

ライフサイクル・エンジニアリングの覚書

著者	齊藤 了文
雑誌名	ライフサイクルエンジニアリング研究報告書?
ページ	17-29
発行年	2004-03
URL	http://hdl.handle.net/10112/7220

ライフサイクル・エンジニアリングの覚書

社会学部 齊藤了文

メンテナンスと複雑なシステム

メンテナンスの基本は次の3つがあげられる。

- ① 診断・検査
- ② 保全・修理
- ③ 更新・取替え

メンテナンスの中心と見なされるのは、②保全・修理である。しかしこれだけでは、事故やトラブルがあった場合に後追いで行うことと同じである。それなら、何が起こるか分からないし、行き当たりばったりになってしまう。メンテナンスの最初のイメージはこれだった。経験的にすぎず、特に面白い仕事だとも思えない。「壊れたものを直す」これが狭義のメンテナンスであり、発生主義あるいは随時修理主義のメンテナンスと呼べるものである。家電製品や家屋などの多くは、現在もこの方法でメンテナンスをしていると見てよいであろう。¹しかし、修理すべき機械が複雑なら、専門家にまかせるしかない。しかも、経験や知識の積み重ねがなければいけないために、機械化などの手段がとりにくく、人間に任せるしかなく、3Kと言われる職場になってしまう。

メンテナンスに適した人は、差し当たり経験を積んだ職人、技術者だ。素人は分からない。どこに傷があるか分からない。その傷の意味も分からない。これは、熟練した医者ならレントゲン写真を見て肺ガンが分かるのに、医学生にはなかなか見分けがつかないのに似ている。また、メンテナン

スは個別性の大きい、複雑なものを扱っている。庭の松の手入れは腕のいい植木職人でないと難しい。状態を見極めた上で、どう対処するかが難しい。都市基盤のメンテナンスにも同じ問題がある。個別的で複雑なものの扱いは熟練者に任されてきた。

まず、①診断・検査が重要になる。人間でも定期健康診断をやるのと同じである。問題点を探って、そこを良くしようというのが基本だ。工学的な言い方では、劣化の進み具合の把握をすることがまず必要となる。

もちろん、人間でも腫瘍がどうなっているかは、手術して開いてみるまでは本当のことが分からないことも多い。しかし、それでは身体に対して負担が大きい。だから、CT スキャンのような非侵襲的な手段が求められる。工学的な言葉で言えば、非破壊検査である。このような、診断、検査が、扱おうとしている複雑なシステムに対してはまず必要になる。その上で、どのように予防をすればいいかを考え出さなければならない。

事故やトラブルが起こってからでは、その修理のコストは、時間的遅れなども生じて大きなものとなる。鉄道やコンピュータの故障はその典型である。だとすると、できるだけ予防ができる方が望ましい。自動車エンジンオイルの補充をすることも、エンジンが焼きつくのに比べるとそれにかかるコストは大違いである。

問題は、この診断や検査が複雑なシステムでは難しいというところにある。原発でもシュラウドのクラックの長さの非破壊検

¹ p.39『鉄道とメンテナンス』（山之内秀一郎編 交通新聞社）

査の信頼性が高くなかったので、原発が止まる事になり、2003年の夏には関東で大規模停電が心配されるような事態にまでなった。もともと、非破壊検査は、いわば逆問題とも言われる問題であって、数学的に一般的な解が得られないことは分かっている。にもかかわらず、診断や検査をしなければならぬ。

診断によって初期値は明らかになるかもしれない。しかし、ここにどのような法則が関係するかを発見するのは簡単ではない。もちろん、成熟した分野ならある程度は見通しがつく。ただ、初期値と法則が分かっても、非線形の場合などに、そこから将来を予測することが難しいのは、天気の数値予報の難しさと同じである。

複雑なシステムの内部状態の確定と、複雑なシステムの振る舞いの将来予測は、實際上非常に難しい課題である。これらの情報を精緻に集めるにはコストもかかり、實際上誰も持っていないことが重要な問題となる。(これは、企業や行政が情報を囲い込んで見えなくしているという問題とは違っている。)例えば、鉄道の線路に関しては、長いために人間がすべてくまなく検査することは実際上不可能という問題がある。これは、飛行機の機体の隅々まで毎日検査できないのと同じことだ。だから、資源をうまく使うために、重点領域を決めて、検査をする。

寿命がある程度予測できる磨耗や潤滑油の減少に関しては、予測を行い定期的に検査をすることで対処できる。それに対して、エレクトロニクスに関しては、故障を事前に予想することが難しいという問題を含んでいる。その場合には、常にモニターして管理をしたり、信頼性分析をすることによ

って対処している。

以上が、メンテナンスに関わる問題の基本である。このような難しさもあって、予防がうまくできず、時に事故やトラブルが起こって初めて修理・改修することも生じる。つまり、リスクマネジメントをすることもまた必要になる。

