


■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

***** : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

 : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。無償で、非営利かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 Today OCW 工学倫理
Copyright 2013, 中村昌允

The University of Tokyo / Today OCW Lectures on Engineering Ethics
Copyright 2013, Masayoshi Nakamura

化学・生命研究倫理

研究者(技術者)倫理①

非常勤講師

中村 昌允

本日申し上げたいこと

1. 技術者の使命

新規技術を開発し、社会に貢献すると共に、
科学技術がもたらす危害を防ぐ責任がある。

① 開発技術は、実用化されて初めて評価の対象

ex. 小型化洗剤

② 新規技術には、未知のリスクが潜んでいる。

ex. 蒸留塔爆発事故

2. 現場の実態を最もよく知り、

的確に判断できるのは技術者である。

⇒ 社会は、技術者が、それぞれの専門分野で
最善を尽くすことを前提に、
相互に依存しあうことによって成り立っている。

科学技術者は何を問われているか？



Image by Digital Globe from Wikimedia Commons
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fukushima_I_by_Digital_Globe.jpg?uselang=ja
CC BY-SA 3.0

科学技術とは何か？

科学技術は、多くの失敗の上に築かれた。

人は間違える存在である

「人は間違える。そしてそこから学び、前進する」。これをまず共通の認識としなくてはならない。これこそが教育なのであり、人材育成の基本である。昔からいわれていたように、「失敗は成功の母」である。これらの失敗を重ねて、科学は先人の説やデータを検証し、それらを時には覆しながら進んできたのである。どの社会や職業においても、失敗をしない人はいない。そこから学び、人は育つ。いや、失敗は人を育てるのである。学ばない人は失敗を繰り返し、人を育てない組織は腐る。

科学倫理検討委員会『科学を志す人びとへー不正を起こさないために』
化学同人,2007年, p.3より引用。

1. 私と技術者倫理との関わり

事例	内容	教訓
1. 開発技術の爆発事故	新規界面活性剤技術を工業化したプラントで、生産開始3ヶ月後に爆発事故が起きた。	<ul style="list-style-type: none">・新規技術開発には、リスクが潜んでいる。・技術者は、リスクの最小化が使命
2. 開発技術の事業化提案の失敗	小型化洗剤の事業化提案は、社内合意が得られなかった。	<ul style="list-style-type: none">・研究開発者の仕事は、それが社会に貢献して初めて完了する。・如何にして、開発技術を実現するか？

事例1. メタノール蒸留塔爆発事故

＜ポイント＞

1. この事故は、新規に開発したプラントで起きた。
2. 10年間のパイロット検討で事故がなく、大丈夫と判断したが、稼働3カ月後に爆発した。
3. 事故を未然に防ぐための取り組みが必要になる。

結局は、「危ない」という危機意識の欠如が事故を招いたことになる。

爆発事故後の写真

死者 2名
重軽傷者 13名
爆発中央部圧力
160kgf/cm²



* 写真: ライオン株式会社提供

(1) 事故の概要

1. この技術は、約10年のパイロット研究を経て工業化したのが、生産開始3ヵ月後に、爆発事故が発生した。
2. 事故の原因： ①、②、③が重なって起きた。
 - ① 爆発物質が存在した。（有機過酸化物質：MHPの副生）
 - ② 発災当日、pH計が故障した。（MHPが分解せず）
 - ③ 蒸留塔の運転停止条件が不適切。（MHPの濃縮）
3. 新規技術開発
 - ① 工業化に潜むリスクとその防止策
 - ② 技術者の責任

