

Title	装置的労働手段の現段階：「制御」を基軸にすえて
Sub Title	On means of labour in process industries
Author	渋井, 康弘
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1990
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.82, No.4 (1990. 1) ,p.842(174)- 862(194)
JaLC DOI	10.14991/001.19900101-0174
Abstract	
Notes	論説
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19900101-0174

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

装置的労働手段の現段階

——「制御」を基軸にすえて——

洪 井 康 弘

はじめに

第一節 「脈管系労働手段」における「制御」

第一項 「制御方式」の変化と労働手段の発展

第二項 「脈管系労働手段」における「制御」の特徴

第二節 「脈管系労働手段」の発展段階

第一項 容器——道具を握った人間を必要とする段階

第二項 装置——容器と機械との結合——

第三項 オートメーション——フィードバック制御機構の付加——

⑩オートメーション化の鍵=フィードバック制御機構

⑪フィードバック制御機構の限界

む す び

はじめに

前稿「労働手段の発展段階に関する一考察」⁽¹⁾において、筆者は、「生産の骨格・筋肉系統と呼ぶことのできる機械的労働手段」⁽²⁾を考察対象として、その発展の段階区分を試みた。そこでは、労働手段の運動の「制御」を分析の基軸にすえ、その制御の仕方=制御方式の変化と、それに伴う労働の変化に注目しながら、道具→機械→オートメーションという発展段階を提示したのであった。こうした整理を基礎に、その発展段階の中に、近年目覚ましい進歩を遂げつつあるME技術を位置付けることによって、それらが労働手段の発展史上にもつ意義を確認し、その労働（者）への影響の重要な側面を明らかにしようと、筆者は考えたのである。

だが前稿での考察対象は、「骨格・筋肉系労働手段」のみであり、「生産の脈管系統と呼ぶことのできる」⁽³⁾容器、装置等の労働手段は対象外であった。これは「労働手段の発展段階」の考察としては、不十分なものであったと言わざるをえない。なぜなら「脈管系労働手段」は、酒づくりにおける樽や製鉄におけるレン炉などの形で古くから存在していたし、産業革命期以降は、硫酸、ソーダ、ガラス、石鹼等の製造や、製銃・製鋼、非鉄金属精錬等において益々大きな役割を果たし

注（１） 洪井康弘「労働手段の発展段階に関する一考察」『三田学会雑誌』第81巻2号，1988年7月。

（２），（３） K. Marx, *Das Kapital*, Dietz Verlag, Berlin, Bd. I, s. 195. マルクス=エンゲルス全集刊行委員会訳『資本論』大月書店，第1巻，236頁。

てきており、特に石油精製・石油化学工業の台頭以降その重要性は飛躍的に高まり、「骨格・筋肉系労働手段」に比肩しうるだけの位置を占めるようになってきているからである。また今日、バイオテクノロジーや核物質の処理等といった、「脈管系労働手段」を用いる先端技術がきわめて急速に開発されてきており、そこでの「制御」の問題は益々深刻になりつつある。そこで本稿では、その「脈管系労働手段」の発展段階を、やはり「制御」を分析基軸にすえて、検討しようと思う。

先ず第一節では、「脈管労働手段」における「制御」の内容を、「骨格・筋肉系労働手段」における「制御」と比較しながら、整理、検討する。そしてそこでの整理、検討を基礎に、第二節において、「脈管系労働手段」の発展を段階区分する。そこでは、容器→装置→オートメーションという三段階が、確認されるであろう。

第一節 「脈管系労働手段」における「制御」

第一項 「制御方式」の変化と労働手段の発展

労働手段の発展段階を評価するための視角は、何よりも労働手段というものが人間と自然との関係のなかで担っている役割を確認し、労働手段の本質を明らかにすることを通じて得られる。

「労働手段とは、労働者によって彼と労働対象とのあいだに入れられてこの対象への彼の働きかけの導体として彼のために役だつ物またはいろいろな物の複合体である。労働者は、いろいろな物の機械的、物理的、化学的な性質を利用して、それらのものを、彼の目的に応じて、ほかのいろいろな物にたいする力手段として作用させる。労働者が直接に支配する対象は……労働対象ではなく、労働手段である。」⁽⁴⁾つまり人間（労働者）は、労働過程において、目的を定立し、その目的の実現に適合的な材質や構造の労働手段を判断・選択し、直接的にはその労働手段を支配することによって、自然に働きかけ、それを変化させるのである。その場合、労働手段を目的の実現に適合的に運動させるということが、彼の重要な活動となる。即ち人間は、労働手段を合目的的に運動させるという行為によって、自然に働きかけるのである。

労働手段の運動が合目的であればあるほど、最初に人間が観念的に設定した目的は、正確に実現される。つまり、所期の目的の実現の如何は、労働手段の運動が的確に制御されているかどうかにかかっているのである。逆に言えば、労働手段の運動が制御されていなければ、それは人間の自然への働きかけに役立っておらず、労働手段としての役割を果たしていないのである。以上から、労働手段の運動を制御することが、いかに重要であるかが理解されよう。制御を的確に行なわなければ、期待した労働の成果は得られない。制御は、まさに人間労働の根幹にかかわるものなのである。

人間はこの制御の仕方＝制御方式を変更することを通じて、より容易に、的確な制御を行なうこ

注（４） *Ibid.*, s. 194. 同訳, 235頁。

とを可能にしてきた。制御方式の変化は、人間の自然への働きかけ方に質的变化をもたらし、人間労働の内容を変化させると共に、生産力を飛躍的に発展させてきたのである。それは生産力発展の重要な側面であると同時に、より一層の生産力発展を可能にするものでもある。それ故労働手段の発展過程は、制御方式の変化の過程（それに伴う、生産力および労働内容の質的变化の過程）として、跡づけられる。筆者は、以上のような視角から、「制御（方式）」に注目して、労働手段の発展段階を区分するものである。

第二項 「脈管系労働手段」における「制御」の特徴

第一項では、労働手段一般について、その発展を評価するための視角が、「制御」に注目することによって得られるということを述べてきた。本項では、その「制御」の内容をもう少し詳しく検討し、「脈管系労働手段」における「制御」の特徴（その「骨格・筋肉系労働手段」における「制御」との相違）を確認しておこう。

前掲拙稿での「骨格・筋肉系労働手段」の分析において、筆者は「制御」を次のようなものとして捉えた。

『制御』とは、主体が意志をもって、客体の運動を、主体の目的にそのようなものにすること、を意味する。意志をもった主体（人間）が、客体（労働手段）の『運動』を制御するのである。⁽⁵⁾

そして労働手段の運動の「制御」の内容を、さらに以下の三つにわけて整理した。

- ① 人間が、あらかじめ目的に適合的な運動の仕方を判断して、命令・指定すること。
- ② ①での判断、命令・指定に従うように、労働手段の運動（その形態、方向、範囲、速度など）を一定の限定された状態に抑え込み、拘束すること。
- ③ 運動の拘束が目的に適合的に行なわれ、適切な加工がなされているかどうかを監視し、労働手段の運動の仕方や、そこで加工されている労働対象の状態に、主体の目的からのずれがある場合には、そのことを再び判断して、修正・調節を施すこと。

注（５） 洪井，前掲論文，160頁。

「制御」の概念は、未だ確定された定義を得ていない。例えば JIS では、「制御」は「ある目的に適合するように、対象となっているものに所要の操作を加えること」（JIS B 0119）とされており、制御工学に関する文献の多くもこの定義を採用している。だが他にも、「制御（control）とは、“あるものが他のものを意のままに動かす” こと」（工藤道夫・山田一『制御理論とシステムへの応用』学献社，1972年，5頁）であるとか、「信号によってエネルギーを調節することが制御（control）の本質である」（制御工学ハンドブック編集委員会編『制御工学ハンドブック』朝倉書店，1964年，90頁）とか「一般に小さな力（仕事量）で大きな力（仕事量）を自由にすることを制御するという」（塩崎義弘・谷口弘幸『わかり易い機械講座 自動制御』明現社，1966年，5頁）といった定義や解説が見られ、それぞれ力点が異なっているようである。筆者の定義は、「主体の意志」「合目的性」「運動」といった点を強調するものである。次に挙げる定義は、筆者のこの捉え方に比較的近いものと言えるだろう。

