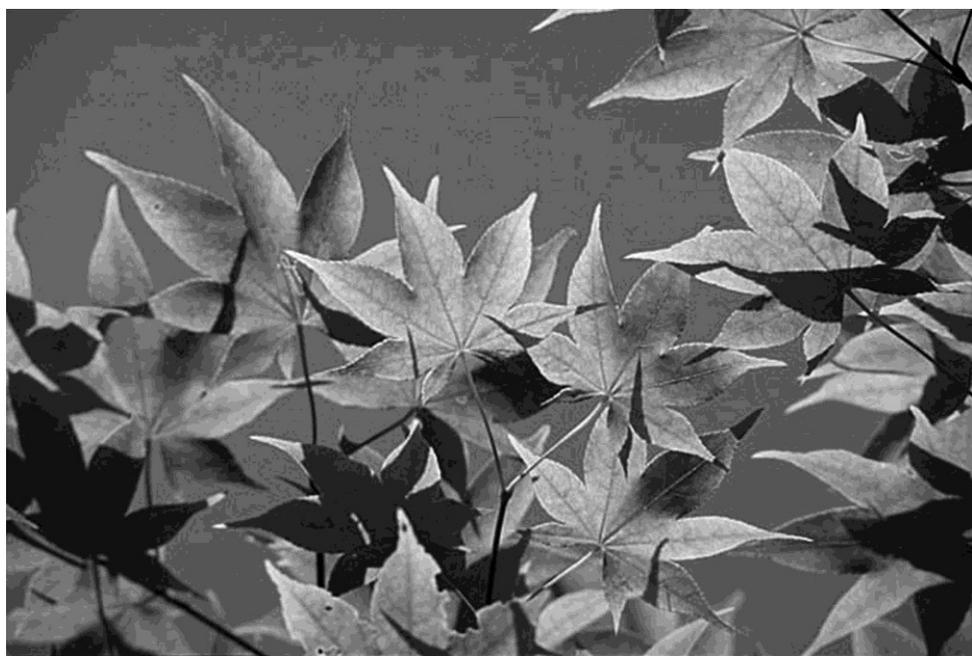


.....

技術者倫理 事例集

.....



室蘭工業大学技術者倫理研究会 発行

目次

	ページ
1. 技術者倫理における事例の意義と学び方	1
2. 耐震強度偽装（構造計算書偽装）	8
3. 渋谷温泉施設爆発事故	19
4. H-IIA ロケット 6号機打ち上げ失敗	25
5. 雪印乳業食中毒事件	31
6. シンドラーエレベータ事故	41
7. 六本木ヒルズ自動回転ドア事故	47
8. もんじゅナトリウム漏れ事故	53
9. 東海村 JCO 臨界事故	59

執筆者

青柳 学（もの創造系領域）
鈴木 好夫（もの創造系領域）
藤木 裕行（もの創造系領域）
溝口 光男（くらし環境系領域）
安居 光國（くらし環境系領域）

1 技術者倫理における事例の意義と学び方

1.1 技術者倫理における事例とは何か

本事例集は、各専門分野の代表的な技術者倫理に関する事例を取り上げ、それをどのように取り扱うべきかを各学科の担当教員に書いてもらったものである。技術者倫理は、技術そのものの倫理というよりも、技術者個人として将来専門的な仕事に携わったときに遭遇するであろう倫理的なジレンマに際してどのように対処すべきかを取り扱う。本書では、技術倫理ではなく技術者倫理を重点的に取り扱っている。「技術者倫理」とは、「技術者」と「倫理」の融合した熟語であるから最初に「技術（者）」と「倫理」について考えてみる。「技術」とは、「科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に役立てる技」（広辞苑より）であり「技術者」とは「技術を職業とする人」のことである。すなわち「危険なものを安全に利用するわざをもった職業人」であり、それ故に人工物を媒介として社会やユーザーとつながっていることから安全性が最優先されるのである。一方「倫理」とは、「ある社会集団の行動規範」である。「技術者倫理」とは「技術者が自然科学の知識を駆使して人類の利益に貢献する上で、必要な行為の価値判断を下すための規範体系の総体」と定義することができる。近年のように技術がますます高度化しその影響がきわめて大きくなっていくにつれて、専門的な技術的知識のみならず高い倫理性がますます重要になってきているのである。そのことは最近の技術にまつわる重大な事故や不祥事をみれば明らかである。

技術者倫理を身につけていく上で有効な手段として、技術者倫理の「事例」を活用して倫理的ジレンマの仮想体験をする学習が知られている。特に集団討議などを通して多様な考え方や価値観を認めあいながら、その中から最適解を導いていくというケースメソッドなどが一般的で

ある。事例を通して倫理的な問題点の存在を認識し合い、その解決に必要な解析力などのスキルを仲間と議論しながら身につけていくのである。また事例を研究しておけば、その専門分野のなかでいかなる事故や事件があるのかがわかり、将来のための予防倫理としても有効である。

事例には、仮想事例と実事例がある。仮想事例には、例えば「技術者の自律」や「ギルベイン・ゴールド」（いずれも DVD 教材）などがある。

仮想事例は、一般的にストーリーが単純で学ぶべき範疇が限定されていて初心者向きである。それに対して実事例は、例えばチャレンジャー号事故や耐震強度偽装事件などがあり、仮想事例に比べて一般に複雑であり、実際の企業や人物が登場してくることから先入観が入りやすいという問題点を有する。しかし、新聞や単行本などの資料が豊富であり学ぶ上では有利な側面もある。また事例の多くは今のところ失敗事例（チャレンジャー号事件やフォード・ピント事件など）であり、時代背景や事故原因そして技術者の倫理的な問題などを解明し、そこから技術者としての責任を自覚するという作用もあり予防倫理の役割も担っている。失敗学（畑村洋太郎氏主催）という学問分野もあるぐらいで、失敗の経験を今後に生かすということではきわめて重要なことである。しかし、国内の失敗事例は企業倫理に偏っている傾向がみられる。今後国内事例や地域事例の掘り起こしが望まれている。一方事例の数は少ないが、成功事例（例えば、シティ・コープやホンダシビックエンジンなど）を通して技術者のあるべき高い誇りと同時に倫理を学ぶ例もある。

1.2 事例の学び方

事例の学び方は様々な方法があるが、中でも 1999 年にディビスらの提唱したセブンステップ・ガイドがよく知られている。倫理的意志決定のための方法として以下の手続きを提案している。

- 1 倫理問題を明確にし記述せよ
- 2 事実関係を検討せよ

- 3 関連する要因・条件などを特定せよ
- 4 取り得る行動を考察し、リストアップせよ
- 5 可逆テストなどで検討せよ
- 6 1～5のステップを踏んで意志決定をせよ
- 7 問題点の改善方法を考えながら1～6のステップを再検討せよ
(詳細はDVD「技術者倫理教育のスキル 第4章」を参照のこと。)

技術者としての専門性を加味した「事例」の学ぶ手続きを図1.1に示す。

要点の第一は、「事例」には必ず倫理的な問題が内包されていなければならないことである。工学系の学生は、ともすれば技術的な問題に偏りがちなので特に注意が必要である。だからといって倫理の専門的な深みにはまることはない。立命館大学の中村収三教授は次のように述べている。「本来日本の技術者は、まじめであり他の職業人より倫理的に劣っているわけではない。問題をひとりで抱え込まないこと、そして安全を第一に考えることが技術者倫理の基本だ」と。第二には、「事例」にはできるだけ工学的な要素がある方がよい。自分たちが将来、遭遇するであろう場面を仮想体験することでより身近に倫理的なジレンマを体得できるし予防倫理の役割をも果たす。第三には、倫理的な問題と技術的な問題を分けて考察し、最後に総合しながら価値判断や行動を決定していくということである。技術倫理の観点を包含させたいからである。また事例を、各学協会で定められた倫理綱領から考察することの重要性を指摘しておく。

最後にもものづくりの基本ルールの視点からの検討も重要なことである。その第1は、公衆の安全、健康、福祉を何よりも優先し欠陥のない製品を目指すという視点である。第2のルールは、正直、誠実、公平というルールが社会から求められているという視点である。第3は人類社会の持続的発展を視野に入れた技術のあり方という視点である。

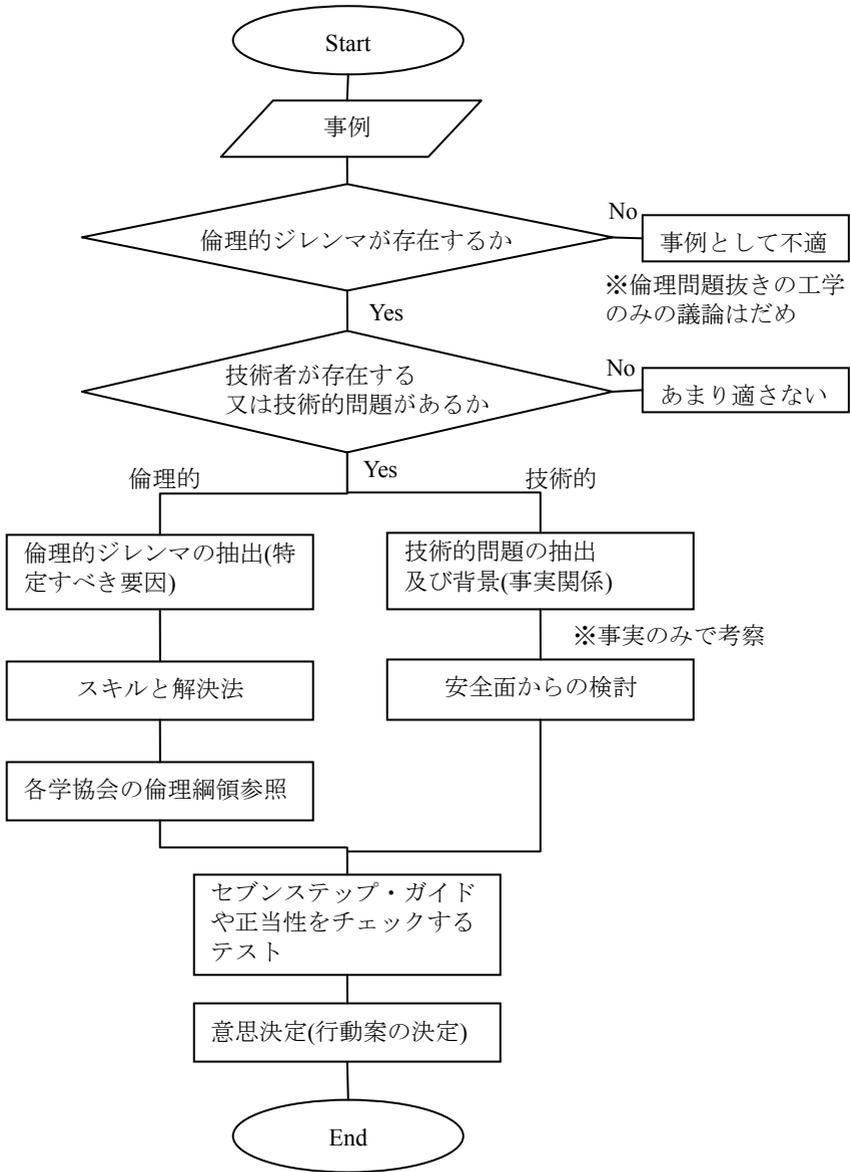


図 1.1 「事例」の学ぶ手続き

1.3 事例を通しての倫理的意志決定の過程

倫理的意志決定には、複雑な全体の世界の現象を解明する3つの柱が寄与することになる。日常生活によく使われる日本語の動詞でいうと「知ること」「感じること」「信じること」という我々の意識における3つの側面である。すなわち「倫理的知性」「倫理的感性」「倫理的信念」である。これらが螺旋状に上向しながら一体となって最終的な倫理的価値判断にたどりつくわけである（図 1.2 参照）。

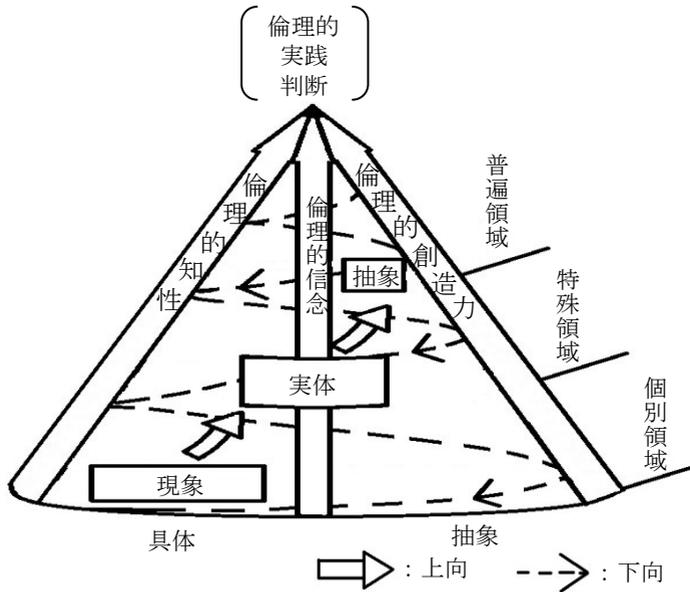


図 1.2 事例における倫理的判断過程

上図は、事例における倫理的判断の過程を記している（この図は科学的認識の過程にも通用する普遍的な概念図である）。下向とは、混沌とした表象された具体的なものからより抽象的なものまでたどり、ついには最も単純な諸規定や法則・原理にまでたどり着く。つまり現象から実体そして抽象へと突き進む。その過程で個別領域から特殊領域そして普

遍領域へと螺旋状に進む。今度は、ふたたび後戻りのたびすなわち上向への旅が始まる。今度は、全体の混沌とした事象ではなく、多くの諸規定と関連の明らかになった因果関係を伴った総体としての事例である。思考においては、具体的なものはそれが現実の出発点であり総括の過程として価値判断が結果として表れるのである。

3本柱の第1の「知性」は「頭脳の知的な働き」（広辞苑）であり、これには倫理に関するものと技術に関するものとの両側面がある。「倫理的な知性」とは、例えば倫理的な意志決定を妨げる要因（私利私欲や自己欺瞞など）から倫理的判断の正当性をチェックする諸々の方法（例えば普遍化可能性や可逆性）などが挙げられる。「技術的な知性」とは、チャレンジャー号事件におけるOリングに関する専門知識や耐震偽装事件の耐震強度の知見などである。これらは「科学的な知識」と置き換えられるものである。

第2の「倫理的想像力」は、感覚によって呼び起こされ、それに支配される体験内容によって倫理的な想像力をかき立てることである。事例によって倫理的想像力を刺激するというのは、事例を解く際に可能な選択肢を予測し、その選択肢の結果を予測することに挑戦するということになる。「倫理的な感性」とは、このような判断をすれば関係者や社会的な影響がどうなるかを想像する力のことである。事故の予想を提言した技術者を無視し会社の利益を優先したNASAや耐震偽装した姉齒氏は、こうした「想像力」に欠けていたといわざるを得ない。また企業での不祥事に遭遇した際に、例えば上司から倫理に反する行動を強要された際に、自分はどのような価値判断を下すべきかという時にも想像力は重要な役割を担う。

