

学生に技術と技術者の役割を伝える

— その2 生産計画の基準, 技術の発展過程, 科学技術の光と影 —

関東ポリテクカレッジ 中嶋 俊一
(関東職業能力開発大学校)

1. はじめに

現代は生産力が巨大化し、その必然的な結果として巨大技術・巨大システムが出現している。工場における自動車の生産ライン、製鉄所、水力発電所、火力発電所、原子力発電所などの設備、新幹線やジャンボジェット機による物資や人々の輸送などが巨大化した技術・システムの代表例と考えてよい。こうしたシステムも、元をただせばさまざまな機械、制御装置、コンピュータからなり、この個別な機械、制御装置、コンピュータも要素技術を集めたものである。

いつの間にか人類は自分の力と等身大のシステムの中では生きていけなくなった。自分で糸を紡ぐことも火を起こすことも電気を作ることもできない。化石燃料や原子力、新幹線やジャンボジェット機などの巨大システムの中で生活するようになった。こうした巨大システムは個人による制御限界を超えた存在である。

ものづくりを目指す学生には、技術者にとって必要な専門知識、技術、技能の習得に加えて、今まで技術者が不得意であった技術の周辺に関する事柄の理解を深めてほしいと考えている。技術の周辺に関する事柄とは、技術とは何か、ものを作るときの基準はあるのか、技術はどのようにして発展するのか、科学技術の光と陰、これからのものづくりのあり方などである。これらは筆者の担当している授業、職業社会論で学生に講義している内容でもある。

前報ではこの中の技術とは何かおよび労働の意味について紹介した。ここでは生産計画を立てるときの基準は何か、技術はどのようにして発展するのか、科学技術の光と陰の3点について論じ、他の項目は別の機会とする。

2. 生産計画を立てるときの基準

2.1 生産計画と技術の関係

自然を人間生活に利用できるように加工する手段が技術であるが、どんな物を自然から作り出すのかという生産計画を立てるのは技術ではない。技術は生産計画に従属して存在する。生産計画は管理工学により作られるが、管理工学は技術そのものは扱わず技術を管理するということなので、ここでは技術と管理工学は区別する。

例えばピラミッドを作る、高速道路を作るなどの生産計画がまずあって、その計画を実行するには機械や機構が必要になり、ここに技術の出番がある。したがって生産計画が技術の性格を決めるといえる。

2.2 生産計画を立てるときの評価基準

このように技術は生産計画に従属しており、生産計画の内容が技術の性格を決める。この生産計画、すなわちどのような物を作るのかという計画を立てるときの評価基準を考えてみる。

(1) 評価基準 その1

「人間生活を豊かにするものであること」
ごく当たり前の基準である。しかし生活を豊かに

するとは一体どのようなことなのかと考えると、なかなか適切な答えはでてこない。

2001年の国際統計で日本の国民総所得（GNIで表し、それぞれの国が国外も含めて受け取った収益の総計）はアメリカに次いで世界第2位で、ここから経済大国日本がみえてくる。しかし国民所得全体に占める社会保障費（医療保険、年金保険、雇用保険、児童手当、生活保護など）の割合は2001年海外情勢白書によるとスウェーデン45.9%、ドイツ37.7%に対して日本は17.4%、アメリカは19.4%である。

エンゲル係数で有名なエルンスト・エンゲル（1821～1896）は「ベルギー労働者家族の生活費」（1895年）で「各国の経済力は物的生産量などで比較するのは無意味で、経済力を表す真の指針はそれぞれの国民の生活水準つまり福祉の測定としての生計費である」と述べている。

日本では大量に物があれば豊かだと思わせられているところがある。しかしどうでもよいようなものがあふれ使い捨ての浪費をしているのに、住宅のような最も基本的な生活のよりどころとなる社会資本の整備は遅れている。

人間は、食欲や性欲などの、外の自然と共通で外の自然と交流し合う情緒的で感覚的な生命力である第一の自然と、科学・技術・生産などにかかわる第二の自然との2つの自然を持っている¹⁾。人間が生きるということは、この第一の自然と第二の自然を統一して他者との共存の中で生きることであり、それが豊かさという充実感につながる。経済価値のみに重点を置くのは、人間の2つの自然の調和にはそぐわない。