「制御とは文字通り、ある対象物の動きを抑え操ることを意味する。一般的に言えば、自由に振舞わせておくと望ましくないような動きや変化をする相手に強制的な力を働かせてある目標を実現するように動作させることである。」（正田英介『制御工学』培風館，1982年，1頁）

(⁶)
(便宜上、各々を「制御①」「制御②」「制御③」と表現する。)

「制御」の内容を上のように整理したうえで、それらがいかにして遂行されているか(=制御方式)を分析することによって、「骨格・筋肉系労働手段」の発展段階を区分したのである。

さて、「脈管系労働手段」における「制御」を考える場合には、次のような事情を考慮せねばならない。「脈管系労働手段」が用いられる生産過程では、(労働手段の運動とは別に)労働対象が「自己運動」するのである。これは「骨格・筋肉系労働手段」が用いられる生産過程では、殆ど見られない現象である。そこでは、労働対象は静止しているか、労働手段の運動に従って運動させられているだけである。自ら運動するということは、殆ど問題にならない。(もちろん、気候の変化などにより木材にソリが生ずる、といった微妙なものがあり、これを読み取ることが、正確な加工のためには必要な⁽⁷⁾だが。)ところが「脈管系労働手段」の場合には、労働対象自身が運動し、質的变化を遂げることによって、生産物へと転化するのである。

しかしながら、ここで次の点に注意せねばならない。即ち、労働対象の「自己運動」といっても、それは労働対象自身が意志をもって、ひとりでに人間の目的に適合的な質的变化を遂げる、ということではないのである。そこではやはり、人間による、労働手段を通じての、労働対象への働きかけが必要なのである。人間が自らの意志によって、生産のために必要な労働対象を、必要な量だけ、しかるべき場所(=労働対象の「自己運動」に適した材質と構造をもった入れ物)に装入し、労働対象の「自己運動」が人間の目的に適合的になるように(合目的でない「自己運動」をしないように)条件を付与することによって、はじめて望み通りの質をもった生産物が得られるのである。人間は、こうした労働対象の装入や条件付与といった作業を、労働手段を用いて、労働手段を運動させることによって遂行する。言い換えれば、人間は、労働手段の運動の制御を通じて、労働対象に「自己運動」の可能な枠を与え、そこでの枠、限定された状況の中で「自己運動」させることによって、一定の目的にそった「自己変化」を遂げさせるのである。労働手段の運動を制御することによって、いわば間接的に労働対象の「自己運動」を制御して、生産物を得るのである。

以上から明らかなように、「脈管系労働手段」においても「骨格・筋肉系労働手段」と同様に、¹人間の意志・判断と、それを体現する労働手段の運動がなければ、目的通りの生産物は得られない。またそこで得られた生産物は、やはり労働手段を用いて取り出されねばならない。ここでも労働手段が合目的的に運動させられねばならないのである。こうした関係を把握するならば、「脈管系労働

注(6) 渋井、前掲論文、160頁参照。ただしこの論文での「制御」の内容整理では、「骨格・筋肉系労働手段」のみを念頭に置いていたために、「制御③」の中で、労働手段の運動だけでなく、それによって加工される労働対象の状態をも監視し、修正・調節を施さねばならない、という点についての配慮が欠けていた。しかしながらこの点が明示されていなければ、「骨格・筋肉系労働手段」の分析においても不十分な点が残るのだが)特にこれから「脈管系労働手段」を分析する場合には、大きな限界がある。本稿ではそのことに気付き、「制御③」の中に、労働対象の状態をも監視し、修正・調節を施すという内容が含まれていることを、明示するようにした。

(7) これには化学反応による変化もあれば、蒸留、抽出といった物理的操作による変化もある。

働手段」においてもやはり、人間による労働手段の運動の制御を通じての労働対象への働きかけ、⁽⁸⁾
という関係が貫徹していることが見て取れるであろう。

「脈管系労働手段」における、労働対象と労働手段との以上のような関係を踏まえるならば、こ
こでもまた「骨格・筋肉系労働手段」の場合と同様の視点で、労働手段の運動の制御方式に注目し
て、発展段階を区分することができる。先に見た「制御①」「制御②」「制御③」が、「脈管系労働
手段」ではいかにして遂行されているか——この点を分析することによって、段階区分が可能とな
るのである。ただし「脈管系労働手段」の場合には、「骨格・筋肉系労働手段」の場合以上に、「制
御③」（「監視、修正・調節」）に注目することが肝要となる。労働対象の「自己運動」という事情が、
「制御③」の重要性を高めているのである。

「制御③」における修正・調節は、労働手段の運動自体に不正常が生じている場合や、労働対象
に不正常が生じて、労働手段が当初の予定通りに運動しても、それが目的に適合的になりえない、
という場合に必要となる。「骨格・筋肉系労働手段」の場合、労働手段の運動自体に不正常（の原因）
が無いにも関わらず、労働対象に不正常が生じてしまうという可能性は、比較的少ない。というの
は、そこでは労働対象自身は殆ど運動しないからである。ところが「脈管系労働手段」の場合には、
繰り返し述べているように、労働対象が「自己運動」している。そこでは労働手段の運動自体に不
正常（の原因）がなくても、微妙な環境の変化等によって、労働対象の「自己運動」が人間の目的
にそったものでなくなり、不正常が発生する、ということがしばしば起こりうる。しかも「脈管系
労働手段」の場合には、小さな不正常でも、それが労働対象の「自己運動」を通じて生産物全体に
波及しうるし、場合によっては爆発へと結果することもある。⁽⁹⁾それ故ここでは、労働対象の「自己
運動」を厳密に監視し、状況に応じて修正・調節を施すこと、即ち「制御③」の精確な遂行が必要
になる。そしてそれが、「制御」の内容の大きな部分を占めることになるのである。

以上の視点から、次節では、労働手段の運動の制御の仕方＝制御方式に注目して、「脈管系労働
手段」の発展段階を区分する。特に、労働対象の「自己運動」という特徴に留意して、その「自己
運動」を人間の目的に適合的にさせるような条件の付与が、どのような労働手段の運動（の制御）
によってなされているのか、また、その「自己運動」の監視と不正常への対処＝「制御③」がいかに
して行なわれているのか——こうした点を中心にして、議論を展開して行くことにする。⁽¹⁰⁾

注（８） 「人間の労働が投入されるということは、……労働する人により何かが機械的に動かされることに
帰着する。……化学反応させるといっても原料や蒸気を送入したりとめたり排出したりであって、機
械的運動を通じてのみ反応をコントロールできるのである。」石谷清幹『工学概論（増補版）』コロナ
社、1977年、189-190頁。

（９） cf. F. Mataré, *Die Arbeitsmittel: Maschine, Apparat, Werkzeug*, München, 1913, s. 131-133.
中野研二訳『技術構成と経済』慶応書房、1942年、193-196頁。

（１０） 条件付与のあり方に注目して「脈管系労働手段」の発展段階を捉える、という視点を得るうえで、
下谷政弘氏の「装置論をめぐる理論的諸問題」『経済論叢』（京都大学）第111巻2号、1973年（特に
53-59頁）が、非常に参考になった。

第二節 「脈管系労働手段」の発展段階

第一項 容器——道具を握った人間を必要とする段階——

「脈管系労働手段」の発展段階は、容器に始まる。容器それ自体は、原則として運動するものではないが、多くの場合、労働対象の装入・取り出しや条件付与を行なうために運動する道具を必要としている（水桶に柄杓が必要であるように）。それ故ここでの容器は、単なる入れ物ではなく、運動する道具を伴った容器として捉えた方が良いのである。⁽¹¹⁾

そこで容器の段階においては、それと共にある道具の運動の制御の仕方を考察せねばならない。⁽¹²⁾ だがこの点は、筆者が前掲拙稿において整理した、道具における制御上の特徴が、ほぼそのまま当てはまると考えて良いだろう。人間が道具を扱う場合の制御上の特徴は、「制御①」「制御②」「制御③」が全て人間によって——その頭脳と肉体の駆使によって——なされている、という点に求められる。これを容器と共にある道具にそくして言えば、人間は自らの判断で（「制御①」）、自らの肉体を駆使して道具に一定の運動をさせることによって（「制御②」）、労働対象の装入・取り出しと、その「自己運動」のための条件付与を行ない、同時にその道具の運動と労働対象の「自己運動」を五官を駆使して監視し、修正・調節を行なわねばならない（「制御③」）のである。