第3の「信念」には「I do believe. のわたし」がキーポイントである。信じることの出発点は私であるが、技術者にとって人工物を媒介とするのであるから必然的にその内容は我々であり「公衆の福祉」にいきつく。

特に日本では技術者が会社に雇用される形態が多いことから「私の信念」が倫理的価値判断に重要な役割を演じることは特筆に値する。最終的には、「知性」「想像性」を「信念」によって複雑な事例（事例では社会現象故複雑怪奇なものが多い）の全体を総合して倫理的価値判断（および行動規範）に至る。以上みてきたように複雑な現象に対応すべき全体の認識は、我々の人生においてどうしても必要なわけで、決してこれらの一つが欠けても問題の解決はできないのである。例えば、アフガンで数十年にわたり井戸や灌漑を掘り続けている日本人医師の中村哲氏のことを考えてみよう。医師という職業もプロフェッションという立場から高い倫理観が求められている。中村氏は医師という立場からアフガンという疲弊した地域での飲料水の重要性を知性によって認識する。そして、創造性を働かせて、この地に水が通ればどれだけ現地の人々の生活が豊かになりなおかつ疫病が無くなるかを想う。そして彼の信念によってNPOを立ち上げ、20年以上もこうした事業を黙々と続けていくのである。このように知性、想像力そして信念が総合したときに人間はいかに偉大な力を発揮するかを如実に示している典型例である。『人は愛するに足り、真心は信ずるに足る』（岩波書店,2010）。技術者倫理の事例を考察するに当たって原点とすべき言葉ではないだろうか。

参考文献

1. 日本技術士会監訳、『科学技術者の倫理 第3版』, 丸善株式会社, 平成20年
2. コプニン, 『認識論』, 法政大学出版会, 1973年
3. 宮原将平他, 『科学的認識の理論』, 大月書店, 1976年
4. 『加藤周一著作集 第16巻』, 平凡社, 1996年

2 耐震強度偽装（構造計算書偽装）

2.1 事例概要

姉齒秀次元一級建築士（以下、姉齒と略す。）が1997年5月ごろからマンションやホテルの耐震強度を偽装し、民間の指定確認検査機関がその偽装を見抜けず、建築が認可され、震度5強の地震動で崩壊する可能性のある建物が建てられてしまった事件である。

2005年10月7日に、指定確認検査機関イーホームズから国土交通省（以下、国交省と略す。）に帳簿の不備に関する告発があり、同年10月28日から調査を進めたところ、同年11月16日までに偽装が事実であることが判明した。国交省は同年11月17日に、マンション20棟、ホテル1棟の計21棟の耐震構造計算書に偽造があったことが発覚したと発表した。

その後、調査が進むにつれ、耐震強度偽装物件も増え、入居者に補償すべき建築主に賠償能力もないことが明らかとなり、また、行政の支援も十分ではなかった。多くの関係者が国会に喚問され、偽装を行った姉齒の周りで自殺者まで出て、姉齒の実刑が確定したものの、マンション入居者は耐震補強の費用を負担、退去者はローンだけが残ったなど、経済的負担が非常に大きくなり、姉齒や行政を相手に民事訴訟や本事件にまつわる詐欺容疑の裁判が続いている。

2.2 事件の経過

耐震強度偽装の発表後にわかった事実も含めて、時系列に姉齒の実刑確定までの経過を以下に示す。

西暦	月 日	経過
1997年	5月30日	姉齒による耐震偽装工作が始まる。東京都中央区月島の「ゼファー月島」
1998年	7月15日	姉齒が「グランドステージ池上」の耐震偽装工作。建築主ヒューザー、施工者松村組、下請け木村建設。姉齒は国会

		喚問で、最初の偽装と証言
2004年	2月28日	千葉設計とアトラス設計が姉歯の港区赤羽根橋のワンルームマンション構造計算書の偽造を見抜き、日本ERI担当検査員に進言するも事件に発展せず
2005年	10月 7日	イーホームズ関係者を名乗る者から国交省にイーホームズで建築基準法による帳簿が整備されていないなど、告発の電話
	10月13日	「グランドステージ北千住」の施工をユーザーから請け負った志多組が鉄筋の異常に気付き、アトラス設計に検査依頼。「グランドステージ北千住」は、スペースワン建築研究所が設計、姉歯に委託
	10月18日	アトラス設計社長、偽装された「グランドステージ藤沢」の完成予定を知り、イーホームズに通知
	10月24日	国交省がイーホームズに立入検査
	10月25日	イーホームズからユーザー常務取締役役に「グランドステージ藤沢」の偽装の事実が伝えられる
	10月26日	イーホームズから国交省職員に同社の構造計算書に偽造があったことが発覚したと電子メール
	10月27日	イーホームズ社長からユーザー社長に「グランドステージ藤沢」の偽装の事実が直接伝えられる
	10月28日	ユーザーが「グランドステージ藤沢」の17戸を買い主に引き渡す
	11月 9日	ユーザー社長が国交省を訪問し、財政支援を求めるも、制度上、支援が難しいと説明される
	11月10日	国交省、イーホームズ（20件）、東日本住宅評価センター（1件）の構造計算書、構造詳細図等の提出を求めた
	11月17日	国交省発表、マンション20棟、ホテル1棟の耐震偽装発覚。完成済みは14棟。内、20棟の耐震構造計算書審査はイーホームズが担当
11月20日	ユーザー社長が再度国交省を訪問し、財政支援を求める	

2005年	11月21日	国交省発表。14棟のうち、13棟は震度5で大きく損壊することが判明。工事中未着工の7棟から3棟を抽出再計算、同じく震度5で大きく崩壊することが判明
	11月24日	聴聞会で、姉歯はこのとき取引先から鉄筋量を減らせと圧力を受けたと主張 千葉県調査で姉歯関与ホテル、46棟と判明 国交省、イーホームズに立ち入り検査
	11月25日	国交省、イーホームズ3支店に立ち入り検査
	11月26日	構造計算書の偽造などが発覚したビルが35棟になった
	11月27日	姉歯建築設計事務所に構造計算書を発注していた森田設計事務所の社長が自殺しているのが発見された
	11月29日	衆議院国土交通委員会、参考人質疑。ヒューザー社長、木村建設東京支店長、イーホームズ社長、姉歯は欠席
	12月 5日	国交省、姉歯を建築基準法違反の件で警視庁に告発
	12月 8日	衆議院国土交通委員会、2回目の参考人質疑。姉歯は欠席 国交省が姉歯の建築士資格取消
	12月14日	姉歯証人喚問 「98年グランドステージ池上から偽装、全部で60件程度。鉄筋を減らせと木村建設元東京支店長からの圧力があつた。イーホームズは見抜くと思った。」 「総合経営研究所（総研）、所長らと4、5回面会、コストダウンで総研でも講師も務めた」－姉歯談 続いて木村建設社長、東京支店長の証人喚問、東京支店長は圧力を否定 「平成設計は木村建設の子会社、総合経営研究所の指示で動いている」－木村談
	2006年	1月17日
1月30日		ヒューザー社長、「建築確認で偽装が見逃されたことは自治体の責任」として損害賠償請求を東京地裁に提訴
2月16日		東京地裁はヒューザーが債務超過状態であるとして、破産

2006年		手続き開始
	2月23日	東京都がヒューザーの宅地建物取引業免許を取り消す
	3月29日	姉齒の妻が飛び降り自殺
	4月26日	姉齒、イーホームズ社長、木村建設社長、同社東京支店長をそれぞれ逮捕。容疑者全員起訴される
	5月17日	ヒューザー社長詐欺容疑で逮捕（後に起訴）、木村建設社長も同容疑で再逮捕
	6月 7日	総合経営研究所の立件を断念、事実上の捜査が終結
	6月22日	姉齒を議院証言法違反で再逮捕
	6月26日	姉齒を建築基準法違反容疑で追送検、起訴
	7月 7日	イーホームズ社長初公判（起訴事実は後述）
	8月 7日	木村建設元支店長初公判（起訴事実は後述）
	9月 6日	姉齒初公判（起訴事実は後述）
	9月 7日	木村建設元社長初公判（起訴事実は後述）
	10月 5日	ヒューザー元社長初公判（起訴事実は後述）
	10月18日	イーホームズ社長に有罪判決
11月 1日	木村建設元支店長に有罪判決	
12月26日	地裁で姉齒に懲役5年、罰金180万円の実刑判決	
2007年	1月 8日	姉齒が地裁判決を不服として高裁に控訴
	8月10日	木村建設元社長に有罪判決
	11月 7日	高裁が姉齒の控訴棄却、上告
2008年	2月19日	最高裁が姉齒の上告棄却。懲役5年、罰金180万円の実刑確定
	3月25日	ヒューザー元社長に有罪判決、判決を不服として高裁に控訴
2009年	3月 6日	高裁がヒューザー元社長の控訴棄却、上告

2.3 裁判の起訴事実と判決

裁判では、構造計算書を偽造した「建築基準法違反」で有罪になった姉齒以外の関係者でいわゆる「耐震偽装」そのものに関わったとした判

決はなく、いずれも耐震偽装とは無関係の容疑である。

1) 姉齒

- ・ 藤沢市のマンションなど4棟、奈良市のホテルなど2棟の構造計算書を偽造（建築基準法違反）
- ・ 2005年12月の証人喚問での「1998年から木村建設元東京支店長から圧力をかけられ偽装した」という虚偽答弁（議院証言法違反）
- ・ マンション設計を受注するための他の建築士に、一級建築士の名義を貸す（建築士法違反幫助）

→懲役5年、罰金180万円の実刑判決（2006年12月26日、東京地裁）。判決を不服として東京高裁に控訴、最高裁に上告したが、棄却され実刑確定。

2) 木村建設元社長

- ・ 2004年6月の決算が実際は債務超過だったのにもかかわらず、黒字に見せかけて決算書類を国交省に提出したという粉飾決算（建設業法違反）。
- ・ 姉齒が構造設計した奈良市のホテルが強度不足であることを認識しながら、建設代金未払い金の2億5000万円をホテルから騙し取った「詐欺」容疑で起訴された。2006年9月7日の東京地裁では、「構造計算書が虚偽のものだとは知らなかった。」「金をだまし取ろうと企てたことはない。」と無罪を主張。

→懲役3年、執行猶予5年の有罪判決（2007年8月10日、東京地裁）。控訴期限までに控訴せず、判決確定。

3) 木村建設元東京支店長

- ・ 特定建設業の許可が受けられるように、不正な書類を国交省に提出した（建設業法違反）。起訴事実を全面否定、姉齒の証言により自分が諸悪の根源のような処罰を受けたと語る。

→懲役1年，執行猶予3年の有罪判決（2006年11月1日，東京地裁）。
判決には不服だが，新しい生活を前向きに送ることを優先し，控訴を断念。

4) イーホームズ社長

- ・ イーホームズ社が2001年に2700万円の架空増資を行ない，実態を大きく見せようとした（電磁的公正証書原本不実記録）。

→懲役1年6ヶ月，執行猶予3年の有罪判決（2006年10月18日・東京地裁），判決を受け入れ，控訴しないことを表明。「耐震偽装と見せ金に因果関係はない」とされたことを歓迎した。

5) ヒューザー元社長

- ・ 藤沢市などのマンション住民に，「偽装が行なわれたマンション」だと知りながら物件を引き渡した（詐欺）容疑で起訴。
- ・ 2006年10月5日の東京地裁での初公判の罪状認否では，「犯罪を行ったということは一切ございません」と述べ，無罪を主張した。同月30日の公判では，木村建設元支店長がヒューザー元社長から初めて姉齒の偽装を聞かされたことなどを述べた。

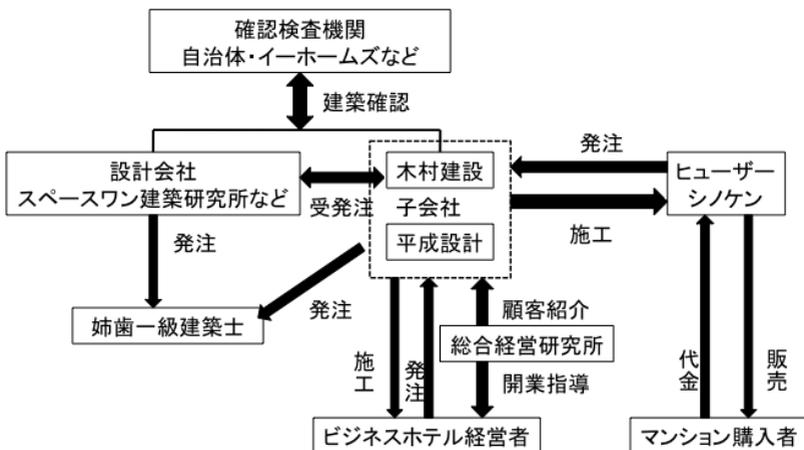


図2.1 関係者の相関図

→懲役3年，執行猶予5年の有罪判決（2008年3月25日・東京地裁），判決を不服として東京高裁に控訴，控訴審判決は1審を支持し控訴棄却（2009年3月6日・東京高裁），最高裁に上告，係争中。

2.4 原因

構造計算書を偽造したのは，構造計算を下請けした姉齒であるが，元請けの建築士や建築確認を行った6指定確認検査機関，29特定行政庁においても，偽造であることが見過ごされていたことに大きな問題がある。本事件の原因には，

- 1) ひとりの建築士が，より多くの設計業務を請け負ってその商売が繁盛することを狙い，鉄筋量を減らすことによるコスト削減，すばやい設計業務との評判を作りたくて耐震偽装を行ったこと。
- 2) 耐震構造計算では，複雑な形状をした建物について正確に行って鉄筋量を減らすにはコンピュータプログラムに頼るところがあり，そのコンピュータプログラムがブラックボックス化していたこと。
- 3) 審査は入力条件と計算結果を見るだけという形骸化していたため，審査機関では偽装を見抜けずに設計の認可をしていたこと。

等が上げられる。

2.5 後日談

耐震偽装事件を受け，改正建築基準法が2006年に成立，2007年6月20日に施行された。改正建築基準法の施行に伴い，施工前の審査が厳しくなり，審査請求から認可がおきるまでにかかる時間が長くなり，その間工事に着工できないために住宅着工が落ち込んだ。

2006年3月31日には、姉齒による耐震強度偽装物件は98件、他の建築士による偽装や計算間違いも含めるとその時、耐震性に問題のある建物が110件報告されていた。

建築基準法改正に伴い、耐震構造計算を行うコンピュータプログラムが多数開発に突入したが、開発は偽装を防止するための改ざん防止機能を組み込まなければならぬなどで大幅に遅れ、2008年2月22日、ようやくNTTデータのものが国土交通大臣の認定を受けた。

