



【新連載寄稿】

ものづくりと失敗学

その1

駒井謙治郎 <komai@fukui-nct.ac.jp>

1963 年卒 国立福井工業高等専門学校

1. まえがき

「歴史は繰り返す」と言われる。筆者の専門とする腐食疲労と環境強度に関わる事故の歴史を見ても、どうしてこうも人間は同じ失敗を繰り返すのかとの思いに駆られる。と言うことは、今ここで根本的見地から発想の転換を図らず今まで通りの対応を続けておれば、今後も同じ失敗を繰り返すのではないかという恐れすらある。

その理由の一つは、いま世情でよく言われるいわゆる「失敗学」⁽¹⁾が確立されていないからではなかろうか。

たとえば、金属材料の腐食疲労と環境強度に関する基本的知識は、長年の研究と経験により格投に豊富になったが、それではその知識量に比例して損傷事例が減ったかと言えれば必ずしもそうはなっていない。環境強度研究に従事して40年を

この記事中の地図・写真等は、本文と関係ありません。



Association for the Study of Failure

EU
Waldburgstr. 36/1
D-71032 Boeblingen,
Germany
TEL: 0049-7031-221060
FAX: 0049-7031-224753

The NPO, Association for the Study of Failure offers methodologies to prevent accidents or failures that may lead to economic loss or threaten human lives, by conducting activities including education, organizing conferences, consultation, and broadcasting information through the INTERNET for citizens, corporations, administration and educational institutes.

USA
475 North First St.
San Jose, CA 95112 USA
TEL: 408-298-0785
FAX: 408-884-2422



Japan
1-2-4-302 Mukougaoka,
Bunkyo-ku
Tokyo, 113-0023 Japan
TEL: 03-5689-3035
FAX: 03-5204-9623

この法人は、市民、企業、行政、教育機関に対して失敗原因の解明および防止に關して教育、コンサルト、セミナー、講演、インターネット提供からの情報発信を通じて、経済的打撃を起さしたり人命に關わったりするような事故・失敗を未然に防ぐことを目的とする。

過ごしてきた筆者にとってはいささか空しい思いにすらとられる²⁾。住友化学で長年プラント保全に携わってこられた大久保氏(元住友化学)によれば、「プラントの保全には様々な方策を採っているにも拘わらず事故は減少しておらず、また、既存知識を正しく活用していれば防げたはずの事例が全体の40%にもなる。」という。ここで述べる「ものづくりと失敗学」の趣旨は、技術者、科学者にとって、歴史を的確に学び取り、それを謙虚に受け止めて今後に生かすことと、ものづくりにはいわゆるPDCAサイクルの確立が何よりも肝要であるということを訴える点にある。

2. 応力腐食割れ，腐食疲労による損傷事例から感じること

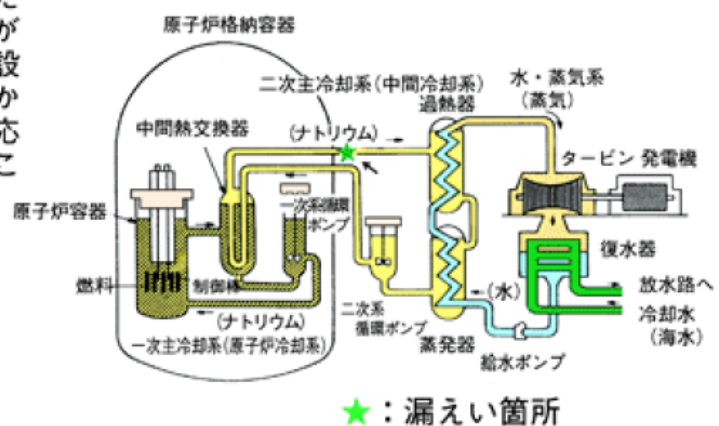
筆者は、40年にわたり、応力腐食割れ，腐食疲労による損傷事例解析を、日本材料学会腐食防食部門委員会のネットワークを活用して行ってきた⁽²⁾⁽³⁾が、最近十年間の応力腐食割れ，腐食疲労による事例に目を転じても、依然として破損・破壊事例が生起していることは新聞報道でも明らかである。1991年に生じた関電美浜2号機，SG(蒸気発生器)細管のギロチン破断は，細管振れ止め金具未挿入による振動応力疲労によるが，腐食疲労における振動応力の重要性は，その事故に遡ること13年前に筆者が機械の研究に連載した「金属材料の環境強度設計」と題する一連の解説記事で，腐食疲労事例において，全事例の約半分が当初考慮されな