労働対象の装入・取り出しや条件付与には、手足を直接労働対象に接触させうる場合や、手足で容器自体を運動させることができる場合——容器をもって回転させたり、傾けたりできる場合——には、例外的に道具が使用されないこともある。だが、道具は元来、人間の手足の延長であるのだし、この場合にも、人間の頭脳と肉体の駆使による運動が必要とされる、という本質に変わりはないのである。

例えば、直接製鉄法——古代、中世とヨーロッパ各地で支配的であった製鉄法——において使用されるレン炉は、上に見た容器としての特徴を備えている。この製鉄法では、人間がレン炉に木炭で火を起し、そのうえに木炭と鉄鉱石を層状に装入し、手動ふいごで風を送り、鉄棒をもって鉄鉱石と木炭を掻き混ぜながら、ルッペと呼ばれる半熔鉄を作るのである。⁽¹³⁾ 人間が内部の様子をうかがいながら（＝監視しながら）、ふいごや鉄棒を運動させて、鉄鉱石が金属鉄に変化する過程が合目的になるように、条件付与を行なう（ただしこの場合、ふいごでの送風と、鉄棒での掻き混ぜという、それぞれの条件付与の作業は、数人の労働者によって分担されている）。その条件の下で、木炭から発生す

注（11） 容器が、それだけでは労働手段としての機能を果たし切れず、道具を必要とする点は、田辺振太郎『技術論』青木書店、1960年、81-84頁、下谷政弘、前掲論文、54頁、中村静治『技術論入門』有斐閣、1977年、66-67頁などにおいて、指摘されている。

（12） 渋井康弘、前掲論文、53-54頁参照。

（13） 中沢護人『鋼の時代』岩波新書、1964年、23-24頁参照。

る一酸化炭素が鉄鉱石中の酸素を奪う還元反応——「自己運動」——が進行するのである。ここでは、「制御」がほぼ全面的に、人間によってなされていることが分かるであろう。

同様の性格はパドル法——H・コート（1740-1800）が発明した銑鉄精錬法——におけるパドル炉にも見られる。この「炉は適当な大きさをもつ反射炉で、炉底は皿状にえぐれており…、溶けた金属を溜めることができる。まず炉をなまの石炭…で適当な温度まで予熱しておいて、溶融金属（＝溶銑…渋井）を柄杓…を使って炉に装入する。……沸騰、泡立ち……が生じ、その間、青い焰が発生する。過程のその後の進行のうちで、のしをかけ、分離し、かきまわし、拡げる……、ついに湯（＝溶融状態の鉄…渋井）…は流動性を失い、精錬され⁽¹⁴⁾る。銑鉄内の炭素が酸素と結合して、脱炭が進行するにつれ、鉄の溶融点は高まる。それは流動性を失って行き、自力でそれ以上の反応を進めることができなくなる。「自己運動」ができなくなるのである。そこを人間が判断して、反応の状態を監視しながら、攪拌棒という道具を用いて、より一層の反応のための条件を付与するのである。

ルブラン法——N・ルブラン（1742-1806）によって発明されたソーダ製造法で、食塩、硫酸、石灰、木炭・石炭を用いる——の中での黒灰（粗製ソーダ）製造工程においても、回転炉が導入される以前の炉では、原料が人間の手（に握られた鉄棒）によって混合されていた⁽¹⁵⁾。この炉もやはり、容器の具体例といえるだろう。

石鹼製造においては、人間が、目だけでなく舌をも用いて、「監視、修正・調節」を行ないつつ、「自己運動」の条件付与を行っていた。石鹼製造の主要工程である鹼化工程を見てみると、初期の鹼化釜（炉やかまどのうえに置かれる）においては、人間が、舌を用いて原料（油脂とソーダ）の混合割合を調整し、⁽¹⁶⁾かいを用いて攪拌を行ないながら、煮立てていたのである（それぞれの作業は、数人の労働者によって分担される）。

第二項 装置——容器と機械との結合——

第一項では、道具をともなった容器を、「脈管系労働手段」の第一段階として位置付けた。この道具が機構に組み込まれ、容器と結合された時、それは装置＝「脈管系労働手段」の第二段階となる。周知のように、道具が機構に組み込まれれば、それは機械となる。それゆえ装置は、容器と機械とが結合したもの、あるいは機械的部分をもつ容器として捉えることもできるだろう。

装置の機械的部分の役割は、第一項で見た容器と共にある道具の役割と、同様の内容を持っている。即ちその運動によって、労働対象の装入・取り出しと、条件付与が行なわれるのである。そこ

注（14） ヘンリー・コート自身による説明（cf. L. Beck, *Die Geschichte des Eisens in Technischer und Kulturgeschichtlicher Beziehung*, Braunschweig, III, 1897, s. 689-690. 『鉄の歴史』中沢護人訳、たたら書房、第3巻—2、1968年、441頁）。

（15） cf. L. F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century*, Oxford, 1958, p. 95. 水野五郎訳『近代化学工業の研究』北海道大学図書刊行委員会、1977年、135頁。C. Singer et al., *A History of Technology*, Oxford, Vol. V, 1958, pp. 240, 242. 高木純一訳編『増補 技術の歴史』、筑摩書房、第9巻、1979年、187頁。

（16） 小林良正・服部之総『花王石鹼五十年史』花王石鹼五十年史編纂委員会、1940年、470-476頁参照。

で今度は、この機械的部分の運動の制御の仕方を見ることにする。

装置論の古典、F・マタレ『技術構成と経済』では、装置が用いられる生産過程の特徴として、労働対象が「つねに積極的に振舞⁽¹⁷⁾」うという点が挙げられ、労働対象の「自己運動」の側面が捉えられていた。だがマタレの場合、この面ばかりに力点が置かれたために、人間が機械的部分の運動を通じて労働対象に働きかけるという側面は、著しく軽視される傾向にあった。そしてマタレは、「装置は……決して労働対象への人間活動の導体とは言えない単純な容器でありうる⁽¹⁸⁾」として、機械的部分を等閑視したうえで、装置を「原理的には受動的⁽¹⁹⁾」な労働手段であると規定したのである。

これに対し、「装置は単なる容器の発展的形態⁽²⁰⁾」であり、また「装置は単なる容器に対して機械⁽²¹⁾」な構造⁽²¹⁾である」と捉える三戸公氏は、『「機械と有機的に結合して居る」容器（すなわち装置…渋井）から機械をとりのけて仕舞わう。そうしたら……どうなるだろうか？……労働対象は自己変化を起さず、従って、生産物は出て来ないであろう⁽²²⁾』と述べ、機械的部分を装置の不可欠の要素として捉えるべきだと、マタレを批判したのであった。

装置の機械的部分がなければ、人間は労働対象を合目的に変化させることができない。装置におけるこの部分は、まさに人間と自然との物質代謝にとって、不可欠の要素なのだと言えよう。だから、この部分を不可欠の要素として積極的に取り上げ、装置と単なる容器との違いを明らかにした三戸氏のマタレ批判は、意義のあるものであったと言えるだろう。

筆者は前掲拙稿において、機械の運動の制御における特徴を整理した。そこで示された特徴は、基本的には、装置の機械的部分の運動の制御に関しても認められる。⁽²³⁾

機械の運動の制御における一大特徴は、運動が機構によって一定の限定されたものになっているという点にある。⁽²⁴⁾即ちそこでは、「制御②」（運動の限定・拘束）が機構によってなされているのである。また、機械の運動が機構によって拘束されているということは、その運動の仕方が予め機構によって決められていることになるので、機構をそのようなものとして組み立てた設計・製作者が、

注 (17) F. Mataré, *op. cit.*, s. 34. 前掲訳, 50頁。

(18) *Ibid.*, s. 30. 同訳, 44-45頁。

(19) *Ibid.*, s. 34. 同訳, 50頁。

(20) 三戸公『装置工業論序説』有斐閣, 1957年, 9頁。

(21) 同書, 16頁。

(22) 同書, 17頁。

(23) 渋井康弘, 前掲論文, 161-162頁参照。

(24) ちなみに、辞典などで広範に利用されている、F・ルーローによる機械の定義は、次のようなものである。

「機械とは抵抗力をもつ物体の組み合わせで、それらの物体によって、物理学的な自然力に、一定の限定された運動を伴った仕事をさせるように、組み立てられたものである。」cf. F. Reuleaux, *The Kinematics of Machinery*, Translated and edited by A. B. W. Kennedy, London, 1876, p. 35.

