
1 章 ガイダンス

～社会人生活への準備を始めよう～

◇本章で学ぶ内容◇

この章では本書が技術者になる準備に限らず、社会人に向けた準備のためのものであること、およびその意味を理解する。そこからこの講義の進め方・取組み方、成績評価方法、課題の扱い方などについての意図を述べる。

1.1 有意義な学生時代のために (社会人準備が不足している人のために)

Q 1.1 学生時代（大学・高専専攻科・専門学校など）は何のためにあるのでしょうか？そして学生時代をどう過ごしていますか？（どのように過ごしてきましたか？）

この問に対して「最低限、ここでは単位をとって卒業する。そうすれば自然に専門能力が身につくようにカリキュラムはできているはずだ。学生時代の大切なところは、講義もさることながら、それ以外の自由な時間の方にある」そう思っている人も多いのではないだろうか。

たしかに著者もそのように考え大学時代を過ごしていた気がします。しかし多くの講師はこう思っているはずで「もっと自発的に勉強して欲しい。学問とは本来そういうものなのだから」。

「幾つかの選択肢から受験して入ってきたのが今の学校だ。就職でもいくつか

の選択肢から様々な関門を抜けるのだから、これまでの受験と何も変わらない。結局これまでの延長線上に社会人生活があるのではないか。だから社会人になるための準備と言われてもピンとこない」、「今の学校にも入ってしばらくしたら慣れた。社会人になってもまたすぐに慣れるんじゃないかな。だから社会人生活のことはなってから考えればいい。今はできるだけ専門的能力を高めることに集中する」こう考えている人も多いのではないのでしょうか。

これらに共通するのは、「社会人生活も学生生活とそんなに大きくは違わない」という認識でしょう。でも実際はどうなのでしょう。

著者は、前の勤務先で多くの新入社員を見てきました。その多くは勤務先に適応し、その生活の仕方を身につけていきます。しかし、数人に一人の割合でなかなか適応できない、社会人として大切なこと、求められていることを理解できず“戦力”になるのに長い時間かかる人もでています。ひどい場合にはそのギャップに全く気づかないままにニセ「社会人」生活を送り続け、戦力外とみなされてしまうこともあります。その原因は、学生生活と社会人生活との間の大きな違い、ギャップに気づき適応できる度合いが人によって違うからです。

では、学習生活（学生生活と生徒や児童とよばれたころの生活）と社会人生活との間にはどのような違いやギャップがあるのでしょうか。いくつかの事例を見ていきましょう。

1.2 “ミス”の重み

【事例 1.1】株式の大量誤発注事件

2005年12月8日9時27分、証券会社の担当者が「61万円1株売り」の注文を誤って「1円61万株売り」とコンピュータに入力した。その結果、9時30分にはストップ安の57.2万円に張り付き、大量の買い注文を発注した投資家や、株価急落を受けて保有株を売りに出す個人投資家などで市場は混乱した。

証券会社の担当者は売り注文から1分25秒後にその誤りに気づき、売り注文の取り消し操作を行ったが、証券市場のコンピュータプログラムが受け付けなかった。証券市場に電話連絡したが、証券市場もプログラムによる手続きを

あくまで要求したため、取り消しできなかった。証券会社は反対売買による買い戻しに踏み切り、全ての売り注文は一気に売買が成立、株価も一気に上昇し9時43分には一時ストップ高の77.2万円まで高騰した。その後も乱高下が続き、10時20分以降はストップ高にはりついたという。証券会社の反対売買にも関わらず9万6,236株の買い注文はそのまま市場での売買が成立、証券会社の損失は409億円に及んだ。

【事例 1.2】耐震強度の計算ミス

2005年11月に発覚した姉歯（元）一級建築士による耐震偽装事件は、20件の耐震強度偽装から始まり、その後の調査で約100件にまでその被害が膨れ上がった（詳細：【事例 9.1】）。しかし、ここで取り上げるのは関連する調査で確認された5件の耐震強度計算の誤り、意図的なものではなく単なるミスによって建築基準法が求める耐震基準を満たしていない物件である。うち2件は、建築基準法の最低ラインを1.00として0.54, 0.79だったという。これは姉歯物件とほぼ同じ水準の重大さ、震度5でも大きく損傷するレベルである。

姉歯物件では多くのマンション住民やホテルを直接の被害者として巻き込み、大変大きな損害と不安を社会にもたらした。しかし、それと同じレベルの被害が単純な計算ミスでも引き起こされる。

【事例 1.1】、【事例 1.2】のように、社会の中では社会人とりわけ技術者はその一つのミスが多大な損害をもたらしたり、多くの人びとの生活に影響したり、人の命まで奪ってしまうかもしれません。このようなことは普段の学習生活では考えられません。

《学習生活と社会人生活の違い-①》“ミス”の意味

まず試験でのミスを考えると、そのミスには自分の成績以外は殆ど何も影響しません。テストであなたが目指すのは、制限時間内に多くの正答を出すことです。たとえどんなに大きな間違いをしようが手付かずであろうが、“正答でない”なら全く同じ“×”評価。だからいかに効率よく“正答の数を稼ぐか”

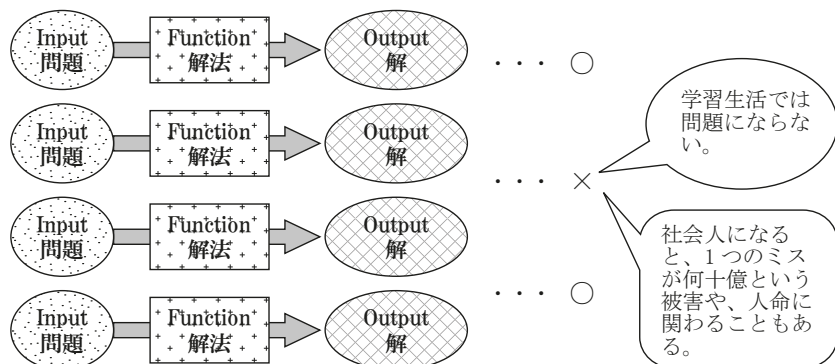


図 1.1 社会人・技術者の“ミス”の重さ

に神経を注ぎ、まずは一定の注意を払いながらも出来るだけたくさんの問題を解くことに集中し、そのあとで誤りがなかったか見直すでしょう。そして合格点を超えていれば良いわけです(図 1.1)。

しかし社会人になると“いかにたくさんの正解を出せるか”は最優先にはなりません。一番大事なことは“不正解を出さないこと”であり、これが仕事の基本です。そのことを【事例 1.1】【事例 1.2】は示しています。