(2) 脱色技術の発見

1. MES脱色前 : 真っ黒に着色
2. MESに、「メタノール」と「過酸化水素」を同時に添加することにより、脱色できる事を発見
→ 他社に先駆けて工業化



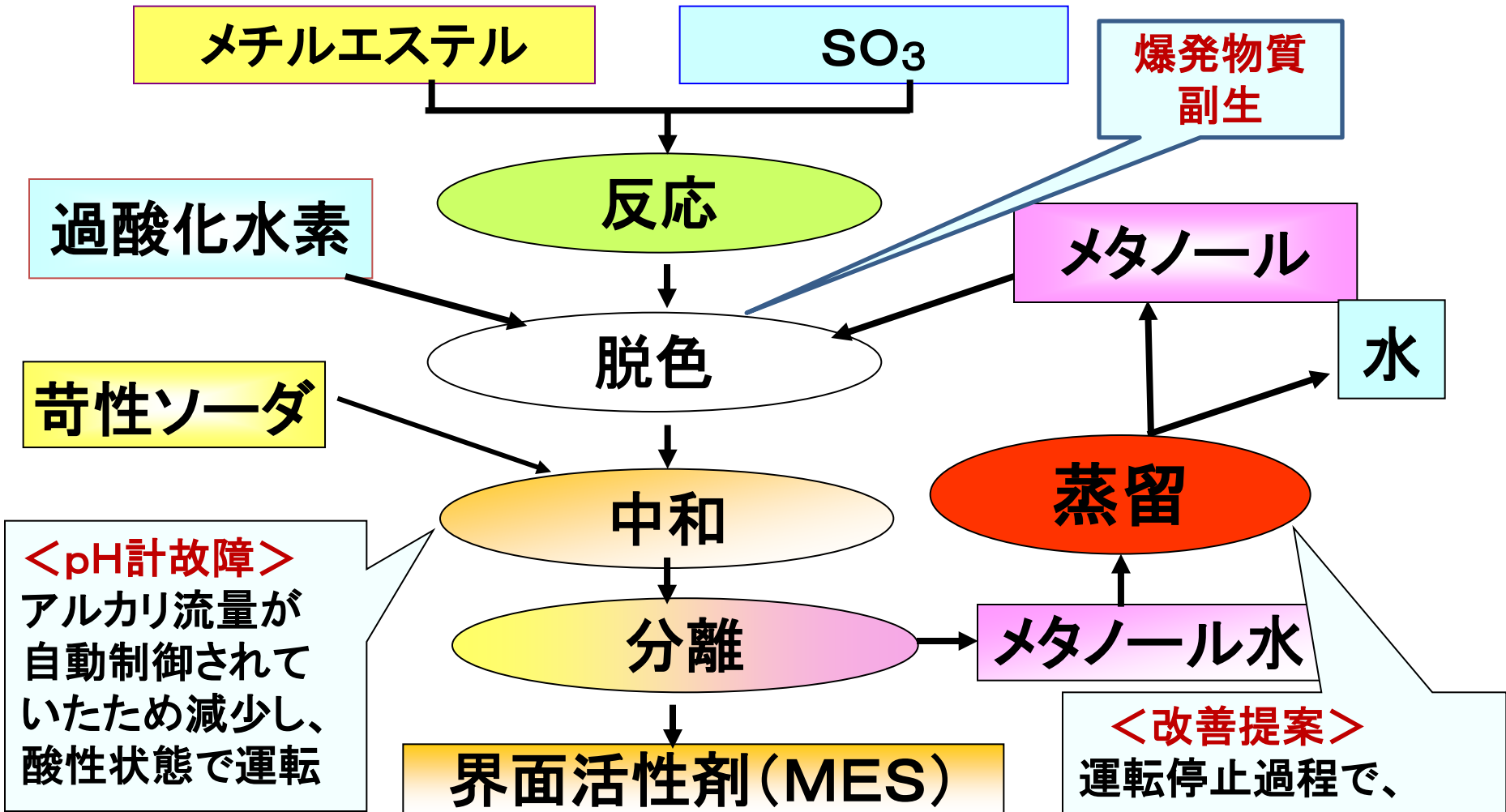
エステル 脱色前 脱色後 MES

*

写真:ライオン株式会社提供

(3)MESの製造プロセス

吉田忠雄, 中村昌允, 長谷川和俊:安全工学 35, 370~378(1996)



<pH計故障>
アルカリ流量が自動制御されていたため減少し、酸性状態で運転

<改善提案>
運転停止過程で、採用した操作によって局部的に高濃度化¹¹

(4)原因調査結果

1. 爆発物質の副生:

- ・有機過酸化物: Methyl Hydroperoxide (MHP)
- ・MHPは脱色工程で副生

2. 中和工程で、pH計が故障

- ・pH値に連動して自動制御されていたアルカリ流量が低下
 - ⇒ 酸性状態で運転
 - ⇒ MHPは分解されないまま蒸留塔に供給
(事故当日 蒸留塔への供給液中に0.1%含有)