「制御①」（運動の仕方の判断→命令）を担当していることになる。そして、残りの「制御③」（監視、修正・調節）を、機械についている人間が、五官を駆使して行なうのである。

このように機械においては、「制御①」「制御②」「制御③」が機構の設計・製作者、機構、現場の人間によって、分担されるのである。そしてこの関係は、基本的には装置においても貫徹している。以下では、その具体例を見ることにする。

先ず、パドル法に代わる精錬法であるベッセマー法——H・ベッセマー（1813-1898）による発明——を見てみよう。ベッセマー法は、溶銑へ空気を強圧で吹き込み、空気中の酸素によって銑鉄の脱炭を行なう方法である。ベッセマーは、これを行なうために、現在使用されているのとはほぼ同じ形の、梨型転炉を発明していた。この炉では、空気の吹き込みという条件付与が、蒸気送風機関によってなされており、また、溶銑・溶鋼の装入・取り出しの際には、水圧駆動の機械によって、炉が傾けられた。⁽²⁵⁾

上のように、この梨型転炉では、容器である炉に機械的部分が結合しており、全体として一つの装置になっているのである。そしてその機械的部分の運動は、機構によって拘束されている（「制御②」）。またその運動の仕方は、機構の設計・製作者（最初のそれはベッセマー）が判断し（「制御①」）、その運動に適合的になるよう機構を作りあげたのである。

残された「制御③」（監視、修正・調節）が、転炉についている人間によって行なわれる。ここでの「制御③」は、高度な熟練を必要とする、緊張を要する作業である。労働対象の「自己運動」という事情が、「制御③」をそのようなものにしているのである。転炉についている人間は、炉内の反応過程を監視し、そこでの焰の色によって、脱炭の程度を判断しなければならない（ただし、ベッセマーが初めて吹錬を行なった頃には、炉内の反応の内容がよく分かっておらず、焰の色によって脱炭の程度を判断するという方法は、考えられていなかった）。そして、焰の色の変化が脱炭の十分な進行を示した時点で、吹錬を停止しなければならない。また場合によっては、吹錬の後で、スピーゲルアイゼン（マンガンを10%前後、炭素を4～5%含有する特殊銑鉄）を脱酸剤・復炭剤として添加し、溶鋼中に吸収された過剰な酸素を（マンガンの作用で）除去すると同時に、炭素量を調節したりもするのである。⁽²⁶⁾

ルブラン法の黒灰（粗製ソーダ）製造工程への、回転炉の導入も、炉の容器から装置への転化を示すものである（1853年にエリオットとラッセルが回転炉を発明、スティーヴンソンとウィリアムスがこれを改良した⁽²⁷⁾）。これにより、硫酸ナトリウムと石灰と木炭・石炭の混合が、炉の機械的な回転運動に任されるようになったのである。そしてここでも、炉についている人間が行なうべき労働の主要な内容は、「制御③」としての性格をもつものであった。そこでは労働者が「回転胴の壁についている窓から断えず炉の内容の色を観測する。赤熱が強度の黄色を帯びるや否や、過程は停止され、炉は

注 (25) cf. C. Singer et al., *op. cit.*, pp. 55-57. 前掲訳, 45-47頁。中沢護人『ヨーロッパ鋼の世紀』東洋経済, 1987年, 77-79頁。

(26) cf. C. Singer et al., *op. cit.*, p. 55. 前掲訳, 45-46頁。中沢護人『ヨーロッパ鋼の世紀』103-104頁。

(27) cf. L. F. Haber, *op. cit.*, p. 95. 前掲訳, 135-136頁。C. Singer et al. *op. cit.*, pp. 240-241. 前掲訳, 187-188頁。加藤邦興『化学の技術史』オーム社, 1980年, 101-102頁。

空にされなければならない。さもない場合には黒灰の著しい損失が生ずる⁽²⁸⁾」のである。

また石鹼製造の鹼化工程への、攪拌機付蒸気鹼化釜の導入も、鹼化釜の容器から装置への転化を示すものであった。例として、1902年に長瀬商店（花王石鹼）に導入された、蒸気鹼化釜を見てみよう。ここでは、従来人間が扱っていたか⁽²⁹⁾いの運動が、機構によって拘束された攪拌機（の羽根）の回転運動に変わったのである。他方この釜では、ボイラーからの蒸気によって温度条件が付与されていた。この条件付与は、バルブの開閉運動を制御することによって、正しく行なわれうる。そしてその運動の制御は、人間が鹼化の状況を監視し、判断しながら、バルブを操作、調節することによって行なわれていた⁽²⁹⁾のである。

尚、バルブについては、ここで付言しておく必要があるだろう。バルブの開閉運動は、一般に、機構によって拘束されている⁽³⁰⁾。その運動の仕方は、機構によって定められている（例えばプラグバルブは特定の回転運動しかできないし、ゲートバルブは特定の上下運動しかできない⁽³¹⁾）。それ故バルブは、その運動の制御に関しては、機械的な性格を持っているのである。これはさらに手動で操作、調節される（即ち、運動の拘束の一部を人間に任せている）バルブと、空気圧、油圧、電磁気等の利用により、自動的な開閉が可能なバルブとに分かれる。後者の方がより発展したものであることは、言うまでもなからう。

以上に見たベッセマー転炉、ルブラン回転炉、蒸気鹼化釜は、パッチ式（回分式）の生産方式で使用されていた装置である。パッチ式生産方式とは、ある装置に原料を装入し、所定の時間、温度、圧力、攪拌等の条件を付与して「自己運動」を進行させた後、内容物を取り出す、という生産方式である⁽³²⁾（これと対照的なのは、連続式生産方式——後述——である）。今日、この方式で用いられている装置の代表的なものは、ベッセマー転炉から発展したLD転炉（空気ではなく純酸素を吹き込む転炉）や、オートクレーブ（高圧釜）等である。こうした装置では、労働対象の装入・取り出しや各種の条件付与の作業は、機械的部分（これにはバルブも含まれる）によって行なわれている。だがその場合、それぞれの機械的部分を、正しい順序で、必要なだけ運動させるということが必要となる。そのため、個々の作業を行なう機械的部分の運動が一応自動化されてはいても、それらの始動・停止の時期は、装置についている（距離的に装置の近くにいるとは限らない）人間が判断し、レバー、

注(28) F. Mataré, *op. cit.*, s. 132. 前掲訳, 194頁。

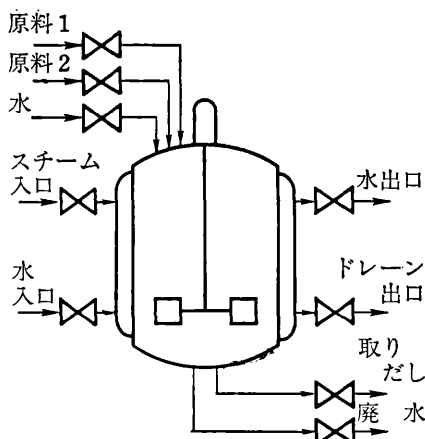
(29) 小林良正・服部之絵, 前掲書, 500-501頁, 山本潔「化学労働に関する一考察(三)」『社会科学研究』(東京大学)第40巻4号, 1988年, 150-154頁, 参照。

(30) ちなみに JIS では、バルブを、「液体を通したり、止めたり、制御したりするため、通路を開閉することのできる可動機構をもつ機器の総称」(JIS B 0100)と定義している。

(31) 化学工学協会編『化学装置便覧 改訂第二版』丸善, 1989年, 524-527頁, 中村七郎『化学工場における装置・機器取扱い法』東京化学同人, 1964年, 204-206頁, 参照。

(32) 中山秀太郎『オートメーション』岩波新書, 1957年, 65-66頁, 藤田重文・東畑平一郎編『化学工学Ⅳ 第2版』東京化学同人, 1972年, 21頁, 参照。