高速増殖原型炉「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故

○事故の主な経緯

1995年12月8日、試運転中に、原子炉出力の上昇操作をしていたところ、ナトリウム漏えい事故が発生した。調査の結果、配管に設置してあったナトリウム温度計から漏えいし、空気中の酸素と反応してナトリウム火災を起こしたことが分かった。

高速増殖原型炉「もんじゅ」の概略図



○事故の影響

2次主冷却系の事故であり、周辺公衆及び従事者への放射性物質による影響はなかった。また、原子炉は安全に停止し、炉心への影響もなかった。しかし、現実にナトリウム漏えいが生じ、ナトリウム火災の影響を拡大させ、また、旧動燃の情報公開等情報流通に問題があったことも明らかとなり、地元の住民をはじめ多くの国民に不安感及び不信感を与える結果となった。

出典：平成7年版 原子力安全白書 他

図 高速増殖原型炉「もんじゅ」のナトリウム漏洩事故の概要

提供：(財)日本原子力文化振興財団：「原子力」図面集-2004-2005年版-(2004.12)(同CD-ROM)

かった共振・振動応力と熱応力の繰返しにより生じていると指摘した事実⁽³⁾ と符合する。腐食疲労損傷事例の繰返し応力源別件数については、設計時に考慮された機械的応力は、破壊をもたらした応力源の 55 %に過ぎず、共振・振動応力 (28%) と熱応力の繰返し (17%) は設計時には無視された。腐食疲労事例で、共振・振動応力が疲労強度設計で無視されたのは、その応力振幅が数 10MPa 以下の極めて小さな数値であり、常識とされる鉄鋼の空中疲労限度 (200MPa 程度) と比較して一桁小さい値であったからである。108 ~ 109 サイクルの長寿用域では、10MPa の応力振幅でも衰耗を伴って腐食疲労破壊が生じるから、共振・振動応力をその振幅が微小という理由だけで頭から無視するのは誤りである。また、熱応力の繰返しが無視されたのは、この場合、応力振幅は部材の降伏応力を凌駕する大応力であるが、繰返し数が高々数 100 サイクルの少数回であり、通常、疲労破壊が 107 回以上の多数回の応力繰返しで生じるといふ一般的な常識から、この少数回の応力繰返しにより疲労破壊が生じるとは認識されなかったことによる。しかし、腐食環境中では、降伏域に達する応力により表面被膜が破壊されると著しい腐食溶解が生じて疲労寿命を低下させるから、少数回の応力繰返しという理由だけで熱応力サイクルを無視するのも誤りである。要は自分の持っている知識だけで設計せず、謙虚に先人の知識を参照して対処することである。

一方、1995 年に生じた動燃高速増殖炉「もんじゅ」(28 万 kW) での温度計のさや管折損は、カルマン渦の影響による金属疲労によっているが、全く同じ事例が 1969 年に原油加熱炉熱電対保護管の折損事故⁽⁴⁾ で報告されており、原因はもんじゅの事例と同様なカルマン渦による振動応力であった。冒頭で引用した大久保の指摘、「既存知識を正しく活用していれば防げたはずの事例」である。同様な事例は枚挙に暇がない。一昨年 8 月 9 日午後 3 時半頃、関西電力・美浜原発 3 号機(加圧水型軽水炉、出力 82.6 万キロワット)が 2 次系配管破損事故を起こし、5 名死亡 6 人重軽傷という日本の原発史上最悪の事態を引き起こした。この事例では、直径 550 の 2 次系配管の減肉部分がめくれるように破損し、そこから 140 度の蒸気が噴出したが、同様の二次系配管破損事故は、1986 年に米国サリー原発で発生していた。このときも配管腐食が原因で、直径 450 の配管が一気に破断し作業員 4 人が死亡した。このサリー原発事故以来、二次系配管でも十分な点検が求められるようになったが、関電はこの事故の教訓からほとんどなにも学んでおらず、他社の犯した失敗事例という既存知識を全く生かさなかった。

(つづく)