《学習生活と社会人生活の違い-②》間違った答えがノーチェックで通っていく

社会人には答をチェックしてくれる先生はいません。そのため、自分の答えがそのまま正解として扱われていきます。だから基本的にミスは出してはいけません。正解かどうかの自信がないときには、依頼者に出さない(白紙解答=出せないことを認めて謝る)ほうが行動としては“正解”の場合が多いです。曖昧な答えについては少なくとも説明を付けて提出する必要があります(新人社会人の間は、上司や先輩がチェックしてくれるかもしれません。しかしそれは新人のうちだけのことです)。

学生時代には残念ながら“ミスを極力抑えこむ”訓練の機会は少ないでしょう。それが学生時代に優秀だったからといって、社会人としても優秀とは限らない一つの理由です。

1.3 問題が不明確なのは誰のせい？

次に【事例 1.3】で自分の社会人力を試してみましょう。

【事例 1.3】温度センサーの仕様¹⁾

私はある工業用電気炉のメーカーに勤める技術者で、ある日、上司から次のような開発指示を受けた。

「昨日顧客の A 社から電話があつて、うちが納入した B 電気炉について次のような相談を受けた。A 社では、B 炉をこれまでとは違う素材の熱処理に使いたくて、温度を上げて操業するテストを行っている。炉体や耐火物その他の部品の耐熱性に問題のないことを伝えたが、先日、短時間だけその温度まで上げてみると、B 炉に設置していた特殊センサーが誤作動を起こしたそう。それで、このセンサーの耐熱温度を 10℃上げられないかと言ってきた。なので君、そういうセンサーの開発を検討してくれ」

この指示を受けて私は、耐熱温度をこれまでより 10℃上回るセンサーを開発するため、市場情報や文献検索など情報収集して検討し、ある研究機関で使われているセンサーを少し改良すると適用できそうなことを見つけた。カタログなどの技術資料を取り寄せ、特許情報を確認し、やはりその技術から開発できそうなことが確認できたので、新センサーの開発計画として、予算 100 万円、開発期間 4 ヶ月の開発計画案にまとめ上司に提案した。そして最終的にその計画は承認されて実施することになった。

5 ヶ月後、計画より 1 ヶ月遅れではあったが、概ね見込みどおりに開発は成功した。試作品は 7 個すべてが 25℃上回る温度まで正常に動作した。

早速、これらの試作品を持って A 社に出向いてみると、すでにセンサーに遮熱板と断熱材を施すことでセンサーの温度上昇を防ぐ処置をし、従来センサーのままトラブルなく新しい温度条件で操業していた。

1) この事例は参考文献 (18) の 3 章を参考にした仮想事例です。

(1) 誤 解

Q1.2 【事例1.3】では誰がどこで誤った情報を発信し、誰がどのように誤解したでしょうか？また、どのようにすればそのような間違いをせずに済んだでしょうか？

結局、100万円の開発費と5ヶ月もの私と開発に協力してくれた人々の時間（それに会社としてはそれに対応する人件費）を無駄に費やせてしまいました。なぜこのようなことになったのでしょうか。

その根本は、A社が解決したかったことと私が解決したことが違っていた、すなわち次のような問題の取り違えをしていたことです。

- ・A社が解決したかった“真の要求”

- ＝B炉の温度を上げ、これまでとは違う素材を熱処理できるようにする。

- ・私が解決した“理解した要求”

- ＝B炉の特殊用途センサーの耐熱温度を10℃以上上げる。

ではどうしてこのような食い違いが起ってしまったのでしょうか。

《学習生活と社会人生活の違い-③》問題を明確に述べてくれる人

再びテストについて考えてみましょう。テストの目的は“あなたがどれだけ教えられた知識ややり方を理解しているかを、問題が解けるかどうかで計る”ことにあります。ですから、問題文は明確に一通りに解釈できるように作られています。それは問題文がいく通りも解釈ができてしまうと、受験者の力を正しく計ることができないからです。

しかし現実に出会う問題はそんなに明確に提示されることはありません。むしろ問題そのものを提示しないことのほうが多いのです。それは次のような事情にもよっています。

(2) 相談者は自分にとっての“課題”を投げかける

【事例1.3】を例にとると、このときA社は「センサーの耐熱温度をこれまでよ

り10℃上げられないか」と言っていました。この時点ですでに上記の“理解した要求”を提示していて、“真の要求”からずれていたことになります。ではこの問題のとり違いの責任はA社にあるのでしょうか？答えはノーです。なぜならこの場合、開発費100万円と5ヶ月分の私（開発者）の人件費をA社に請求しても、取り合ってくれないばかりか、何を勝手な請求をしてくるのだと不信感を持たれ、今後の取引にも影響を与えかねないでしょう。それは問題のとり違いの大部分の責任が私たちの側にあると考えるべきだからです（もちろん、これが“相談”ではなく“発注”のような“約束”であれば話は別です。発注の場合には主な責任が発注ミスをしたA社にあることは明白です）。

ここで考えたいのは責任ではなくて、どうしてこのような食い違いが生じたかです。すなわち、相談者（この場合のA社）について言うなら、次のような傾向がある、ということです。

『相談者（A社）は、自分がなんとかしたい問題（=B炉の温度を上げ、これまでもとは違う素材を熱処理できるようにすること）について、まず自分のなかで解決策を考える。そのなかで自分だけでは解決できそうにない問題に出くわしてはじめて専門家に相談しようと思う。しかしその相談内容は、自分が本当に解決したい問題の全部ではなく、自分では解決できそうにない問題の部分（=センサーの耐熱温度を10℃上げる）について相談してしまうもの』だからです。

（3）本当の問題は、直接確認しなければわからない…“三現主義”（その1）

【事例1.3】では、最初に“真の要求”と“理解した要求”とを取り違えたのは上司でした。私はその言葉を信じ、また組織としても信じたのでした。では私には落ち度はなかったかというところではありません。本来なら、課題を与えられた時点でA社に出向き、本当の要求を確かめるべきでした。

（2）で見たように要求する当人でさえ“真の要求”を伝えないわけですから、第三者を介して伝わる“要求情報”ほど不確かなものはありません。ですから、当事者のところに行き、実際に困っている状況を確認することが大切です。