図 1 シーケンス制御の一例（オートクレーブの制御）



- i) 原料の張込み：弁 1, 2 を開き 1 定量の原料を張込み，弁 1, 2 を閉じる
- ii) かくはんの開始：かくはん機のモーターにスイッチを入れる
- iii) 予熱：スチームの弁と，ドレーン出口の弁を開き，スチームをジャケットに通して加熱する。一定温度に達したら，スチームの弁とドレーン出口の弁を閉じる
- iv) 反応：この反応が発熱反応だとすれば，今度は反応温度を一定におさえるために，水で冷却しなければならない。このため水入口と出口の弁を開く
- v) 取りだし：反応が終わったら冷却を止める。すなわち水入口，出口の弁を閉じる。つぎにかくはん機を止めて，取りだしの弁を開き，製品をつぎの装置へ移す。移し終えたら取りだしの弁を閉じる
- vi) 洗浄：水の弁と廃水の弁を開き洗浄を行ない，これらの弁を閉じる

以上のような，弁の開閉，スイッチの点滅といった一連の操作を自動的にやらせるのがシーケンス制御である。

出所）藤田重文・東畑平一郎編『化学工学Ⅳ 第2版』東京化学同人，1972年，203頁。

スイッチなどを通じて命令せねばならないのである。特に，条件付与の停止時期の判断は，重要であることが多い。彼は装置の機械的部分の運動と，労働対象の「自己運動」の過程を監視し，条件の調節などを行ないながら，「自己運動」の進行状況を判断し，最終的な停止時期を決定するのである。それ故，この種の装置についている人間の労働内容は，「制御③」（監視，修正・調節）としての性格を非常に強く持ちながらも，実は「制御①」（運動の仕方の判断→命令）の一部分をも受け持つ，という側面があったのである。（もちろん運動の形態，方向などは機構に拘束されており，それ故，運動の仕方の判断→命令の大部分は，機構の設計・製作者が行なっているのだが。）

各機械的部分の運動の始動・停止が，正しい順序で，正しい時期に行なわれるように命令する，というこの仕事は，カムの組み合わせやリレーの回路を用いて，各機械的部分の運動を関係付けることによって，不要化されうる。⁽³³⁾一連の作業が，いちいち人間に命令されなくても，次々と正しい順序で，各機械的部分によって遂行されて行くのである。これは一般には「シーケンス制御」と呼ばれているものであるが，その内容は，現場で装置についている人間が行なっていた（始動・停止

注 (33) 藤田重文・東畑平一郎編，前掲書，261-262頁参照。

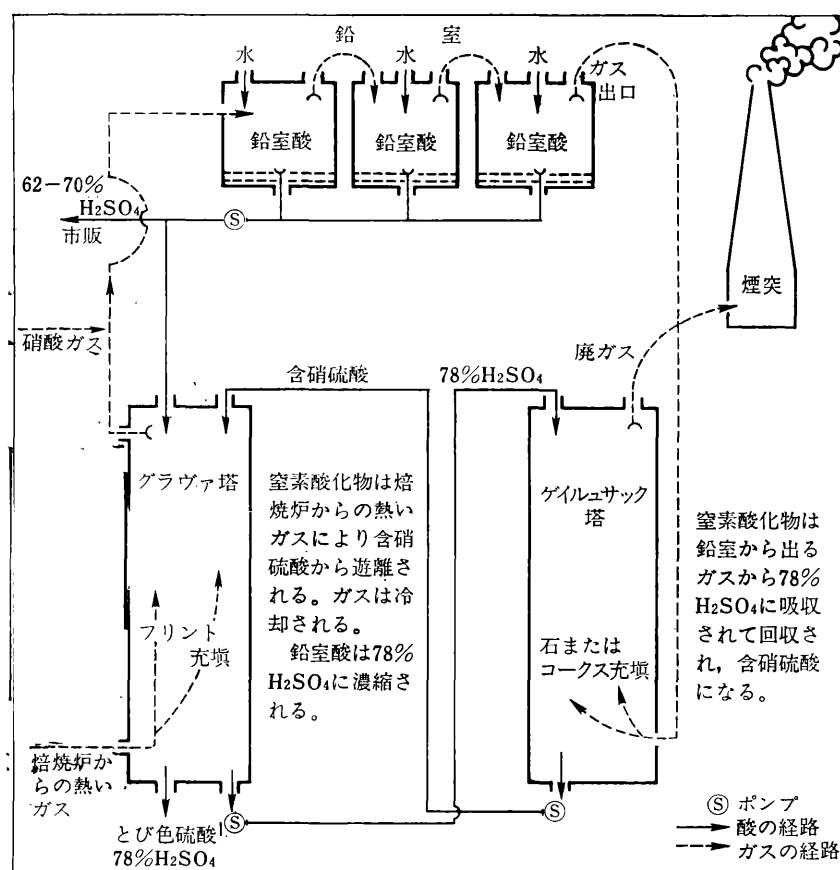
(34) JIS ではシーケンス制御が「シーケンスとは現象の起こる順序をいい，シーケンス制御とは，あらかじめ定められた順序又は一定の論理によって定められる順序に従って制御の各段階を逐次進めて行く制御をいう」（JIS C 0401）と定義されている。

に関する) 判断→命令が、ここでは予めカムやリレー回路の設計・製作者によって行なわれ、カムの組み合わせやリレー回路に対象化されうようになった、ということなのである。(図1に、オートクレーブにおけるシーケンス制御の一例を挙げておく。)

この場合、カムやリレー回路の作り替え・組替えによって、作業の順序やその遂行時間等を、ある程度変更させることができる。それによって、条件付与の仕方にいくらかの多様性を持たせ、生産物の質に一定の幅を持たせること=多品種生産をすることも可能になるのである。そしてこれは、カムやリレー回路の設計・製作者の(ある程度)多様な判断→命令が、対象化されうということの意味している。(カムやリレー回路とは別の)機構の設計・製作者が、先ず運動の仕方に関する判断を機構に対象化し、その判断によって設定された可能な運動の枠の中で、最終的にカムやリレー回路の設計・製作者が、作業の順序や遂行時間に関する多様な判断を対象化するのである。

ただしカムやリレー回路をいちいち組替えるという方法は、その組替えの度に、設計・製作に多くの手続きを必要とする。それに対し、コンピューターが利用されるようになると、作業の順序等

図2 グラウファ塔とゲイ・リュサック塔をそなえた鉛室硫酸プラント



出所) L. F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century*, Oxford, 1958, p. 255.
水野五郎訳『近代化学工業の研究』北海道大学図書刊行委員会, 1977年, 360頁。

の変更はより容易になる。この場合には、いちいちカムやリレー回路を設計・製作し直さなくても、コンピューターにインプットするプログラムを変更するだけで良いのである。⁽³⁵⁾ここでは、機構の設計・製作者の判断によって設定された可能な運動の枠内で、機械的部分の運動の始動・停止に関して、プログラミングに携わる人間の多様な判断→命令が、(プログラムの中に)より容易に対象化されるようになっていて、と言えよう。

以上のような方法で、各機械的部分の運動の始動・停止を判断→命令するという仕事が、装置についている人間の役割でなくなっていくと、彼の労働内容は、益々「制御③」(監視、修正・調節)としての性格に、純化されていく。機械的部分の運動と、それにより条件を付与された労働対象の「自己運動」——これらを監視し、状況に応じて修正・調節を行なうことが、彼の労働となるのである。

他方装置には、パッチ式の生産方式に対して、連続式生産方式で使用するものがある。連続式生産方式とは、連続的に装入される原料が装置内を移動し、その過程で各種の条件付与を受け、⁽³⁶⁾所定の質的变化を遂げた後に連続的に流出してくる、という生産方式である。

例えば、ソルヴェー法(アンモニア・ソーダ法)における炭酸化塔——E・ソルヴェー(1838-1922)によって発明された塔で、炭酸ガスとアンモニア性食塩水から、炭酸水素ナトリウム(重曹)と塩化アンモニウムを生ずる——は、そのような方式で使用する装置(=連続式装置)の具体例である。⁽³⁷⁾また、鉛室法——J・ローバック(1718-1794)が発明した硫酸製造法——における鉛室は、初めは容器というべきものであったが、後から登場したゲイ・リュサック塔(1835)——窒素酸化物を濃硫酸によって吸収する——や、グラヴァ塔(1859)——含硝酸から窒素酸化物を分離し、同時に硫酸を濃縮する——と結合して、連続式装置の体系を成すようになった(図2参照)。⁽³⁸⁾