「*故障状態は、外からでも見えるし聞こえる。

- * 異常状態は、分解や診断技術の活用によって見えてくるが、異常の程度によって診断する機器は異なり、早期に発見しようとするればするほど機器の価格は高くなる。
- * 正常状態は、稼動中に設備の駆動源のエネルギーを監視することによって、設定・維持管理できることが分かってきた。

それぞれの設備の状態に応じた診断技術によって、急所を押さえた“ツボ療法”が可能となる。特に大切なことは、設備の生まれの良し悪しによって正常化への取組みが変わるということであり、生産条件の確認だけで済む場合、見直し改善が必要な場合、条件の再設定が必要な場合などがある。加工組立業界においては、製品を構成する部品の持つリスクによって管理レベルが定められる。

たとえば、自動車のアクスル関係の部品は「重要保安部品」として扱い、加工する設備の状態は常時監視の対象となる。

その理由はこの系の部品の欠陥は、人命に関わる夫安全な方向に発現するからであり、加工する設備の状態監視は絶対必要条件である。

これを怠ると経営を著しく圧迫するばかりか企業の命取りになる危険性さえもはら

んでいる。」²

メンテナンスの重要性（産業事故）

2003年9月3日新日本製鉄名古屋製鉄所コークス炉でガスホルダーが爆発。2003年9月8日ブリジストン栃木工場でゴム練り工程から出火、火災が発生。2003年9月26日、十勝沖地震の影響で出光興産北海道製油所の原油タンクから火の手が上がった。このように生産現場を脅かす大災害がこのところ多発している。

経済産業省は産業事故対応会議を設置し、その結果が「産業事故災害防止対策関係省庁連絡会議中間とりまとめについて」³として2003年12月15日に発表された。

近年、産業事故は増加傾向にある。

総務省消防庁の調査によると、危険物施設の火災・漏洩事故は平成6年(火災・漏洩 事故件数:287件)頃を境に増加傾向に転じ、平成12年に過去最多の511件を記録した。その後もほぼ横ばいの状況である。特に石油コンビナート区域内で発生した危険物施設の事故件数の推移を見ると、平成3年の32件から平成14年には68件となり、顕著な増加傾向を示している。

厚生労働省の調査によると、労働災害による死亡者数は長期的には減少傾向にあるものの平成15年は10月末日現在で1,225人と前年同期の1,211人から増加に転じ、特に爆発・火災によるものが35人と、前年同期の8人に比べ、大幅に増加している。

また、一度に3人以上の労働者が死傷する重大災害(交通事故を除く。)は、発生件数が71件から88件へ、死亡者数が29件から34件へと増加しており、中でも爆発・火災によるものは発生件数が14件から25件へ、死亡者数が3人から25人と、前年より大幅に増加している。

経済産業省の調査によると、電気事業及びガス事業に係る事故件数はほぼ横ばいで推移しているが、高圧ガス災害については平成10年(89件)から一貫して増加傾向にあり、平成14年は137件と、過去最高の件数となっている。

このように、分野ごとに多少の差異は見られるものの、産業事故は幅広い分野において近年増加傾向にあり、関係機関等の中で連携して、迅速・的確に対策を講ずることが必要な状況となっている。

以上が、「中間とりまとめ」に載っている産業事故の増加傾向である。そして、関係団体にヒヤリングを行い、産業災害防止上の論点を次のように述べている。まず、経営トップの取組みがうまく行われていないという点がある。次に、安全確保に関する体制がうまく作られていないという点がある。これは、保安関係の業務がアウトソーシングされていることに由来している。第三に、危険性の洗い出しをやっていない場合がある。業界内で事故情報や優良企業の事例等を共有することがやられていないことがあった。

しかも、個別的な問題として、次のような点が指摘されている。

○近年の新規採用人員の絞り込み等により、

² p.128f. OASIM「メンテナンス・エッセイ」No.17 『メンテナンス』2003、Spring(季刊 No.17,通巻 236号)

³ <http://www.jisha.or.jp/topics/040106/>

製造現場での安全確保に関する技能伝承が確実に行われなくなり、一方で事故防止対策を自らの体験等に基づき実践してきたベテラン労働者が退職の時期を迎えていること等から、安全確保に必要な知識・技能の取得レベルが相対的に低下しているおそれがあること。

○事故が多発していた昭和40年代からみると事故災害の発生件数が減少し、危険を直接経験することが相対的に少なくなった結果、若年労働者等を中心に、個々の従業員の危険に対する感受性が低下し、安全手順無視の事例が見られること。?