このように、現場に行き、現物を見、現実を把握することによって、真の問題点を確認することはとても大切です。これを技術の世界では“三現（さんげ

ん)主義”とよんでいます。この“三現主義”は、技術に限らず他のすべての職業や業種、日常生活、社会生活でも大切な姿勢です²⁾。

《学習生活と社会人生活の違い-④》問題を理解し、解決の方向性を合意する

学校の試験と違い、現実に出会う問題は、そのものが語られていない可能性があったりして曖昧なので、まず問題そのものを理解することから始めるしかありません。しかし、このような訓練を学校ではほとんど受けてきていませんから、往々にして与えられた情報から勝手に解釈してしまい、問題の本質を見誤ることになります(図1.2)。このことも優秀な学生が社会人生活を上手く送れなくなる大きなギャップの一つです。

また【事例1.3】では、最初に相談してきたA社と何の合意もせずに、自社(自分と上司)の思い込みだけで“理解した要求”の開発をしてしまいました。しかし、問題を解決して欲しい人(組織)との間に、何の合意もないまま事を進

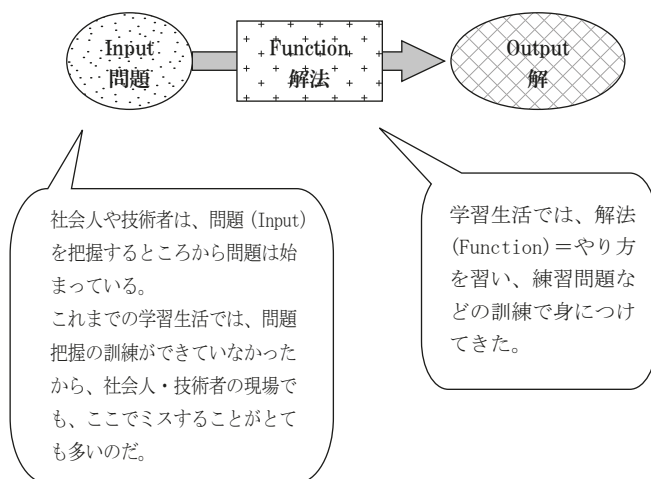


図 1.2 訓練してこなかった“問題把握”

2) 失敗学で有名な畑村洋太郎氏は「現地」「現物」「現人」の「三現主義」を主張されています。言葉は少し違っていますが、その内容はほとんど同じだと思います。

3章 3.5(3) 参照。

めるのはおかしいことです。これは、医者が患者に相談もなく手術するのと同じことで、余程の緊急事態でもない限り許されることではありません。

Q1.3 次の事例の場合、あなたならどうしますか？

【事例1.4】

学校の駐車場の横に7月末に植えたばかりの高さ4mの木が、まだ8月中旬に発生した台風で倒れた。木のすぐ横の駐車場枠内に駐車していた車に当たり車体が傷ついた。木をもとどおりに起こしたが1週間後にまた台風が来て倒れた。今度は反対側に倒れたので事なきを得た。

教授から木が倒れないような対策を施しなさいという課題を与えられた。納期は1年、予算は1万円とのことである。さて、あなたならどのように進めますか³⁾。

1.4 自分だけでできないのが技術

学習生活と社会人・技術者生活との違い、ギャップは他にもあります。例えば、仕事に対して次のようなイメージを持つてはいないでしょうか。

「毎日出勤して自分のコンピュータのスイッチを入れると、そこには今抱えている課題と昨日までの到達状況、そして今後の課題の予定が映し出されている。その担当部分を自分の能力をフル回転させながらこなしていく。分からないことがあれば先輩や上司に聞くが、それ以外は自分の責任で進める。一つ仕事を仕上たら上司に転送して結果のチェックを受け、OKなら次の仕事に取りかかる」

最近は何の会社でもイントラネットなどの情報ネットワークを持ち、コンピュータを通じて仕事をしている部分があるのは事実です。そこから抱く仕事のイメージは上のようなものかもしれません。しかし、実際の企業や組織でこ

3) この事例も参考文献 (18) の第2章に少し手を加えただけの仮想事例です。

のような仕事の仕方をしているところはほとんどないでしょう。

考えてみてください。自分は与えられた課題をこなしていくとして、ではその課題を誰が作り与えてくれるのか？そして課題を新たに持ってくることができなくなれば、それが民間企業なら“倒産”を意味します。

「ニーズを捉えて課題を持つてくるのは営業部の仕事。技術者はその課題をこなすのが仕事」という考えも、営業部からすると“身勝手に非現実的”と映るでしょう。なぜなら、売れそうな新しいものや、価格競争力の有る製品を生み出してくれないと、営業部だって仕事ができないからです。

つまり社会での仕事には、誰かが一方的に仕事を作り、他の人々は一方的にそれをこなすだけ、というような単線的な関係はありません。いろいろな部門・部署の人々がそれぞれ専門的な業務を進め、それぞれの部門が相互に課題を出し合いまた解決しあいながら、組織全体としての機能を果たしていくものです。そしてその組織が全体として何らかの有益な仕事をし、それが認められて対価を得ることで生きていきます。

生きていくということそのものが、その生活の中でいつも新しい問題に直面し、それを解決していく、そういう営みです。企業や技術組織もそういう“生活”を組織的にしているわけです。

表 1.1 製鋼工場の課構成例

部 署	専 門	部 署	専 門
資材課	文系	生産管理課	文系
製鋼課	金属系	経理課	経済系
圧延課	機械系	総務課	文系
線棒加工課	機械系	現場作業者	高校卒など
技術課	各課経験者	(鋼材開発は別ー研究所) (営業部門は別ー営業部門) (企画部門は別ー本社機能)	
品質保証課	各課経験者		
施設課	機械・電気系		
情報システム課	情報系		

表1.2 設備メーカーの課構成例

部 署	専 門	部 署	専 門
営業課	文系・理系	製造課	高校卒など
設計課	機械・電気・他理系	検査課	高校卒など
開発課	機械・電気・他理系	情報システム課	情報系
技術課	各課経験者	企画課	文系
品質保証課	各課経験者	経理課	経済系
工務課	文系・理系	総務課	文系

【事例 1.5】 会社組織は様々な専門分野の集まり

表 1.1 と表 1.2 は、それぞれ事業所の課構成例です。

これらの課は、それぞれが連携をとりながら仕事をしています。例えば製鋼工場で、生産設備を使って実験をしようとするなら、実験資材の購入（資材課）、実験スケジュール（生産管理課）、実験指示（現場）、実験予算の申請（技術課）、結果確認（品質保証課）など他の数多くの部門の協力を得て行わなければなりません。一つの実験をするのにも、いろいろな部署の力を借りないとできないものです。

《学習生活と社会人生活の違い-⑤》 他人の知恵や力を使えるのも能力のうち

学習生活では、学生一人ひとりが学力を身につけることが目的ですから、“勉強は自分だけでするのが基本”でした。しかし、社会人になると“仕事は皆で連携してやるのが基本”です。むしろ“他人の知恵や力をもうまく利用して仕事をこなせるのが能力の高い人”です。この違いも大きなギャップとなり、社会人としての順応を難しくしています。

《学習生活と社会人生活の違い-⑥》 “Bad News first!”