今日、化学工業の、特にいわゆる大量生産部門では、こうした連続式装置が多くなっている。各種の反応器(特に管型・塔型の反応装置)や、精留塔、吸収塔、吸着塔、抽出塔など——これらはポンプ、圧縮機、送風機、攪拌機などの運動やバルブの開閉運動によって、原料が流入・流出させられ、「自己運動」のための条件(温度、圧力、流量、攪拌など)が付与されている——が、多くの部面⁽³⁹⁾で、連続式生産方式によって使用されているのである。

上のような連続式装置の場合には、機械的部分の運動の順序や時間は、パッチ式の場合ほど問題

注(35) 藤田重文・東畑平一郎編、前掲書、263頁参照。

(36) 中山秀太郎、前掲書、67頁、藤田重文・東畑平一郎編、前掲書、21頁、参照。

(37) cf. L. F. Haber, *op. cit.*, p. 89. 前掲訳、125頁。C. Singer et al., *op. cit.*, p. 243. 前掲訳、188および190頁。

(38) cf. L. F. Haber, *op. cit.*, pp. 3-4, 104-105. 前掲訳、4-5および146-147頁。Институт истории естествознания и техники Академии наук СССР, 《Техника в ее историческом развитии》, Москва, 1979. ソ連科学アカデミー編、金光不二夫他訳『世界技術史』大月書店、1986年、343および345-347頁。

(39) 尚、これらの装置の構造を知るためには、さしあたり、化学工学協会編、前掲書や、日本機械学会編『機械工学便覧 C1 産業機械・装置』日本機械学会、1988年が便利である。

にならない。そこでの各機械的部分は、原則として、連続的に運動し続けているのである。そしてその連続的な運動に従って、原料が連続的に流入し、「自己運動」し、流出して行く。それ故ここで必要とされる労働は、この「自己運動」の進行を継続させるために、その過程を監視し、バルブの調節などを通じて、(温度、圧力、流量などの) 不正常を修正・調節するという作業(「制御③」)なのである。つまり連続式装置の場合には、各機械的部分の運動の始動・停止を命令するという仕事だが、もともと現場の人間の労働内容においてそれほど大きな意味を持っていないのであり、彼の労働内容は、カムやリレー等を用いなくとも、多分に「制御③」に純化されたものとして現われるのである。⁽⁴⁰⁾

以上に見てきたように、生産方式がバッチ式であろうと連続式であろうと、装置が装置として成熟するにつれて、それについている人間の労働内容は、純化された「制御③」としての性格を強く持つようになるのである。そして、「制御②」は機構によって、「制御①」はその機構の設計・製作者(その他、場合によってはカム、リレー回路の設計・製作者やコンピューターのプログラミングに携わる人間)によって行なわれるという関係が、基本的には成立するのである。

さて、上の「制御③」を行なう労働は、装置が次の段階にむかって発展を始めると、徐々に不要化されて行く。その発展の予備的な第一歩は、各種の計測器の設置によって、労働対象の「自己運動」の監視を、可能な限り客観化しようとするところから、既に始まっている。人間の五官に頼った監視を、数値的な測定へと変えるのである。この場合、各種計測器を一か所(集中制御室)に集め、そこに送られてくる情報に基づいて、人間がバルブその他の機械的部分に修正・調節の命令を出すようになれば、遠隔監視・遠隔制御が可能になる。これは、あちこちに分散している計測器を監視し、修正・調節を行なうのに比べれば、「制御③」を行ない易くなっていると言えるのだが、しかしながら、計測器を読み取り、装置内の状況を判断するのは人間であるし、発生した不正常に対して、どのような修正・調節を施せば良いのかを判断するのも人間である。それ故、「制御③」を人間が行なうという基本的な関係には、変わりはないのである。また、計測器が(音や光などの)信号と結び付いて、修正・調節が必要な事態になると自動的に信号が発せられ、人間に知らされるようになれば、監視(とそれにまつわる判断)において、人間の立ち入る余地はより一層狭まる。だがここでも、修正・調節の仕方を判断するのは人間なのである。

「監視、修正・調節」の労働の不要化は、上のような計測器や、それと結び付いた信号の技術等を基礎にして、装置にフィードバック制御機構が付加されることによって、推し進められる。フィ

注(40) 山本潔氏は、連続式で用いられる装置の例として、東洋高圧大牟田工業所におけるアンモニア製造用の労働手段体系(1940年頃のもの)——これはガス・ゼネレーター、コンタクト・コンバーター、アンモニア合成管などの装置によって構成されている——を分析されている(「化学労働に関する一考察(二)」『社会科学研究』第36巻2号、1984年)が、そこでの運転工の労働を見てみると、「制御③」(監視、修正・調節)としての性格を強く持ったものであることが看取される。そこでは「機械・装置の内部やその相互間を流れる原料・中間原料の圧力調整・温度調整・流量調整・液面調整等」が、「すべて運転工の手動によるバルブ操作に依存していた」のである(同論文、99-100頁)。

ードバック制御機構の付加により、装置は次の段階＝オートメーションに向かって発展し始めるのである。

第三項 オートメーション——フィードバック制御機構の付加——

④ オートメーション化の鍵＝フィードバック制御機構

前項で述べたように、装置の次なる段階への発展は、人間に任されている「制御③」に関わる労働を、不要化するという方向で進展する。この方向への発展が徹底して進み、生産過程において、労働手段のメンテナンスや修理を行なうごく少数の人間以外には、「監視、修正・調節」を行なう人間がいなくなったとき、装置はオートメーションとなる⁽⁴¹⁾（ただし、後述するように、このような完全な形でのオートメーションは、未だ存在していない）。

「制御③」（監視、修正・調節）の必要性は、機械的部分の機構を精密なものにし、その運動の精度を高め、不正常な事態の発生（原因）を減らすことによって、一定程度低減させることができる。とはいえ、機構がどれほど精密になっても、不正常は様々な原因から発生しうる。特に「脈管系労働手段」の場合には、労働対象が「自己運動」しており、わずかな不正常でも「自己運動」の暴走へと波及しうるので、「監視、修正・調節」は欠かせない。そこで「監視、修正・調節」の労働の不要化は、「監視、修正・調節」を労働手段に任せるという方法で、推し進められることになるのである。その場合、「監視、修正・調節」は、フィードバック制御機構に任されることになる。即ちフィードバック制御機構の付加が、オートメーションに向かっての、装置の発展の鍵となるのである。

フィードバック制御機構は、一般に、観測・測定を行なう検出部（センサー）と、そこで得られた情報を目的・目標値と比較して、目的・目標値からの偏差があれば、それを補正するように指令（信号）を発する調節部と、調節部からの信号を受けて、偏差の補正のための修正・調節動作を行なう操作部とから構成されている（各構成部分は、一つの機器に一体となって組み込まれている場合もあり、必ずしも独立した形態をとっているとは限らない）。このうち検出部は、人間の五官の役割を代行している。「脈管系労働手段」の場合、具体的には、温度計、圧力計、液面計、流量計などの計測器（これらには、バイメタルやブルドン管、ダイヤフラム、電極などが利用されている⁽⁴²⁾）がこれにあたる。

この検出部＝計測器の情報を人間が読み取り、それと目的・目標値との比較・判断を行ない、不正常を認識した場合には、どのような修正・調節を施せば良いかを判断して、機械的部分——バルブ等——に命令する、という「制御③」の遂行の仕方は、装置の段階において既に見られた。だが、不正常が発生した場合に、それをいかにして不正常と認識し、どのような修正・調節を命令するのか——その論理が分かっているならば、計測器の読み取りから機械的部分への修正・調節の命令までを、

注（41） この発展の仕方は、「骨格・筋肉系労働手段」における機械からオートメーションへの発展の仕方と、ほぼ同じである。渋谷康弘，前掲論文，172-173頁参照。

（42） 各種の計測器の構造については、中村七郎，前掲書，第7章が分かり易い。

一定の論理を体现する機構や回路に置き換えることができるのである。そしてその機構や回路が、フィードバック制御機構の調節部なのである。これは元来、空気圧、油圧を利用した、ピストンやてこからなる機構であったり、リレーやバイメタル等を用いた電気回路であったりした⁽⁴³⁾の⁽⁴⁴⁾最近では DDC (Digital Dinamic Control) 等に見られるように、コンピューターの利用が増えている。