2.6 背景

1998年（平成10年）3月15日、橋本内閣は「建築確認、検査事務」を民間の指定確認検査機関に門戸を開放するべきとし、「建築確認・検査の民間開放」と「戸建住宅・プレハブ住宅等についての中間検査制度の特例」を設ける「建築基準法の一部を改正する法律案」を国会に提出した。

従来は、地方公共団体の建築主事のみが建築確認、検査事務を行ってきたが、建築物の着工件数に比べ、建築主事など職員の絶対数が不足していたこともあって、事実上検査が行なわれなかったり、検査が行なわれた場合でも、ずさんだったり、おざりな検査であったりしたケースが多発し、欠陥住宅災害が発生する原因となっているとする指摘があった。また、日弁連などが建築士の協力を得て調査したところによれば、建築確認とまったく異なった建造物が建設された例や、手抜き工事の例が発見され、当時の建築基準法、あるいは住宅金融公庫標準仕様書、日本建築学会標準仕様書などが定める基準を満たさないものが非常に多いことが判明していた。

同年4月24日の衆議院本会議で、ゼネコンやハウスメーカーなどの株式会社（施工業者）が集まって指定確認検査機関を作ることができる法案であることから公正中立な確認検査が担保されず、違反建築や欠陥住宅がふえるのではないかとの懸念も表明された。しかし、建設大臣は、

確認検査機関の指定に当たり、役職員の構成や業務内容の中立性を審査するほか、役職員に公務員と同様の罰則を適用する措置を講じ、その建築確認の報告義務を課し、不適法なものについてはその効力を失わせる等の措置を講じるなど万全を期すと答弁した。

同年4月28日、建築基準法改正案が本会議で可決され（この第9次改正案の公布は6月12日）、それまで地方公共団体の建築主事のみが行なってきた建築確認、検査事務が、株式会社を含む民間機関に開放された検査体制となった。

同年5月20日の衆議院建設委員会では、日弁連消費者問題対策委員会の弁護士が参考人として、「建築士法18条4項は法の趣旨として、工事監理者を務める建築士が施工業者と対峙関係にあることを前提として定められているにもかかわらず、実際には建築確認の工事監理者（建築士）届け出における名義貸しの横行のほか、施工業者の従業員となっている建築士が存在し、施工業者と経済的つながりを持つ建築士の存在がある」と証言して、建築士法18条4項が死文化していると指摘した。その上で営利団体による公正な確認、検査に懸念を表明し、確認・検査業務は、行政機関が責任を持って実施すべきだと主張した。

これに対し千葉県柏市市長は建築確認・検査業務の実施状況を説明、残業時間が多いため業務が苛酷であると訴え、建築確認・検査業務は、単に一定の基準に適合しているか否かを技術的に判断する作業に過ぎないため資格を持った者であれば、民間の技術者でも可能で、業務を民間に任せることで業務窓口は広がり、また市民サービス向上にもつながり、さらに違反建築物の是正指導力を集中することができるなど、民間開放の利点を挙げた。日本建築士会連合会・制度委員長は参考人発言で、確認検査機関の利用者の立場として、建築主事主導の機関と民間機関のいずれを選択するか、建築士にとって選択肢が広がる利点を挙げた。公正で適正な業務かどうかの疑問は杞憂であるとしながら、杞憂であると

する根拠は示さなかった。

2.7 最近の建築不祥事

姉齒の耐震強度偽装後、全国で構造計算書偽装が発覚するようになった。

2006年1月 ビジネスホテルチェーンの東横イン

- ・ 完了検査後の建物を無届けで改造して建物の容積率を超過（建築基準法違反）
- ・ 点字ブロックの撤去や障害者用駐車場の設置違反（ハートビル法違反）

2006年2月 福岡市のマンション3棟

- ・ 構造計算書の偽造。施行に関与したのは木村建設，構造計算を担当したのは福岡県太宰府市の設計会社サムシング

2006年3月 札幌市の分譲マンション5棟

- ・ 浅沼良一二級建築士による耐震偽装。構造計算書の作成は一級建築士でなければいけない物件だった。

2006年6月 東京・練馬区の戸建て分譲住宅大手一^{はじめ}建設

- ・ 2006年6月以降に販売した住宅のうち，681棟で設計ミスによる耐震強度不足が発覚。

2007年1月 京都市のアパグループのホテル2棟

- ・ 耐震偽装が発覚。構造計算を担当したのは富山市の田村落水設計。改修後の3月に営業再開。

2.8 日本建築学会行動規範との関係

行動規範	関係性
1.人類の福祉のために、自らの叡智と、培った学術・技術・芸術の持ち得る能力を傾注し、勇気と熱意をもって建築と都市環境の創造を目指す。	○
2.深い知識と高い判断力をもって、社会生活の安全と人々の生活価値を高めるための努力を惜しまない。	○
3.持続可能な発展を目指し、資源の有限性を認識するとともに、自然や地球環境のために廃棄物や汚染の発生を最小限にする。	
4.建築が近隣や社会に及ぼす影響を自ら評価し、良質な社会資本の充実と公共の利益のために努力する。	○
5.社会に対して不当な損害を招き得るいかなる可能性をも公にし、排除するよう努力する。	○
6.基本的人権を尊重し、他者の知的成果、著作権を侵さない。	○
7.自らの専門分野において情報を発信するとともに、会員相互はもとより他の職能集団を尊重し協力を惜しまない。	○

参考文献

1. 失敗知識データベース
<http://shippai.jst.go.jp/fkd/Detail?fn=0&id=CZ0200713&>
2. 日高俊明, 『プロなら知りたい建築士法、建築基準法、建設業法 改正のポイント』, オーム社, 2007年
3. 宮崎学, 『耐震強度偽装問題 ワルの本丸を暴く!』, ぶんか社, 2006年
4. 藤田東吾, 『月に響く笛 耐震偽装』, 講談社, 2007年

3 渋谷温泉施設爆発事故

3.1 事例概要

2007年6月19日午後2時18分頃、東京都渋谷区松濤の女性専用温泉施設「松濤温泉シエスパ」の別棟で、大規模な爆発が起きた災害。

この施設の別棟が骨組みだけを残して全壊し、周辺の住宅やビルなどでも、爆発が起きた際に発生した爆風や、事故の起きた施設の瓦礫などが窓ガラスを割ったり、屋根瓦が吹き飛んだりした。女性従業員3人が亡くなり（但し、焼死ではない）、一緒にいた別の女性従業員2人が重傷、通行人の男性1人が爆発に巻き込まれ重体、周辺の住宅やビルなどでも割れたガラスで5名が怪我を負った。

3.2 現場の状況

事故が起きた施設は、2006年1月に開業したばかりで、JR東日本・東急・東京メトロ渋谷駅から直線で600メートル、東急百貨店本店のほぼ真裏の場所であり、温泉施設のある本館はぎりぎり商業地区にあるが、爆発が起こった別棟は松濤地区の住宅街の一角にある。シエスパ建設については当初地元住民に反対され建設を強行した経緯がある。

爆発の起きた別棟は従業員の休憩所やロッカールームがあり、地下一階では深さ1500メートルの位置から温泉を汲み上げるポンプが設置されていた。事故当時、女性従業員5人が休憩のためこの施設にいたときに、爆発が起きた。

別棟が住宅街や渋谷の商業施設に近い場所にあったため、爆発の影響は広範囲に及び、さらに事故が平日の昼間に発生したため、数多くの通行人が現場に駆けつけ、携帯電話のカメラで撮影する者、写真撮影をする者、応急的な救助活動をする者など現場はパニックとなった。

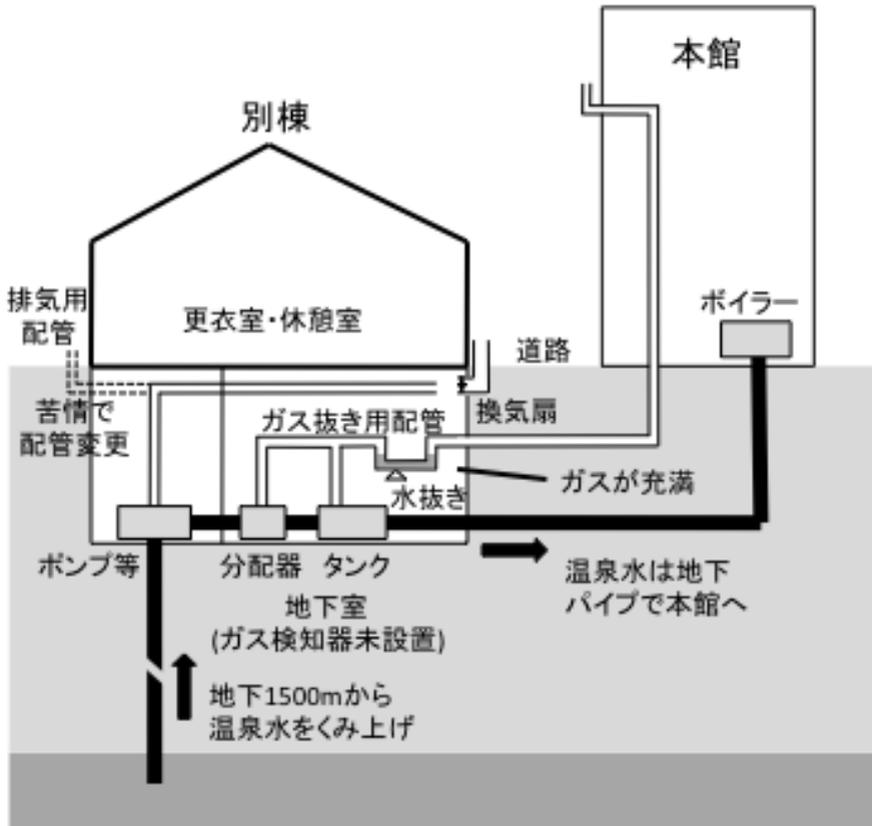


図 3.1 温泉施設の爆発現場イメージ

3.3 事故原因

シエスパは温泉施設のある本館と別館に分かれていた。爆発のあった別館の地下機械室には、源泉からガスを分離する分配器（ガスセパレーター）や源泉槽があり、それぞれから出るガスを、配管を通して屋外に排出していた。

配管内を通るガスは通常 30～40 度で、外気との温度差があり、管内に結露ができる。ガスは空気より軽いため、配管が上り傾斜になっていると、ガスは上に排出され、結露は元の源泉槽や分配器に落ち「問題は

ない」(専門家)という。

ただ、別館の周囲は高級住宅街のため、住民に配慮して単純な排出方法が避けられたとみられ、配管はわざわざ区道の地下を通して本館の6階にまで至り、そこからガスが排出されるという「構造上の問題点」があった。配管が上下するため、谷間の部分に水が必然的にたまってしまふことから、大成建設や下請けの大成設備は、この部分に水抜き栓を取り付けていた。だが、大成建設側から管理会社や施設側に水抜きの必要性が伝えられず、開業から事故までの約1年半の間、一度も水抜きは行われなかった。つまり、温泉汲み出しに付随する天然ガスを屋外に排出するための排気管が結露した水で塞がれたことと換気扇の稼働に問題があり、ガスが別棟内部に逆流・蓄積された。このガスに、温泉のくみ上げを自動調整する制御盤のスイッチが切れた際に出た火花が触れたことによって爆発がおこったものと結論付けられた。さらに漏れたガスを検出する機器が設置されていなかったことも、爆発に至った大きな要因とされた。

3.4 事件対策

6月20日、東京都環境局は都内の全ての温泉施設に電話で注意喚起を始め、源泉くみ上げ機械のある部屋の窓を開ける、換気扇を回すことなどを促した。

7月10日、渋谷区役所等に別棟を含む全ての建物を取り壊して、今後の営業再開を見合わせることを明らかにした。

2007年8月末時点では、ユニマットからの事故調査報告・事故対応に対する報告は一切なされていない。

ユニマットグループが経営する、もうひとつの温泉である六本木天然温泉 zaboo (ザブー) については、2006年3月の開業当初よりガス検知器が設置され、ガス濃度の点検も24時間常駐体制でなされていたことが明らかになっており、松濤温泉シエスパとの管理体制の差が指摘され

た。

その後 zaboo は、高すぎる料金設定に加え松濤温泉シエスパの事故が追い討ちとなって、2008年1月10日限りで閉館された。これをもってユニマットは温泉経営から完全に撤退した。

また、この事故を受け、同様の事故を防止する目的で温泉法の一部が改正され、温泉の採取に許可制度を導入するなどされた。

3.5 被害規模と一般認識の差異

マスコミにおいて被害状況から、「かなりの量のガスが滞留し引火・爆発した異常事態」との前提に立った報道が多く為されるが、実際はそうではない可能性が高い。元来建物は外側から内側への圧力に強く作られており、屋根の重量により構造全体を安定化させている。一方、内側から外側への耐性は強くなく、屋根や壁面がガス爆発や粉塵爆発に吹き飛ばされることはさほど珍しくない。

また、汲み上げ設備を地下に設置することに関して規制は一切なく、それにより強固な建物構造を求められることもないため、ごく一般的な建物強度であったと言える。あの規模の爆発ならば至極全うな状態であり、国外でのテロ行為の被害と重ね合わせてこの事件を見た場合、そのあるべき被害規模以上に甚大であると誤認している可能性が高い。

3.6 捜査

同施設はユニマットグループの「ユニマットビューティーアンドスパ」が運営し、施設の保守管理は「日立ビルシステム」が請け負い、さらに同社がビル管理会社「サンダー」を含む3業者に下請けさせていた。ユニマットビューティーアンドスパ側は、「保守管理について外部の業者に委託していた」としている。日立ビルシステム側は「契約にはガス関連の管理は入っていない」としている。

サンダー側も「爆発した従業員用施設の地下にある受水槽内の湯量な

どの点検を担当し、毎日、社員が目視で湯量を確認していたが、ガス関連の管理は担当していない」としている。運営会社や保守管理会社など施設に関わるいずれの業者も、施設内の天然ガス濃度については測定しておらず、ガス検知器も設置されていなかったことがわかった。ガス濃度の点検自体に法的義務はないが、警視庁は施設の運営・保守管理会社双方の安全管理態勢が十分だったかを捜査し、2008年12月12日、設計・施工を行った大成建設の空調設備の設計課長（50歳）、および施設運営を行っていたユニマット不動産の取締役（46歳）、保守管理を担当したユニマット社の中堅幹部（40代）の合わせて3人を業務上過失致死傷容疑で書類送検した。

