



<前回の続き>

JOC臨界事故

事例¹⁾

この臨界事故は JCO 東海事業所の転換試験棟において、1999 年 9 月 30 日に発生した。JCO は硝酸ウラニル溶液を、高速増殖炉「常陽」の燃料用に製造していた。製造を依頼したのは動力炉・核燃料開発事業団だった。作業員らは、溶液を大きな容器で混合すれば効率よく濃度を均一化することができると考え、沈殿槽というタンクを使って混合作業を実施した。本来は一度に 2.4 kg（液量は 6.5 リットル）しか取り扱ってはならないことになっていた濃縮ウラン溶液を、正式の手順では認められていない沈殿槽という容器に 16.6 kg も入れたことによって臨界（=核分裂が連続的に起こること）が発生し、約 20 時間にわたって核分裂反応が続いた。これによって、原子炉の中と同じようにウランの核分裂反応が続く臨界状態が発生した。この事故では、間近で被曝した JCO の従業員二人が死亡し、周辺住民 663 人が被曝した。この施設には、臨界を止める装置も中性子線が外に出ないように遮断する装置もなかったため、近隣の住民など多くの人々が放射線により被曝した。

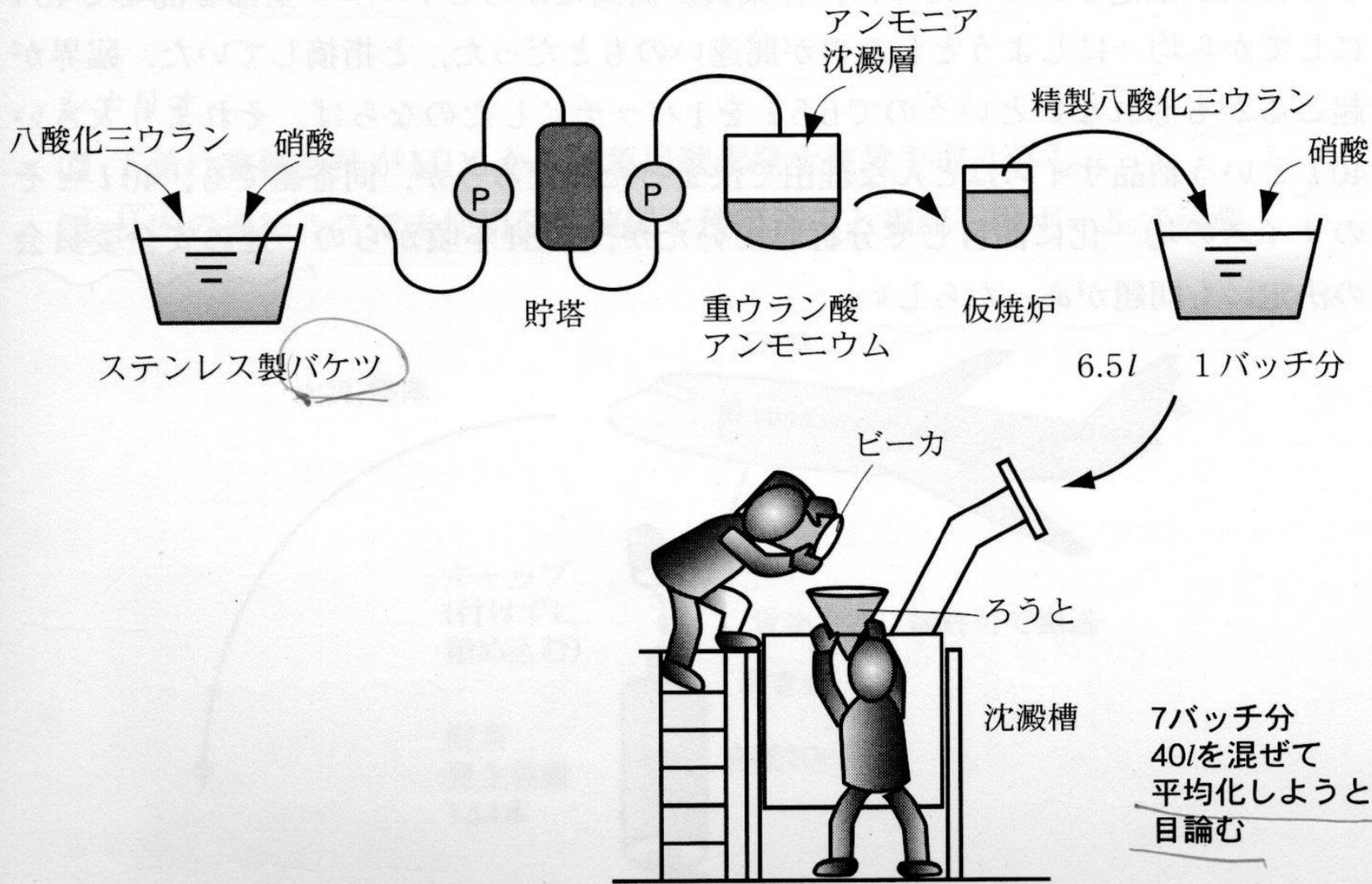


図 37.3 JCO の臨界事故

作業はスペシャルクルーとよばれる三人で行われたが、事故が起こった際、作業リーダーは別の部屋で作業をしており、亡くなった二人のうち、一人は沈殿槽のタンクの上で硝酸ウラニル溶液を注入し、もう一人は沈殿槽の前に立っていた。二人はこれが初めての業務であり、また臨界についての教育もなされていなかった。すなわち、専門的知識をもつ技術者が作業現場にはいなかったのである。

規定注入量である 2.4 kg よりも多く入れてもよいかどうかということ、作業員三人は技術者に相談した。しかし、相談を受けたのは、そのラインの技術者ではなくて核燃料管理の技術者だった。

事故後の調査で、そもそも JCO 東海事業所で使われていた社内の作業マニュアルは、政府の認可を受けていない違法なものであることがわかった。1983 年に認可された正規のマニュアルをのちに変更し、その手順の変更を政府に届けていなかった。今回の事故は、その変更されたマニュアルからも逸脱していた。

このJOC臨界事故は、IAEA(国際原子力機関)が策定した国際原子力事象評価尺度(INES)ではレベル4であった。これは事業所の外に大きなリスクをとみなわれないレベルに相当している。