この調節部が、人間に代わって、油圧、空気圧、電気などの信号を、機械的部分に(修正・調節を行なうべく)伝達する。この機械的部分の代表はバルブであり、これがフィードバック制御機構の操作部になっているのである。⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾

バルブの開度がフィードバック制御機構によって自動的に調節されることにより、流量や液面の調節だけでなく、ボイラーからの蒸気や、冷却水などの流入量の調節による温度の調節や、圧縮器における調整弁の開度調節による圧力の調節、蒸気タービンにおける蒸気弁の調節によるタービンの回転数の調節など、様々な修正・調節を自動化することが可能になる。(もちろん、バルブ以外の機械的部分を駆動する電動モーターの回転数を、フィードバック制御機構によって調節する、というように、バルブの調節とは直接関係無いものもあるが。)この場合、温度、圧力、流量、液面などに関する情報がフィードバックされて、バルブの開度調節となるだけでなく、さらにその調節の際のバルブの運動自体が、バルブポジショナーによってフィードバック制御されていることもある。フィードバック制御機構が多重に組まれているのである。⁽⁴⁷⁾

以上のようなフィードバック制御機構は、装置の至る所に組み込まれつつある。例えば石油の連続精製においては、早くも1930年代に、部分的にフィードバック制御機構が入り始めていた。⁽⁴⁸⁾一般に連続式の装置では、労働対象が移動する各地点での、温度、圧力、流量などの目標値が一定であ

注 (43) これらの調節計の構造については、同書、145-155頁を参照されたい。

(44) 藤田重文・東畑平一郎編、前掲書、269頁、化学工学協会編『化学工学の進歩 12 計算機利用技術』槇書店、1978年、184-186頁、参照。

(45) かつては空気圧駆動のダイヤフラム弁が最も多かったが、今日では電気式のものの比重が高まっている。中村七郎、前掲書、155-158頁、日本自動制御学会編『プロセス制御ハンドブック』朝倉書店、1971年、240-254頁、参照。

(46) これまで見てきたように、労働手段の「制御③」を担当するこれらの部分は、内部に機構を含んでいる。それ故筆者は、これを「フィードバック制御機構」と呼ぶことにした。前稿では同じものをフィードバック制御装置と呼んでいたのだが、これでは装置という語を、容器と機械との結合としての「装置」とフィードバック制御装置という、二重の意味で使用することになるので、本稿において、訂正することにした。

ただし、フィードバック制御機構といっても、その機構は「制御③」(監視、修正・調節)を行なうものであり、「制御②」(運動の拘束)を担当する機械の機構とは役割が異なる。この点は、明確に区別しておく必要がある。それ故、名和隆央氏のように、「機械とは、労働者にかかわって道具の運動を制御する機構である。この規定を受け入れるかぎり、人間固有のフィードバック機能が自然科学……の応用によって自動制御機構におきかえられるとしても、それは機械の独自の発展段階として捉えるべきであろう」(「オートメーションの段階規定」『立教経済学研究』第37巻4号、1984年3月、124頁)として、オートメーション(フィードバック)を機械の段階に含める見解には、賛成しかねる。

(47) 中村七郎、前掲書、159-160頁参照。

(48) 星野芳郎『技術革新の根本問題 第2版』勁草書房、1969年、78-79頁参照。

るので、「監視、修正・調節」も比較的行ない易く、早くからフィードバック制御機構に「制御③」を任せようとする傾向があったのである。（「骨格・筋肉系労働手段」よりも先に、「脈管系労働手段」において、フィードバック制御機構が盛んに導入されたのは、装置産業において、労働対象——多くが気体、液体、粉粒体——の移送が容易であるという事情を背景に、早くから上のような連続式の生産方式が確立していたからであろう。）今日では、各種の反応器をはじめ無数の連続式化学装置において、こうしたフィードバック制御機構が用いられている。

またオートクレーブのようなバッチ式装置の場合には、シーケンス制御が進展するにつれて、それと組み合わせる形でフィードバック制御機構を付加する、ということも行なわれていった。カムを用いて、所定の時間だけ所要の作業をしたら、（所定の結果が得られていることを前提として）次の作業に移る、というように手順を進めるのではなく、例えば、バルブを開いた後、槽内に流入してくる液体の液面をフィードバック制御機構の検出部が観測して、一定の高さに達したことを確認してから攪拌を開始するというように、装置内の状態の観測→フィードバックと、シーケンス制御とを結合するのである。

フィードバック制御機構は鉄鋼業においても、重要な役割を占めるようになってきている。既に1960年代のうちから、コンピューターが利用され、高炉では送風温度・湿度、炉頂圧等が、自動調節計でのフィードバック制御によって「監視、修正・調節」されうようになっていたし、転炉においても、酸素送入手量の調節等が自動化されつつあった。⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾

フィードバック制御機構へのコンピューターの利用は、フィードバックの仕方の変更をも容易にしている。リレー回路等の組替えをしなくても、コンピューターへのプログラミングによって、目標値や修正・調節の仕方を⁽⁵¹⁾変更することができるのである。

また現代の装置産業では、上のように各装置ごとのフィードバック制御機構にコンピューターが用いられるだけでなく、それらの装置を体系化したものをまとめて管理する、より上位のコンピューター（例えば Supervisory Computer Control のようなプラントレベルでの管理）があり、さらにそのレベルのコンピューター群を管理する最上位のコンピューター（経営指針などに関する高度の情報処理をも行なう）があるというように、コンピューターの階層化・体系化も進展している。⁽⁵²⁾

さらに最近の ME 技術の進歩は、フィードバック制御機構へのコンピューターの利用を、非常に加速している。これにより検出部（ここにはサーミスタ温度計のような、半導体を利用した計測器も導入されつつある）の数を大幅に増大させ、様々な情報を目標値と比較しながら、修正・調節すること

注 (49) 野坂康雄編著『鉄鋼業のコンピュータ・コントロール』産業図書、1970年、62-67頁、坂本和一『現代資本主義の生産様式』青木書店、1976年、126-127頁、参照。

(50) 野坂康雄編著、前掲書、108-113頁、坂本和一、前掲書、129-130頁、参照。

(51) 例えば LD 転炉では、様々な鋼種ごとに吹錬の仕方をパターン化し、プログラム吹錬をすることが可能になっている。星野芳郎『先端技術の根本問題』勁草書房、1986年、31-35頁参照。

(52) 藤田重文・東畑平一郎編、前掲書、267-276頁、日本自動制御学会編、前掲書、523-524頁、化学工学協会編『化学工学の進歩 12 計算機利用技術』第7章などを参照。

が可能になり、「制御③」が益々正確に、自動的に行なわれるようになってきているのである。⁽⁵³⁾

コンピューター技術の進歩とともにフィードバック制御機構が発展して行けば、人間による「監視、修正・調節」は一層不要化し、他方でフィードバックの仕方の変更のプログラミングといった労働が、次第にその比重を高めて行くものと思われる。

⑥ フィードバック制御機構の限界

⑤では、装置産業においてフィードバック制御機構が普及・発展し、人間による「制御③」が不要化してきている、という側面を見てきた。だが現実には、未だ「監視、修正・調節」を行なう労働を徹底して不要化できているわけではない。それ故、完全なオートメーションは成立していない。今日、装置産業の最も発展した部面で見られるのは、オートメーション化しつつある装置の体系なのである。

さらに言えば、近い将来に完全なオートメーションが成立すると考えることにも、無理があるだろう。というのは、「監視、修正・調節」をどれだけフィードバック制御機構に任せられるかは、コンピューターの水準によって規定されているからである。

現存のコンピューターは、どんなに発展したもので、基本的には与えられた数値的な情報に基づいて、与えられたプログラムに従って結論を出すことしかできない。それ故、いかにフィードバック制御機構にコンピューターが導入されようと、装置内の状況把握のために必要な情報が確実に収集され、数値化されなければ、それは適切に機能しない。またたとえ数値化された情報が整えられても、そこで示されている事態への対処の仕方＝修正・調節の仕方がプログラミングされていなければ、やはり適切に機能しえない（場合によっては、見当違いの対処をすることによって事態を悪化させる）のである。例えば、パイプから気体や液体が、計測器に現われないほど微量ずつ洩れ、沈潜、貯留している場合や、計測器が観測している主反応の他に、わずかな副次的反応が進行して不純物を堆積しているような場合、不正常が事故の可能性を高めているにもかかわらず、フィードバック制御機構はそれを放置してしまう。⁽⁵⁴⁾そして一たび事故が発生すれば、必要な情報が収集できないばかりでなく、予期せぬ事態（＝プログラムにない不正常）に次々と直面し、フィードバック制御機構は殆ど無力となる。