大成建設側について、排気管のU字部分に結露した水がたまり、管が塞がれた場合ガスが排出されなくなる危険性があることを知っていたにもかかわらず、運営会社に水抜き作業の必要性を伝えなかったことが重大な過失にあたりと判断したことによる。東京都や千葉県一帯には、南関東ガス田と呼ばれる水溶性天然ガスが存在しており、温泉汲み出しに付随する天然ガスについて、これを屋外に排出するための排気管に問題があることや、漏れたガスを検出する機器が設置されていないことを知りながらも、それらの対応を怠ったとしている。

ユニマット不動産側についても、周辺住民に約束していたガス検出器の設置を開業後も履行しなかったことが重大な過失にあたりとしている。

上記三人は容疑について、これを認めている。

保守管理業者については、ガス漏れ関連の項目が点検対象に含まれていなかったことから、過失の度合いが低いと判断され、立件が見送られた。

3.7 日本建築学会行動規範との関係

行動規範	関係性
1.人類の福祉のために、自らの叡智と、培った学術・技術・芸術の持ち得る能力を傾注し、勇気と熱意をもって建築と都市環境の創造を目指す。	○
2.深い知識と高い判断力をもって、社会生活の安全と人々の生活価値を高めるための努力を惜しまない。	○
3.持続可能な発展を目指し、資源の有限性を認識するとともに、自然や地球環境のために廃棄物や汚染の発生を最小限にする。	○
4.建築が近隣や社会に及ぼす影響を自ら評価し、良質な社会資本の充実と公共の利益のために努力する。	○
5.社会に対して不当な損害を招き得るいかなる可能性をも公にし、排除するよう努力する。	○
6.基本的人権を尊重し、他者の知的成果、著作権を侵さない。	
7.自らの専門分野において情報を発信するとともに、会員相互はもとより他の職能集団を尊重し協力を惜しまない。	○

参考文献

1. フリー百科事典『ウィキペディア(Wikipedia)』
<http://ja.wikipedia.org/wiki/渋谷温泉施設爆発事故>
2. <http://sankei.jp.msn.com/affairs/crime/081211/crm0812110206003-n1.htm>
3. <http://sankei.jp.msn.com/affairs/crime/080618/crm0806182040038-n1.htm>

4 H-IIA ロケット 6 号機打ち上げ失敗

4.1 背景

H-II ロケットは宇宙開発事業団（NASDA）が開発した主要技術すべてを国内開発した初めての純国産ロケットで、1994 年の初打ち上げの後、1998 年までに 7 機が打ち上げられた。しかし第 5 号機、第 8 号機（打ち上げ順序変更により第 5 号機が 6 回目、第 8 号機が 7 回目）の打ち上げが連続して失敗したことを受け、その改良型である、またより経済性を考慮した H-IIA ロケットが開発された。H-IIA ロケットの一回の打ち上げ費用は H-II ロケットの 140～190 億円から 85～120 億円と大幅に低減され、また打ち上げ能力も H-II ロケットと同等～1.5 倍の 3.5-5.8t に引き上げられている。2001 年の運用開始後、現在（2010 年 3 月）までに 16 回の打ち上げが実施され 15 回の成功を誇っているが、唯一の失敗が以下に示す 6 号機である。

4.2 事故の概要

2003 年 11 月 29 日、NASDA を引き継いだ宇宙航空研究開発機構（JAXA）により、種子島の宇宙センターから H-IIA ロケット 6 号機が打ち上げられた。しかし、打ち上げ直後の推進力を荷担する固定ロケットブースター（SRB-A）の 1 本に、その役目を果たして切り離される時点でトラブルが生じた。切り離し機構の不具合により SRB-A がうまく切り離されず、この SRB-A の負荷（SRB-A 本体重量のみで約 10t）によりロケット全体の制御ができなくなり 6 号機は予定の軌道を進むことができず、最終的に打ち上げ約 11 分後に地上被害を防ぐために無線指示により爆破された。

その後、事故調査委員会により今回の打ち上げ失敗の原因調査が行われ、最終的に以下の事故プロセスが明らかになった。

- SRB-A のノズル形状の問題等によりノズルに浸食（エロージョン）が生じ、打ち上げ中に穴が開き、高温の燃焼ガスが横方向に吹き出した。
- 吹き出した火炎が SRB-A の切り離し制御用の信号線を焼き切った。
- これにより、第 1 段エンジン（LE-7A）と SRB-A をつなぐ計 6 本の支持棒のうち上部 2 本（前部プレス）が切断されず、SRB-A が本体より切り離されなかった。

4.3 技術的問題点

H-IIA ロケットは H-II ロケットの改良版ではあったが、その改良部分は多岐にわたるものであり、正確には改良版というよりは新しいロケットと呼んだ方が適切かもしれない。特に第 1 段エンジン（LE-7A）と SRB-A で大きな技術開発が導入されているが、LE-7A では信頼性の向上がメインで H-II ロケットのエンジンである LE-7 より性能も抑え気味でかつ技術的挑戦は避けている。しかし H-II ロケットの固定ロケットブースター SRB を改良した SRB-A には各所に新技術を導入しており、大きく 5 点の具体的改良点が挙げられるが、そのうち今回の事故に関連している改良点を以下に示す。

- 軽量化と高強度化を目的として、SRB-A 本体の材質を高張力鋼から炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に変更。
- この材質変更により、燃焼圧力の高圧力化とノズルの小型化を実現。
- SRB-A の LE-7A への取り付け方式について、SRB では爆破ボルトによる直接結合（ホールダウン方式）だったが、カーボン複合材は応力集中に弱いため直接結合ができず、なので SRB-A にキャップをかぶせ、それに取り付けた力を受ける斜めの支持棒（スラストストラット）でコアロケットを引っ張り上げる方式

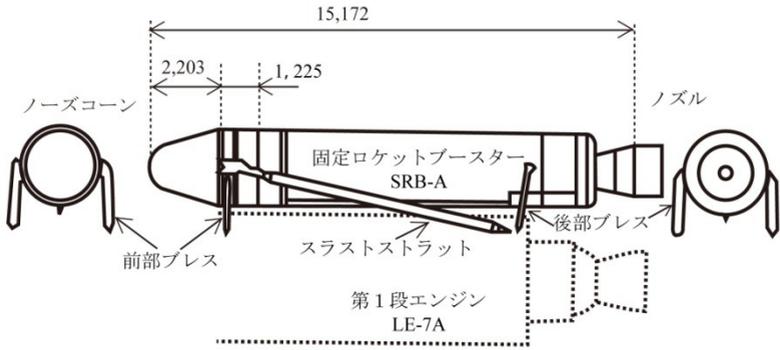


図 4.1 SRB-A の LE-7A への固定方法

(ストラップ・オン方式)に変更。また安定化のため、SRB-A の前後部でも支持棒（プレス）により LE-7A に固定。

小型化され新しく開発された SRB-A のノズルは 5 回の地上燃焼試験のうち 3 回でノズル周りに問題が発生する等，開発時から問題となっていた。まずは燃焼後の検査でノズル内部に予想より大きな浸食が見つかり，その対策後の試験ではノズル内部の一番狭くなる部分（スロート）が脱落し，さらにその対策後の試験でも小規模ながら予想以上の浸食が発生していた。

その後，この現象の明確な発生メカニズムまでは解明できない段階でノズルの厚さをさらに増やし補強板を付けることで最終設計としていたが，実はこれらのトラブルの原因の一つはノズルの形状にあった。ノズル形状は流体力学的には釣り鐘上のベル型ノズルが望ましいのだが，SRB-A のノズルは製造しやすさとコスト削減のために断面形状が直線状の円錐台形型のコンカルノズルを採用していた。

SRB のノズルもコンカルノズルであったが，特に問題は発生していない。しかし SRB-A への改良の段階で高燃焼圧力化とノズルの小型化を行ったため，これによりノズル側面への負荷が増大し，トラブルとして浮上してきた。この問題は JAXA も設計製造担当の IHI エアロスペース

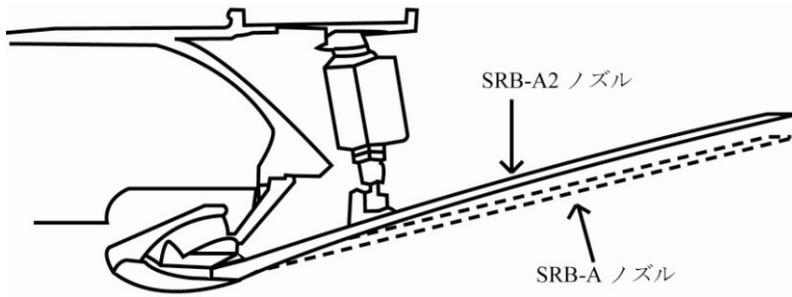


図 4.2 SRB-A の円錐型ノズル（点線）と改良版 SRB-A2 のベル型ノズル（実線）の断面形状

も認識しており、その後開発された更に改良型の SRB-A2 ではベル型ノズルが採用され、地上燃焼試験ではその浸食量がコンカルノズルの約半分になっている。

4.4 技術者倫理的問題点

SRB-A を開発する段階で十分な時間と予算があればノズルはベル型が採用されていたであろう。しかし限られた時間と限られた時間の中で設計を確定させるために、コンカルノズルのまま補強を加えるという方法が選択されてしまった。またその選択は 1 号機から 5 号機までの打ち上げ成功という事実にも裏付けされていたのであろう。

失敗も含めた H-II ロケットの開発で経験を積んだことで H-IIA ロケットは大丈夫と思い込んでいたかもしれないが、H-II ロケットの開発時に経験したとおり、ロケット開発というものは並大抵のことではない。H-II からの技術を引き継いでいる部分はそれなりの対応はできるかもしれないが、新しい技術を盛り込んだ部分についてはそれまでの経験は役に立たず、スタート時と同じ状態だと思わないとならない可能性が非常に高い。更にその後の調査により、6 号機で使用された CFRP は他のものと比較して偶発的に層間剥離が起きやすかったこともわかっており、この影響でより浸食が進んだと考えられている。本事故はこの不確定要素

も加わり最終的に限界を超えた現象が起きてしまったものと思われるが、技術者としては本事故の発端となったノズルの浸食については元々各種の実験で問題の種となりそうな現象は経験しているのでその十分な対策を検討しなければならないし、またもちろんある程度の不確定要素も考慮した上での安全対策が望まれている。逆に、これらを考え対策することができるのは、唯一技術者だけである。

宇宙開発委員会から発表された本事故の報告書にも、「JAXA ではロケット全体の再点検を行っているが、設計の基本にまで遡り、疑わしき事項についてはそのリスクを評価し、必要な対策を講じるとともに、発生機構(メカニズム)が解明されていない要因は極力取り除く方針の下で、万全の安全対策を講じる必要がある」と記されている。

4.5 倫理綱領との関連性

本事例の内容と専門分野的にもっとも関連のある日本機械学会の倫理綱領（日本機械学会倫理規定）に、以下の記述がある。「3.（自己の研鑽と向上）会員は、常に技術専門職上の能力・技芸の向上に努め、科学技術に関わる問題に対して、常に中立的・客観的な立場から正直かつ誠実に討議し、責任を持って結論を導き、実行するよう不断の努力を重ねる。これによって、技術者の社会的地位の向上を計る。」

報告書にはそこまでは記載されていないので実際の技術者がどういう状況に置かれていたのか、どう考えていたのか等は推測の域を出ないが、実験を行う現場に最も近い位置にいるのは当然技術者である。しかし最終的な方針を決定するのは技術者ではなく、上層部の幹部であるのが一般的である。本事例においても技術者からのノズルについての技術的報告を聞いて今回実施した補修内容で行くと決定した（責任がある）のは幹部であろうが、現場を目の前にしていた技術者はその決定に納得していたのであろうか。もちろん立場的になんでもできるわけではないが、常に「中立的・客観的な立場」で「責任を持って結論を導き」出し、

それを「実行する不断の努力」が必要である。

参考文献

1. 日経ものづくり編, 『重大事故の舞台裏～技術で解明する真の原因～』, 日経 BP 社, 2005 年
2. 宇宙航空研究開発機構(JAXA)HP : H-IIA ロケット
http://www.jaxa.jp/projects/rockets/h2a/index_j.html
3. 宇宙航空研究開発機構(JAXA)HP : H-IIA ロケット 6 号機 事故はなぜ起こったのか?
http://www.jaxa.jp/article/special/h2a6/index_j.html
4. 文部科学省 HP : H-IIA ロケット 6 号機打上げ失敗の原因究明及び今後の対策について
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/04062301.htm

5 雪印乳業食中毒事件

5.1 事件の概要

2000年6月27日午前、西日本支社のお客様相談室に、大阪工場が製造した「雪印低脂肪乳」への最初の苦情が寄せられた。その後、下痢、おう吐を訴える数は増加し、雪印低脂肪乳を原因とする大規模な食中毒事件が起こった。大阪市は「低脂肪乳」から黄色ブドウ球菌のエンテロトキシンA型が検出されたことから、これを病因物質とする食中毒と断定した。その後、毒素による有症者数は14,780名（認定患者数13,420人）に達し、1名が死亡した。製品に共通する脱脂粉乳が同社大樹工場で製造されたものであり、それよりエンテロトキシンA型が検出された。

同工場の製造工程を検討したところ、次のことがわかった。工場内電気室の屋根へ氷柱が落下し、屋根の破損部分から氷雪の溶解水が浸入したため配線に短絡が発生し、さらに保護装置が作動したため、工場構内全体が約3時間停電、脱脂乳の濃縮工程中のタンクの冷却器に冷媒を供給する冷凍機および粉乳工程の送排風機が停止した。そのため、これらの工程に貯留していた原料中で黄色ブドウ球菌が増殖し、エンテロトキシンAを産生していたと考えられた。とくに大樹工場長の毒素に関する知識が不完全だったため、再加熱で毒素が分解するとの誤った判断がなされたことが直接の原因となった。このほか大阪工場の施設設備の数ヶ所から大腸菌群、セレウス菌、黄色ブドウ球菌が検出され、さらに、逆止弁の汚れ、HACCP（ハサップ）申請外の仮設ホースなど、製造にかかわる問題点が顕在した。

5.2 分析

この事例は大きく2つの事例に分けなければならない。大樹工場における脱脂粉乳製造における主原因と大阪工場の常態化した衛生管理違

反である。

誰もが知る雪印ブランドの大樹工場の停電がきっかけの事件であるが、当該企業よりも大阪市保健所の迅速な対応と綿密な調査がこの原因解明をしたといっても過言でない。食中毒の原因調査の基本である共通する食品を特定することから始められ、「低脂肪乳」「毎日骨太」などの加工乳とされた。患者が大阪市在住に偏っていたため、速やかに大阪工場の調査が行われ、多くの汚染が明らかになった。この時点で、事件に関与する製造技術者の責任が問われた。ところが、複数の製品を通した食中毒の特異性から特定製造ラインだけの問題でなく、製品に共通する脱脂粉乳が疑われ北海道大樹工場に行きついた。