2011年の福島第一原子力発電所の事故は、チェルノブイリ原発事故(1986年)と同じレベル7で、スリーマイル島原発事故(1979年)はレベル5に相当している。

JOCでは、そもそも臨界など起こりえないという雰囲気ないし神話のようなものができあがっていたといわれる。この事故は、そうした雰囲気の中での組織エラーによって生じた。

第3章 なぜ技術者の倫理なのか

技術者の行動には、

- ①科学技術の危害を抑止すること
 - ②公衆を災害から救うこと
 - ③公衆の福利を推進すること
- が求められる。

①科学技術の危害を阻止する

- ・雪印乳業食中毒事故
- ・水俣病問題

②公衆を災害から救う(防災・減災・復旧・復興)

- ・南海トラフ沿いなど大規模地震対策
- ・東日本大災害(2021.3.11)など復興の経験
(自助・互助・共助・公助)→防災文化
- ・阪神・淡路大震災(1995.1.17)ボランティア元年

③公衆の福利を推進する

- ・工業規格(ASTM, ASME)
- ・品質管理(SQC 統計的品質管理, TQC 全体的品質管理, QMS 品質マネジメントシステム)
- ・SDGs(持続可能な開発目標)

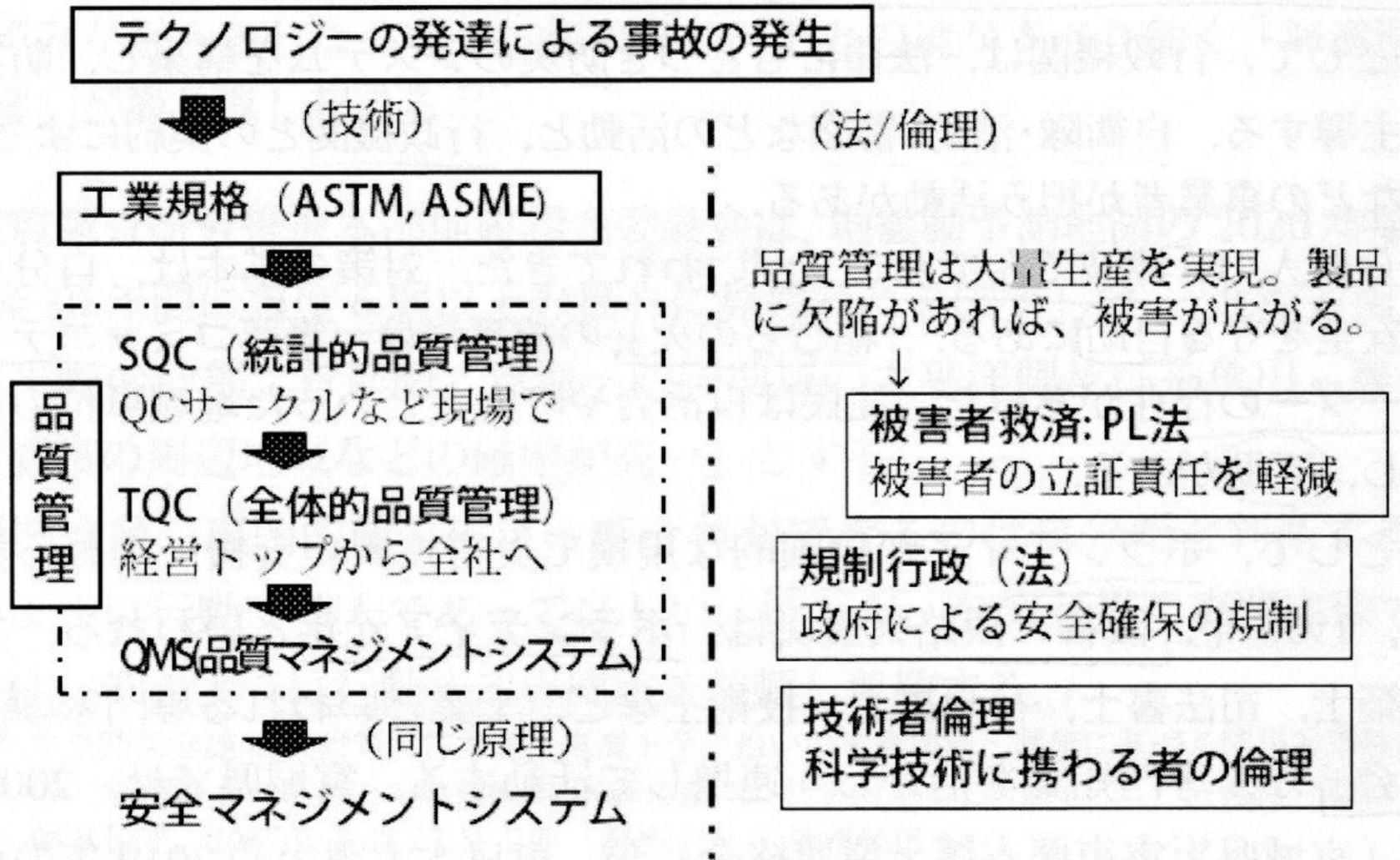


図 4.2 安全確保の潮流

水俣病問題

野口遵(したがう)は藤山常一と共同で仙台でカーバイド製造を始める(カーバイドは水と反応するとアセチレンガスを発生する)。鹿児島県に発電所をつくり、金鉱山へ電力供給を始める。熊本県水俣村に工場を建設し、カーバイドを原料として空気中の窒素を吸収化合させる石灰窒素製法の特許を取得する。

第2次世界大戦後、化学工業分野の大企業となり、現在のチッソ株式会社のほか、旭化成株式会社、積水化学工業株式会社へと発展した。

1956年5月，水俣保健所に「原因不明の脳症状の患者」との報告があり，これが水俣病の公式確認の最初とされる。

原因究明⁸

① 1956年、熊本大学の研究グループが水俣工場の排水が原因と発表したが、有機水銀の特定ができず、マンガン、タリウム、セレンなどが疑われた。

② 1958年、水俣を訪れた英国の神経学者マッカルパインが水俣病が英国の有機水銀中毒例（ハンターラッセル症候群）に似ていると指摘。有機水銀が原因であると疑われるきっかけとなった。

