクロ的なもので、変動荷重を断続的に受ける場合に目で見る程度として現れる。変動荷重を一定に受ける場合はピーチマークは現れず、ミクロに見ればストライエーションが必ずみられる。ストライエーションの1波が1負荷サイクルに相当する。ストライエーションの数を調べれば破壊に至ったサイクル数を推測できる。

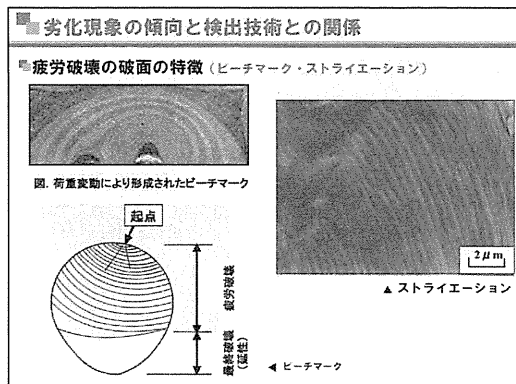
30



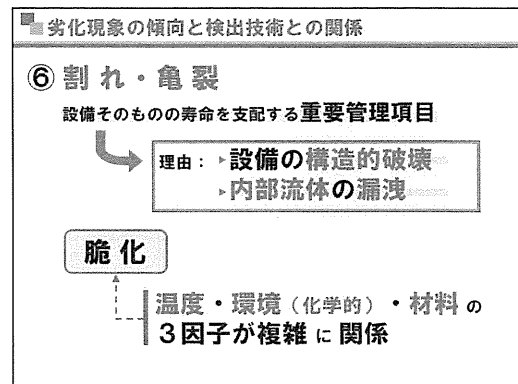
33



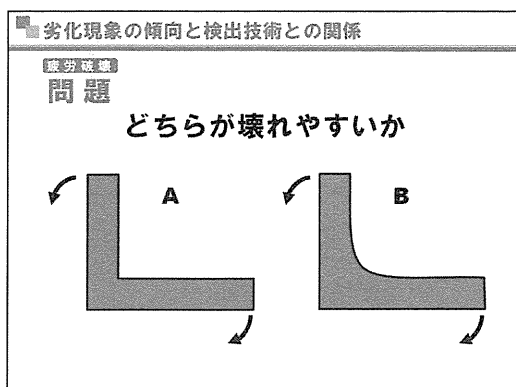
31



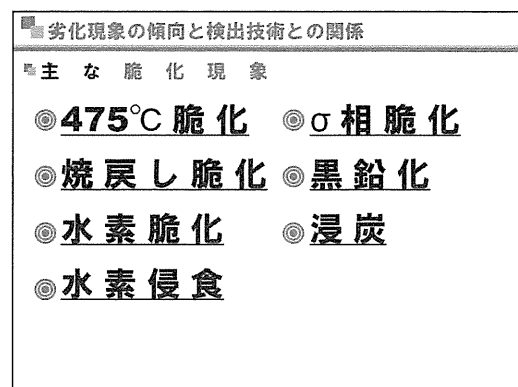
34



32



35



36

劣化現象の傾向と検出技術との関係

主な脆化現象

475°C脆化

(375~540°C) にさらされた高Crステンレス鋼にみえる現象。鋼中のクロム炭化物のスピノーダル分解(※1)と呼ばれる炭化物の形態変化がおり低温で硬くなり伸びが減少する。溶接時の熱をおさえる急速冷却、高温処理による再回火。

スピノーダル分解(※1) → 全体に細かく分散した相分離が生じる。 → 高クロムの硬い層が見れる。

(※1) スピノーダル分解: 析出によって連続に溶浸が生じる現象。熱的平衡相組成に起因する。(=相分離) 金属、セラミックス、ガラス等で起こる様々なもの。

焼戻し脆化

低合金鋼が焼戻し温度近傍の温度(325~575°C)に加熱された際に鋼中の不純物(P, S, Pb, Sn, As)等が鋼材中を拡散して結晶粒界に偏析。鋼材の機械的性質を低下させる現象。マンガンは主要元素であり、タイタニウムは酸化マンガン、良い効果はない。

焼戻しは、悪いマルテンサイト組織の状態からじん性を与えるために行われる。

39

劣化現象の傾向と検出技術との関係

主な脆化現象

水素脆化

鋼中に侵入した水素が鋼材の機械的性質を低下させる現象。鋼中で水素化物(塩)を形成したり、空孔・介在物周囲で分子状水素を再生成する。炭化物を安定化させ、Fe₃Cの分解を抑制するためCrやMoは効果的とされている。

水素侵食(水素アタック)

ネルソソン線 $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$

σ(シグマ)相脆化

Crを15%以上含む鋼材において、540~815°Cの温度範囲加熱されると硬くて脆いσ相と呼ばれる相の析出が起こる。オーステナイト系ステンレス鋼の溶接部におけるフェライトの母材溶接後熱処理における析出または使用時の高温における析出が起因となる。

37

劣化現象の傾向と検出技術との関係

475°C脆化

図1 鉄造二相ステンレス鋼SCS14Aのスピノーダル分解によって生じた二相分離の状態を示す電子顕微鏡組織(725K×1M倍率)

© (株)日本非鉄協会 2004

475°C脆化による脆化度曲線

http://www.fivesci.co.jp/delphi/delphi.jsp?no=0050020510

1) 西本 洋田, 山根, 崎野, 溶接学会論文集 55, pp.322-323, (1996)

2) 中尾, 宮本ほか, 化学繊維研究会資料, CP-81-24, (1981)

40

劣化現象の傾向と検出技術との関係

水素脆化

▲写真1: 水素吸収していないチタンの金属組織 ▲写真2: 水素を吸収したチタンの金属組織写真(黒い線状部分がチタンの水素化物)

水素浸透防止剤
水素アブソーバ
スレット層
ステップ部
外被り皮
水素浸透防止剤

38

劣化現象の傾向と検出技術との関係

焼戻し脆化

試験温度

焼戻し脆化による遷移温度の上昇概念図

41

劣化現象の傾向と検出技術との関係

水素損傷 or 水素侵食 (Hydrogen Attack)

◎ 金属中に H が侵入し CH₄ を形成、ふくれ、粒界割れ等を起こす。

◎ Cの多い鋼中で発生、脱炭も伴う。

$Fe_3C + 2H_2 \rightarrow 3Fe + CH_4$