大樹工場における停電は事故であるが、滞留したライン乳の廃棄を決定できなかった工場長の技術者としての判断に批判が向けられた。雪印乳業は2000年3月期時点では業績は好調であったが、乳製品の安売りが背景のコスト至上主義が工場長の判断を鈍らせたと考えられる。また、3月31日の停電後、4月1日に製造された脱脂粉乳939袋のうち449袋が4月10日に再溶解された。理由は、工場長の他担当者も細菌汚染を認識しており、製造時に加える高温で殺菌しようとしたようである。しかし、エンテロトキシンの耐熱性が高いという知識が欠如していた。廃棄すべき製品の再利用は、社内で慢性化しており、先の大阪工場では回収した期限切れ牛乳を原料乳として使うなど、多くの従業員に危機感の弱体化を招いていた。この事件は社長を含めたトップたちの危機管理能力が問われもしたが、食品製造においては汚染が拡大しやすいために製造にかかわる技術者の知識と素早い判断が求められる。また組織自身が汚染を拡大しないような検査システムの導入が必要になる。とくに大樹工場において毒素が除去できなかった理由を工場長が持った安全性への不安とコストとのバランスだけと思われがちだが、技術者の多くがバイオ知識を適切に持っていたならば、天秤に計るまでもなく事故を未然

に防げたと言える。

<ステーキホルダー>

消費者，食中毒被害者，雪印乳業(株)（石川哲郎社長），大樹工場（久保田修工場長，桜田宏介製造課長，泉幸一製造課粉乳係主任），大阪工場（下野勝美工場長），保健所，大阪府立公衆衛生研究所，病院医師ら，牛乳販売店，スーパーマーケット，工場従業員，酪農家

<モラル上の問題を整理する>

● 大阪工場長

HACCP の認定工場でもありながら，設計外の違法パイプの設営，回収乳の再利用，設備洗浄の不徹底など，食品を扱うものとしての基本的姿勢の問題。

● 大樹工場長

細菌数検査で極めて異常な数値が検出されながら適切な措置を講じず脱脂粉乳を再製利用して出荷し，大阪工場で低脂肪乳の原料として使用させた。

● 製造課長

部下から黄色ブドウ球菌を多量に含有しているとの報告を受けたが，大量に製造した脱脂粉乳の出荷を認めた。全く出荷せずに廃棄処分とした場合の損失や責任問題を考え，上司である工場長から強く叱責されることを恐れた。課長の考えは，汚染が基準以下の製品は出荷し，それ以外は再利用することだったが，毒素が再加熱によって失われるのではないかという不完全な知識に基づいていた。

● 粉乳係課長

保健所から衛生不備を指摘されて営業停止処分を受けることを懸念し，日報などを改ざんして虚偽の報告をした。

<問題を解決する方法>

食中毒事件を振り返ると組織，技術者等の両方ともが問題点を抱えて

いたようである。

1. 食の安全を強く意識する従業員教育が不足していた。
2. 微生物汚染に関する専門教育が不足していた。
3. 毒素のモニタリングシステムができていなかった。
4. HACCP などの認証システムを十分理解できていなかった。
5. コスト優先が社内に浸透しており、安全がおろそかにされた。

第一に、食中毒を未然に防ぐには大樹工場からの汚染脱脂粉乳の出荷を止めることであった。残念ながら大樹工場の技術者はエンテロトキシンに関する知識が不完全であったので、悪意ある判断で出荷したわけではなく甘い判断と言える。つまり、食品を扱うものとして、「疑わしきは出荷せず」の行動をとるべきであった。第二に、大阪工場においてはコストダウンを追求するがあまり、食品を扱う姿勢がすでに失われていた。そのため大樹工場からの汚染した脱脂粉乳に対する新たな検査体制を持ちえず、毒素を素どおりさせてしまった。つまり、安全な製品・食品を消費者に届けるための管理体制、検査体制の構築が必要であった。これらが不完全であることを速やかに改善しなければならなかった。

5.3 資料編

会社概要

社名 雪印乳業株式会社

本社 [東京] 新宿区本塩町 13 Tel.03-3226-2111

[札幌] 札幌市東区苗穂町 6-1-1 Tel.011-704-2311

設立 1950 (昭和 25) 年 6 月 10 日 (創業 1925 (大正 14) 年)

事業 乳製品、油脂の製造、販売など

雪印グループ

雪印グループの取り扱い商品は牛乳、乳製品、運送、種苗、飼料、弁当などと多様であったが、2000年6月の食中毒事件により、大きく利益を落とした。これに追い打ちをかけるように2002年グループ会社の雪

印食品（2002年4月解散）が牛肉偽装事件を起こし、グループ全体の姿勢が社会的に問われた。そのため、2002年12月にグループは大きく解体され、雪印乳業には売り上げの33%（2002年）の乳製品部門だけが残され、食中毒事件の中心である市乳部門は切り離された。解体に当たっては、雪印ラビオ（ヨーグルト・乳酸菌飲料）はカゴメに譲渡され、雪印アクセス（食品卸）は伊藤忠商事に、医薬品・育児品は大塚製薬との新会社へ、ロッテスノー（アイスクリーム）はロッテとの新会社へ、そして市乳部門は農協との新会社に移された。

とくに市乳部門は雪印乳業の負のイメージを打ち消すために、雪印ブランドの使用を停止し、日本ミルクコミュニティのもとでメグミルクとなった。ちなみに、それまでの牛乳ならば白色と青色というブランドイメージカラーを捨てて、赤色をパッケージに採用したことに、強くチェンジの意図が込められた。ところが、日本ミルクコミュニティ株式会社と雪印乳業株式会社は2009年（平成21年）10月1日、株式移転により共同持株会社「雪印メグミルク株式会社」を設立し経営統合し、昔の姿を一部取り戻した。

	2000年3月	2002年3月	2009年3月
売上高【連結】	12,877億円	11,647億円	2,946億円
経常利益【連結】	218億円	-352億円	126億円
資本金	278億円	278億円	148億円
従業員数	15,127名	12,404名	1,397名
工場	35	23	10

5.4 経過

3月31日：雪印乳業大樹工場（北海道）で脱脂粉乳の製造工程に停電が発生

大樹町は快晴、最高気温8.9℃と暖かい日であった。10時57分、屋根上の氷塊が約8m下の電気室屋根に落下し、屋根を突き破り、穴を開けた。溶けた水が浸入し、電気回路がショートし発電装置を壊し、13時49分までの約3時間停電した。これ

により、通常なら数分間で終わるクリーム分離工程で、原料乳（50℃で加温）が停電で 20 から 30℃に加熱された状態で約 3 時間滞留した。また余った脱脂乳をためておく濃縮工程のライン乳タンクでも、40 度で加温された状態で約 10 時間冷却されずに放置された。復旧作業は 10 時 51 分から約 1 時間かかったため黄色ブドウ球菌が増殖、毒素のエンテロトキシン A が大量に生成された。大樹工場の主力製品のチーズ製造ラインの衛生管理は徹底されていたが、脱脂粉乳製造ラインは製品保管庫の清掃記録もなく、埃がたまるほどであった。

4 月 1 日：未廃棄生乳からの脱脂粉乳の製造

本来ならパイプ内に滞留した原料は廃棄すべきだったが、殺菌装置にかけ黄色ブドウ球菌を死滅させることで安全と判断し脱脂粉乳を製造した。脱脂粉乳は約 20 トン、830 袋（実際には 939 袋、1 袋 25kg）が製造された。このうち 450 袋は黄色ブドウ球菌、大腸菌、一般細菌などの検査で基準内であったため出荷（360 袋が八ヶ岳雪印牛乳茅野工場）された。380 袋は、一般細菌類が 1g あたり 300 から 98,000 個検出され、同社の自社規制値（1 グラム当たり 9900 個）を 1 割が超過しており、本来なら製品にできないものであるにもかかわらず、廃棄しなかった。

4 月 10 日：汚染脱脂粉乳を再利用し製造（主原因）

基準を上回った 4 月 1 日製造の 380 袋とともに 4 月 10 日製造の 449 袋を水に再溶解し原料として利用し、750 袋（実際には 820 袋、70 袋が品質保持期限を書き換えられ 7 月 12 日製造分として帯広に保管されていた）を製造・出荷した。このうち大阪工場が 278 袋使用していた。検体（011007ACQ）から 4ng/g のエンテロトキシン A が検出された。

6 月 20 日：雪印大阪工場が大樹工場製の脱脂粉乳を入荷

ロット番号 011007ACQ の脱脂粉乳が 278 袋搬入される

6 月 23 日：大阪工場が被害の原因となった乳製品を製造（～28 日）

6 月 25 日：食中毒の発生

6 月 27 日：食中毒の発生報告 11:29

雪印乳業大阪工場製の低脂肪乳で食中毒症状を起こしたとの和歌山県内から最初

のクレーム報告が大阪市と雪印西日本支社に入る

6月28日：発症者の届け出が拡大（札幌市で株主総会開催）

大阪市は、有症者の調査、大阪工場の立入検査等を実施した（13:40）。当該工場製造の「低脂肪乳」について、6月29日より製造自粛、回収、事実の公表を指導した（20:00）

6月29日：雪印乳業が会見し、本事件の発生を公表（16:00）

6月30日：全国紙朝刊に「お詫びと回収」の社告掲載。大阪市が回収命令

7月1日：石川哲郎社長が西日本支社で記者会見

大阪工場、低脂肪乳加工工程の仮設ラインの逆流防止弁から黄色ブドウ球菌を検出と発表。洗浄は3週間行われていなかった

7月2日：大阪府警が業務上過失傷害の疑いで現場検証

大阪府立公衆衛生研究所が「低脂肪乳」から黄色ブドウ球菌のエンテロトキシンA型を検出した。大阪市はこれを病因物質とする食中毒と断定し、大阪工場を営業禁止とした

7月4日：大阪市があらたに「毎日骨太」「カルパワー」に回収命令

石川社長の「私は寝ていないんだ」発言

7月5日：被害者が1万人を超える

7月6日：石川社長が引責 辞任を表明

7月10日：大阪市が大阪工場における中間報告（有症者数は14,780名）を公表

7月11日：雪印が大阪工場以外の全国20工場の市乳生産を停止

入院した奈良県の女性（84）が死亡

7月14日：大阪工場のHACCP承認取り消し

7月25日：厚生省が京都、神戸など10工場の操業再開認めた

7月28日：石川社長ら取締役8名が引責辞任、西鉦平常務の社長就任2カ月前倒し

8月2日：厚生省が無期限営業停止処分を受けた大阪工場以外の安全宣言

8月18日：大阪市は、大阪工場の製品による集団食中毒事件で、同社大樹（たいき）工場（北海道大樹町）が製造した脱脂粉乳（4月10日製造）から黄色ブドウ球菌の

毒素（エンテロトキシンA型）が検出されたと発表

8月19日：北海道は、大阪市の調査依頼及び厚生省の指示を受けて、同工場の調査

8月23日：当該脱脂粉乳の製造に関連した停電の発生、生菌数に係る基準に違反する脱脂粉乳の使用、4月1日及び4月10日製造の脱脂粉乳の保存サンプルからエンテロトキシンA型の検出等の調査結果について公表

8月28日：厚生省と大阪市が設置した「原因究明合同専門家会議」の初会合

8月30日：大樹工場の脱脂粉乳の品質保持期限の改ざんを認める

4月10日製造を7月12日に改ざん

9月21日：専門家会議の中間報告

10月14日：大樹工場の操業が再開

12月21日：専門家会議の最終報告書を公表

食中毒の原因を大樹工場（北海道大樹町）製脱脂粉乳と断定。同工場で起こった停電の際に、クリーム分離工程か濃縮工程の回収乳タンクのいずれかで、黄色ブドウ球菌の毒素が発生したとした

12月22日：雪印乳業は二十二日、最終報告書を発表した。報告書は食中毒の原因を大樹工場（北海道大樹町）の脱脂粉乳製造過程と断定、3月の停電で大樹工場内の温度管理が不適切になったのが毒素発生の原因とした

12月25日：厚生省 最終報告症書の公表

1月31日：大阪工場閉鎖

3月16日：大阪府警、石川社長ら9人を業務上過失致死・傷害事件で大阪地裁に書類送検

判決（2003年5月27日、大阪地裁）

死者一人、重軽症者199人の業務上過失致死傷罪などに問われた判決公判で氷室真裁判長は、大樹工場の元工場長、久保田修被告に禁固2年、執行猶予3年、罰金12万円（求刑禁固2年、罰金12万円）、元製造課粉乳係主任、泉幸一被告に禁固1年6月、執行猶予2年（求刑禁固1年6月）を言い渡した。争点となっていた奈良県内の無職女性について、氷室裁判長は過失との因果関係を認めず、業務上過失致

死罪ではなく、業務上過失傷害罪を適用した。大阪府警は公表が遅れ被害を拡大させたとして、当時の石川哲郎社長ら元幹部 2 人も書類送検したが、嫌疑不十分で不起訴になった。また久保田被告は保健所に虚偽の報告をしていた。起訴された 3 被告のうち、元大樹工場製造課長は交通事故で死亡した。

5.5 用語

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) : 製造する環境を清潔にし、安全な食品を製造するため、製造環境の整備、衛生の確保、製造された食品の安全性の確認に加えて、原料の入荷から製造・出荷までのすべての工程において、あらかじめ危害を予測し、その危害を防止するための重要管理点 (CCP) を継続的にモニタリングし、異常が認められたらすぐに対策をとることができるようになっていくシステム。

脱脂粉乳 : 生乳を遠心分離器にかけ脂肪分を取り除く。この脂肪分はバターとして利用され、液成分は脱脂乳 (低脂肪乳) になる。さらにこの液体を凍結乾燥法やスプレードライ法によって水分を取り除いたものが脱脂粉乳になる。多くはスプレードライ法という高温の気流の中に液体をスプレーして、水分を飛ばす方法が取られる。

黄色ブドウ球菌 : ブドウの房状に配列するグラム陽性ブドウ球菌の一種。コアグラーゼ活性を持つのでコロニーが黄色になる。その毒素は 1989 年に提唱されたスーパー抗原と分類され、強い T 細胞活性作用を持つ。食中毒のほか、MRSA (メチシリン耐性黄色ブドウ球菌, Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus*) の原因菌にもなっている。

エンテロトキシン : 腸管に作用する細菌の産生する毒素の総称。黄色ブドウ球菌では A から E までの型があるが、食中毒の 90% は A 型が原因である。一定量を摂取すると、2, 3 時間で嘔吐、下痢、腹痛を起こす。毒素は 100°C 30 分の加熱でも壊れない。

八雲脱脂粉乳事件 : 1955 年 3 月、雪印北海道八雲工場で製造された脱脂粉乳を飲んだ東京都内の小学校 9 校の 2000 人近い児童が、下痢やおう吐を訴えた。機械の故