3. 蒸留塔の運転停止操作

MHPは局部的に40%以上の高濃度に濃縮・爆発

MHP沸点: 86~89℃

水(100℃)とメタノール(64℃)の中間温度

(5) どんなリスクがあったか？

リスク	内容
1. 爆発物質の存在が 分からないまま工業化	<ul style="list-style-type: none">・工業化検討では見つけられなかった。・事故発生後の2ヶ月後、 過酸化物質専門メーカーの協力により発見 ⇒ 「大丈夫」と思った判断に甘さ
2. PH計の故障	<p>計器故障に対する備えがなかった。 ⇒ 「リスクアセスメント」の不備</p>
3. 蒸留塔の 運転停止操作	<p>運転停止方法が不適切。 ⇒ 「改善提案」採用手続き(変更管理)</p>
4. 生産不具合に 対する判断	<p>不具合があっても、 生産目標達成のため運転を継続。 ⇒ 「トップへの報告」</p>

爆発物質は 発見できなかったか？

「危ない」とは思っていなかった。

1. 一人ひとりの「リスク」感性
2. 類似事故事例の徹底調査

事故の96%は、これまでどこかで起きている。
全くの未知は、4%しかない。

中尾政之「歴史に学ぶ失敗学」素形材、48巻、8号 p34-38、(2007)