(2) 評価基準 その2

「自然的価値を経済的価値に優先させること」

哲学者田辺振太郎²⁾は生産計画を立てるときの評価基準を次のように述べている。

評価の最も根本的な原則は、自然的価値を経済的価値に優先させること。ここにいう自然的価値は、自然物や自然環境それ自体に対する価値と、人工物に対して人間の自然本能に照らしての文化的健全性との双方からなる。ここで文化的健全性は人間の自然本能に適合する方向において成立す

るものであり、それに反するものを破壊的、不健全とするわけである。

わずか100年前の日本は野原の中で狐や狸と一緒に生活していた。自然は絶対的であり自然に逆らうことなどとてもできなかった。われわれの祖先は農耕民族で、山を切り開き農地を広げ水田を作り食料を確保した。

この水田は稲作に使うのみならず、巨大なダムの役割も果たしている。日本は山が険しく降った雨は一気に下流へと流れる。日本各地にある水田は膨大な貯水能力があり、降った雨を一時的に貯水し河川の氾濫による大洪水をくい止める働きを持っている。現在の都市部で、集中豪雨があるとたちまち河川が氾濫し家屋が水浸しになるのは、都市において水をためる場所がほとんど存在しないからである。

田辺振太郎の原則は、人間の生命は自然的価値であるとして人間個人の生命と肉体を技術は侵害してはならないという明らかな原則をいい当てている。もちろん人命や人の身体を犯さなければそれでよいというわけではないが、個人の肉体を侵害し生命に危険を及ぼす技術を計画してはいけないのである。

(3) 評価基準 その3

「自分の責任でない事柄から受ける苦痛を、可能な限り減らすこと」

哲学者市井三郎³⁾は、各人が自分の責任を問われる必要のない事柄から受ける苦痛を、可能な限り減らさなければならないと述べている。自分の責任を問われる必要のない事柄とは、幼児や老人であること、障害者として生まれること、女性であること、貧しい環境で育つことなどをいう。

人間の歴史のあらゆる時代で、人々は人為的な原因で自らの責任のないことからさまざまな苦痛を追わされてきた。奴隷制度や封建制度のもとでの人々の暮らしや、科学や技術の成果を自己集団や国家のエゴイズムに利用し、国家間が対立するなどがその例といえる。現代の問題でいえば、女性として生まれた場合には依然としてハンディキャップがあるし、子供や老人にとっては必ずしも住みやすい社会とはいえない。

市井三郎の考えは、自分に責任のあることについて

ては苦痛が増えることを示唆している。また自分や他人のいわれなき苦痛を減らすためには、自ら苦痛を背負い自身の命をも捨てざるを得なかった多くの先人の姿勢をも表している。

3. 技術の発展

3.1 どのような技術が発展するのか

技術を「自然を人間生活に都合のよいように加工する手段」と位置づけると、技術により作られた生産物が使われるには社会がこの生産物を受け入れなくてはならない。技術は社会的な要請で生まれ、優れて社会的なものである。しかし技術は社会の影響だけで規定され技術固有の発展法則などありはしないと考えるのは、具体的な物に依存せざるを得ない技術の本質を無視した考えである。

技術の発展を許すか否かは社会的事情による。しかし発展が許される時、発展するか否かは技術により加工された人工物と自然物との相互の影響によって定まる一定の関係があると考えてよい。技術が発展するかどうかは、次の2つの要因から決まる。

- ① 労働消費量の節約に寄与する技術は発展し、寄与しない技術は減びる⁴⁾。
- ② 自然法則に無理なく従った技術が発展し、従わない技術は減びる。

労働消費量とは物を作り出したり輸送するとき人間が働く時間、物を作ったり使用するときの物質・材料・エネルギーおよび物を使用するときの性能、効率、価格などをさす。自然法則とは物には重さがある、物はこすれば熱がでる、物はたたけば振動するなどをいう。

3.2 新技術が生まれる一般的な方法

技術は実績が大変重要である。新技術は一般的に次の順番で生まれてくる。

技術の需要は経済力の発達に応じて徐々に大きくなる。従来よりも少し大きくなった技術需要は当初は在来技術がまかなう。しかし技術の需要は天井知らずに増し、単位機能のより大きな技術が必要になる。一方すべての物には最も適した範囲がある。例