③ 1959年、水俣工場でアセトアルデヒドの製造法を確立した技術者、橋本彦七（水俣市長）が、日本海軍の爆薬の水俣湾投棄が汚染した説を言い出したが、事実確認で否定された。

④ 東京工業大学清浦雷作教授が、腐った魚から出るアミン系毒物による中毒説を、水銀説に対抗して提出した。

⑤ 1959年、熊本大学医学部水俣病研究班を中心とする厚生省水俣病食中毒部会が泥、魚介から水銀を検出した。厚生省食品衛生調査会常任委員会は、厚生大臣に水俣病は有機水銀による中毒であると答申している。

⑥ 1959年、チッソ付属病院の細川一院長が、工場排水を用いて猫を発病させ、水俣病の原因が工場排水であることを確認した（400号の猫の実験）。チッソ内部ではこれらの真実は秘密にされ、水俣病の原因でないと主張していた。

⑦ 1960年、熊本大学医学部内田楨男教授が水俣湾産貝からメチル水銀を抽出する。1961年、入鹿山且朗教授は工場排水からメチル水銀を検出し、猫に与えて水俣病を発病させた。

⑧ 1965年、瀬辺恵鎧教授らは、モデル実験においてアセトアルデヒド製造工程からメチル水銀化合物の副生に成功した。

⑨ 1968年9月、政府が、チッソ水俣工場で生成されたメチル水銀化合物が原因と認定し、水俣病を公害病と認めた。

水俣病第1号の認定から、政府による病因の認定まで26年が経過している。

被害者救済

2004年10月、関西訴訟で最高裁判所が、国と熊本県の責任を認定し、国の基準より広く被害を認めた。この最高裁の判決から、国が被害者救済に向けて積極的に動き、ようやく2009年7月、被害者の全員救済を目指す「水俣病特別措置法」（「水俣病被害者の救済及び水俣病問題の解決に関する特別措置法」）が成立し、2010年に入り、和解がまとまり、救済が始まる。公式確認から半世紀余のことである。

水俣湾公害防止事業⁹

「水俣湾公害防止事業」は、いまの水俣広域公園あたりの埋め立て工事である。運輸省第四港湾建設局水俣分室の技術者たちが、水俣病の第一の課題は原因究明、第二の課題は被害者救済、第三の課題が公害防止事業、という位置づけで取り組んだ。

タイタニック号の沈没

1912年、大型豪華客船タイタニック号が処女航海の途上、氷山にぶつかり破損、浸水し、沈没した。1,517名の乗客乗員が死亡、1985年に水深3,773mの海底で船体発見。