不正常に対処するのがフィードバック制御機構であり、それは原理的には、人間による「監視、修正・調節」を代行しうるはずである。だが、現存のコンピューターに基礎を置くフィードバック

注 (53) 最近では、AI（人工知能）を用いたエキスパートシステムに、装置内の状況を診断→推論させ、様々な異常事態を予知させるような試みも行なわれている。例えば日本鋼管福山製鉄所第五高炉では、こうしたシステムの導入（'86年2月）により、スリップ（炉内原料の異常降下）に関して80%以上の的中率を達成したという。橋本紘吉・脇元一政・柴田基博「オンライン・リアルタイムによる高炉操業監視エキスパートシステム」『オートメーション』（日刊工業新聞社）第32巻1号、1987年1月、参照。

(54) 佐藤進『科学技術とは何か』三一書房、1978年、115-118頁参照。

制御機構が対処しうる不正常とは、人間によって予測されたうで、認識の仕方や判断の仕方を指定された、プログラミングされた限りでの不正常でしかないのである。

そこで、どうしても人間——装置労働の経験と知識を蓄積し、判断力を培った人間——による「監視、修正・調節」が必要となる。彼は五官を駆使して、様々な情報を同時に検出し、推論し、事態を判断することができるのである。たとえ直面している場所以外で不正常が生じて、自ら移動し、探索することによってそれを発見しうるし、過去に蓄積された経験に基づいて、対処の仕方を判断することが可能である。得られる情報が多少不十分であっても、それに基づいて推論を進め、結論にある程度の幅を持たせて判断を下すことができる。こうしたことは、現存のコンピューター⁽⁵⁵⁾（に基づくフィードバック制御機構）には、殆ど不可能なのである。

以上から、現存のフィードバック制御機構では、装置をオートメーションに転化させるうで、大きな限界があるということが明らかであろう。人間による「監視、修正・調節」は、フィードバック制御機構の発展とともに不要化されて行くであろうが、それでも必要である部分が、当分は残存するはずである。

最後にもう一点、確認しておかねばならないことがある。それは、フィードバック制御機構の発展自体が、人間の「監視、修正・調節」の能力を、衰退させる側面があるということである。フィードバック制御機構の発展は、一面では「監視、修正・調節」の労働——これは往々にして、神経を過度に疲労させる——からの人間の解放であり、また人間による修正・調節の不正確さの除去→安全性の向上という側面も持っている。だが他方で、それは人間の労働の無内容化でもある。装置内の状況が安定しており、不正常がフィードバック制御機構によって自動的に修正・調節されている限り、現場にいる人間の労働は、計測器をみて記録を取ったり、一定時間ごとに構内をパトロールするなどの、パターン化された作業でしかない。労働手段の運動と労働対象の「自己運動」を、五官を駆使して監視し、判断し、修正・調節を行なうという機会は、フィードバック制御機構が普及、発展する程減って行くのである。ところが、上のようにパターン化された作業しか行なっていない人間が、フィードバック制御機構では処理し切れない、プログラム化されていない不正常が生じたときには、自らの判断で事態に対処せねばならないのである。特に、複数の装置が体系化され、連続的な生産が行なわれている場合には、不正常は次々と他の装置へ波及して行きうるので、人間は迅速、的確な対処を要求される。だが、自らの判断で「監視、修正・調節」を行なう、という経⁽⁵⁶⁾

注 (55) コンピューターに学習機能を持たせたり、ファジィ制御の機能を持たせることにより、その能力を、こうした人間の能力に近付けることができるかもしれない。だが、学習機能やファジィ制御の機能は、まだまだ開発途上である。近い将来に、人間の判断力に取って代われるだけのコンピューターが開発されるとは思えない。

(56) R. ブラウナーは化学工場を念頭に置きながら「連続処理工程型テクノロジーおよびオートメーション装置の監視労働は、……工場労働の新しい、かつユニークな作業リズムを生み出している。そのリズムは、時間を『平穏と危機』として体験するリズムである」(R. Blauner, *Alienation and Freedom*, Chicago, 1964, p. 174. 佐藤慶幸監訳『労働における疎外と自由』新泉社, 1971年, 280頁)と述べているが、これはパターン化された労働と不正常の事態への対処とを描写した表現であろう。

験を普段から蓄積していない人間が、果たしてこうした事態に常に迅速、的確に対処しうるものかどうか、大きな疑問である。フィードバック制御機構の発展が、かえって危険を増大させるという側面もある——この点は銘記しておくべきであろう。

む す び

「脈管系労働手段」においては、人間は労働手段の運動の制御を通じて、間接的に労働対象の「自己運動」を制御している。そして、その制御方式の変化に注目すると、「脈管系労働手段」は、容器→装置→オートメーションという経路で発展してきていることが分かる。

現代の装置産業では、装置がフィードバック制御機構（＝人間に代わって「監視、修正・調節」を行なう機構）を付加され、オートメーション化の途上にある。しかしながらフィードバック制御機構は、現存のコンピューターを基礎にしている限り、能力に大きな限界がある。人間による「監視、修正・調節」がなければ、装置における制御はきわめて不安定なものになるであろう。

他面、フィードバック制御機構の発展には、人間の「監視、修正・調節」の能力を衰退させるという側面もある。制御の安定性、安全性を高めるはずのフィードバック制御機構が、人間の判断力・制御能力の衰退を通じて、反対の方向にも作用しうるのである。

最後に、資本制下では、こうした消極面、潜在的な危険性が、労働対象の「自己運動」の暴走、爆発などの形で顕在化する可能性が、資本制固有の事情によって高められている、という点を指摘しておく。

資本制的生産様式の下では、新技術・新生産方法の導入と共に、労働力が過剰化される傾向がある。それはフィードバック制御機構の導入・改良の場合にも貫かれている。新たなフィードバック制御機構の導入や、既存のフィードバック制御機構の改良と共に、資本は、労賃コストの削減、利潤率の上昇を目指して、可能な限り多くの労働者を削減しようとする。そしてそこでは、コンピューターの能力に対する過信が、資本による労働力過剰化の促進要因となって、「監視、修正・調節」の要員として不可欠の人員までもが削減されてしまう、という可能性が少なくないのである。

また、既に述べたように、フィードバック制御機構の発展には、人間の「監視、修正・調節」の能力を衰退させるという側面があるのだから、それと並行して、「監視、修正・調節」の経験を積むことができるような、合理的な職務のローテーションを導入するなり、技術教育を行なうなどして、労働者の判断力・制御能力を向上させるような措置がとられる必要がある。だがこれも、資本制下では極めて不十分にしか行なわれない。そこでの分業は、何よりも先ず資本による専制・指揮を貫徹させやすいように、という観点から組織されるのであって、それが労働者の判断力・制御能力を向上させるうえで、合理的なものになるという保証は全く無い。むしろローテーションなど行なわずに、労働者の経験・知識を狭い領域に限定しておいた方が、分業・労働組織を統轄するうえで都合が良い、という側面さえある。また、技術教育にしても、それは剰余価値・利潤の増大――

これこそが資本制生産の推進的動機・規定的目的である——に直結するものではないので、資本がこれに積極的に取り組むということは、さほど期待できないのである。

さらに装置産業の場合、装置が大型化するほど生産能力に比した設備費は低下するという事情が、大きな効果をもつ——いわゆる0・6乗則——ので、資本制下では不変資本充用上の節約の動機に基づいて、安全設備への十分な投資を欠いたまま、装置の大型化が強力に追求され易い。このような巨大な装置は、不正常の発生を巨大な事故へと結果させてしまう可能性が高いというだけではない。こうした巨大な装置の稼働を停止させることは、膨大な損失・コストアップを招くことになるため、そのことが、装置についている人間に、稼働停止の決定をためらわせる、という側面も持っているのである。剰余価値・利潤の最大限の取得という資本の目的・動機が、安全に関する人間の判断力を歪めるのだと言えよう。

以上に見たような諸問題は、決して技術進歩のみによって解決されうるようなものではないのである。

(慶應義塾大学大学院経済学研究科博士課程)