それぞれの人々、部署が互いに協力し合い依存しあいながら仕事を進めていくし、そうしないと仕事が進まないようになっているということは、一つの部署、ひとりの従業員・技術者のつまずきが、組織全体の危機につながる可能性を意味します。

学習生活では、自分ひとりのつまずきは自分だけに跳ね返るものですから、その問題をひとりで抱え込んでしまっても、他の人々には迷惑をかけないかもしれません（両親・家族、あるいは指導教官は迷惑かもしれませんが）。

そのため、自分のつまずきを他の誰かに相談するのは、自分の恥をさらすように抵抗を感じてしまう人も多いでしょう。しかし、社会人になっても同じように自分だけで抱え込んでしまうなら、勤務先組織全体に対して大きな迷惑をかけてしまうことになります。

こういったことを防ぐために、ある米国系企業では“Bad News first!”「悪い知らせは最初に報告せよ」を徹底しているそうです。自分の失敗を人に言う、報告するというのはやはり恥ずかしいし、初めは少々の勇気がいるかもしれませんが。しかし、「相互に協力し合い依存しあいながら仕事をしている」ということは、そのつまずきを別のやり方で他の誰かがカバーできる可能性がある、ということでもあるのですから、問題が大きくならないうちに早く知らせることが求められます。

自分のミスもありますが、行きづまりや疑問、新しい問題や異常を感じたら、それは自分だけが知っていることです。学習生活で出くわす課題は、ある程度先生方が広く把握している問題の一つだったのとは異なり、組織の中ではそれぞれの担当者が（たとえ新人であっても）組織のその分野での最前線なので、他の誰も知らないことです。したがって、その原因が自分の責任であるかないかに関係なく、第一発見者としてまず組織の中で報告する、そういう“異常センサー”としての発信が求められます。これも学習生活との違い、ギャップです。

1.5 本書の狙いと講義の進め方

ここでもう一つ押さえておきたい学習生活と、社会人生活との違い、ギャップがあります。それは時間の使い方です。

《学習生活と社会人生活の違い-⑦》その場で考え解決すること

学習生活では最終的に Output が求められるのは試験やレポートのときです。

ですから、講義の最中は聞いていなくてもノートさえ写させてもらえば後から何とか単位は取れるかもしれません。また、講義の中で出された課題も、その場ではやらずに持ち帰って取り組むこともできるでしょう。しかし社会人はそうはいきません。社会人・技術者が、勤務時間中には内職や居眠りをしておいて、課題は家に持ち帰ってからやるのは不可能です。そんなことをしたら、まず家庭生活が崩壊するでしょうし、勤務先でも他部署との連携がとれず、結局社会人として使いものにならない、という評価を受けてしまいます。

この教科書は、社会人・技術者となる準備教育のためにあります⁴⁾。ですから、この教科書を使用するなら、極力講義中にその場で考えて答えを出すようにしてもらいたいと思います。また、グループワークなどの話し合いができれば、互いに連携協力して仕事をしていく訓練にもなります。

その場で考えることは、自発的に考える訓練にもなります。この教科書で扱うのはいわゆる「技術者倫理」ですが、技術的な解決策にも倫理的な解決策にも唯一の正解などありません。唯一解のない問題に取り組むことは、あらゆる学問や実践のトレーニングになります。初めに述べたように「本来、学問とはそういうもの」ですし、技術とは唯一解のない問題に未知の新しいものを作り出して答える営みでもあるわけです。そういった現実の問題や学問上の問題に立ち向かう思考トレーニングをするのが、この教科書の一番の目標です。

講義の時間中に考えること、話し合うこと、そして各々が何らかの結論を得ること、そういう時間を講師と学生が共有し、考えることが身につけば、この講義だけでなくすべての講義に対して同様に、講義の中で考え効率的にいろいろな能力を身につけることができるようになるでしょう。

4) まえがき参照。

Q1.3【事例 1.4】で、具体策のみを答えた人は、問題を自分勝手に解釈してしまっています。複数案提示した人は、自分で責任を持って解決する心構えができているか、考え直すべきかもしれません。

2章 技術者倫理の目的

～技術者に求められる倫理とは？～

◇本章で学ぶ内容◇

学習生活と社会人生活との違いの一つに“間違い”があるが“間違い”は倫理の問題なのか？という疑問もある。この章では“間違い”や“ミス”から、技術者倫理とは何かを考える。その結果、一つは倫理的な問題とはどういうことか、もう一つは技術とはどういうものか、という面から、技術者倫理の目的が見えてくる。

2.1 何を“非倫理的”と感じるか？

まず、次の二つの事例を比べてみよう。

【事例2.1】ねじのつけ忘れから新幹線がストップ

2010年1月29日13時49分頃、東海道新幹線の新横浜―小田原間の上下線で停電が発生、3時間24分後の17時13分に運転が再開されたが、その後もダイヤは大幅に乱れた。停電の間、品川―小田原間で6本が立ち往生し、そのうち5本に乗っていた計約3,100人が缶詰状態になった他、約14万9千人に影響が出た。

JR東海によると、検査後にパンタグラフの舟体（電線と接触し、電気を取り入れる部分）の取付けボルトを締め忘れており、これにより走行中に舟体が外れ、舟体を持ち上げていたアーム部分が電線に接触し切断したのが原因だ

という。

この事例は、原因はちょっとしたミスだったかもしれませんが、3,100 人が車両の中で缶詰になり、14 万 9 千人が迷惑する結果になりました。このような迷惑を受けた側の立場からすると「とても許すことはできない」と感じるかもしれません。

【事例2.2】新幹線運転中に写真メール 私用のカメラ携帯で

新幹線の男性運転士が、運転中に私用のカメラ付き携帯電話で運転席内やすれ違う新幹線の様子を写真撮影、運転席から交際の女性にメール送信していたことが発覚した。運転士は 10 年以上のベテランで、約 2 年間にわたり継続的に運転席内の様子や計器類、車外の風景を撮影して女性に送信、一度の乗務で数回送ったこともあったという。これに対し国土交通省は、会社に事情を聴くなど調査中である（共同通信 2003 年 11 月 18 日記事より要約）。