えば電卓で微分方程式を解くことはできるが大変時間がかかる。電卓の機能は微分方程式を解くには適していない。複雑な計算はパソコンや大型コンピュータで解くのが普通である。

一方技術は保守的であるため過渡的には従来の技術で需要は満たされる。しかし従来技術の行き詰まりが認識されると、ここで新技術の開発が始まる。新技術が生まれると、この新技術は多くの欠点をさらけ出しながら特殊な用途に限って実績をつんでいく。特殊な用途でうまくいかない技術は減びてしまう。特殊な用途で実績をつむと、新技術の使われる範囲は次々に拡大し、たちまち旧技術を圧倒する。これが新技術が生まれる一般的な方法である。

4. 科学技術の光と陰

4.1 科学技術に対する考え方

現代社会では科学や技術はわれわれの生活にとって大変密接な関係がある。科学や技術は我々の生活に深く入り込み、われわれの生活を制御し管理し支配すると考えてよい。一方現代の科学技術は巨大化専門化かつ複雑化してきている。

科学や技術に対する考え方には楽観論、中間論、悲観論の三者がある。楽観論は科学技術のおかげで飢えと寒さから解放され、健康で文化的かつ便利な生活ができるので、科学技術の発展は人類の未来を左右し、とても大切であるとする考えである。中間論は科学技術は人類の福祉と社会進歩に貢献しているが、進む方向を誤ると凶器となるので、方向を誤らないように厳しくチェックするシステムが必要であるとする考えである。最後の悲観論は次のとおりとなる。科学や技術のもたらした恩恵はあるが原子力事故や地球環境問題にみられるように、われわれは科学技術の暴走に歯止めをかけることができない。したがって科学や技術はこれ以上進歩する必要はない。今歯止めをかけなければ人類は生き残れない、と考える。

この3つの考え方のどれを取るのかを判断するのはなかなか難しい問題である。ここには社会の進歩とはなにか、個人の豊かさとはなにか、なにをもつ

て快適というのかといった哲学的価値観が求められるからである。

しかし科学技術は両刃の剣といわれており、日本刀と違って両方に刃が付いている西洋の剣である。一方の刃を使えば人類の生活や福祉に役だつし、他方を使うと殺人の凶器となる。イギリスで産業革命が起きた時に綿紡績機の打ち壊し運動が起きた。これまでの手織りと違って、紡績機は人手をさほど必要とせず大量の織物を作ることができたため、当時の人々は失業を恐れ打ち壊し運動に走ったのである。この当時の人々は科学技術に対して悲観的であったことを示している。しかし現代では科学技術の発展を雇用の問題からは捕らえないため、ここでは中間論の採用が妥当であろう。

学生が科学技術をどのように考えているかアンケートを採ってみた(2004年)。対象学生は専門課程1年の103名で楽観論34%、中間論56%、悲観論10%となり中間論と答える学生が最も多い。

現代の科学技術は科学者・技術者といった専門化のチェックのみでは限界があり、多くの市民がチェックに参加する必要がでてくる。科学技術は学者と政治家の手にまかせておくにはあまりにも規模が大きくなり、科学技術を人類の幸せの手段とするには、すべての人々が手をかさねばならぬ⁵⁾ということでもある。

したがって科学者や技術者には、科学や技術の原理や仕組みを一般市民にもわかりやすく説明する能力が求められるし、一方市民は科学や技術のはたす役割をしっかりと学び判断する力が求められる。現代科学技術の多くは人々に利便を与えるものではあっても、必ずしも安全や心の安らぎを保証する物でなく特に核の技術には不安要素⁶⁾が多い。

4.2 科学技術の陰の部分、事件事例の分類

科学技術を評価するには科学や技術の光と影にスポットをあてて考えてみる。特に巨大科学技術はわれわれの生活の中に入り込んでいても、あまりにも巨大なためその姿が見えにくい。一般的には光の部分はマスコミその他を通じて大宣伝がなされているのでここでは取り上げない。ここでは科学技術の負

の部分である事故例を取り上げる。

これまでにわれわれが経験した科学技術の事件事例は次のように分類される。分類が難しい事例や1つの項目で分類できない事例もあるが、筆者なりのまとめ方で分類した。

① 予測不可能な事故・現象

サリドマイド児、オゾン層破壊、地球温暖化、熱帯雨林破壊、砂漠化、酸性雨、環境ホルモン(ダイオキシン、PCB)