障と停電のため原料の半濃縮乳が長時間放置され、黄色ブドウ球菌が増殖しエンテロトキシン毒素が生成されたのが原因だった。

参考文献

1. 産経新聞取材班, 『ブランドはなぜ落ちたか』, 角川書店, 2001 年
2. 藤原邦達, 『雪印の落日』, 緑風出版, 2002 年
3. 北海道新聞取材班, 『検証・「雪印」崩壊』, 講談社文庫, 2002 年
4. 北海道技術者倫理研究会, 『オムニバス技術者倫理』, 共立出版, 2007 年
5. 佐伯昇, 杉本泰治, 『技術者倫理』, 丸善, 2004 年
6. 中尾政之, 『失敗百選』, 森北出版, 2005 年
7. 早稲田大学アジア太平洋研究センター, 『雪印乳業株式会社』, 2002 年
8. 厚生省・大阪市原因究明合同専門家会議, 「雪印乳業食中毒事件の原因究明調査結果について」, 厚生省, 2000 年
9. 朴ほか, 「雪印乳業の食中毒事件の原因分析」, 東京大学 COE ものづくり経営研究センター, 2008 年
10. 谷口勇仁, 「雪印乳業食中毒事件に関する事例研究の整理と検討」, 経済学研究, 53(3)179-187, 北海道大学, 2009 年
11. 小山巖也, 谷口勇仁, 「雪印乳業大樹工場における汚染脱脂粉乳出荷プロセス」, 経済系, 232 集, 65-79, 関東学院大学, 2007 年

6 シンドラーエレベータ事故

6.1 事例概要

平成 18 年 6 月 3 日、東京都港区のマンション、シティハイツ竹芝で扉が開いたままエレベータが上昇し、降りようとしていた 16 歳の高校生がカゴの床と乗り場側の天井に自転車ごと挟まれて死亡する事故が発生した。エレベータには戸開走行を防止する安全装置の設置が建築基準法で義務付けられており、事故機にも設置されていた。このエレベータはなぜ戸開走行してしまったのだろうか。エレベータを製造したのは世界的なエレベータメーカーであるシンドラーエレベータ社（以下シンドラー社）であった。法令で義務づけられている保守・管理を請け負っていたのは、独立系の保守管理会社であるエス・イー・シーエレベータ社（以下 SEC エレベータ社）であった。

6.2 技術的問題点

この事故からエレベータの安全対策について、安全装置および保守管理について様々な問題が浮き上がってきた。エレベータに関する技術について以下に述べる。

(1) エレベータの構造

エレベータはカゴと重りをロープの両端に配置して釣り合いを取り、ロープが掛けられている滑車をモータで動かし、カゴを昇降させる。カゴを保持・停止させておくために電磁ブレーキが用いられている。さらに、扉の開閉を検知するセンサがカゴ側と乗り場側の両方の扉にあり、すべての扉が閉まっていないと、運転できないように設計されている。

(図 6.1)

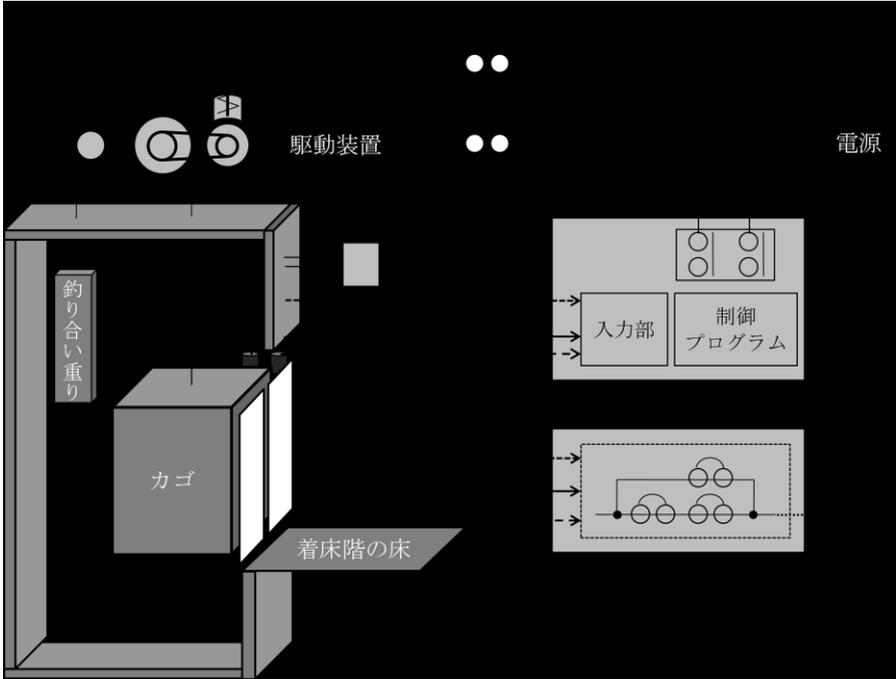


図 6.1 エレベータの概要図

戸開走行の原因として、

- ① 扉の開閉状態を検出するセンサの不具合、
- ② 運転制御プログラムのバグ、
- ③ カゴを保持する電磁ブレーキの保持力不足

などが考えられる。

(2) フェイルセーフ構造

センサや電磁ブレーキはフェイルセーフの構造になっている（図 6.2）。扉の開閉の検出はスイッチで行っており、扉が開いている場合は回路が切れている状態になる。仮にスイッチの接点で導通不良が起きても扉が開いていると判断される。また、電磁ブレーキは滑車と連結されたドラ

ムにブレーキパッドをバネで押し付け、摩擦力で制動力を発生し、ソレノイド（電磁石）で開放する構造であり、停電などでソレノイドが動作しない場合でもブレーキが利く。しかし、ブレーキパッドが著しく摩耗した場合などブレーキ力低下が生じた場合は、カゴを保持することが難しくなる可能性がある。乗客が少ない場合、バランスをとる重りのほうが重くなり、モータのトルクがない場合はカゴが上昇する恐れがある。

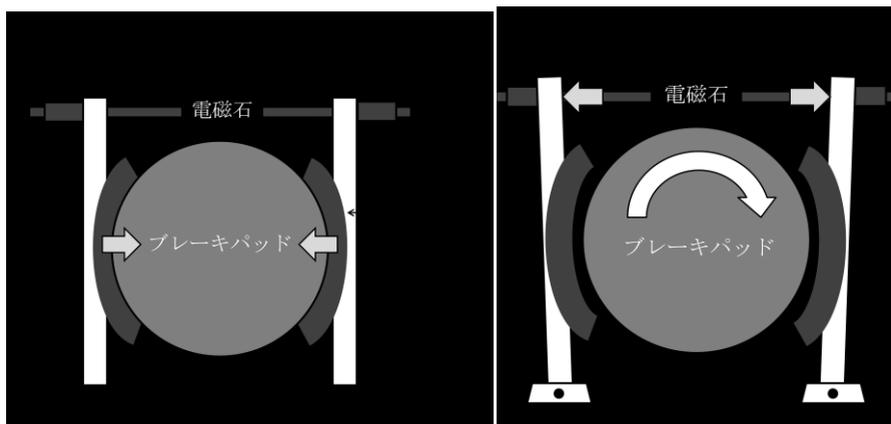


図 6.2 電磁ブレーキ

(3) ブレーキパッド

ブレーキパッドの摩耗は容易に確認できるが、事故機は事故後に警察に押収され、直接的な事故原因の解明はマンションの所有者、管理者自身では不可能である。しかし、事故後、マンションの所有者である東京都港区は「シティハイツ竹芝エレベータ事故調査委員会」を設立し、事故機に隣接する同型のエレベータを用いて、事故原因究明のために実験を行った。同委員会からの中間報告書（第3次）によると、電磁ブレーキのブレーキパッドの摩耗によって戸開走行が確認されている。

電磁ブレーキはカゴを保持するために用いられるため、ブレーキパッ

ドの急激な摩耗は考えにくい。仮にブレーキパッドの摩耗が原因である場合、保守管理会社が行う定期点検でのミスが疑われる。しかし、保守管理会社の定期点検の合間に急激な摩耗が発生する場合は発見することは困難であり、エレベータの設計上の問題となる。

(4) 運転制御プログラム

シンドラー社は運転制御プログラムのバグにより戸開走行が発生するとして、供給されていたエレベータの制御プログラムを修正していることを国土交通省に報告している。しかし、事故機に使われていた制御プログラムとは異なるとしている。シンドラー社からは制御プログラムソースコード等の技術情報の開示はなされていない。

(5) 情報提供

エレベータはメーカーと保守管理会社（所有者と保守契約を結ぶ）によって、利用者に提供される。同社幹部はこの事故が自社製品に問題があるとは認めていない。なぜなら事故機の設置から平成 16 年度まではこのエレベータは同社が管理しており、少なくとも人身事故は起きていない。事故発生時は SEC 社が保守を任されていた。もし、適切なメンテナンスがなされていなかったとすればこの会社に大きな責任があることは明らかである。しかし、ことは単純ではなく、同社は利用者の安全のための情報および不具合の情報を所有者のみならず、保守管理会社に対しても提供してこなかった。事故後、平成 18 年 6 月 12 日に開いた記者会見で同社のケン・スミス社長は、過去の不具合の情報は保守事業者を引き継いでいないこと、整備に必要な情報の社外への積極的な提供や技術講習を実施していないことを明らかにした。保守管理に必要な情報が得られなければ、十分な保守が行えるとは言えない。

同社社長が記者会見で述べた事実が、この業界の重大な問題である可

能性を示唆しており、業者間でのリスクコミュニケーションが不足していることが明らかになった。エレベータの技術情報や不具合の情報はメーカーとその系列の保守事業者が"独占"し、独立系の保守事業者が技術情報を得るのは容易ではない。メーカーは独自開発した技術情報を企業秘密とし、情報提供に消極的なのだ。独立系事業者に技術情報を提供することに消極的なのは、シンドラー社だけではないのである。

6.3 事故後の状況

シンドラー社は現在ホームページ上で情報提供および点検作業支援体制を公開するようになった。

事故後3年以上経った平成21年9月、警察が押収した事故機、隣接機の調査結果が国土交通省から報告された。ブレーキの不具合の可能性が高いとしているが、ブレーキパッドの急激な摩耗の原因などには断言を避けている。

高校生の両親はシンドラー社、SECエレベータ社、日本電力サービス社、東京都港区、港区住宅公社の5者を相手取って損害賠償を求め、提訴した。高校生の母親は事故の発生以来、現在もエレベータに乗ることなく、階段を使用している。心に負った傷は今もなお癒えていない。

6.4 再発防止対策

国土交通省は平成18年6月15日に「第5回建築物等事故・災害対策部会」を開催し、「エレベータワーキングチーム」を設置し検討した結果、再発防止に向けて、安全装置の義務化、安全性判定基準の具体化、エレベータ設置後の保守管理対策、事故・不具合の情報共有、などについて報告している。国は「戸開走行」防止のための新しい安全装置の設置を義務付ける建築基準法施行令を改正した(平成21年9月28日施行)。

6.5 電気学会倫理綱領との対応

	倫理綱領	関連性
1	人類と社会の安全、健康、福祉をすべてに優先するとともに、持続可能な社会の構築に貢献する。	○
2	自然環境、他者および他世代との調和を図る。	○
3	学術の発展と文化の向上に寄与する。	
4	他者の生命、財産、名誉、プライバシーを尊重する。	○
5	他者の知的財産権と知的成果を尊重する。	
6	すべての人々を思想、宗教、人種、国籍、性、年齢、障害に囚われることなく公平に扱う。	
7	プロフェッショナル意識の高揚につとめ、業務に誇りと責任を持って最善を尽くす。	○
8	技術的判断に際し、公衆や環境に害を及ぼす恐れのある要因については、その情報を時機を逸することなく、適切に公開する。	○
9	技術上の主張や判断に際しては、自己および組織の利益を優先することなく、学術的な誠実さと公正さを期する。	○
10	技術的討論の場においては、率直に他者の意見や批判を求め、それに対して誠実に対応する。	

参考文献

1. たとえば、日経ものづくり、10月号、pp.64-79、2006年
2. 国土交通省 社会資本整備審議会 建築分科会 建築物等事故・災害対策部会 昇降機等事故対策委員会、「シティハイツ竹芝エレベータ事故調査報告書、平成21年9月8日」、2009年
3. 港区シティハイツ竹芝事故調査委員会、「シティハイツ竹芝エレベータ事故調査中間報告書（第3次）、平成21年1月」、2009年
4. 日経ビジネス、「時事超流」、2006年7月3日号、p.6、2006年

7 六本木ヒルズ自動回転ドア事故

7.1 事例概要

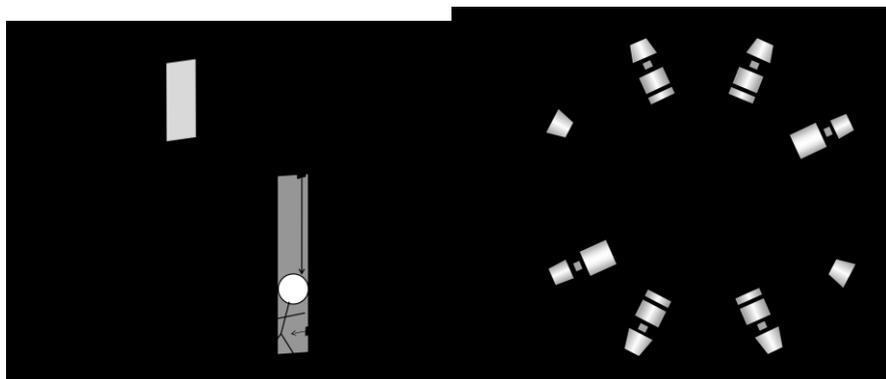
2004年3月26日午前11半ごろ、東京都港区六本木の「六本木ヒルズ」内の森タワーの正面玄関に設置されている大型自動回転ドアに6歳男児が頭を挟まれ死亡した。男児は母親の前を歩き、円柱型の回転ドアに飛び込んだ際、出入り口が羽根でふさがる直前のタイミングであったため、左側から回ってきたドアと外枠との間に頭を挟まれた。母親と付近の人がドアを手動で逆回転させて引き出したが、間もなく死亡した。死因は頭蓋骨圧迫による脳内損傷とみられ、ほぼ即死状態だった。

7.2 事故に至った経緯

7.2.1 自動回転ドアの構造

自動回転ドアは、三和シャッター工業の子会社三和タジマ（本社東京）製の「シノレス」という機種で、直径4.8メートル、回転部分の重さが2.7トンと大型で非常に重く、事故時の回転速度は周速78m/sであった。事故機は羽根が2枚で、人が入る空間は2室あった。中央部分はドア停止時にスライドドアとして使用できる便利な機能を持っていた。天井部の外周上に設置された、2個のギアドモータ(M)、4個のブレーキ(B)、2個のアイドラ(I)を含めた合計8個のローラで支持される構造であり、起動、回転、減速および停止の動作が電氣的に自動制御される(図7.1)。