○自動化・省力化の進展等に伴って定常作業がブラックボックス化し、製造現場の従業員が現場作業に接する機会が少なくなっており、工事等の非定常作業の熟度が落ちているおそれがあること。特に、下請け業務の増加と相まって、非定常作業中の事故が多くなっていること。

○設備の維持管理について、科学的な裏付けによらない経験則的な合理化の積み重ねにより、安全確保に係る許容範囲を逸脱し、安全性が損なわれることが懸念されること。

○大規模・複雑な施設では、その位置、随設備等の状況から、人的手段により火災等の早期覚知、初期消火等を行うことが困難な場合が多く、災害発生時に被害が拡大する事例が散見されること。

つまり、安全に関わる知識や情報の伝承がうまくいっていないという指摘である。これは、災害が減ったためにかえって非定常状態が生じたときの備えがおろそかになってしまったということも含んでいる。

2002年の製造業従業者数は約1222万人で、ピーク時の1992年の約1569万人と比べて、10年で20%以上減少している。製

造業全体で設備の維持補修投資額はここ10年ぐらいは1兆から1兆4000億円程度である程度安定している。ただ、設備年齢は2001年の米国の平均設備年齢が7.9年であるのに対して、同年の日本は12.0年と約4年の差がある。⁴

維持管理がおろそかになったために、産業事故が増加したという単純な因果関係があるのではないが、メンテナンスがらみの問題に焦点を当てる時代になってきたのかもしれない。

メンテナンスの必要性（都市基盤の劣化）

「高齢者対策と並んで今後、深刻になるのは、これまで整備した都市施設をどう維持するかだ。

大阪市の場合、下水道管の48%が1965年度以前に埋設されている。管の寿命は約50年。単純計算では、2015年度までに半数が耐用年数を超えることになる。施設の維持更新費用は、学校の校舎や道路にも及び、爆発的に増える。

東京はそれ以上だ。都の推計では、都が管理する道路、橋、上下水道、都営地下鉄、都営住宅の老朽化に伴う維持更新費は、2030年度までに総額44兆円にのぼる。ピークは2022年から26年の5年間。そのころには都の投資経費の70%以上を充てなければならぬ計算だ。

東京の都市施設の多くが人口急増の高度成長期に集中整備された。二十三区の下水道管の51%が1966年からの20年間にできている。再び集中投資しなければならない時が、人口減少が本格化する時代と重なる。

⁴ この段落の情報は、「D&M 特集 崩れゆく生産現場」D&M 2004.2 no.593, p.77f. による。

東京も大阪も、増える大都市のコストを賄えるだけの収入を確保できるだろうか。人口減は、経済活動の規模を縮め、都市から生まれる税収を細らせる可能性がある。このままでは、大都市財政の危機はさらに深刻化する。」⁵

「1970年から1972年にかけて運転を開始した初期の原子力発電所は、運転開始から既に30年が経過しており、国内では4基が30年を超えて運転している。

さらに今後5年間で国内の13基が30年を超えて運転することになる。」⁶

「一般に原子力発電所の機器数は30,000以上あるといわれる。このような機器の大部分が補修や取替が可能であり、適切な保全を実施することにより、恒久的な設備健全性の確保が可能である。

問題は、補修や取替の困難な機器がどれくらい存在するか、それらの機器のどの部分に経年変化のモードがあるか、このような経年変化のモードを把握し、必要な場合補修や取替を可能とするような技術開発が可能か、といった技術的課題の解決ができるかどうかである。」⁷

「加工組立業界のリスクの多くは、不適正な設備の状態を放置したことによる故障にあり、状態監視技術としての設備診断技術の研究・開発・普及に力を傾注してきた。

そして、故障の再発防止と未然防止のための保全を状態基準保全(CBM: Condition Based Maintenance)として、振動診断を中心にモノづくりにおけるロスの低減に少な

からず貢献してきた。」⁸

人工物を使っていくということにはメンテナンスをすることも含んでいる。特に、船など外部からの援助が受け難いものがそうである。

機関士は「火夫や石炭夫の仕事が絶え間ないものだったのと同様、四六時中、機関を管理していなければならなかったのである。そしてその機関が破損した場合には、利用できる限られた手段で、彼らが船上で補修しなければならなかった。工作機械は無く、あるのは基本的にはスパナ、ハンマー、たがね、そして良く備わっている船でハンドドリル、など、手動の道具だけであった。

船の安全と乗っている人たちの命は、機関スタッフたちがいかに主機関を回転させ続けられるか、あるいは万一故障したときにいかに再び動くようにできるか、その彼らの技術にしばしば委ねられた。この厳しい北大西洋の水域は、特に冬場には、船が漂ってなどいようものなら、飲み込んでしまおうとしていたのである。帆装はまだ当時の船には取り付けられていたが、多くの場合、ほとんど推進の手段にはならなかった。特に、日ごろ使っていないために水夫や甲板部士官たちがそれを扱う技術に未熟だったし、その機能に不案内でもあったからである。蒸気推進の商船が増えてきたことと、機関士に与えられる責任が高度になってきたことにより、英国では1862年の商業海運法(Merchant Shipping Act)で、100公称馬力以上の外航蒸気船には資格を持った2人の機関士、すなわち一等機関士ひと

⁵ 読売新聞 2003.12.14 「人口減社会」

⁶ p.70 「原子力発電所の高経年化対策について」松村洋『メンテナンス』2003、Spring(季刊 No.17,通巻 236号)

⁷ ibid.