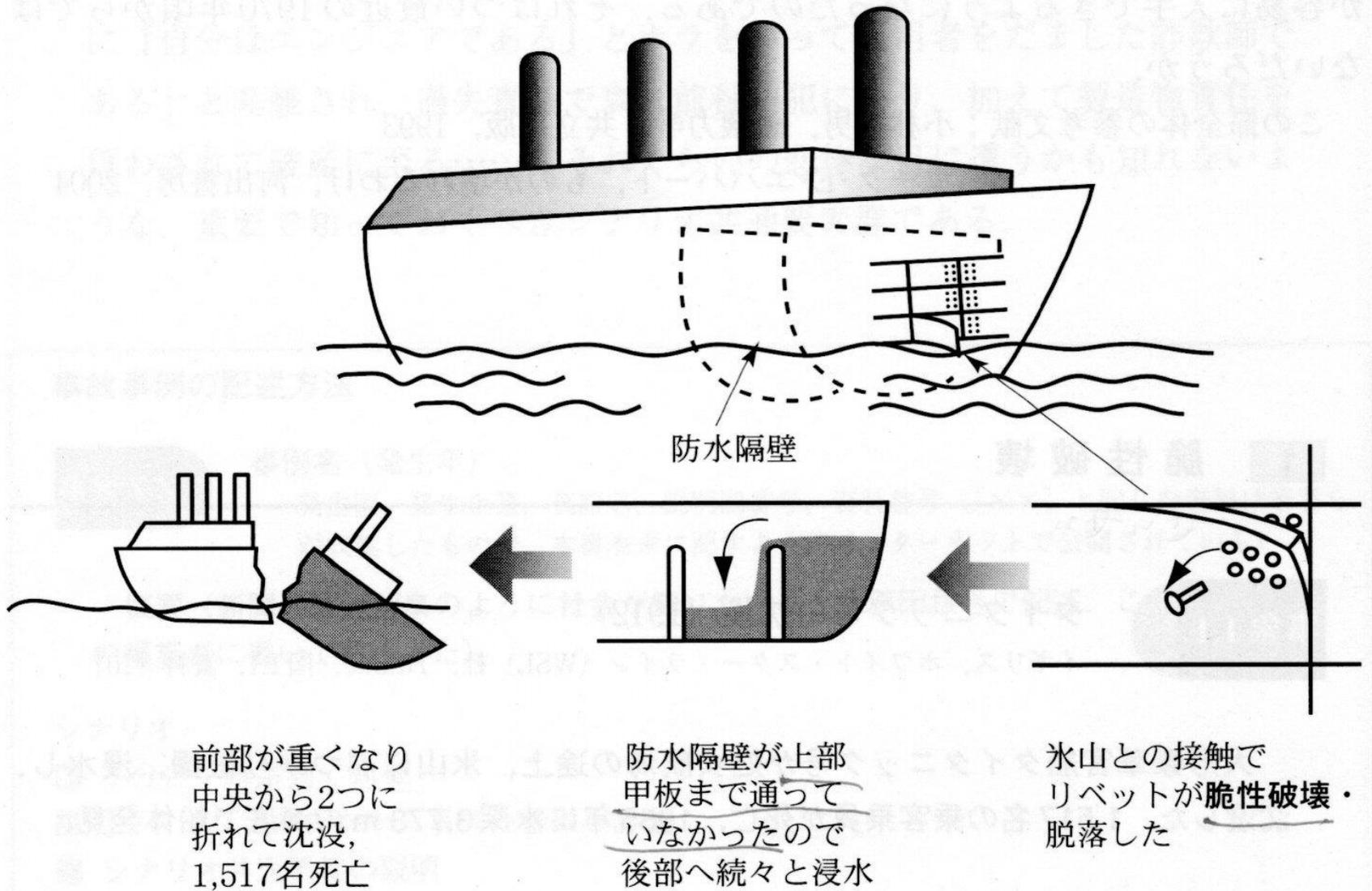


図1.1 タイタニック号の沈没

シナリオ

- ▶ WSL社はキュナード・ライン社と客船大形化・速度で競争
- ▶ 使い勝手がよいように、防水隔壁が上部甲板に達しない構造設計を選択
- ▶ Practically Unsinkableと評価され過信、航海速度22ノットで記録更新狙う
- ▶ 姉妹船のオリンピック号は衝突事故続きで無保険状態に（船長はスミス氏）
- ▶ タイタニック号はスミス船長でサウサンプトンからニューヨークへ処女航海
- ▶ 4月14日、氷山の警告を同乗のイズメイ社長が無視、20.5ノットで全速航海
- ▶ 午後11時40分、右舷に氷山発見し面舵いっぱい、37秒後に氷山に接触
- ▶ ブリッジに双眼鏡がなく、当直の氷山の発見が遅れる？ 世界初のSOS発信
- ▶ 先端のかすった部分のリベットが低温脆性で脱落
- ▶ 鋼板がはがれて海水が流入し、防水隔壁を前方から順に越えて浸水
- ▶ 付近の船は深夜で無線を切ったり氷山を恐れたりして、救助が遅れる
- ▶ 2時間後に前方端から沈没し、中央で切断されて後方も沈没
- ▶ 救命ボートは乗客乗員の1/3の1,178名分の20隻しかもたず
- ▶ 乗客乗員の2/3の1,517名が死亡
- ▶ 海上人命安全条約（SOLAS条約）が採択され救命ボートは125%積載が必要

リベットの炭素鋼が製鋼未熟によって硫黄（現代の鋼材の2倍）やリン（4倍）、硫化マンガンを多く含んでいたため、氷山にかすった程度の外力で低温脆性を引き起こした。

救命ボートの不足が大惨事を招いた。
大惨事の有名火事は、燃焼面積が大きい火事ではなく、脱出方法がない火事がほとんどである。

脆性破壊は、材料が窓ガラスの板やガリウムヒ素のウェハのように、塑性変形をほとんど発生させずに、パリンと脆く割れて壊れる破壊現象のこと。つまり砕ける材料の破壊である。

炭素鋼の「低温脆性」は機械技術者にとっては有名な現象である。

硫黄，リン，水素や水銀などは，クラックが進展しやすくなるように結晶粒界を弱くさせて鋼を脆化させる。

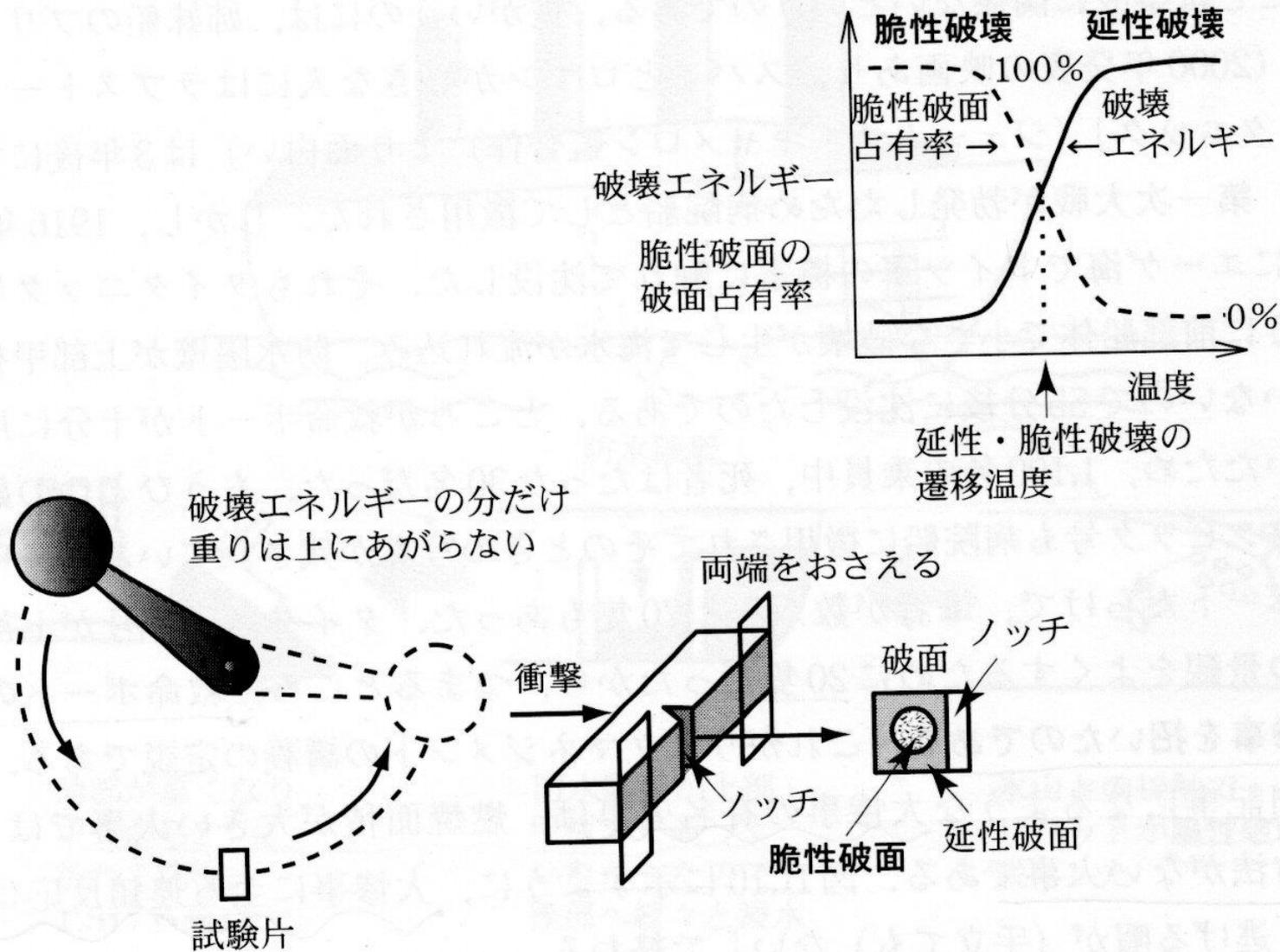
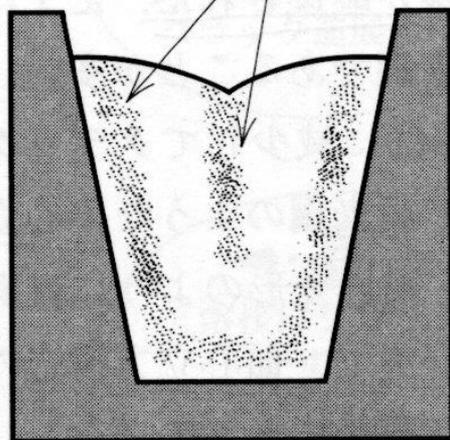