メタノール水のNMRチャート

図-6 回収メタノール（コンテナ）の ^1H -NMRスペクトル

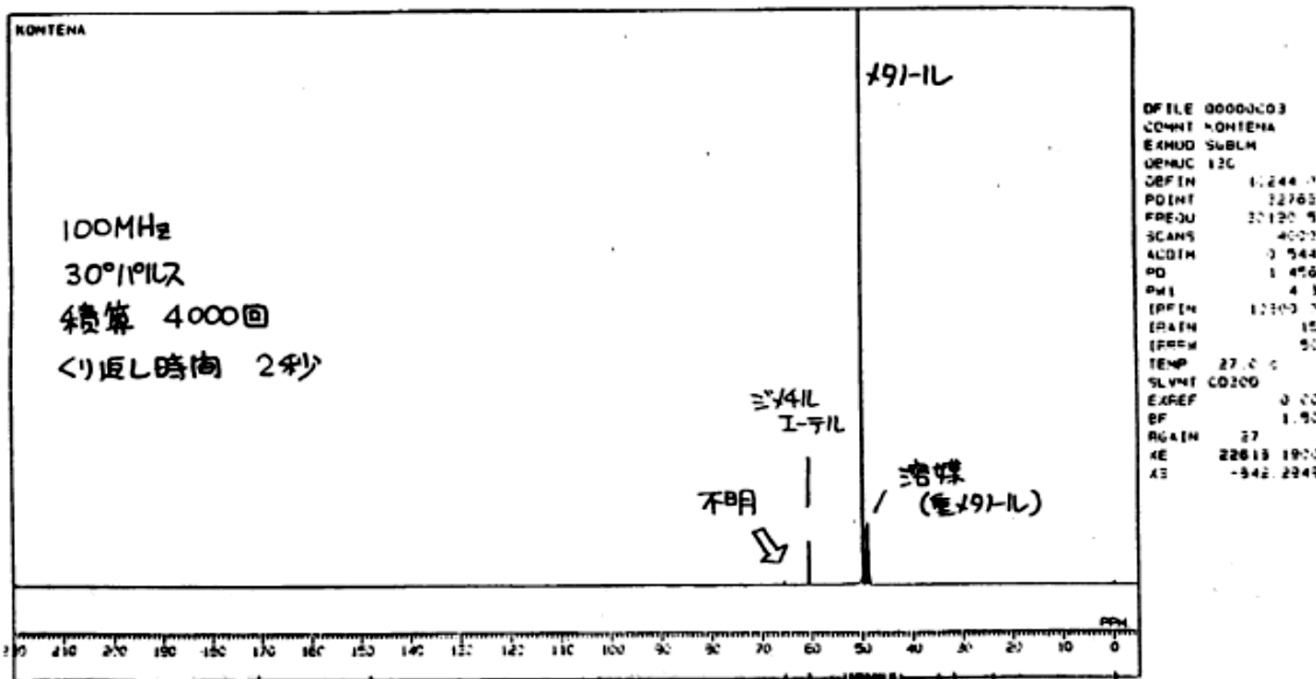


図-7 回収メタノール（コンテナ）の ^{13}C -NMRスペクトル

不明のピークが、
MHPのピーク

爆発2ヶ月後発見

* ライオン株式会社「千葉工場メタノール蒸留塔爆発事故報告書」(平成4年3月16日)、資28

3ヶ月動いたプラントが 何故、爆発したか？

発災当日に起きたこと：pH計の故障

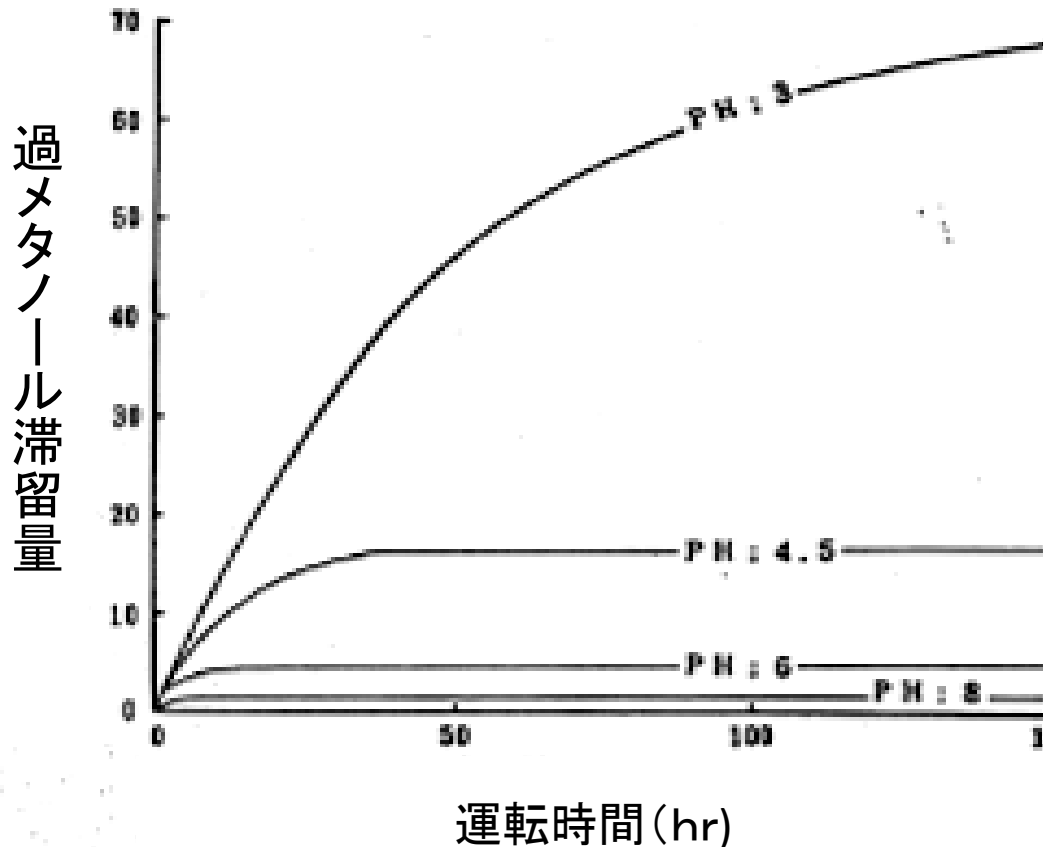
→ 設備や装置の故障に対する備えがなかった。
(リスクアセスメントの不備)