⁸ p.128 OASIM 「メンテナンス・エッセイ」 No.17 『メンテナンス』

りと二等機関士ひとりを、乗せることが義務づけられている。資格を認められた専門職としての船舶機関士の時代がやって来っていたのである。」⁹

「新造時の状態、航海歴、船齢ともほとんど同一の船であっても、経年劣化の程度が著しく異なることはよく経験することである。これが、保守管理の良否によるものであることは、身近な自動車の例からも推察できる。事実、最近になって、保守管理の悪さが主要原因と考えられる一連の大型バルカーの重大事故が発生した。重大事故を起こしたものの多くが、Substandard 船と呼ばれる保守管理の劣悪な船であった。こうした事故を防ぎ、船を安全に長持ちさせるにはどうしたら良いのであろうか。常に船の健康状態を監視し、関連したデータを蓄積し、必要に応じて適切な処置が採れるようにしておくことが不可欠であり、これを可能にするのが、船の保守管理システムとも呼ぶべきものであろう。」¹⁰

大規模な人工物を使っていく、運転する場合に、メンテナンスは基本的に重要である。形あるものは必ず壊れる。10年1日の如く人工物を使い続けると、思わぬトラブルに巻き込まれることにもなる。

環境対策技術

リサイクルをやって、今まで使われていた部品を使うことが行われている。たとえば、自動車の座席のモータを使って車椅子をつくることも行われている。

問題は、中古モータのキズを見つけにく

いということや、設計の限界や制約が分かり難いということがある。このようなコストがあると、中古モータが手に入っても、コスト的に見合わないことがある。

もちろん、部品が標準化されていれば、ある程度は使いやすく、キズも見つけやすい。リユースにおいては、劣化だけの問題ではすまない。もちろん、疲労も計測が難しい。

ものづくりは、純化することができる。つまり、純粋な扱いやすい材料を使って製品をつくるのが信頼性、安全性に大きな意味を持っている。できるだけ問題を含まない材料を使うことが求められる。半導体では表面でそのようなことが起こってきた。

しかし、メンテナンスでは、現在あるシステムを使う必要がある。革命で全く変えてしまうのではなく、現在あるシステムを使いつつ、それをうまく動かす、そしてそれを改良することが求められる。これは、リサイクルの難しさと同じである。不純物をうまく取り除く方法があるか、さもなければ不純物を含んだまま質の良くないものをつくるか、という二者択一だったりする。

実際、ソフトウェアにおいても、それをリユースすることが難しいといわれている。これには、劣化といった素材の問題はない。にもかかわらず、容易ではない。

基本は、エントロピー増大である。これに対する対処はコストがかかる。

「1976年には10万2000トンだったダストの発生量が、89年には100万トン。10倍の増加です。その解決や回収を、メーカーサイドの人が担っていないところが問題。だから、豊島事件や廃車の野積み事件が起こってしまうのです。

また、行政も、部品・部材の高性能化、

⁹ p.23 『豪華客船スピード競争の物語』 デニス・グリフィス 成山堂書店

¹⁰ p.1 『船のメンテナンス技術 (改訂版)』 船のメンテナンス研究会 編著 成山堂書店

複合化についてはお金を注ぎ、育成してきた。FRP、タルク、樹脂、不分解の塗料など、同一車種に様々な材料が使われています。ところが、それを処理する逆の技術をまったく作り上げてこなかったのです。」¹¹

新開発は、いろいろやっている。それに対して、分解し、解体する技術はやっていない。おそらく、他人がやった仕事の後始末はやりたくないのかもしれない。

「今までのシステムからすると、鉄屑やスクラップは商社が買い占める。それ以外は、解体業者などの静脈産業が担っている。メーカーは商社とは交渉しても、それ以外とは関わりたがらない。行政もまた監視と規制だけで、だれもが育成という価値観を持っていないんですね。

僕はこう思います。環境対策技術は、各メーカーが持っている。それを閉ざした系列のなかだけでやっていて、社会的に公開していない。社会化は利益につながらないという短絡的な視点しか持っていません。メルセデスは、そこが違う。環境技術が社会化され、現象になった方が、将来ノウハウをライセンスとして売る時にもメリットがある。技術と投資のグランドデザインが確立されているんですね。そういう長期的なスタンスで見ていくことが必要だと思うんです。」¹²