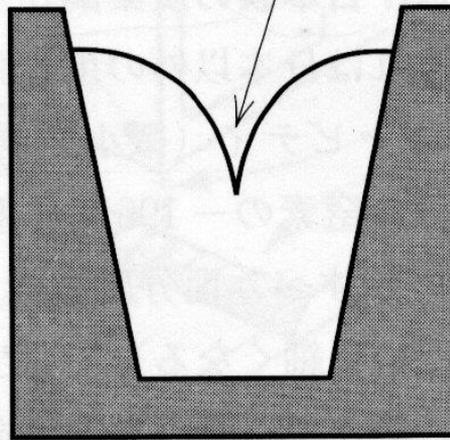
図 1.2 材料の衝撃試験 (シャルピー試験)

酸素や不純物が残る
(圧延後にクラックの起点になる)



リムド鋼
(rimmed)

引け巣が大きい
(圧延への部材歩留率が小さい)



キルド鋼
(killed)

造塊の断面図

次々に引き抜きながら
継ぎ湯する

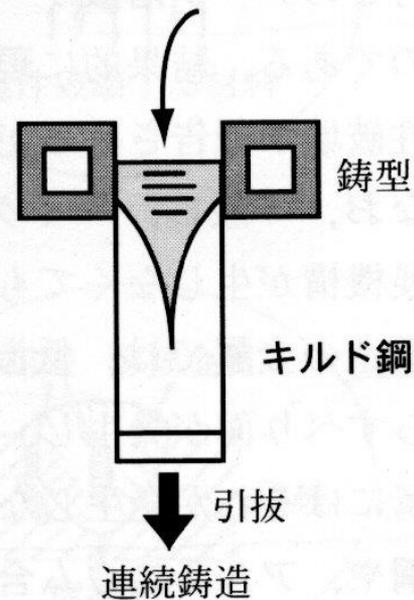


図 1.3 キルド鋼を連続 casting してクラック起点を減らす

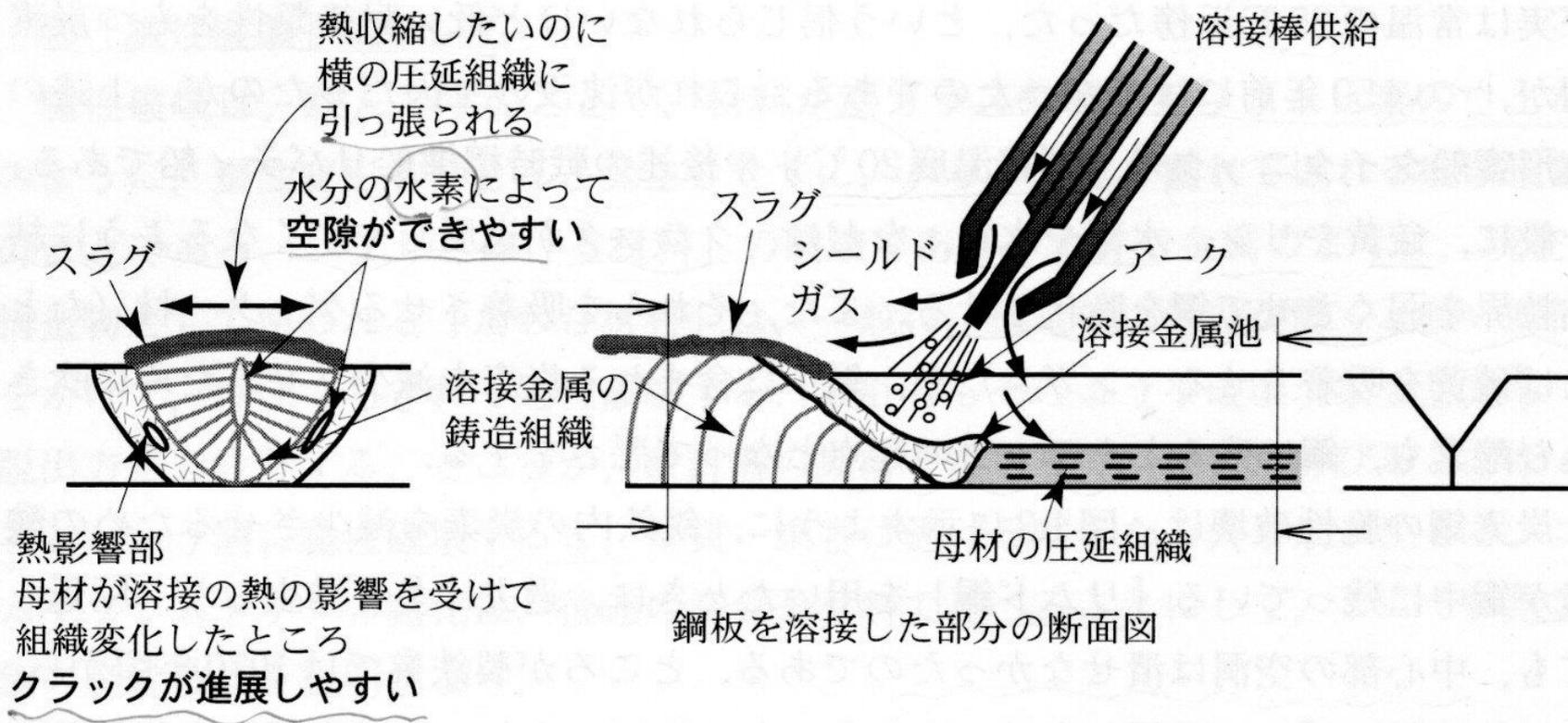


図 1.4 アーク溶接

現在は、日本製の炭素鋼から脆性破壊は駆逐されている。

事象 1.2

リバティ船の破壊沈没 (1942)