この事例は、結果として事故に繋がったわけではありませんが、行為自体が倫理的な問題として取り上げられています。

Q2.1 あなたは【事例2.1】と【事例2.2】を比べて、どちらが非倫理的だと感じますか？

Q2.2 あなたは、どちらの行為をよりなくして欲しいと思いますか？

2.1.1 “非倫理的”の感じ方のいろいろ

Q 2.1 と Q 2.2 では、誰の立場で考えるかによって答えが違ってきます。

初めに、あなたが迷惑を受けた人・被害者になったとしたらどう感じるでしょう。車両の中で缶詰になったり、運転見合わせでスケジュールが大幅に狂わされたりしたら、『【事例2.1】の方が非倫理的でとても許せない』と感じられ、ミスが原因だと知っても、「そんな初歩的なミスをすること自体が許せない」と思うかもしれません。

その一方で【事例 2.2】は、「事故さえ起こさなければどうでもよい」と考える人もいるでしょう。

逆にミスをした側・加害者の立場からするなら、【事例 2.1】は人間なら誰でもしてしまうミスが原因で、そこに判断や悪意があったわけではないから、「非倫理的」と非難されるのは納得いかない、と感じるかもしれません。

一方【事例 2.2】は「行為そのものが非倫理的で許されない」と感じるのではないのでしょうか。

また、管理者の立場からすると「事故さえ起こさなければ何をしてでもよい」という考えは、モラル崩壊を招くとして厳しく戒めるべきことと感じるでしょう。

他方、利用者側からすると、「ミスだから非倫理的と非難されても困る」というのは、たぶん言い訳か開き直りにしか聞こえないでしょう。

倫理的かどうかの感じ方は、立場や着目点によって違ってきます。行為者は行為に着目し、被害者は結果に着目しますが、行為と結果の評価は必ずしも一致しません。

また、同じ行為で同じ結果が得られたとしても、どのような人がどのような動機で行ったのかによっても変わってくるかもしれません。

このように、その判断や行為を倫理的だと感じるかどうかは、誰のどのような動機か、判断や行為そのもの、あるいはその結果など、いろいろな評価軸があり、その立場による感じ方の強弱を反映した総合評価のようです。

2.1.2 技術者倫理の対象

(1) ミスは非倫理的か？

どんな人間でもミスをするので、「ミスまで非倫理的と言われても困る」という意見にも納得できるところがあります。では、ミスは技術者倫理の対象外においてしまってもよいのでしょうか。

このことを次の事例を見た後に考えてみます。

【事例2.3】 新幹線運転中に居眠り

2003年2月26日午後3時20分頃、山陽新幹線岡山駅で、広島発東京行ひかり126号（乗客約800人、16両編成）が、本来の停止位置よりも約90メートル手前に、後部車両がホームからはみ出す形で停車した。自動列車制御装置（ATC）が作動し自動的に停車しており、その運転士は熟睡していて、車掌に起こされるまで記憶がなかったという。運転士が気を失ったまま8分間—約26km 高速走行していたことになる。

後に、この運転手は重症の睡眠時無呼吸症候群のため、昼間にも居眠りするリスクが高かったことが判明。これを受けて国土交通省も2003年3月27日に「睡眠時無呼吸症候群（SAS）問題への対応について」によって、各交通機関の具体的な対応策を示し対策を進めることとなった。SASのリスクに対して具体的な対策に至ったということでは、とても大きい意味のある事件となった。

この事例ではどうでしょうか。運転士その人は居眠りをしてしまう病気だったので、非倫理的な判断はしておらず、運転させていた会社も、本人がそのような睡眠に陥りやすい状況にあったと認識していなければ、事前に対策を打つことはできなかったと考えられます。しかし、これを利用者の側から見ると、「運転中に居眠りしてしまうような人間に新幹線の運転をさせていたなんて、いったい会社は何を管理しているのか？」と思わないでしょうか。

また、重症の睡眠時無呼吸症候群が昼間にひどい眠気を誘うことが知られるようになってきていた頃でしたから、会社はもっと早くに対処しておくこともできたはずだ、といえるかもしれません。

予見不可能だったか可能だったか。予見不可能だったらミスかもしれないが、予見可能と見られれば倫理的問題になる。このように、ミスか倫理的問題かの判断は、見る立場で変わるだけでなく、同じ視点でも明確に区別するのは難しいものです。

(2) 社会が技術者に要求すること

ここで確認しておきたいのは、ミスだから被害は少ない、非倫理的行動だから被害は大きい、といった相関関係はないということです。しかも、被害者にとっては、その原因がミスやエラーでも非倫理的判断でも、非倫理的と感じるのは同じでした。

技術者倫理が求められ始めたのはおおむね 1990 年代以降です。

この時期、わが国でも技術に関連する数多くの事件や事故が発生してきました²⁾。

「技術者倫理」という名前は、「倫理・社会」や「倫理学」を思い浮かばせ、何か哲学的で難しい知識が必要なイメージを与えがちです。しかし、【事例 1.3】で確認したように、人の願いはその言葉通りでは必ずしもありません。

今技術者に求められているのはそのような知識としての倫理ではありません。

技術者が、判断や行為そのもの、結果、それに人や組織としてきちんとしていくこと、技術者が社会的に信頼のおける存在であることが求められています。ここに、「技術者倫理」すなわち「技術者に倫理的であって欲しい」という言葉に込められた本当の願いがあります。

ミスは確かに非倫理的判断とは無関係ですが、ミスによる被害を極力なくすることは倫理的な課題です。

したがって、この技術者倫理という科目は、従来の工学などの教育では扱わないような、ミスを少なくしたり、ミスによる被害を少なくしたりする知恵や応用力を学び身につけることを含んでいます。

このような知恵は、実は工学などの教育の中ではなく、現場の技術者がその場その場で語ってきた知恵の中に息づいています。

2) 2011年3月11日に発生した東日本大震災では、これまで“安全”といわれつづけてきた原子力発電所（原発）が、地震と大津波によって炉心溶融、格納容器破損、水素爆発、放射性物質の大気放出や汚染水の流出などを引き起こしました。この福島原発事故で避難を強いられている多くの住民は、約束されていたはずの安全が保たれずに裏切られたことに強い憤りを感じているでしょう。