「日本の場合、エコグッズという商品をアセンブリしているだけ。例えば、廃車についてもメーカーが無料回収を行ったとする。でも、単なる無料回収では、結果とし

て価格に転嫁され、ユーザーの負担が増えるだけ。メルセデスは、この部分を産業にせよと言っているんだと思います。」¹³

「廃棄物をめぐる状況については、日本同様ドイツも深刻な事態を迎えています。旧西ドイツ地域だけをみても、廃車台数は年間200万台に上ります。これらが解体され、破碎されてできるシュレッダーダストの量は50万トン。そのうち40万トンがスクラップ業者やシュレッダー業者によって処理され、廃棄物処分場に捨てられています。受動的安全性、低燃費実現のための車体の軽量化、室内の快適性を求める最近のモデルでは、プラスチック部分の比率が高まっています。必然的にシュレッダーダストの量は今後ますます増大していくでしょう。また、ダストに含まれる炭化水素やPCBといった有害物質の問題もある。なかには、オイル類や他のサービス液、重金属が含まれていることもあり、土壌や大気を汚染する有害廃棄物でもあるのです。ブランデンブルク州のシェーンブルクには、かなり大きなゴミ処理場があります。その周辺では、メタンガスが発生したり、土壌温度の異常上昇や水質汚染が起きています。緑の党や地方自治体が、こうした処分場づくりに反対するのも当然です。結果、新しい処理場を作れず、こうした場所に捨て続けることになる。問題はますます拡大しているのです。」¹⁴

自動車も含めて、既存不適格からはじめることになる。しかし、すべてを全くなし

¹¹ p.254 『メルセデス・ベンツに乗ること』赤池学・金谷年展 日経ビジネス人文庫

¹² p.255 『メルセデス・ベンツに乗ること』赤池学・金谷年展

¹³ p.256 『メルセデス・ベンツに乗ること』赤池学・金谷年展

¹⁴ p.240f. 『メルセデス・ベンツに乗ること』赤池学・金谷年展 日経ビジネス人文庫

にして、新たに始めることはできない。既存不適格を意識しつつ、問題の解決に進まねばならない。

リスクに対する対処の難しさ

「事故というのは起きてはじめて慌てたり、後悔するわけで、起きる前は事故への備えはただ面倒なことと思われがちです。自宅で傍らに消火器を置いてラーメンをつくる人はいないと思いますが、それは「そんな大げさすぎる」「どうせ火事にならないだろう」と思っているからです。じつは事故を起こした現場の感覚にしても、いまの引越しや料理の話と本質的には変わらないのです。

事故を防ぐには結局、いつも大事をとってばかばかしいと思えることでもきちんとやっていくことしかかかということではないでしょうか。運び手が足りなければ人を呼んできてタンスを運ぶべきだし、料理のときにはそばに消火器を置くように徹底するというような愚直なことをやらなければならないということなのです。

ところが、それでも事故は起こります。人間のやることなので必ず落ち度があるからです。愚直にやれば事故を減らすことができるけれど、それでも完全になくすことはできない。事故というのは特別な現象ではなく、後から事故に至るプロセスを分析してみると、起こるべくして起きているだけです。要するに、事前にそういうことが起こるかもしれないという想像力の欠如に問題があるということです。

もっとも、想像力がないからといって、事故を起こした関係者をことさら責めるのも酷な気がします。おそらく彼らはそれまでは同じような方法で事故を起こさずに工事をしていたのでしょう。事故というのは

起きなければ「起きないもの」とだれもが思い込んでしまいます。起こったときにはじめて「やっぱり起こったか」となるわけで、事故防止のための日頃の努力は、ほとんど評価されることがありません。

火事が起きないと「私の町には消防署なんかいないんじゃないか」と言い出す人がいます。火事がないというのは、消防署の人が日夜点検して、「ここの調理場は危ない」「消火栓をつけておきなさい」「ここに物を置いてはいけない」と努力している賜物なのですが、それを「火事がないから消防署はいらない」というのは本末転倒もいところのです。

同じような理屈で、犯罪がないのに警察がいるのかという話もあります。なにかのマイナスを防止するところに人員や予算を割いておくと、効果があがればあがるほど無駄だとしてその機関に対する風当たりが強くなるのが常です。その人たちががんばっているからマイナスを防ぐことができているというのが普通の人にはなかなか見えないし、わからないということだと思えます。事故防止には事故や災害の防止の努力を重く見て評価しないといけないのです。」

15

リスクに対処しても、差し当たり利益が出るわけではない。

保全部の問題

「それでは保全部活動に満足できない理由は何であろうか。この疑問に直接つながる設問ではないが、アンケートでは、「貴社の保全部が抱えている問題は何だと思いま

15 p.70f. 「事故にはいろいろ背景がある」松田芳夫『失敗に学ぶものづくり』畑村洋太郎編 講談社(2003)