大型ビルの入口に回転ドアが採用される理由は、回転ドアの各区画が区切られ、外気が直接に建物内に入ってこない仕組みであり、夏季や冬季に建物の気密が保たれ、気圧差により玄関に吹き込む風を防ぐ効果が大きく、冷暖房の効率が高いためである。特に高層ビルでは、気圧差が大きくなり大型自動回転ドアの設置が進んでいる。



(a) 模式図

(b) 天井から見た図

図 7.1 事故が発生した大型自動回転ドア

7.2.2 事故を起こした自動回転ドアの技術の変遷

欧州で開発された回転ドアの重さは約 0.9 トンであり、事故機の約 1/3 の重さである。欧州製はアルミニウム合金製であり、日本製はステンレス鋼を使用していた。欧州では安全設計上、ドアを軽くして、衝突速度を低く抑えることが行われていた。「軽くなければ危ない」という知見があった。しかし、日本に輸入されたとき、この安全設計思想は抜け落ちたと考えられる。ただし、一度に質量を 3 倍にしたのではなく、ユーザーの要求に対応する形で少しずつ設計が変更されていった。

当初はユーザーから超高層ビルの内外の気圧差による強い風圧に耐えるため、構造体の一部だけをステンレス鋼に置き換え強度を高めていた。この変更により、重量が 1.2 トンになり、重くて回転できなくなったため、1 個のモータによる上部中心駆動から、上部外周に設けたレール上をモータ駆動のローラが動く方式に変更した。これに伴い、固定はりで支えていたモータの質量はすべて回転部で支えることになり、ブレーキの増設も伴って回転部の質量は大幅に増えた。さらに見栄えの要求から、ステンレス板で飾られた結果、当初の 3 倍近い 2.7 トンもの重量になってしまった。すなわち、欧州から輸入した時から、国内では利便

性を重視するあまり、安全性が軽視される方向へと進んでしまった。

7.2.3 「本質安全」と「制御安全」

安全に関して次の2つの考え方がある。

「**本質安全**」：事故が起きたとき、安全を確保する機構が想定通り作動しなかったとしても大事故に至らないようにする考え方。

「**制御安全**」：事故が起きても制御装置により安全を確保する考え方。
この場合、制御装置の不備や不具合による大事故につながる危険がある。

事故を引き起こした自動回転ドアでは、センサにより何か挟まることを検知してブレーキをかけて停止する「制御安全」システムであった。安全性を考えれば、本質安全を優先し、制御安全を付加することが設計において望ましい。しかし、ユーザーの要望に応じる形で、安全性確保よりも見栄えや大型ビルの省エネ効率向上について優先された。その結果、2.7 トンもの非常に重い回転ドアに作り上げてしまった。つまり、ユーザーの要望に応えることは必要なことであるが、本質安全よりも制御安全に頼りすぎたために、結果的に危険が潜むものとなった。

7.2.4 技術的問題点と安全対策

もともとは安全面の理由から回転ドアは軽量であった。しかし、日本へ移入後に国内での自動回転ドアの設計で、ドアの重量を増加させたところが安全性の確保と危険性の増大の分岐点であった。技術的な問題点とその対処としてとられた安全策は以下のとおりである。

(1) 回転ドアの重量増加の問題点

- ・ 慣性の増大：短時間で停止することが困難である。実際はセンサ作動後も、停止まで約 25cm 動く状態であった。つまり、安全性を「制御安全」を中心に確保するのが困難な状態であった。
- ・ 衝撃力の増大：事故を起こした自動回転ドアでは最大で 8,500N 以上であり、子どもの頭部が破壊される力（約 1,000N）を大きく上回る。

(2) センサ配置と運用の問題点

- ・ 赤外線センサの配置：挟まれ防止のため、ドアが閉まる側の柱から横に18cmの天井部と、柱の下の部分に設置(図7.1)。ドアが柱から70cm以内まで閉まった時点で、センサが稼働する状態になり、感知するとドアを停止させる。
- ・ 天井部センサ：地上80cmから天井(240cm)までのものを感知。後に、誤動作が多いため、地上120cmから天井までに変更された。
- ・ 下部分センサ：地上から約15cmの高さのものまで感知。したがって、地上15cmから80cmまでの65cmの範囲がセンサの死角になっていたが、後に120cmの範囲に拡大された。
- ・ 誤動作の原因：駆け込みより女兒が挟まれる事故が起きていたため、約85cmの2本のポールに赤いベルトを約幅60cmで渡した安全柵を設置した。ベルトの揺れにセンサが反応し、誤作動が頻発した。そこで、120cmから天井部までのものを感知するように変更した。身長117cmの男児は検出されない仕様であった。警視庁の現場検証では、地上135cmまで反応がなかった。

7.2.5 重大事故の予兆と対応

六本木ヒルズを管理する森ビルによると2003年4月の開業以降、ここでは死亡事故が発生するまでの一年足らずで、自動回転ドアで計32件の事故が起きていた。特に2003年12月7日に6歳の女兒が身体を挟まれ救急搬送された事故では、森ビル側にも危険性の認識が高まり、事故の2日後にメーカーと対策を協議し、6項目の対策案を立てたが、実施できたのは、回転ドア前にポールの設置、注意を呼び掛けるシールの張り付け、ドアにぶつかるると停止するタッチセンサーの設置である。しかし、通常タイプには取り付けてある衝撃緩和の安全装置や人や物が挟まったときにドアが逆回転する機能の取り付けは実施できなかった。

7.2.6 メーカー側の危険の認識

メーカー側は森ビル側から2件の事故のみしか報告を受けていなかったが、危険の認識はあったはずである。事故が起きた回転ドアは通常使用の回転速度は毎分2.8回転であるが、毎日多くの人々が利用するため森ビル側は回転速度増加を要望し、設定可能な最速回転である毎分3.2回

転（周辺速度 80cm/s）に設定されていた。回転速度は速くなるほど、制動距離が長くなるため、メーカー側は利用者の安全上の理由から減速を要望していた。さらに、安全対策の導入を森ビル側に以前から要望していた。同種の自動回転ドアを用いている都内のデパートでは回転ドアの前に安全柵を設置して、警備員を配置するなどの対策が講じられた結果、事故が無くなっていた。これらのことから危険性は予め十分認識していたと考えられるが、対策を講じきれなかったことは問題があると言える。

また、2004年4月30日に行われた国土交通省の全国の大型自動回転ドアの運用状況調査によれば、事故件数は264件あり、うち重傷が22件であった。死亡事故が1件であることからハインリッヒの法則「1：29：300」の比率に良く似ている。つまり、確率から言って、重大災害がいつ起きても不思議ではない状況にあったことになる。

7.3. 事故の教訓

この自動回転ドアの死亡事故の原因として、安全性より見た目の良さや効率性、経済性などを優先した設計、つまり、安全の重点が、本質安全よりも制御安全に偏り過ぎてしまったことにある。また、小さな事故の発生から危険は予測可能であったが、直ぐに有効な対策を講じなかったことも原因としてあげられる。ユーザーである森ビル側の要望に技術面で応えることは、否定されるものではない。しかし、何よりも安全を優先にしなければならない。ユーザーの要望には最善を尽くしながらも、専門家として毅然とした態度で安全重視であることを諭すべきである。また、可能であれば、安全を確保しながら、ユーザーの要望にも応えられる方法・技術を用いることが望ましい。技術による問題を技術によって解決するのが技術者の務めであろう。そのために日々、自らの能力の向上に努める必要がある。しかし、自己の技術力を過信し、それに基づいた安全設計には注意が必要であることをこの事故は教えている。

7.4 電気学会倫理綱領との対応

	倫理綱領	関係性
1	人類と社会の安全、健康、福祉をすべてに優先するとともに、持続可能な社会の構築に貢献する。	○
2	自然環境、他者および他世代との調和を図る。	○
3	学術の発展と文化の向上に寄与する。	
4	他者の生命、財産、名誉、プライバシーを尊重する。	○
5	他者の知的財産権と知的成果を尊重する。	
6	すべての人々を思想、宗教、人種、国籍、性、年齢、障害に囚われることなく公平に扱う。	○
7	プロフェッショナル意識の高揚につとめ、業務に誇りと責任を持って最善を尽くす。	○
8	技術的判断に際し、公衆や環境に害を及ぼす恐れのある要因については、その情報を時機を逸することなく、適切に公開する。	
9	技術上の主張や判断に際しては、自己および組織の利益を優先することなく、学術的な誠実さと公正さを期する。	
10	技術的討論の場においては、率直に他者の意見や批判を求め、それに対して誠実に対応する。	○

参考文献

1. 日経ものづくり, 5月号, pp.230-233, 2005年
2. 畑村洋太郎, 『危険学のすすめ, ードプロジェクトに学ぶ』, 講談社, 2006年
3. 朝日新聞 <http://www.asahi.com/special/doors/>, 2004.4.26.
4. 中村昌允, 『事故から学ぶ技術者倫理』, 工業調査会, 2005年

8 もんじゅナトリウム漏れ事故

8.1 背景

通常の原子力発電（軽水炉）による燃料の消費は全体の 3-5%程度で、使用済燃料の 95-97%程度は再利用できる「リサイクル可能な燃料」である。日本はエネルギー自給率が極めて低くエネルギー資源の 96%以上を海外からの輸入に依存しており、原子力発電の燃料であるウランも全量を輸入に頼っている。よって「原子燃料サイクル」を確立することでウラン輸入量が減少し、供給安定性が強化される。また使用済燃料を直接処分する（ワンス・スルー）と使用済燃料全部を高レベル放射性廃棄物として処分しなければならないが、再処理を行うと高レベル放射性廃棄物の量が減るため、放射能の影響度合いを 10 分の 1 程度に低減させることができる。このように「原子燃料サイクル」の確立は日本の核エネルギー政策にとって非常に重要なことであるが、その主要な施設として再処理工場と高速増殖炉がある。再処理工場は日本原燃が主体となり青森県六ヶ所村に建設され、現在運転試験（一部操業開始）が進められている。

もう一つの主要設備である高速増殖炉とは、原子炉で燃えてなくなる核燃料よりもより多くの量の新しい核燃料を原子炉を運転しながら作り出す、いわゆる「増殖」が可能な原子炉である。増殖の意義は単に経済性での有利さだけにとどまらず、上記の通りエネルギー政策上大変重要な意味を持っている。

このように少ないウラン資源を有効に利用するということから、世界各国で高速増殖炉の開発が行われてきた。日本では動力炉・核燃料開発事業団（動燃、現日本原子力研究開発機構）がその開発を担当しており、1977 年より高速実験炉「常陽」を稼働し、1985 年に福井県敦賀市（敦賀半島北端）で、発電プラントとしての機能や大型化への技術的可能性

を確認するための研究用高速増殖原型炉「もんじゅ」の建設を開始した。もんじゅは 1991 年には試運転を開始し、1994 年 4 月に核分裂が連続して起こる臨界に初めて達した。1995 月には初発電に成功しその後電気出力を段階的に上げている中、100%出力試験を目指している途中でナトリウム漏えい事故が発生した。

高速増殖炉は一般の原子力発電所の軽水炉と異なるいくつかの特徴を有しており、その一つに冷却材にナトリウムを使用（一次冷却系、二次冷却系、軽水炉は水を使用）していることがある。これはナトリウムが「暖まりやすく冷めやすく、水の 100 倍の熱伝達率で熱をよく伝える」「中性子の速度を減速させず、吸収も少ないので効率のよい高速増殖炉ができる」「約 880℃という高い温度まで沸騰しないので、軽水炉のように圧力をかける必要がない」という冷却材としての優れた特性を持っているためであるが、液体ナトリウムは化学的に活性であるため温度の高いナトリウムが空気に触れると燃え上がり、ナトリウム液面上を不活性なカバーガスで覆う等の対策の必要性があり、その扱いの難しさが技術的課題の一つにもなっている。

現在では高速増殖炉開発の先進国である米、英、仏、独等のほとんどで財政的問題等によりその開発は中断されており、まだ研究開発を進めているのは日、中、印などに限られている。またその内容は核燃料の「増殖」が目的ではなく、「高速炉」としての開発が主流となってきている。もんじゅは地元の同意が得られれば 2010 年 3 月にも 14 年ぶりに運転を再開するが、実用商業炉までには安全面、経済性等でまだまだ高いハードルが幾重にも並んでおり、今後の展開はまったく予想できない。

8.2 事故の概要

1995 年 12 月 8 日、もんじゅの二次系中間熱交換器出口配管から冷却材の液体ナトリウムが漏えいし火災となる事故が発生し、原子炉を手動

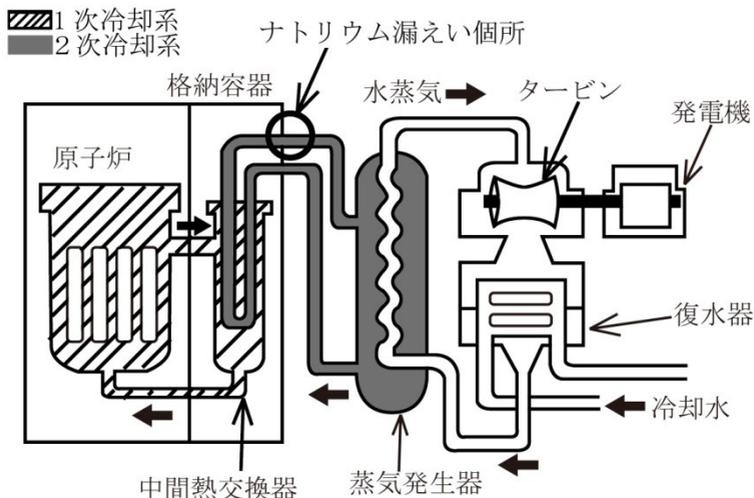


図 8.1 もんじゅの構造とナトリウム漏えい事故発生箇所

で緊急に停止した。図 8.1 にもんじゅの簡単な構造と事故発生箇所を示す。

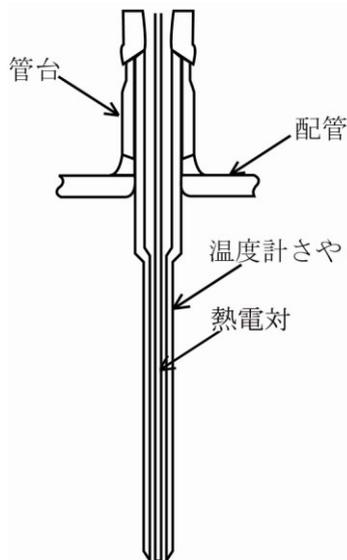
原子炉格納容器内にある中間熱交換器から二次系の出口配管が出ており、この配管は原子炉格納容器を貫通して配管室へ伸びている。その配管が格納容器から抜け出て間もないところにナトリウム温度計が付いており、その温度計から液体ナトリウムが漏えいした。漏えいしたナトリウム量は $640\text{kg}\pm 42\text{kg}$ と評価され、約 230kg はエアロゾルとして飛散したが、これによる放射能もれならびに環境への影響もないことが確認されている。