② 安全性配慮不足による事故

チェルノブイリ原発事故、日航ジャンボ機墜落事故、コンコルド墜落事故、関西電力美浜原発配管破損事故

③ 技能、技術習得の未熟による事故

高速増殖炉もんじゅナトリウム漏れ事故、スペースシャトルチャレンジャー号爆発事故、スペースシャトルコロンビア号空中分解事故

④ 倫理欠如による事故

イタイイタイ病、水俣病、薬害エイズ、三菱自動車リコール問題、東京電力原発シラウドひび割れ事故、JCO臨界事故

⑤ 技術以外の原因が複雑に絡んでいるもの 交通災害

4.3 科学技術の陰の部分のいくつかの例

(1) 薬害エイズ

血友病患者に非加熱製剤を投与したことによりエイズに感染したのが薬害エイズである。血友病患者は出血に対する治療薬に血液凝固因子製剤を必要とする。しかしアメリカなどの外国から輸入した凝固剤には肝炎ウイルスやエイズウイルスなどに感染したものが含まれていた。

売血天国のアメリカでは、売血者の多くはスラムやドヤ街に住む人々といわれている。1985年当時、アメリカの売血者1,200人に1人はエイズウイルスに感染していたとの報告がある。血友病は血液凝固に必要な因子が不足しているため血液が固まりにくい先天性の病気である。関節などで起きる内出血は神経を圧迫するため激痛を伴う。日本の血友病患者は約5,000人で、ほとんどが男性である。男性であるの

は劣性遺伝のためで女性は症状が現れないことが多い。1989年に大阪および東京でHIV訴追提訴がなされ1996年に国と製薬会社相手の訴追提訴裁判で和解が成立した。日本の血友病患者5,000人のうち、約1,800人が感染し500人近くが亡くなった。

(2) 環境ホルモン

今までわれわれが知っている化学物質は個別の生命体への危険性を持っていた。しかし環境ホルモンの危険性は種全体が存続できるかどうか、という点で従来の化学物質の危険性とは本質的に異なる。近年、生物界で鷺が巣を作らない、ワニやカモメの卵が孵化しない、フロリダのある湖のワニが減りはじめ卵が孵化しないなどの現象が起きている^{7) 8)}。PCBやダイオキシン類がまさに女性ホルモンと類似の働きをしてしまう。日本での環境ホルモンのリストは、1998年に環境省の手で作成された。最近このリストに載っているいくつかの物質が人体への影響はないことが明らかとなり、2005年1月にリストの廃止⁹⁾を環境省は打ち出した。しかしこれは一覽リストを廃止することで、環境ホルモンに影響する科学物質がなくなったということではない。

環境ホルモンの深刻さをPCB（ポリ塩化ビフェニール）、ダイオキシンを例にとって示す。まずPCBは変圧器やコンデンサーの絶縁油として大量に使用された。またノーカーボン紙にも使用された。日本でのカネミライスオイル中毒にみられるように世界各地でPCB中毒が発生したため、すでに製造が禁止されて久しい化学物質である。それにもかかわらずPCB汚染は深刻な影響を与えている。あまりにも微量で影響がでてしまうために通常の方法では汚染の広がりを抑えることすら困難といわれている。

つぎにダイオキシンは意図的に作ろうとはしなかった猛毒物質である。工業的生産物でないのに発生してしまふ化学物質である。ここにオゾン層破壊の原因物質であるフロンとは全く異なった対応が必要となる理由がある。ダイオキシンの毒性はきわめて強く、国際競技用50メートルプールに、スポイトで一滴垂らすだけで人体に影響がある。

(3) 高速増殖炉「もんじゅ」の事故

高速増殖炉は原子炉冷却水に金属ナトリウムを使う。1995年福井県敦賀市の高速増殖炉「もんじゅ」（出力28万キロワット）でナトリウムが漏れだすという大事故が発生した。ナトリウム漏れは二次系配管の温度計部分からであった。