アメリカ, 第二次世界大戦中, Liberty 戦時標準船の一番船, 図 1.6

第二次大戦中, 米国は, 独国のUボートから欧州連合諸国を救うため, 物資補給船を大量生産する. しかし, 量産化のための溶接構造があだとなり, 製造された約 2,700 隻のうち, 約 400 隻の船体が破壊.

シナリオ

- ▶ 独国のUボートの無差別攻撃で欧州へ物資補給困難
- ▶ 米国が1万トン級規格輸送船の量産を決意 (予算は原爆の1/60の5千万ドル)

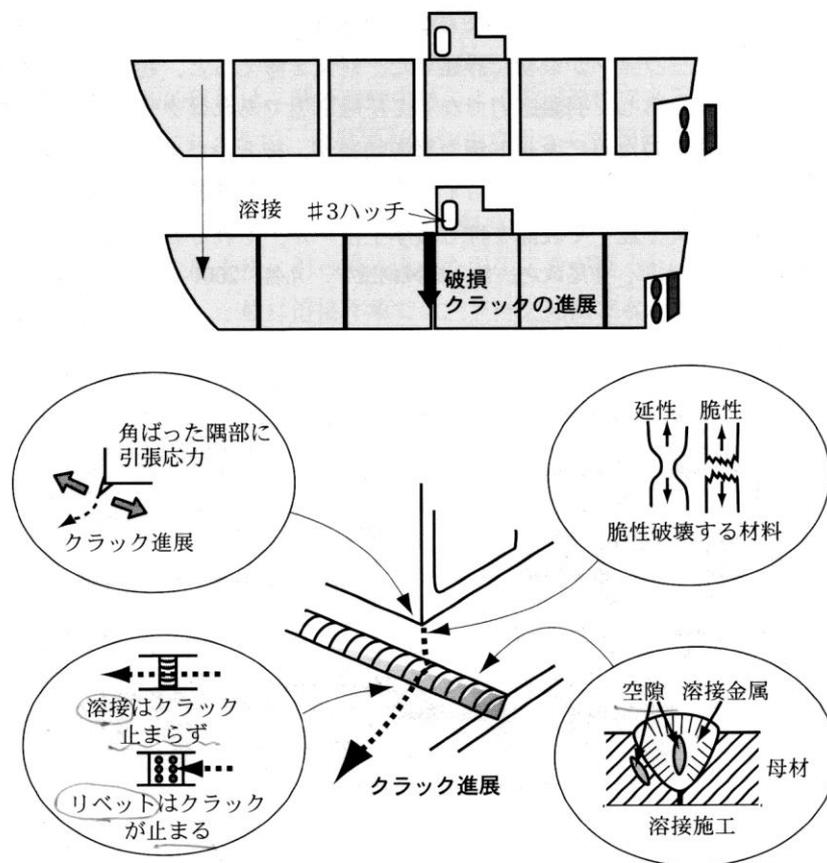
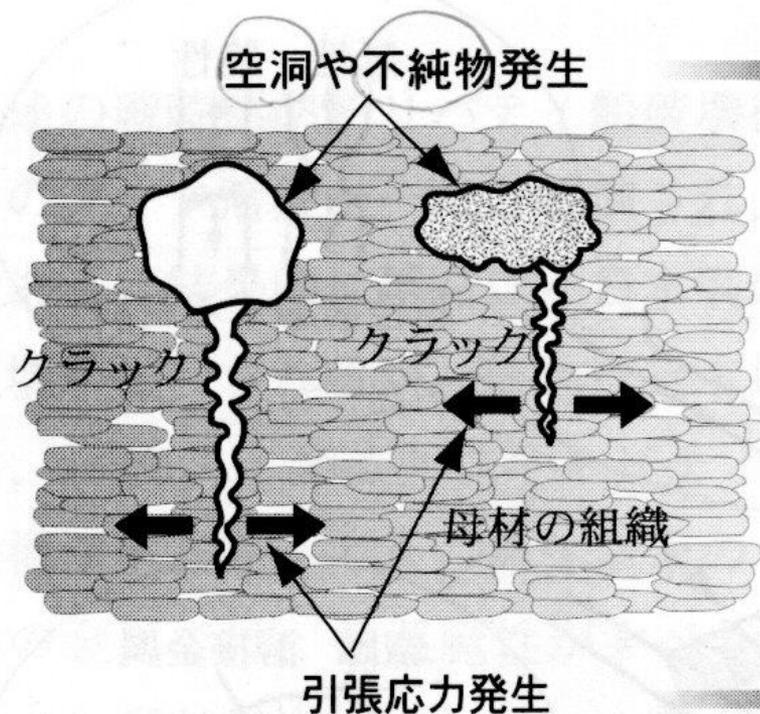