設備・計器の故障が発端となった事故は多い。

事例	発端
「集団食中毒事件」	氷柱の落下による停電
「重合装置爆発」	停電による冷却・攪拌ストップ

安全対策の基本：『人は過ちを犯す。機械は壊れる』

MHPの蒸留塔内滞留量



MHPは、
酸性では分解しない。

⇒事故当日、
pH計が故障したため、
プラントは酸性状態で
運転された。

⇒MHPは分解されずに
蒸留塔に供給された。

改善提案の採用

「蒸留塔の運転停止」

現場から提案された操作を実施中に事故発生

1. 現場の改善提案は必要

前提: 現場が、その是非を判断できる力を有している。

→ 現場は嘗てはその力があつたが、今はどうか？

2. 改善提案は、条件の変更である。

変更を管理するシステムが必要。

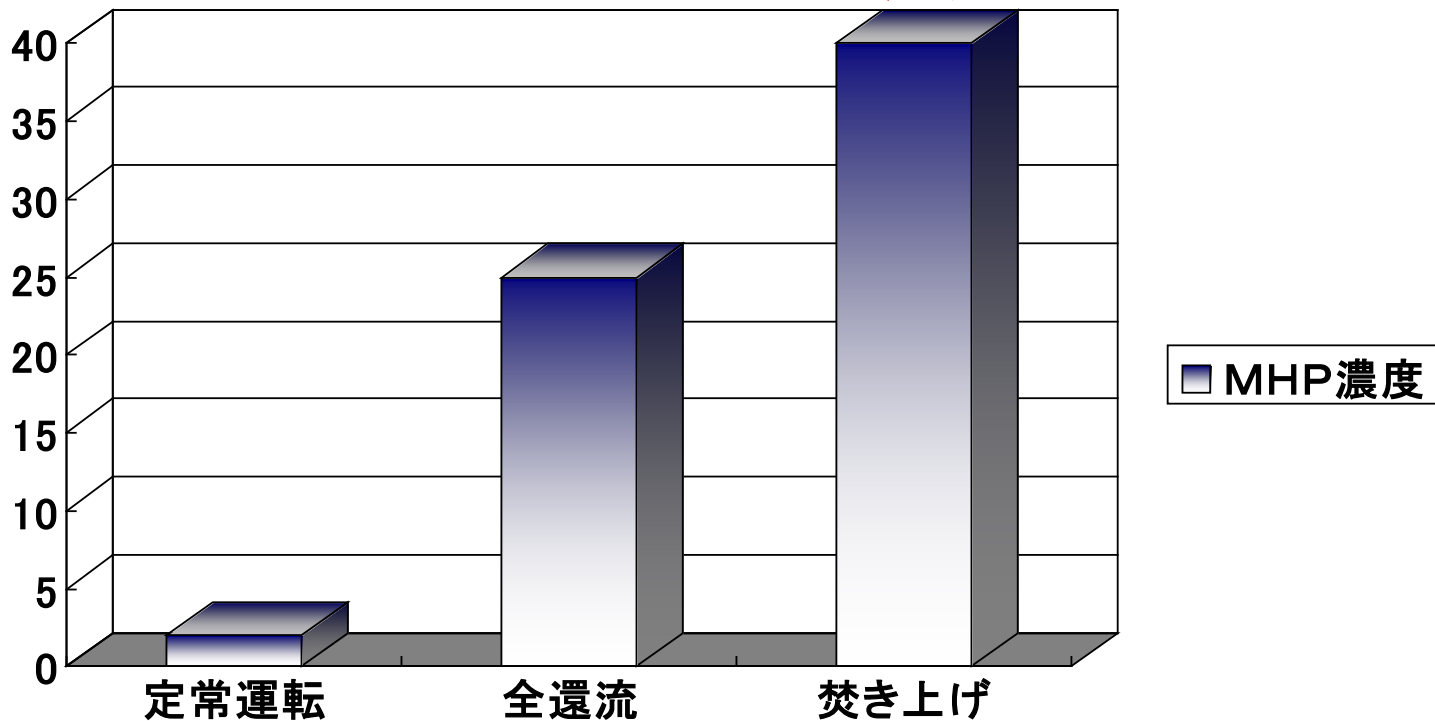
事故の3分の2は、変更に絡んでいる。

事故	内容
1. JCO臨界事故	作業者が提案した作業方法を実施中に、臨界発生。
2. 集団食中毒事件	品質基準を超える脱脂粉乳を出荷 (品質基準緩和)

MHPの蒸留塔濃縮

1. 定常運転中は、pH計が故障し、MHPが供給されていても、ピーク濃度が低いため、定常運転中は、爆発は起きなかった。
2. 蒸留塔の運転停止操作の過程で、MHPは、局部的に高濃度に濃縮され、爆発した。

ピーク段におけるMHP濃度



私の反省

新しく開発した技術のリスクを見落とし、
社会に危害を与えてしまった。

1. 爆発物質を見つけられなかった。

- ・過酸化物の取り扱いは、最大限の注意を払わねばならない。
⇒ 認識が甘かった。
徹底した事前調査が必要。

事前調査

2. 危険物質の存在を知らずに生産

- ・それでも、3ヶ月間は事故がなかった。
⇒ 計器故障に対する備え
⇒ 運転条件変更に対する仕組み
現場提案をチェックせず

リスクアセスメント

変更管理

3. 未確立な技術の生産しながらの確立

- ⇒ 受け入れ側の責任者ならどうするか？

報・連・相

爆発事故を振り返って

1. 結局は、「危ない」と思うかどうかである。

- ・パイロットで、10年間事故がなかった。
- ・大丈夫と思って工業化したが、未知な危険が潜んでいた。
- ・事故が起きたのは、主要プロセスではなく周辺機器

2. 事故後、多くの方に助けていただいた。

- (1)どんな企業も事故を経験し、それを克服して今日がある。
- (2)事故を起こした会社の社会的責任は、
事故原因を公表し、同じような事故が
再び起きないように努めることである。