すか」(複数可)という形で質問した。その結果は⑩のようであるが、問題ベスト3として「教育・研修・技能の継承」「忙しすぎる」「社内の評価・待遇」があることに注目したい。

設備保全は、常時、自己啓発や技能の修練など学習・教育の必要に迫られている部署であることが特徴である。それがままならない保全マンのいらだちが教育への不満として数字に見えるのではないだろうか。

そこで前問で「教育・研修・技能の継承」を選んだ方に教育での問題点は何かと思うかを記入(複数可)してもらったのが⑪である。ここでは、講師や教材、外部セミナーがないことに問題を感じていることが分かる。しかし、「学習意欲がない」という意見も10%と保全部の雰囲気が見え隠れする。

⑩⑪におけるその他の意見では、「現場への負担しわ寄せが多い」「予算が毎年不足する」「時間がとり難い」「系統的に教育を行う時間的余裕がない」「人材がない」「人員全体の高齢化」などの意見があった。すなわち、時間も無い、予算もない、人材もない、の「3ない現象」が実情である。」

16

「技術が変わると人間の作業も変わりますが、メンテナンスも実際の作業はなくなっても、サポートする情報系や判断系が変わってくると思います。

昔の職人の勘を働かせるのは現在ではメンテナンスだけだと言われています。でも勘を働かせるバックグラウンドには40

年も必要です。データベースは蓄積されたものが100年を超えているのです。人間の一生では見きれないものが蓄積されています。いままでの人間系がもっていたノウハウをデータにして長年蓄積していくことによって将来素晴らしい創造も可能になっていくかもしれません。」¹⁷

「小樽の百年のコンクリートや横浜の築港コンクリートなどのように100年を超える期間を経てもなお健全な様相を保つコンクリートが存在する。しかし、新幹線のトンネル剥落事故のような施工欠陥、あるいは過酷環境によってコンクリートの耐久性の低下が問題になっているケースもある。

コンクリートの代表的な劣化メカニズムをみてみると、塩害：塩化物イオンの侵入、中性化：炭酸ガスの浸透、乾燥収縮：水分の移動、溶出：カルシウムイオンが溶け出す、化学的劣化：酸などの侵入、などのように物質の移動に伴う現象であることがわかる。つまり、劣化進行状況の評価を行うためには、この劣化因子の移動現象を把握することが重要になる。

従来の物質移動評価手法には、理論式や経験式による評価とがあったが、簡易的な式や既往の材料を対象としたものが多いため、複合劣化や新材料の評価、あるいは補修効果の評価など詳細な検討については困難な面があった。コンクリート構造物の維持管理においては、劣化速度の評価、最適補修時期の選定、余寿命算出などが重要であり、これらの評価を行うためには、詳細

¹⁶ p.62f. 「緊急アンケート 保全部 2003年」編集部『メンテナンス』2003、Spring(季刊 No.17,通巻 236号)

¹⁷ p.9 「メンテナンスとITのシステムは人間の力で構築するもの」疋田彰宏『メンテナンス』2003、Spring(季刊 No.17,通巻 236号)

な評価手法が望まれていた。」¹⁸

組織のメンテナンス

人間の行動で事故が起こる場合のことをここでは考えている。

「実際に火事が起こったところから遡って考えるのが逆演算です。その際には、消防の設備がうまく動かなかった場合、通報がうまくできなかった場合、消火器が作動しなかった場合など様々なことを想定して検討するので、順演算では考えが及ばない抜けを防ぐことができます。

日本の多くの企業は、かつて「CQ」(quality control の略。品質管理のための活動のこと)など愚直な活動を続けることで業績を伸ばしてきました。しかしながら、このようにうまくいくやり方しか見ず、それをマニュアルとして定めてそこからはずれることを許さないがんじがらめの運営を行ってきたからこそ、想定外の問題が起こったときに対処できずに失敗の被害をいたずらに拡大させているという現実があります。

先ほども述べたように、安心をつくるためには愚直な活動は絶対に必要で、それをきちんと評価すべきです。ただし、失敗を防ぐにはそれだけではだめで、それと同時に逆演算によって愚直にやり続けていることに抜けがないかを絶えずチェックしていくことも求められているのです。」¹⁹

マニュアルがなぜダメになるのか。これは、開かれたシステムだからだろう。複雑

性があれば、もともと確定しがたいということもありうる。

ISOのマニュアルはどうか。

メンテナンスにおいては、制度を変えることが必要になる。しかし、改革、変革は基本的に難しい。

「年を重ねると自己改革は難しくなる。プロゆえの落とし穴もある。成功体験者にとっては技術変更を行うことは、初心者より難しい場合もある。それでも、改革を実施する勇気と実行力が求められる。」²⁰