図 1.6 リバティ船の破壊沈没



製鋼でなくす
 (クラックの起点がなくなる)
 キルド鋼・真空鋳造などの採用

実際のクラックの多くは、
 弱い結晶粒界に沿って
 結晶粒を引き離すように進展する

圧縮応力に変える
 (クラックが閉じて潰れる)
 焼入・バニシングなどの採用

図 1.7 金属の破壊を防ぐ

リバティ船の事故分析を通して、製鋼や溶接の生産技術が著しく向上した。

機械のトラブルの三大原因は、

- ・疲労
- ・腐食
- ・摩耗

企画・開発の失敗は、

長期・組織的・遅効・少数という特性をもつ。

第4章 事故から安全文化の展開

1986年からの一時期に起きた重大事故は、西洋社会を震撼させ、その衝撃で、精魂を傾けて安全確保に向かい、それが安全文化の展開につながった。

- ・1986年1月のスペースシャトル チャレンジャー事故
- ・1986年4月の原子力のチェルノブイリ事故
- ・2003年のスペースシャトル コロンビア事故

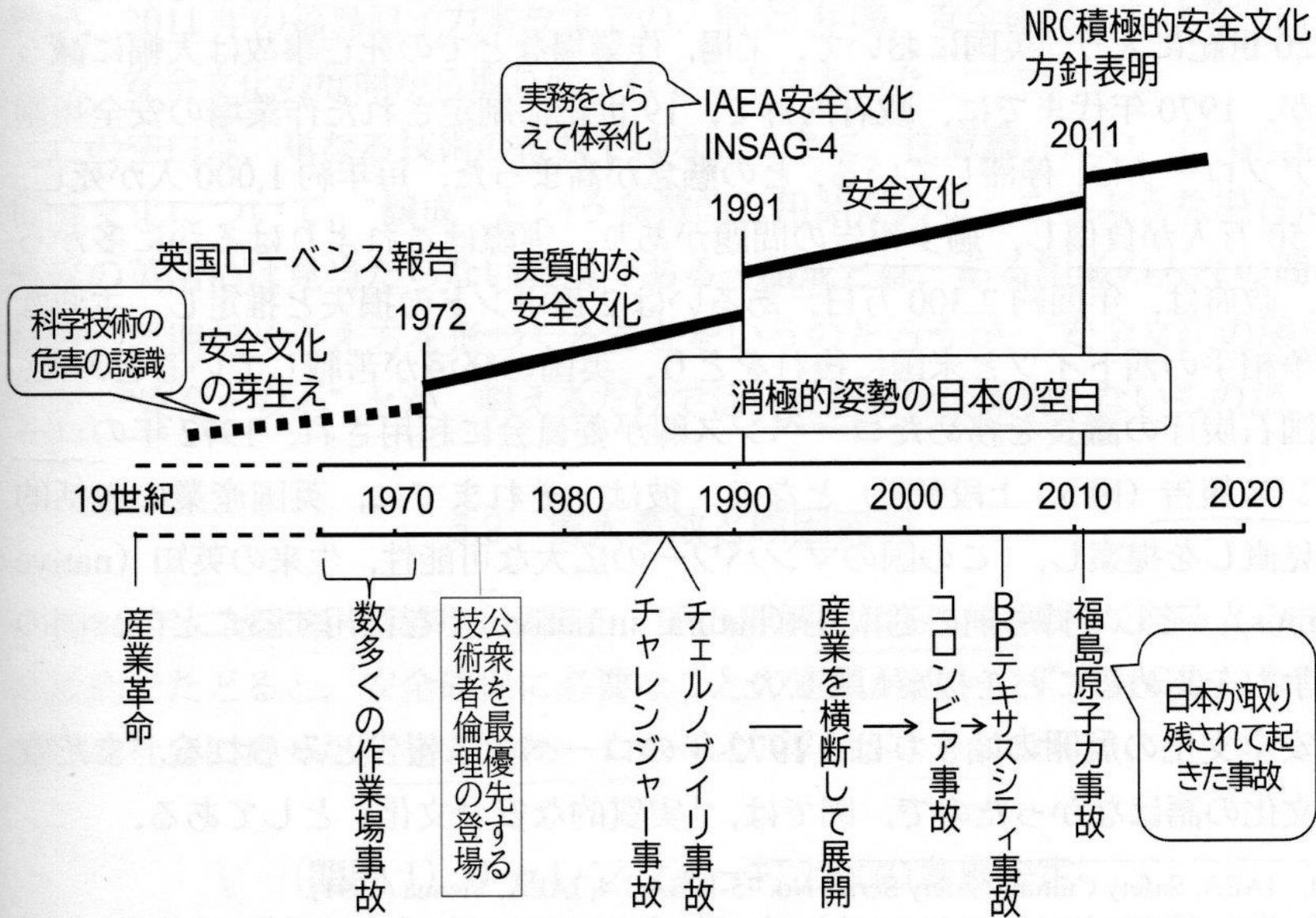


図 5.1 西洋社会における科学技術の安全確保の流れ

「安全文化」提唱と産業横断の展開

IAEA(国際原子力機関)は、チェルノブイリ事故のその年のうちに、安全文化の重要性を提唱し、安全確保の実務をとらえて体系的にまとめ、安全文化の定義とともに発表した。

INSAC(国際原子力安全アドバイザーグループ)による1991年のINSAC-4がそれである。

こうして知られてきた安全文化は、2003年のコロンビア事故の事故調査報告、2005年に起きたBP(British Petroleum)テキサスシティ精油所事故の事故報告書に、既に知られたこととして登場する。

原子力で唱えられた安全文化が、原子力を出て、スペースシャトルへ、製油業へと、西洋社会の情報の伝達は速く、産業を横断して展開した。

実質的な安全文化

20世紀に入り、英国において、工場・作業場などでの死亡事故は大幅に減ったが、1970年代までに、政府内外で、19世紀に制定された作業場の安全規制のアプローチは停滞しているとの懸念が高まった。

毎年約1,000人が死亡、約50万人が負傷し、過少報告の問題もあり、実際はこれよりはるかに多かった。英国政府は、年間約2,300万日、あるいは2億ポンドの損失と推定し、競争相手の西ドイツと米国に遅れをとっていると判断した。

英国石炭庁の議長を務めたローベンス卿が委員会に起用され、1972年のローベンス報告が出される。

安全文化の展開の始まりは、1972年のローベンス報告とされ、当時はまだ安全文化の語はなかったもので、実質的な安全文化の時代であった。

産業革命は英国に発し、19世紀、科学技術を産業に利用する工業化によって進行し、やがて、人間に及ぶ科学技術の危害が認識されるようになった。「安全文化の芽生え」は、産業革命の終期に見いだすことができる。

それからの安全文化

INSAC-4の後も、その内容のまま固定ではなく、注目されるのはチャレンジャー事故(1986年)が米国社会に与えた衝撃が大きかったため、事故調査委員会だけでなく、社会学、倫理学などの研究者たちの取り組みが続き、安全確保の解明が進んできた。