本書の前半部分ではそのような経験的で時に散漫な知恵を、科学哲学などの成果を交えながら、体系的に学んでいきます。

2.2 技術の最先端は試行錯誤

技術で失敗しないことが倫理的にも大事だとわかったとして、では技術で失敗するとはどういうことなのでしょう。「技術力があれば失敗などしないのではないか。失敗するのは技術力が無いからではないか」そう思う人もいるでしょう。

しかし、技術はこれまでも様々な大失敗をしてきましたし、またそれを克服することによって、現在のような信頼性の高い技術製品を生み出せるようになったというのが現実です。「成功の影に失敗あり」、「失敗は成功のもと」は、失敗を糧（かて）に発展してきた技術の特徴をよく言い表しています。

それらの事例として、現代を支える三つの技術が乗り越えてきた有名な三大事故（畑村洋太郎氏が参考文献（22）などで使用）について見ておきます。

【事例2.4】タコマナローズ橋落橋事故³⁾



写真 2.1 事故を起こした旧タコマ橋

1940 年 3 月 9 日、米国ワシントン州のタコマ海峡に、全長 1,600m、吊径間 853m、幅 11.9m の長大なつり橋（当時の世界第 3 位の長さ）が完成し、同年 7 月 1 日に開通した。設計は当時最も信頼される先進技術者の 1 人であるモイセイエフで、先進のたわみ理論（つり橋のスパンが長くなればなるほど、ケーブル

3) この事例は参考文献（41）（43）を主に参考にし、写真も（41）より引用。また参考文献（40）は、この事例を含め広く学ぶのに最適である。

ルの自重が橋桁のそれに比べて相対的に大きくなり、荷重は橋桁よりもケーブルがたわんで支えるようになる）に基づいていた。

しかし、完成直後からこのつり橋は風が吹くと上下動が大きいことが判明、その振幅が1mを超えることもあり、運転者が「橋酔い」することすらあったという。

この振動を抑えるための補強方法が検討されるなか、11月7日、風速19m/秒に達すると、橋桁中央部の補強部材が破壊、大きくねじれるような振動に変化した（写真2.2左）。やがて橋床が変形に耐えきれずに破壊し落橋に至る（写真2.2右）。破壊の原因は、横風によってつり橋が自励振動（共振）したことによる。

事故調査委員会の報告書では、「タコマ橋は、構造物の設計において考慮されるべき静的な荷重（風を含む）に対して、設計的にも施工的にも十分な配慮が払われていた。

したがって、本事故は考慮の外にあった動的な力、すなわち風による過度の振動に原因があると考えられる。つり橋に及ぼされる空気力学的な影響について、実験的にも理論的にも、今後一層の研究を進めることが望ましい。」と書かれている。

この報告書に示されたような研究が進み、明石海峡大橋、本四架橋、レイン

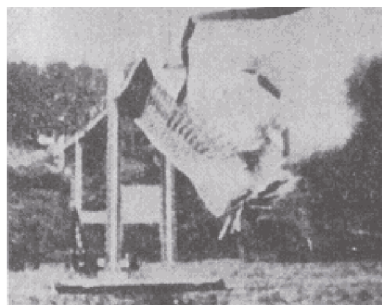
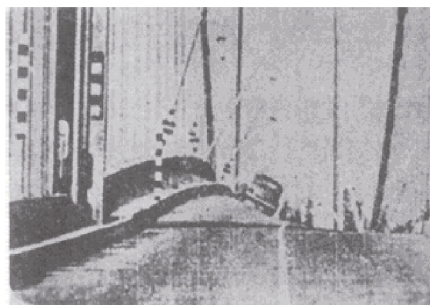


写真2.2 左：落橋事故直前のねじれ振動、右：橋の崩壊

(風が通過しやすくねじれが生じ難い橋桁構造)



写真 2.3 1960 年に建設された新タコマ橋

ボーブリッジのようなつり橋の成功に繋がったのである (写真 2.3)。

【事例2.5】コメット機空中分解事故

コメット旅客機は第二次世界大戦末期にイギリスで開発され、1952 年 5 月に就航した世界初のジェット旅客機である (写真 2.4)。その約 1 年後から謎の事故であいつで墜落することになる。1953 年 5 月 3 日にはカルカッタ空港を離陸後に墜落し、ジェット旅客機史上最初の死亡事故となった。翌 1954 年 1 月 10 日にはエルバ島上空約 8,700m で空中爆発、さらに 4 月 8 日にはナポリ東南ソトロンポリー島沖海上に墜落した。

イギリス政府は事故調査し、ついに地中海から回収した機体から原因を特定した。客室内与圧による気体膨脹の繰り返しにより、胴体天井切欠き（アンテナ窓）と客室窓のコーナー部に亀裂が発生、これが進展して機体を覆い、破裂して空中分解したのだった。

ジェット機でも戦闘機ならコックピット内では酸素マスクでもよい。しかし旅客機の場合、客室は居住空間のため、上空



写真 2.4 コメット旅客機

(Wikimedia Commons から RuthAS による)

の低圧・低温から守るために通常約 0.8 気圧に保つように与圧しなければならない。例えば上空 12,000m では、大気圧は約 0.2 気圧となり、その差 0.6 気圧分だけ機体には膨張力が加わる。着陸時には内外圧差はなくなるので、1 飛行毎に機体は膨張～収縮の圧力変動を繰り返すことになる。そして膨張時に切欠き部や窓のコーナー部に引張り力が集中し、この部分に亀裂が生じ膨張収縮のたびに進展、これが機体を覆い、上空での疲労破壊・高い内圧による爆発に至った⁴⁾。

現在の旅客機では、切欠き（小穴）部やコーナー部には亀裂を生じないように適切な注意が払われ、また疲労破壊に対しては定期的な点検によってその進展を未然に防ぐ安全確保策が取られています。このように現在のような航空機の安全の背景にはコメット機等の航空事故からの反省が活かされています。

【事例2.6】リバティー船脆性破壊事故⁵⁾

リバティー船は、アメリカが第二次世界大戦遂行のための国家プロジェクトとして建造した、全溶接による連続ブロック建造の戦時標準船。1939～1945年の間に延べ2,708隻が建造されたが、1,289隻に損傷があり、内233隻は使用不能もしくは沈んだという。なかでもスケネクタディ号は岸壁に係留された状態で、突如大音響とともに真二



写真 2.5 リバティー船

スケネクタディ号の脆性破壊⁶⁾

4) コメット機の疲労破壊の原因は実際にはもう少し複雑で、開発段階での試験方法の失敗が大きく影響している。詳しくは参考文献(43)『ジェット旅客機コメットの空中分解』参照。