なお破損部はナトリウム温度計の保護管（さや管）の細管部であり、また破損細管部の中に保護されていた温度センサー（熱電対）が約 45 度、ナトリウムの流れる方向に曲がっていた。

8.3 技術的問題点

二次主冷却系の温度計は、図 8.2 に示すように主配管の横腹に設けら

れた管台に溶接され、温度計さやが配管内に約 185mm 突き出した構造で、このうちさやの先端約 150mm の部分は直径が 10mm と細くなっている。各種の実験や解析により、さやの破損は配管内を流れるナトリウムの流体力により発生したさや細管部の振動がさや段付部に高サイクル疲労を生じさせこれにより破損に至ったこと、また 100%流量運転において発生・伸展・停留したき裂が 40% 流量運転で最終破断に至ったことが判明した。この現象を引き起こした主原因は温度計さや管の設計の問題であった。



流れの中で円柱が流れと直角方向に置かれたとき、円柱の後ろに渦の列が放出される。条件によってはこの渦によっ

図 8.2 温度計さやの形

て円柱に振動が生じる場合があることは、カルマン渦による振動を代表例としてよく知られている。実際に、事故後の実寸大の温度計を用いた水流動試験、ならびに流体-構造連成解析により対称渦の放出に伴う抗力方向（流れ方向）の振動が生じていたことが確認された。つまり温度計さや部に上下対称に現れる双子渦が発生し、この渦によりさやに流れ方向の振動が励起され、さやの段付部で応力集中し、その部分が高サイクル疲労破壊で折損した、というのが今回の事故のメカニズムであった。

同じ形状を持つ他の温度計ではさや段付部に異常は認められなかった。温度計さや管に挿入されている熱電対はさや管の振動を減衰させる効果があるが、曲がった熱電対を挿入したさや管ではその効果が小さくなることもわかった。破損温度計には曲げて挿入した擦り傷が見られ、

このことも破損に影響していたものと考えられている。

8.4 技術者倫理的問題点

さや設計の問題点は二つあり、通常は機械設計としては当然考えなければならぬ「応力集中を避けるために段差部形状はなめらかにする」ことを怠ったことと、「設計基準の解釈」を間違えたことにある。さらに「基準解釈」についても二重のミスを犯しており、一つは段差のないテーパ形状さやの基準を本事例の、それも 120°もの段差のあるさやに適用してしまったことで、二つ目は上記の対称双子渦の影響を考慮していなかったことである。

設計に用いられた 1974 年制定の規格 (ASME PTC19.3) にはこの対称双子渦の記述はなかったがこの現象は流体力学の分野では常識的なことであり、また 1991 制定の別の規格にはこの記載はあったが、こちらの規格は考慮されていなかった。また事故後の資料には「(当時) 標準的設計手法は確立されていなかった」と記載されているが、設計の参考にしたとされている別の資料には今回問題となった現象が詳細に記述されていた。

これらについての検討・考慮が十分になされていれば、今回の事故は事前に防げたかもしれない。専門的考慮・対応はその分野の専門家である技術者にしかできないので、技術者には関連技術についての幅広い知識が要求される。またその知識を獲得すべく日頃の情報収集、自己研鑽等が望まれている。もちろん技術者個人だけではなく、技術者集団（チーム）としての対応も含めてである。

8.5 倫理綱領との関連性

本事例の内容と専門分野的にもっとも関連のある日本機械学会の倫理綱領（日本機械学会倫理規定）に、以下の記述がある。「1. (技術者としての責任) 会員は、自らの専門的知識、技術、経験を活かして、人

類の安全，健康，福祉の向上・増進をすべく最善を尽くす。」

技術者が仕事を進める上でその仕事に関連する規格・法律の存在は非常に重要であり，それらを守って（参考にして）仕事を進めなければならない。しかし特に先端技術においては規格や法律というものは後手に回るのが一般的であり，意味をなさないことが非常に多いということを中心にとめておかなければならない。つまりある技術についての規格・法律を作成しようとしても，その技術が確立していなければそれについての規格・法律は作成できないのは当然である。ゆえに，新しい技術に関しての規格・法律というものは存在しないのが当然で，だからといってこれらの規制がないからなにをしてもよい，ということは当然あり得ない。技術的・社会的責任をもつ技術者として，このような状況の時には技術者自らが広範囲にわたる様々な影響をも考えて，規格・法律に相当する規制内容を考えながらその技術を確立，発展させていく必要がある。

参考文献

1. 日経ものづくり編，『重大事故の舞台裏～技術で解明する真の原因～』，日経 BP 社，2005 年
2. 日経メカニカル編，『事故は語る～比類なきトラブル事例集～』，日経 BP 社，1998 年
3. 中尾政之，『失敗百選～4 1 の原因から未来の失敗を予測する』，森北出版，2005 年
4. 日本原子力研究開発機構 HP：もんじゅ
<http://www.jaea.go.jp/04/monju/index.html>
5. 電気事業連合会 HP：原子燃料サイクル
<http://www.fepc.or.jp/present/cycle/index.html>
6. 朝日新聞 2010 年 2 月 25 日朝刊

9 東海村 JCO 臨界事故

9.1 事例概要

1999年9月30日、日本で初めての「臨界事故」がジェー・シー・オー（JCO）東海事業所で起こった。国際原子力機関（IAEA）によると、レベル4あるいはアメリカスリーマイル島原子力発電所事故に匹敵するレベル5とされた。臨界状態とは核分裂が連続的、持続的に起こる状態で、制御されていけばよいが予想外の場合は事故となる。

JCO 東海事業所では、放射性ウラン 0.7%しか含まれていない天然ウランをもとに、18.8%の中濃縮し、高速増殖炉「常陽」の燃料(380gU/L)を作製していた。1979年当初は、12%の低濃縮ウランを4.7kgの製造であったが、20%に変更されたため臨界を防ぐため、半分の量(2.4kgずつ、溶液量6.5リットル)に分けて製造された。しかし、製造された全量の製品が均質でなければならず、クロスブレンド法が発案された。次第により大きな容器で一気に混ぜるようになった。これらの工程はすべて認可を受けていない社内裏マニュアルによるものであった。

国の承認を受けた正規の手順は、1. 溶解塔で粉末の酸化ウランを硝酸に溶かす。2. 抽出塔不純物を取り除く。3. アンモニアと反応させ沈殿をつくる。4. 加熱して八酸化三ウランにする。5. 還元して二酸化ウランにする。6. 再度、溶解塔で硝酸に溶かす。7. 貯塔で攪拌する、である。

裏マニュアルでは1と6のステップで、ステンレスバケツ（容量10リットル）が用いられた(1993年使用開始、1996年裏マニュアル化)。さらに事故時には、7のステップで貯塔でなく沈殿槽に投入された。

作業現場だけによる違法行為でなく、大きな容器には臨界の起こりにくい形状のものが選ばれるなど、裏マニュアル作成には技術者が深く関

ズングリとしていたために、形状臨界を迎えてしまった。

(1) 技術者としての問題

上記のように、最終的な事故は作業員が勝手にしたことが引き起こしたとも言えるが、そこまでの背景を作り、管理不足だったのは技術者であった。裏マニュアルは 10 年間続いていたが、槽間を配管でつなぐと証拠が残るために、ステンレスバケツの利用がはじまった。より濃度の低い沸騰水型原子炉向けの 2~3% のウラン燃料はバケツで 10 倍量を入れても臨界ウラン量内にとどまるが、「常陽」向きの製品では臨界ウラン量の 2 倍以上になる恐れがあった。このように、ある程度の逸脱した裏マニュアルは、技術的裏付けがあり実施できたが、次第に正規マニュアルに頼らない姿が常態化し、裏付けなしにマニュアルの改ざんがおこなわれる事業体質になっていたようだ。最終的な形状臨界を超えるためのマニュアルはなかったが、現場の作業員にルールよりも効率を優先させる環境を作り出した技術者の責任は免れない。

関連する人物：

木谷宏治社長，越島健三所長，近藤哲也技術部課長，小川弘行製造部計画グループ長，横川豊副長（作業リーダー），作業員（大内久（死亡），篠原理人（死亡），横川豊）

(2) 関連分野と特異性

原子力関係の設備はフェイセーフの思想に基づいて設計されている。しかし、東海村 JCO 事故やチェルノブイリ発電所事故のように、技術者等が意図的に安全機構を外すようならば、残念な結果が高い確率で生じるであろう。

(3) 被害者

作業員 3 名の被曝のほか、対策作業のために計 18 人が現場に入り込み、少なくとも 6 人が 50 ミリシーベルトを超える被ばくをした。最終

的に住民を含め 436 名の被曝があった。

(4) 判決（2001 年 4 月）水戸地方検察庁

法人としての JCO に罰金 100 万円, 東海事業所所長に禁固 3 年 執行猶予 5 年 罰金 50 万円, 社員 5 名に禁固 3~2 年（執行猶予）

9.2 経過

1999 年 9 月 30 日

朝： JCO の作業員 3 名は、核燃料サイクル開発機構の高速増殖炉「常陽」向けの燃料の製造を開始した

10 時 35 分： JCO 東海事業所（茨城県東海村石神外宿）の放射線モニター警報
転換試験棟内で臨界事故。3 人が致死量の被曝

10 時 40 分： JCO 事業所従業員全員がグラウンドに避難

10 時 45 分：救急車到着

11 時 15 分： JCO が科技厅にファックスで通報

11 時 33 分： JCO が茨城県に通報

11 時 34 分： JCO が東海村にファックスで通報

16 時 00 分：茨城県が原子力災害対策本部を設置

16 時 30 分：核燃料サイクル開発機構が中性子線量率測定（毎時 4 ミリシーベルト）

21 時 40 分：野中官房長官が「日本初の臨界事故」と発表

22 時 28 分：JR 常磐線水戸-日立間運転見合わせ

10 月 1 日

2 時 30 分：現場の写真撮影

2 時 58 分：臨界状況抑止のため沈殿槽の冷却水抜き取り作業開始

6 時 14 分：水抜きの作業終了

6 時 15 分：アルゴンガスを注入，水抜き作業終了

中性子モニターのレベル下がる（臨界状態の停止）

8 時 30 分：ホウ酸水注入

9.3 用語

東海村：昭和 30 年，茨城県に村松村と石神村が合併し，東海村が誕生した。翌年，日本原子力研究所の設置が決定されて以来，原子力と歩む歴史が始まった。昭和 32 年には原研・東海研究所の研究用原子炉（JRR—1）臨界に達し，昭和 37 年国産第 1 号原子炉（JRR—3）も臨界となり，昭和 38 年初の原子力発電に成功した。人口 37,046 人（平成 22 年 1 月 1 日現在）。

株式会社ジェー・シー・オー（JCO）：1979 年，住友金属鉱山が全額出資し設立した会社。核燃料製造の中間過程を請け負う。1999 年，東海村 JCO 臨界事故が発生し，2003 年，ウラン再転換事業を廃止した。

ウラン（ウラニウム）：原子番号 92 の元素。元素記号は U。

天然に 3 種類の同位体が存在する。地球上で最も多く存在するのはウラン 238（存在比 99.275 %）であるが，原子力発電の燃料に使われるのはウラン 235（0.72%）で，他にウラン 234（0.0054%）がある。もっとも安定なウラン 238 の半減期は 4.51×10^9 年であり，ウラン 235 は 7.13×10^8 年，ウラン 234 は 2.48×10^5 年である。ウラン 235 の原子核は中性子を吸収すると 2 つに分裂する。この際に 2 個ないし 3 個の中性子を出し，それによってさらに反応が続く，すなわち核分裂の連鎖反応をおこす。

ウラン 235（アクチノウラン）：ウラン-235 は α 線を放出して（ α 崩壊）>トリウム-231（ β 崩壊）>プロトアクチニウム-231（ α 崩壊）>アクチニウム-227（ β 崩壊）>トリウム-227（ α 崩壊）>ラジウム-223（ α 崩壊）>ラドン-219（ α 崩壊）>ポロニウム-215（ α 崩壊）>鉛-211（ β 崩壊）>ビスマス-211（ α 崩壊）>タリウム-207 に，最後に β 崩壊で安定同位体の鉛-207 となる。 α 崩壊時に中性子が放出される。

転換：ウラン 235 の天然存在比はわずか 0.72% であるため，原子炉の燃料として用いる濃度（軽水炉用には低濃縮ウラン(3~5%)が使われ，JCO 事故時に作られたものは高速増殖炉「常陽」に使用する 18.8%の中濃度(12~20%)であり，20%以上の高濃度と区別される）をするために，ウランを気体になりやすい六フッ化ウランにする。このような化学的な作業を施すこと。六フッ化ウランからフッ素を取り除くことを再転換という。JCO は独自技術の溶媒抽出法で六フッ化ウランを二酸化ウランへ転

換していた。この工程で不純物を化学的に除去するために、六フッ化ウランを硝酸に溶解して硝酸ウラニル $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液をつくり、溶媒抽出を行う。次に溶液を加熱・脱硝して粉末の二酸化ウランにする。なお、核兵器製造には 90%以上のウラン 235 が必要である。

臨界：放射性物質の原子核分裂が連鎖的におこる継続的状态になること。連鎖反応を起こす中性子の量は、放射性物質の量および濃度そして容器の形状が起因する。

青い光：放射線が水中で光の速度よりも速い速度で移動するときに発するチェレンコフ効果によるもの。

放射線障害：放射線の被曝により、その電離・励起能力により細胞の DNA を損傷させる。症状は倦怠感から造血能力の低下、細胞死による下痢、感染障害となり、被曝量が 15 グレイ（放射線性がものに当たった時のエネルギー量）以上の場合は神経障害を起こし死亡する。JCO の 9 月の事故では、大内久さんは 18 グレイ被曝し 12 月に、篠原理人さんは 10 グレイを被曝して 4 月に亡くなられた。

国際評価尺度：事故の程度を示す。0 から 7 までの 8 段階で、東海村臨界事故はレベル 4、スリーマイル島原発事故はレベル 5、チェルノブイリ原発事故はレベル 7 とされた。

参考文献

1. 原子力資料情報室、『臨界事故 隠されてきた深層』、岩波ブックレット No.632、岩波書店、2004 年
2. D&M 日経メカニカル、『事故は語る 1998-2003』、日経 BP 社、2003 年
3. 日経ものづくりの本、『重大事故の舞台裏』、日経 BP 社、2005 年
4. 中尾政之、『失敗百選』、森北出版、2005 年
5. 原子力教育を考える会、「よくわかる原子力」

<http://www.nuketext.org/jco.html>