その後も、産業とともに成長を続ける安全文化があり、2011年NRC(米国原子力規制委員会)の積極的安全文化方針表明は、ひとつの到達点を示している。

消極的な姿勢の日本の空白

日本では、1986年に始まる西洋で起きた事故の原因究明に対する消極的姿勢が、2011年の福島原子力事故までの約25年間、安全確保における空白を生み、安全文化の展開から取り残されることになった。

この空白は、単なる技術の後れではなく、安全文化の考え方が社会に醸成されるためには、時間を必要とした。

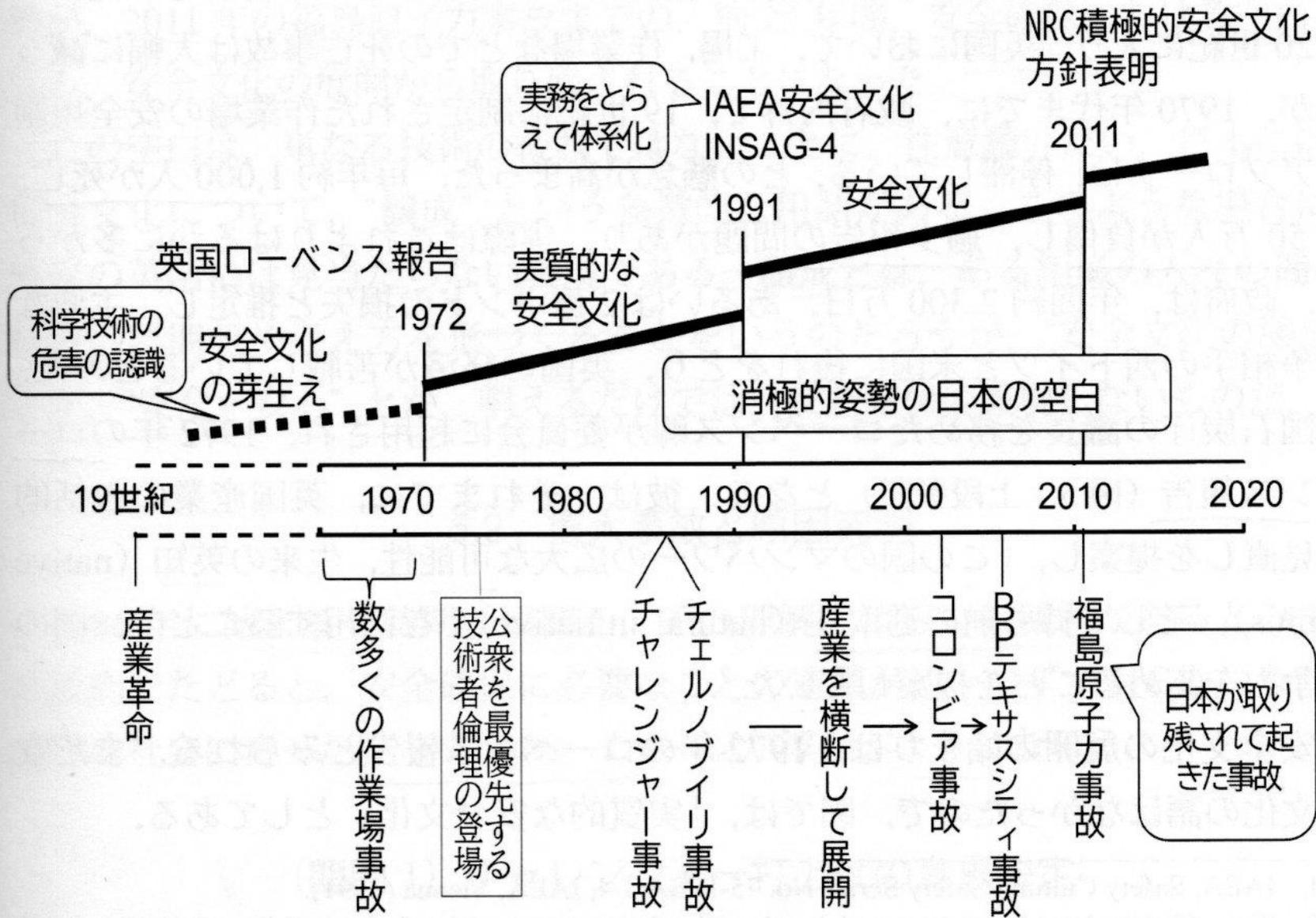


図 5.1 西洋社会における科学技術の安全確保の流れ

NRC積極的安全文化の方針表明

NRC(原子力規制委員会)は、2001年の同時多発テロを経験し、IAEA安全文化の定義を踏まえ、まず定義に「セキュリティ」を入れることを検討した。安全とセキュリティの両方を対象にした。「積極的安全文化」方針表明は、行政機関NRCが連邦公報に公告するが、規制・規則ではなく、拘束し強行するものではなくて、NRCの期待の表明であり、NRCスタッフの活動指針である。

表 5.1 積極的安全文化の特性 (NRC)

-
- (1) 安全の価値観と活動のリーダーシップ——リーダーは安全へのコミットメントを、自らの意思決定と行動で明確に示す。
 - (2) 問題点の識別と解決——安全に影響する可能性のある問題点を直ちに識別し、十分に評価し、その重大性にふさわしい取組みをし、是正する。
 - (3) 個人的な説明責任——すべての個人は、安全について個人として責任を持つ。
 - (4) 作業プロセス——作業活動を計画し管理する活動は、安全が維持されるように実行する。
 - (5) 継続的学習——安全を確実なものにする方法について学習する機会を、求めて実行する。
 - (6) 懸念を提起する環境——安全を意識する作業環境を維持し、要員が安全の懸念を、報復、脅し、嫌がらせ、または差別、の怖れなしに、自由に提起できると感じる。
 - (7) 効果的な安全のコミュニケーション——コミュニケーションは、安全に焦点を合わせ続ける。
 - (8) 尊敬し合う作業環境——組織のどこにも信頼と尊敬がある。
 - (9) 問いかける姿勢——個人は、独りよがりを避け、そして、既存の条件および活動に絶えず挑戦することにより、誤りまたは不適切な活動となるかもしれない不具合を識別する。
-