5) この事例は主に参考文献(43)「リバティー船の脆性破壊」による。

6) Wikipedia より、米国の公的著作物からの写真

つに折損した（写真 2.5）。損傷の多くは脆性（ぜいせい）破壊による。

リバティー船の脆性破壊の原因は、鋼材の溶接性不良、応力集中を生じる構造設計不良、溶接施工不良の三つが重なったものと考えられている。

全溶接の構造では、破壊時の亀裂が溶接を超えて次の鋼板に進展してしまう（リベット止めの場合は、継ぎ手＝鋼材と鋼材との継ぎ目のところで亀裂の進展は止まり、それ以上広がらない）。加えて溶接部は他の部分に比べて急冷されるため脆くなりやすく、溶接時に気泡や切欠き状などの様々な欠陥が残るやすいので、これが初期欠陥となって亀裂の発生源と伝播の道になりやすい。

現在では、脆性破壊という現象や材料の研究が進み、脆性破壊しにくい鋼板材料が規格化され、溶接品質の向上も図られたため、このような脆性破壊は低温を扱う液化ガスのタンカーでも生じないまになっている。

これら三つの事例は、技術上の三大事故として有名ですが、そのどれも技術が初めて出くわした現象によって起ったものです⁷⁾。

技術は日進月歩で全く新しいもの（長大橋、ジェット旅客機、全溶接構造船、等々）を作り出しました。これらは作り出されてはじめて現実のモノとして存在することになり、具体的に現れたその特徴は、作り出す前には予想していなかった脆さなどの危険性だったのです。それも、いずれも最先端の高い技術力を持っていたに違いない技術者たちでも、予見することが出来なかったことでした。

Q2.3 最先端の技術は未知による失敗を100%は防止することができません。

では、この場合の最先端とはどの程度のことを言うのでしょうか？あるいは、どのような場合のことを言うのでしょうか？

7) 失敗学ではこれを「未知による失敗」とよんでいる。参考文献 (22) (23)

2.3 技術者がしていること

(1) 最前線とは

技術者はいろいろなところで最先端にかかわっています。それは自分自身が直面するだけではありません。前章で述べたように、技術者は一人では仕事はできず、様々な人々と協力して仕事をしていることとも関係しています。

例えば、自動車の開発・設計技術者を考えてみましょう。新技術を盛り込んだ新しい自動車を開発・生産・市販する流れのなかで、どのような“最前線”が起ってくるのでしょうか。

【事例2.7】自動車開発の最前線（仮想事例）

まず、新技術を開発しその単体での性能を確認するとき、試作や試験などのグループの協力を得るかもしれません。その後の実車に載せての試験では、テストコースには新技術にとって適切な条件が整えられている必要があるでしょう。ここで新技術を市販車に載せても問題ないか確かめられる。

次は新車の設計ですが、ここでは新技術以外の部分も、新技術に対応するために変えなければならないところがあるでしょう。それぞれの担当の技術者たちが新技術に合わせた改良をしていくことになります。それには、部品メーカーの技術者による数々の提案も盛り込みます。それらの新しい技術や改良は、試作車で確認されるでしょう。

次には生産工程を設計しなければなりません。各部品メーカーでの生産工程の変更、組み立てラインも新設計の自動車に合わせた作業順が検討され、例えば組み立てがどうしてもうまくいかないところは、その部分の新車や部品の設計変更を行うこともあるでしょう。また、各生産工程の中で、検査項目などを適切に設定することも必要になります。

生産ラインの稼動初期には、初期流動管理といって、生産ラインがトラブルや品質を落とすことなく確実に動くかどうかの確認と、不具合箇所の改善が行われます。また、ディーラーなどの技術者に対する整備マニュアルの作成があり、その不具合の改善も必要かもしれません。

こうしてみると、技術者が一つの新しい技術を開発してそれを製品として世に出すためには、様々な人々がそれに対して新しい工夫や改良を施し、あるいは新設計をし、知恵と汗を注ぎ込まなければならないことがわかります。そのいずれの行為にも創造性が必要であり、新しい何かを加えているのです。その創造のどこにも大きな間違いがない場合にだけ、最終的な技術が上手く機能します。逆に言えば、ひとりの技術者の間違いが、他のすべての人々の知恵と努力を無駄にしてしまうかもしれない、そういう互いの仕事に対する信頼関係があって初めて成り立つのが技術の現場です。それゆえ、最初の新技術の開発技術者だけでなく、関連する全ての技術者にとって、その新車が実現できたときには、それぞれの立場で達成感を得るほかに、互いの信頼を深めることによって、技術者として生きる喜びを感じることができるのです。

(2) 技術者の夢=100%成功させること

そんな中で、技術者が設計したり企画したりしたことが、当初の思い通りに行かないことはよくあることです。そんなとき技術者は次のように言うことがあります。

「われわれの技術は、100%成功できるまでには 残念ながら至っていません。」

この言葉の裏側には、技術が様々な人々の知恵と力を互いの信頼関係で結びながら営んでいる現実と、しかしながら全体として完全確実に技術をコントロールすることの困難さが隠れています。またその困難な課題に挑戦し続けることの誇りが滲みでた、反省の弁だと言えるでしょう。

100%の成功は、理論的には不可能なことかもしれません（このことについては次章で見ることにします）。しかし、100%の成功を目指す向上心、どこまでも信頼と期待に応えようとする態度は、技術をそれぞれの現場から進歩させる原動力になっています。

(3) 技術者への社会からの二つの要求

技術者倫理に込められた社会からの要求は「技術をしっかり正常に運営して」

ということでした (p. 18)。その一方で、技術が技術たるところは新しい要求に応えていく創造活動にあると見ることができ、その創造を 100% 成功させることはとても困難なことも事実です。

そしてこの二つの要求は互いに矛盾するようにも見えます。つまり、単に失敗しないことだけを追及するなら、新しいことに取り組まず、創造活動を止めてしまえばよい。しかし新しい要求に応えるためには創造活動は止めるわけにはいきません。この二つを両立させることを技術者は求められているのです。

3章 よりよい試行錯誤

～実用的な専門知識とは？～

◇本章で学ぶ内容◇

技術者倫理の事例の多くは、創造の中で間違いを起こしている。一方、有能な技術者には無駄な間違いが少ない。本章では、間違いを起こすか起こさないかの違いについて考えてみる。そうすると、無駄な間違いを起こさない能力と、よりよく創造する能力との間に、共通点が見出されるだろう。