文献

- (1) 畑村洋太郎：失敗学のすすめ，東京，講談社，p.225(2000)
- (2) 駒井謙治郎：構造材料の環境強度設計，東京，養賢堂，p.324(1998)
- (3) 駒井謙治郎：金属材料の環境強度設計，機械の研究，Vol.30，No.1，p.65 (1978)
- (4) 日本機械学会技術資料：東京，日本機械学会，p.220(1984)。

12. 技術と民主主義

(つづき)

石田靖彦 1964 年卒

<isiyas@aa.bb-east.ne.jp>

資源独占を正当化する根拠は、神聖不可侵な個人の権利であり市場経済の前提となっている私的所有権である。旧社会にも自由市場があり、(蓄積の方法によらず)財産の私有も認められていたが、今日と異なるのは、私的所有権が資源までは及ばなかったことであろう。近代になって世界中に起った囲い込み (enclosure) は、それまで共有財産 (commons) として誰でも自由に利用できた土地およびそこに産する天然資源を、私的所有権の名の下で排他的に独占することであった。これによって多くの庶民は生活の糧を失い、賃金労働者になるよりほか生きる道がなくなった。現在の囲い込みは、鉱物資源・遺伝子・水資源などおよそ全ての有限な天然資源に及んでいる⁴。今では農民が自分の農産物から翌年の種子を取ることを禁じられている⁵。また、途上国住民の伝統的な薬物療法を解明した外国企業が特許を取り、伝統療法応用や生物資源利用の対価も払わず、途上国は逆にその企業から医薬品を輸入せざるをえなくなるという “Biopiracy” (生物資源略奪) と呼ばれている事例さえある⁶。

この記事中の地図・写真等は、本文と関係ありません。



ブリュゲルの子供の遊び

本来は全ての生物に等しく与えられた地球の恵みであって誰の所有物でもないはずの天然資源が、いつの間にか一部の人間の所有物になってしまった。その土地の所有者、或いは採取の投資者というだけで天然資源を私物化することが、どうして神聖不可侵な個人の権利として認められるのだろうか？ 有名な G. Hardin の「共有財産の悲劇」は、資源は共同利用に供すると、一人一人の利己心のため必ず破壊されると説き⁷、これが資源保護のためには共有より私有の方がよいとする根拠にもなっている（Hardin 自身は、資源破壊の原因は人口過剰であるから、人口を減らすことが最も重要であり、私有化は一つの方法に過ぎないと言っている）。しかし実際は、資源の私有化は資源保護のためでなく、あくなき個人的欲望を実現するためである。

それまでの長い歴史にわたって保護され人々を養ってきた共有資源が、私有化された後は急速に破壊され始めた。共有の時代は、個人が採取する資源は個人が自家消費する量だけでよかった。資源を子孫代々まで長く利用するために、おのずから持続可能な資源管理が行われていた。資源がその土地に関係のない第三者の私有になると、

ただ貨幣に変えることだけを目的とした際限のない資源収奪に変わった。所有者にとってその場所は生きるための唯一の場所ではなく、資源が底をつけば他の場所に移ればよい。こうして後先構わず資源を収奪することによって、次の資源を私有化するための財源を貯える。技術クラブの会員資格とは、そうして収奪された資源を買う貨幣を持っていることであり、その貨幣もまた結局は独占した資源に由来するのである。

一般には結果の均等より機会の均等が重んじられ、機会均等の下で争った勝者がより多くを得ることは、最初から均等に分配することより公平であるとされている。

私有財産が認められるのも、均等な機会のもとでの努力の結果と見なされるからである。しかしこれは勝者による独占や勝手な振舞を正当化するための論理にもなるという反面を持つ。実際の競争は機会均等でないことが多い。競争は連続して行われ、前の競争結果の不平等が、次の競争の機会を不平等にする。大企業になりたがるのは、小企業より大企業の方がよりよい機会に恵まれるからである。親の代では同等な境遇でも、子供の代では裕福になった家庭の子供が有利な教育の機会を得ている。資力や権力を持たない者には、最初から資源を独占する機会が閉ざされている。この資力や権力は、その資源争いには無関係な前の競争に勝って得たものであ