「製造現場では、時として事故が発生する場合があるが、その原因は、作業量とリソースのギャップから生み出される場合が多い。このような状況にもかかわらず、事故への対処を安全管理の視点からのみで考え、チェックの二重化や作業工程の緻密化などですませようとする、担当者の作業量はますます増加し、作業量とリソースのギャップはさらに増大し、結果として事故の発生しやすい環境となってしまう。これを悪魔のサイクルという。このような悪循環から脱却するには、それぞれ専門担当の立場からのみではなく、すべてのマネジメントの観点から、リスクを把握しその原因と拡大の可能性を検討するリスクマネジメントシステムの構築が必要となる。」²¹

ダイナミックなメンテナンス

花王の社長、後藤卓也は組織を常に少しずつ変化させつつ維持していくことについて語っている。これは組織のダイナミックなメンテナンスというべきものである。

「ある新聞社のインタビュー記事では

¹⁸ p.98 鹿島技術研究所「コンクリート劣化の解析・予測システムを開発」『メンテナンス』2003、Spring(季刊 No.17,通巻 236号)

¹⁹ p.94 畑村洋太郎/万代典彦『失敗に学ぶものづくり』畑村洋太郎編 講談社(2003)

²⁰ p.4「リスクマネジメント的事象」野口和彦『日本機械学会誌』2004.1Vol.107 No.1022

²¹ ibid.

「凡を極めて非凡に」という見出しをつけていただきましたが、なるほど、私が社員に口を酸っぱくして言い続けていることは、「基本を守れ」ということです。しかし、基本をきちんと守り続けることは、意外とたいへんなのかもしれませんが。」²²

「ただ、誤解していただきたくないのは、基本を守ることと、旧套をひたすら墨守することはまったく別のことだということです。伝統ある企業にはありがちなことです。新しいチャレンジを退け、これまでのやり方だけを続けていれば安泰だという保守的な空気は、花王にはありません。

花王の社風には、「健全な危機意識」と「現状不満足」があります。企業が存続していくためにはつねに改革をしていかななくてはならないという精神が、歴代の経営者には受け継がれています。

というのも、これもトイレタリーという主力商品の性格からくるものですが、現代的な生活が全国津々浦々まで浸透し、人口も増加しないという状況の下、トイレタリー商品の国内消費量はとうに頭打ちで、市場として極端に拡大することは望めません。その限られたパイの中でライバル会社と熾烈なシェア争いを続けていかななくてはならない。

油断をすると、すぐに蹴落とされてしまいます。「このままではいけない」という危機意識がつねになれば、会社が存続していかないので。」²³

²² p.39 「マーケットという妖怪に非難されても非カリスマ経営でいく」花王社長 後藤卓也『文藝春秋 On Business』1月臨時増刊号 2004

²³ p.41f. 「マーケットという妖怪に非難されても非カリスマ経営でいく」花王社長

「フロッピーディスクも、磁気テープなどの素材についてのノウハウや技術があり、品質的にはいちばんよいものをつくる自信がありました。

IT 関連事業は今後も成長する分野ですし、技術力もあるのだから、成功間違いなしと考えていたのですが、そうはうまくいきませんでした。

失敗の原因は、われわれが持っていたのはフロッピーディスクという一商品のノウハウだけで、それに関連するパソコンなどのハード本体などとは無縁だったことです。ですから、通信事業全体が今後どのような方向に進むのか、消費者はなにを求めているのかなどについて、十分に把握することができず、従って商品開発も大手の総合電機メーカーの後追いをするしかありませんでした。

さらに、それをどうやって消費者に届けるかという流通のノウハウもない。われわれが得意とするトイレタリー商品は、スーパーやコンビニで販売されますが、フロッピーディスクは電機店など、別の流通経路を持っています。

結局、大手ソフトウェア会社の下請け的な仕事にとどまるばかりで、事業としての展開がまるで見えてきません。そこで、私が社長に就任したとき、この分野からの撤退を決断しました。」²⁴

新発明と維持管理

イノベーションの考え方は、多様性を基にして、多数を競わせることによって、良いものが生き残ることを目指している。起

後藤卓也

²⁴ p.42f. 「マーケットという妖怪に非難されても非カリスマ経営でいく」花王社長 後藤卓也

業を容易にすると、雇用が促進される。しかし、問題は、そのような企業も失敗することがある。廃棄物処理が必要になる。進化、社会の中での改良を目指すことはいい。しかし、そのコストも当然存在する。

メンテナンスの考え方は、いいものを長く使うという考え方だ。ウィリアムバグズ橋は保守をしていなかったために、後で問題が生じたときにその修理が大変になった。これは、同じシステムを使い続けるという問題になっている。ここでは改修や短期の改定がポイントになっている。