漏れた原因は、ナトリウムの温度測定に使われている温度計保護管の設計ミスである。図1に破損した温度計の構造をしめす。

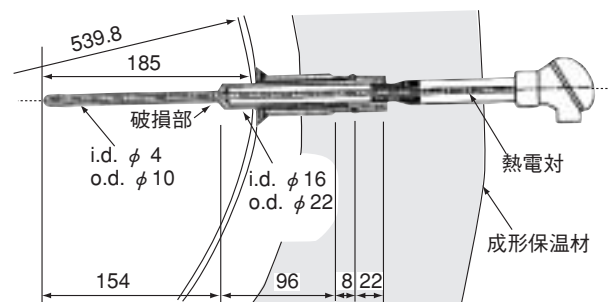


図1 破損した温度計¹⁰⁾

ナトリウムの温度は熱電対で測るが熱電対と測定液を直接接触させないために、熱電対は金属製の筒（これを保護管という）に入れてある。温度計は48本ありそのうちの1本の保護管が破損しナトリウムが漏れた。

この事故は2つの設計ミスから引き起こされたといわれている。

設計ミス1：保護管の段付き部のテーパが急勾配である。

JISでは段付き保護管の記述はないが、通常的设计では応力集中を回避するため段付き部の角の部分は緩やかなテーパとするのが常識である。しかしこの温度計の保護管は、太さが変わる段付き部分（図で破損部と矢印が入っている部分）が120度に折れ曲がった形となっており、テーパが急勾配である。これを流れの中に置けば段付き部に応力が集中し、時間がたてば破壊する可能性がある。

しかも120度に折れ曲がった形にしたのは次の理由からである。温度計の保護管はSUS304の丸棒を加工して作り、内側はドリルで穴をあける。段付き部の太い部分と細い部分のつなぎもドリルで穴を開ける。

ドリルの先端角度は120度であり、この角度が段付き部の角度となった。温度計保護管の形がドリルの形に支配される¹¹⁾ という機能を見逃した設計が行われた。

設計ミス2：流れの方向と平行な渦による振動を見逃した

流れの中に物体（温度計）を置くと渦が発生する。この渦の発生周期と温度計の固有振動数が一致すると共振を起こし、温度計は激しく振動する。

この渦には流れに対して垂直の震動源となるカルマン渦と流れに平行な振動源となる対称渦がある。今回の事故は後者の対称渦によって引き起こされた。カルマン渦は交互にできる渦で対称渦とは異なる。設計段階でカルマン渦による影響は検討されたが、対象渦の振動は未検討¹²⁾ であった。対称渦は1991年にアメリカの技術標準であるASME（American Society of Mechanical Engineers）に制定されている。メーカーは91年のASME資料を入手していたが、その重要性を認識したのは事故後である。

ASMEの技術標準はアメリカおよびヨーロッパにおけるさまざまな実例をもとに作られている。特にボイラーに関しては多くのボイラー爆発事故を教訓として作られているが、それだけを守っていれば安全が保たれるものではない。技術標準は安全を保つための1つの目安にすぎない。本来は実験で設計の妥当性を評価すべきである。

5. おわりに

現代の科学技術の力は、製品を開発するのにその目的さえ与えられ、お金をかければ具体的な開発手段はさほど苦労しなくても見いだせる段階に達している。一方科学技術の人類にもたらす恩恵は多大なものがあるが、ひとたび暴走すると取り返しが見つからないことにもなりかねない。

本稿で述べた、生産計画を立てる時の評価基準をどこに置くべきかや科学技術は両刃の剣であることを、学生がしっかり学ぶことは大変重要であると考えている。

<参考文献>

- 1) 暉峻淑子：『豊かさとは何か』，p236，岩波書店，1999.
- 2) 田辺振太郎：『技術論』，青木書店，1969.
- 3) 市井三郎：『歴史の進歩とは何か』，岩波書店，1971.
- 4) 石谷静幹：『工学概論』，p177，コロナ社，1982.
- 5) バナール：『歴史における科学』，p796，みすず書房，1971.
- 6) 高木仁三郎：『市民科学者として生きる』，p240，岩波新書，1999.
- 7) シーア・コルボーンほか著，長尾力訳：『奪われし未来』，翔泳社，1997.
- 8) 井口泰泉：『環境ホルモンを考える』，岩波書店，1998.
- 9) 毎日新聞，2005年1月27日.
- 10) 亀本喬司：『もんじゅの事故を真の教訓に』，JSME FED NEWS LETTER NO. 24，July 20th 1996.
- 11) 『事故は語る』，p29，日経メカニカル，1998.
- 12) 参考文献10)