二つの事例を振り返って

	リスク管理	技術者倫理
1. 蒸留塔爆発事故	<p>1. 新規技術開発に潜んでいるリスクに対して、適切な備えがなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工業化段階での事前調査 ・リスクアセスメント ・変更管理 <p>2. 新しい技術を採用する社内のCHECKシステムが必要</p>	<p>1. 新規開発技術がもたらす危害を防止できなかった。</p> <p>〈反省〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術者としての未熟 ⇒ 専門応力のたゆまぬ研鑽 ・安全確保への思いが、不足していた。 ⇒ 健康・安全に関することは技術者の専管事項
2. 小型化洗剤事業化	<p>1. 新規事業の不確かさに対する意思決定の難しさ</p> <p>2. 技術者は、開発技術を実用したい思いを語るが、経営者は、経営全般のトータル判断のもとに、事業化の可否を判断する。</p>	<p>1. 技術者は、開発技術を事業化し、社会に貢献して、初めて完了。</p> <p>2. 技術者は、技術開発成果を、経営の意思決定に反映できるように、説明する責任がある。</p>

2. 技術者倫理とは何か？

- (1) 技術者としての責任
- (2) 説明責任
- (3) 相互依存の関係
- (4) 技術者と公衆
- (5) 技術者倫理の前提
- (6) 日本学術会議「科学者の行動規範について」

(1) 技術者としての責任

1. 実際の局面で判断しているのは、そこにいる技術者

「技術者は、科学技術のもたらす危害を防げる
最も大きな可能性を有しており、防止する責任がある」

2. 専門家としての責任

- ① 専門的知識に則って、個々の問題に判断を下す。
- ② 判断は、科学的知識に基づいてなされる。
⇒ 「技術者は技術に忠実に判断する」

3. 説明責任 (accountability)

「決定に携わった人間は、結果にも責任を負う」

- ① 決定過程を詳細に公表
- ② リスクを考慮して、実行するかどうかを判断する。

(2) 説明責任

1. 技術者は、公衆の信頼を受けて仕事をする。
公衆に対して、専門職としての責任を負っている。
2. 科学技術との関係で、
 - (1) 公衆は、事象の是非を良く知らされた上で判断(同意)するために、「知る権利」がある。
 - (2) 技術者は、公衆が納得できるように、「説明責任」(accountability)を果たす必要があり、「情報開示」(disclosure)が求められる。

「説明責任」の基盤にあるもの:

- ・説明責任は、説明するものとされるものとの間の信頼感に支えられている。
- ・信頼は、技術者が正直・誠実に行動することから生まれる。

(3)「相互依存」の関係

1. 現代社会は高度技術社会

技術への依存度は増すことがあっても、減少することはない。
高度に分化している科学技術の是非(価値判断を含む)は、
専門職能者(プロフェッショナル)にしか判断できない。

2. しかし、一つの分野の専門家も、他の分野では公衆である。

「社会は、それぞれの分野のプロに頼る分業体制」

3. 社会は、科学技術やプロフェッショナルに依存しており、 相互に、他者を頼らざるを得ない。 ⇒ 相互依存関係

- ・公衆は、各分野のプロを信頼するしかない。
- ・その前提は、技術者が、それぞれの分野で最善を尽くすことである。
- ・そのために、技術者は、信頼されることが必要である。