3.1 試行錯誤～枚举的帰納法

(1) 科学の力と試行錯誤

今日の技術は科学なしには考えられません。2010年6月に帰還した小惑星探査機はやぶさも、力学だけでなく、化学や電磁気学、宇宙科学など多くの科学の力がなければ実現できない計画でした。

しかし、科学的な実験手法が技術の中に取り入れられたのは16世紀頃から、近代科学が成立したのは19世紀頃からと考えられますが、それ以前にも技術の営みがあったのは確かでしょう。その頃の技術がどのように営まれていたかを考えると、まず良さそうなアイデアを実践してみて、その結果のよし悪しから正しいやり方（間違えない方法）を見出し、その次の実践に活かしていくという、試行錯誤（トライ＆エラー）によるしかなかったでしょう。

この試行錯誤はしかし技術にとって過去のものではありません。小惑星探査機はやぶさも、様々なアイデアを試したから地球に帰還できたわけですから。

現在では試行錯誤をもう少し洗練されたやり方でできるようになった、と言う方が正確でしょう（このことは6章で学びます）。

しかし試行錯誤法も万能ではありません。試行錯誤という経験的な方法は、「これまで成功してきたことは次も成功する可能性が高い」という推論を利用しています。この推論方法を枚挙的帰納法といいます。

(2) 枚挙的帰納法の落とし穴

「これまでも当てはまったのだから、これまでどおりにすれば次も当てはまるに違いない」枚挙的帰納法は技術者もよく使う推論法です¹⁾。

この推論法の落とし穴は、この推論法とその成功に慣れると、無条件に成功するものと錯覚したり、状況変化に鈍感になったりすることです。

例えば、次のような推論を考えてみましょう。

「(1) いわし雲は水滴 (H_2O) でできている。

(2) 入道雲は水滴 (H_2O) でできている。

(3) 飛行機雲は水滴 (H_2O) でできている。

...

なら、雲は一般に水滴 (H_2O) でできているに違いない。

だから、金星の雲も水滴 (H_2O) でできているだろう。」

この推論は現在では間違いだと分かっています。金星の大気の殆どは二酸化炭素 (CO_2) であり、雲は濃硫酸でできていることが知られているからです。

この推論の特徴は「自分の知らないこと（金星の大気）は、知っていること（地球の大気）ととりあえず同じ条件として考えてしまう」ことです。これはつい誰もがしたくなる思考法です。

1) この推論法は経験的に無意識に使っているものなので、実際には「枚挙的帰納法」という名前は殆ど知られていません。参考文献 (27) (28)

3.2 枚挙的帰納法と集団思考

この試行錯誤という経験的方法の限界が劇的な形で現れたのが、技術者倫理で最も頻繁に取り上げられる有名な事例、スペースシャトル・チャレンジャー号の爆発事故でした。

【事例3.1】スペースシャトル・チャレンジャー号爆発事故²⁾

◇スペースシャトル

スペースシャトルは、アメリカが1981年から実用化した有人宇宙輸送システムで2011年まで実用された。その打上げ時の構成は、飛行士が乗り込み宇宙から大気圏に再突入して帰還する飛行機型のオービターと、オービターのメインエンジンに液体燃料を供給する燃料タンク、それに打上げ直後の主要な推進力となる固体燃料のロケットブースター2機である(図3.1)。

ロケットブースターはモートン・サイオコール社製。同社はこのロケットを五つの部分に分け、それぞれの円筒部を打上げ現場で組み立て、4箇所のジョイント部は加硫ゴムでできた二重のOリング(密閉用ゴムリングの一種)で密封する構造にしていた(図3.2)。

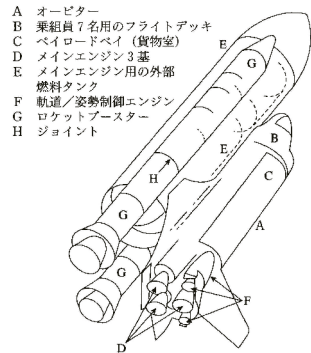


図3.1 スペースシャトルの構造

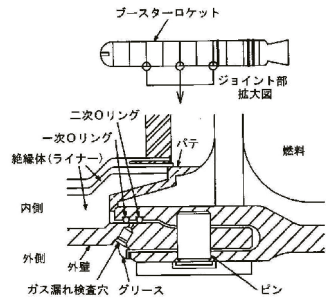


図3.2 ロケットブースターのジョイント部の構造

2) この事例は技術者倫理の定番です。ここでは参考文献(1)～(4)、(6)、(8)、(14)、(15)、(41)などによっています。図3.1は参考文献(6)111頁、図3.2は参考文献(41)404頁から引用。

◇事故の概要

1986年1月27日、シャトルの通算25回目となるチャレンジャー号の打上げが行われた。気温は華氏18度（ -7.8°C ）³⁾。乗員は宇宙から授業を行うことになっていた教師クリスタ・マコーリフを含む7名である。

チャレンジャー号は打上げ後、ロケットブースターの側面から火を吹き（写真3.1上）、これが液体燃料タンクを炙り大爆発を起こした（写真3.1下）。乗員は爆発後もコックピット内で生存していたとみられるが、海面に叩きつけられ、全員が犠牲となった。

この打上げはテレビ中継されており、米国だけでなく全世界に衝撃を与えた。また、スペースシャトルもその後2年8ヶ月間打上げがストップするなど、その計画全体に大きな打撃となった。

◇事故の前日

打上げの前日、気温があまりに低いことに懸念した技術者たちの中に、この事故の可能性を予見し、打上げ中止を進言した人たちがいた。1年前から低温時のOリングの密閉機能に疑問を持ち、対策の必要性を訴えてきたロジャー・ボイジョリーらである。

彼らは残り少ない時間の中で、打上げ中止に向けた最後の努力をした。彼らはまず技術担当副社長のボブ・ルンドのところに行き、直接その危険性を訴え、打上げ延期を進言し説得した。これを受けてルンドは、タ方のNASAとのテレビ会議で打上げ反対を進言する決心を固める。ボイジョリーたちはこれまでに



写真3.1 側面から炎をあげるロケットブースター（上）

チャレンジャー号の爆発（下）

（NASA ホームページより）

3) 摂氏と華氏の温度換算は、摂氏（C）→華氏（F）： $F = (9/5) \times C + 32$ 、華氏→摂氏： $C = (5/9) \times (F - 32)$