る。 前の競争も今の競争もみな一続きの競争だから最初が機会均等ならよいというなら、下克上の戦乱で天下を取った者が独裁専制を続けることを非難できない。 また、資力や権力を得る資格は誰にもあるから現在は機会均等だというのなら、独裁専制を覆す資格は何時でも誰にもあるから、独裁専制下でもやはり機会均等だということになる。 したがって、やはり機会の均等より結果の均等の方が大切ではないだろうか。 結果の均等は機会の均等をもたらすが、その逆は必ずしも成り立たない。 結果がいつでも完全に均等でなければならぬと主張するわけではないが、結果の不均等を機会の不均等にならない範囲に抑えることは必要である。 民主主義の歴史とは、結局は弱い立場の者が結果の均等を求めて戦って来た歴史であったように思う。 進んだ民主社会の累進課税や福祉制度もそのような考えに基づく。

このように、我々が謳歌している現在の技術文明は、人間が掲げている民主主義や公平といった理想からはかけ離れている。 少なくとも現在のような資源の大量消費による技術体系は、人間が人間らしくあるための最高の手段ではなく、少ない資源を我が物にし、資源を巡る人間同士の醜い争いをももたらす源になりつつある。 このような技術を受け入れるかどうかは、個人的な価値観の問題として片付けることはできず、人類はどのような社会をめざすべきかといった、人間全体にかかわる問題である。 いますぐその処方箋を書くことはできないが、技術者は、自分の職業としている技術が、持てる者と持たざる者の格差を広げ、世界の不公平を助長し、将来の資源争奪戦、社会騒乱の源を造っているのかも知れないことに思いを馳せてもいいのではないだろうか。 本当の民主技術として欠かせない条件の一つは、その利用を望む世界中の人達に公平に利用されることが、少なくとも物理的に可能な技術である。

(つづく)

文献

4 John Cavanagh, et al, "Alternatives to Economic Globalization", Berret-Koehler Publishers, Inc., P.79

5 例えばFred Magadoff et al, "Hungry for Profit" Monthly Review Press, p.101

6 例えばVandana Shiva, "Earth Democracy" South End Press, p.145に数例の紹介がある。

7 Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons", Science 13 December 1968:Vol.162. no.3859, pp.1243 -1248
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/162/3859/1243>よりダウンロード可。



平成18年度京機会春季大会・総会開催のご案内

日時：平成18年5月19日(金) 13:30～

会場：住友電気工業(株) 伊丹工場

〒664-0016 伊丹市昆陽北1-1-1 TEL (072) 772-3300

○JR宝塚線「伊丹」駅より伊丹市営バス利用15分、

○阪急伊丹線「伊丹」駅より伊丹市営バス利用10分、

両駅共に、2番乗場から「昆陽里」行で「寺本公団前」

下車、もしくは、4番乗場から「西野武庫川センター」

「JR中山寺」行で「伊丹病院住友前」下車

○タクシーの際は、正門(伊丹病院住友前)が便利です。



行事：

1. 開会挨拶 13:30～13:35

2. 総会 14:35～14:25

1) 平成17年度活動報告 2) 会計報告・会計監査報告 3) 支部報告

4) 役員改選等 5) 新年度運営方針 6) その他

3. 技術講演会・見学会 14:30～17:10

『自動車の安全技術の最新動向と住友電工の取り組み』 村瀬 亨氏(S51)

ぶつからない車をめざして、自動車の予防安全技術を展望する。

『切削加工の現状と将来』 佐橋 稔之氏(S59)

「より速く」「より美しく」削ること。工具の視点から、これから目指すものをご紹介します。

4. 工場見学 15:50～17:15

「超硬工具製造工場」「ブレーキ工場」

懇親会： 17:45～19:10

会場：スワンホール

会費： 6,000 円 学生 3,000 円(当日会場でお支払い下さい)

● **ご自由な服装でお越しください。**

詳細、申し込みは、4月28日までに上記 URL へ

平成18年京機会中部支部総会及び懇親会のご案内

日時：平成18年4月22日(土)

15時30分より

場所：栄ガスビル

名古屋市中区栄3-15-33

TEL 052-242-7111

総会(15時半から18時)

1) 支部長挨拶

2) 平成17年度活動実績報告

3) 平成18年度活動計画

4) 特別講演1

「電力貯蔵用ナトリウム - 硫黄電池の開発と実用化」

尾藤 章博（1990年京都大学工学部工業化学専攻修了）

日本ガイシ(株) N A S 事業部材料技術部電池材料G

特別講演2

「最近の若者の視点からみた学生・大学・機械工学」

小森 雅晴（1995年卒）京都大学 機械理工学専攻 助教授

懇親会（18時から20時）会費：8,000円

（但しH8年以降卒は4000円，新人は無料，学生2000円）

参加受付

京機会ホームページ <http://www.keikikai.jp/>

平成18年京機会関東支部総会及び懇親会

平成18年3月25日、学士会館にて第6回京機会関東支部総会がひらかれ、新支部長に昭和42年卒の平尾隆氏（日鉄住金溶接工業）が選出され、副支部長、若園修氏（S.42三菱重工）、熊澤正博氏（S.43ビルコン）、その他新役員、幹事企業が決まりました。その後、