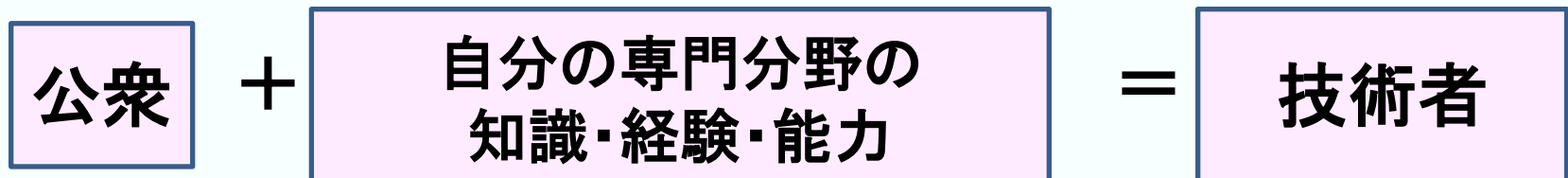
(4) 技術者と公衆

<技術者>

科学技術の専門職として、科学技術を利用する業務に従事し、そこで生じる危害を抑止することができる立場にある。

<公衆>

技術者が行う業務に、自由 (free)、または良く知らされた上での (informed) 同意を与える立場ではなく、その結果に影響される人々である。
技術者は、自分の専門分野では専門家 (専門職) であるが、その他の分野では公衆である。



日本技術士会プロジェクトチーム技術者倫理研究会編
「技術者倫理 法と倫理のガイドライン」p17 丸善株式会社(2009)

技術者倫理の前提

人間尊重のモラル

全ての人をモラル行為者として平等に扱う。

- ・全体としての功利の最大化
- ・人間の平等

自分がモラル的に称賛に値するように行動すれば
同じ状況に置かれた他の人も同様に行動する。

キリスト教 : あなたが人にしてもらいたいことを人にもしてやりなさい

ヒンズー教 : 人は他者からしてもらいたくないことを他者にしてはいけない

儒教 : 己所不欲 勿施於人

専門職の倫理の変遷

<NSPE(全米プロフェッショナル技術者協会)の綱領>

(The National Society of Professional Engineers)

**専門職の義務の遂行において、
公衆の安全、健康、福利を最優先**

初期の規定

技術者は、依頼人または使用者の利益を第一に考えるべき

1947年 ECPD規程（専門職開発に関する技術者協議会）

技術者は使用者 又は 依頼人への忠実な義務のみならず、
公衆に対しての義務も持っており、当然の注意を払う。

1974年 ECPD規程の改定

技術者はその専門職の義務の遂行において、
公衆の安全、健康、および福利を最優先にしなければならない。

声明

科学者の行動規範について

平成18年(2006年)10月3日 日本学術会議

要旨

1 作成の背景

- ・日本学術会議は、第18期、第19期の「学術と社会常置委員会」において科学者倫理に関わる検討を行い、科学者の不正行為の防止に継続的に取り組んできた。
- ・日本学術会議は、最近国内外で続発した科学者の不正行為には強い危機感を持ち、また再発防止の対策を関係諸機関に促す責任を有すると認識している。

一方、科学と科学研究は社会と共に、そして社会のためにある。したがって、科学の自由と科学者の主体的な判断に基づく研究活動は、社会からの信頼と負託を前提として、初めて社会的認知を得る。ここでいう「科学者」とは、所属する機関に関わらず、人文・社会科学から自然科学までを包含するすべての学術分野において、新たな知識を生み出す活動、あるいは科学的な知識の利活用に従事する研究者、専門職業者を意味する。

このような知的活動を担う科学者は、学問の自由の下に、自らの専門的な判断により真理を探究するという権利を享受するとともに、専門家として社会の負託に応える重大な責務を有する。特に、科学活動とその成果が広大で深遠な影響を人類に与える現代において、社会は科学者が常に倫理的な判断と行動を成すことを求めている。したがって、科学がその健全な発達・発展によって、より豊かな人間社会の実現に寄与するためには、科学者が社会に対する説明責任を果たし、科学と社会の健全な関係の構築と維持に自覚的に参画すると同時に、その行動を自ら厳正に律するための倫理規範を確立する必要がある。科学者の倫理は、社会が科学への理解を示し、対話を求めるための基本的枠組みでもある。

中村昌允

『技術者倫理とリスクマネジメント-事故
はどうして防げなかったのか?』

オーム社、2012

[http://ssl.ohmsha.co.jp/cgi-
bin/menu.cgi?ISBN=978-4-274-06872-0](http://ssl.ohmsha.co.jp/cgi-bin/menu.cgi?ISBN=978-4-274-06872-0)

中村昌允

『製造現場の事故を防ぐ安全工学の考
え方と実践』

オーム社、2013

[http://ssl.ohmsha.co.jp/cgi-
bin/menu.cgi?ISBN=978-4-274-06915-4](http://ssl.ohmsha.co.jp/cgi-bin/menu.cgi?ISBN=978-4-274-06915-4)