全体を変更することに関しては、リーダーシップ、主体性を前面に出しやすい。しかし、維持しつつ発展することに関しては難しい。いわば、組織の自己治癒力や免疫力に頼ることは、誰かの政治力、リーダーシップでの問題とは違っている。これは、上部の命令が単に行き届くことだけというように考えられる。すると、たいした問題ではないように感じられる。

メンテナンスは個別性の強い人工物を診断することからはじまる。しかし、人工物の詳細は全て設計者の意図の下にあるとすると、メンテナンスは頭を使うのではなく、ただの下働きという位置づけになることもある。このために、メンテナンスはあまり評価されなかった。新しいものをつくる人は偉い（発明の対価として200億円ももらえるかもしれない）が、それを維持する人はその偉さを実現するために働いているに過ぎないと思われている。

新しいものを作ることと古くからあるものを使っていくということは違っている。

問題は、人工物の設計において、複雑なシステムの挙動を（環境も変化するのに）予め予測できないという点にある。ロボッ

トの研究の進展でも同じだったが、環境やユーザとのインタラクションをうまく行えることが重要だ。ただ、構造物などは動かないので人間が調整し、メンテナンスする必要が生じる。この場合には、組織的対応も必要だ。

人工物では多くの場合、製造時が一番よい状態なので、その状態を「目的」にして、そこへ向かうような改良、修理が求められる。人工物は時間とともに劣化することが基本である。

ただ、情報システムは少し違う。これは単純には劣化しない。しかし、銀行の勘定システムの場合のように、多くの機能を付け加えることが要請されることがある。今まで売っていなかった金融商品売る場合には、それに対応したシステムが必要になる。つまり、現状に合わせて変更することは常に求められる。これは、広い意味でのメンテナンスと呼ぶことができるであろう。

そのときに問題となるのは、メンテナンスによる副作用の問題だ。これは場合によっては、大きなシステム障害を発生することもある。

この点は、医療が人間のメンテナンスをするときに、薬によって副作用が生じると同じ問題だ。改良を目指した修理は、複雑なシステムの場合には難しい問題を提起することになる。

病気⇒診断⇒治療

故障⇒検査⇒修理

この対で考えると、診断ができないと治療ができない。診断は一瞬の判断で決めるのは難しい。家庭医のように家族の状況も含めて知っていることが必要になるかもしれない。

また、順序が重要だということになると、

知識や情報が完備しないと機能しない。リスク・マネジメントもある程度技術や内容の成熟がないと、なかなか難しい。

それに対して、予防医学ということも言われる。健康増進、ヘルス・プロモーションである。これは、疾病指向の医療に対して、患者中心医療だと言われる。ここで念頭にあるのは、治療不能の終末期医療や高齢者のケアである。意味づけを与えて、死ぬのを納得させることが基本的なイメージとなる。

しかし、それを企業の組織に対して適用することは難しいだろう。

ただ、自己治癒力を高めるということは大事かもしれない。これはどういう意味を含んでいるのか。少なくとも慢性病がありうる。それに対してどう対処するかが問題だ。

工学的には慢性病である劣化や疲労の問題は、解決の易しい問題ではないが、ある程度分かって対処が行われている。それに基づいて、予防保全などが行われる。

これからの方向性

①工学的、②組織的、③統合的、政策提言的の3つに分かれた問題がある。

まず、①メンテナンスに関する工学的な技術開発。診断や検査に関わる問題としては、非破壊検査、保全・修理に関しては、劣化や疲労の予想力の向上。更新や取替については、局所的な変更による全体への影響の調査などが挙げられる。問題は既存不適合があった上でどのようなリスクマネジメントを行うかである。ここでは、**技術ニーズの調査**が必要だ。

次に、②メンテナンスを行う組織のあり方の研究。これは、研究開発をする組織、製造を行う組織と比べて、メンテナンスを

行う組織がどういう特徴を持っているかを調査する。いわば、保全部とかメンテナンス産業の調査が必要である。

最後に、③一般に、現在ある企業をどのようにメンテナンスすることが必要かを調査する。これによって、制度疲労に陥っている組織に対する対処法が見つかるかもしれない。だから、**長期存続企業の調査**が必要である。この点は、一般論として、政策提言につなげることができる。

ただ、問題は、メンテナンスというのは長期にわたる問題が集積しているために、それに対する対処法があってもその効果は遅くに発現する。フィードバックが遅いため、実験や観察がやりにくい。さらに、組織に関しても工学に関しても、現行の法や規制が大きく関わっている。これらの整合性がないために、既存不適合が残ることになったりする。

このような困難な状況があるために、メンテナンスの問題は難しい。

謝辞

小澤守先生を始めとするライフサイクル・エンジニアリング研究会の皆様には、このような問題を考える機会を与えていただき、また、様々な刺激をいただいたことについて、感謝します。

今後は考えをさらに発展させ、皆様方のご厚情に応えていきたいと考えています。