(1)「機械系教室の現在とモノづくりのための機械工学についての私見」

吉村 允孝氏（S43年卒、京都大学工学研究科航空宇宙工学専攻）

(2)「粒子加速器技術の医療応用について」

中村 吉伸氏（S48年卒、住友重機械工業（株）専務執行役員）

の講演があり、懇親会で情報交換を行い楽しい時を過ごしました。





~ Let Us Bring Together To The Circuit!! ~

学生フォーミュラプロジェクト KART 2006

学生生活におけるフォーミュラ活動の意義

KART サブリーダー 濱田 暁

よく言われることがある。「君たちはこんな活動ができて本当に羨ましい」「私の若い頃にこんな活動があれば絶対に参加していた」。京機会の懇親会などで、先輩方とお話すると必ず出てくる言葉である。

私もしみじみとそう思うことがある。机の上の勉強だけでは決して得られないようなことがこの活動を通じて得ることができる。そう感じたのは一度や二度ではない。しかしながら同時に、机の上の勉強がいかに大事か、それを改めて思い知らされたのも一度や二度ではない。

機械系学生の必須科目といえば言うまでもなく三力、つまり材料力学、流体力学、熱力学であろう。私たちの活動で言えば材料力学が最も大きなウェイトを占め、次いで流体力学と続く。あるとき、フレームとホイールを結ぶアームの形状で議論が交わされたことがあった。アームの頂点(ホイール側)は一体何度の頂角を持つのが最適なのか。話し合いでは結論はでない。だが、材料力学の問題にあてはめれば10分からずいぶん解ける問題である。計算を間違えたがために曲ってしまったブレーキシステム。掛け算と割り算を取り違えて柔らかくなりすぎたショックアブソーバ。このような例は枚挙にいとまがない。そのたびに座学の重要性を身にしみて感じるのである。

一方で、座学で得られないものの代表はなんと言っても実際に物を作るという体験であろう。机の上の計算ではできるはずのものができない。苦労してなんとか一台の車両を作り上げるというのは大学の講義や研究に勝るとも劣らないものではないだろうか。活動は確かに忙しく、また厳しい。勉強がおろそかになってしまう学生が全くいないと言えば嘘になる。だが、それでもほとんどの学生が大学の勉強や研究との両立に腐心し、実際に成功させている。その先にあるものが、普通の大学生活では決して得ることのできない、経験と知恵であると私は確信している。

< 3月期活動報告 >

【全体イベント：】

新歓活動：京都大学の入学手続きに合わせて、新入生への新歓活動をいった。具体的には、ビラ配りや、生協が発行するサークル紹介冊子に紹介文を掲載するなどして、新入生の注意を促すようにした。（写真1）

走行練習：2号機の車両特性のテスト、データ測定のために琵琶湖スポーツランド様にて走行を行った。

【各班活動報告及び今後の日程】

ドライバー育成を念頭に置き、走行練習は月1回のペースで継続していく。また、3月にトヨタ自動車株式会社様、日産自動車株式会社様主催の講習会に参加させていただいた。これらが技術の高度化と経験蓄積のために非常に有用であったことを踏まえ、今後も継続して各地で開催されている講習会に積極的に参加したいと考えている。車両製作に関しては、各班とも、材料が到着してきたため、予定より大幅に遅れている作業日程を巻き返し、シェイクダウン予定日に向けて鋭意加工推進していきたい。車両製作についてはモチベーションの高上が見られているため、問題はないと思われる。しかし、4月に入ると製作以外の活動である新入生歓迎シーズンが到来する。この時期如何に才気溢れる新入生をメンバーに加えることができるかは、今後のKARTの将来像に大きく寄与しているため、非常に重要なイベントである。これからは実際の車両を見学用に披露し、魅力的な説明会などを積極的に行い、新入生が興味を抱くようなサークル像を構築していく必要がある

