

技術の歴史的発達過程と法則性

佐 野 正 博

技術の歴史的発達過程と法則性

佐野正博

1. はじめに

科学の歴史に関しては、「個別科学史を総合し、それらの相互の連関と自然認識の深化の歴史的過程を総合的に取扱う総合科学史」が1830年にフランスのコントによって提唱されたと言われている。⁽¹⁾そうした総合科学史＝一般科学史が可能であるとすれば、総合技術史＝一般技術史もまた可能であろう。すなわち、個別技術史を総合し、それらの相互の連関と自然支配の深化の歴史的過程を総合的に取り扱うものとして総合技術史＝一般技術史を想定することができよう。

実際、技術の歴史的発達の考察のためにはこうした一般技術史的視点が必要不可欠である。というのも技術の歴史の中には、個別技術史のアプローチだけでは解答困難な諸問題が存在するからである。例えば、蒸気の力を利用する機械は、アレキサンドリアのヘロンの汽力球に見られるように、遅くとも紀元後2世紀にはすでに存在していた。ヘロンのその装置は、噴出する蒸気の反動を利用して回転するものであり、蒸気タービンの原型とも言えるものである。しかしそのように早くから蒸気の力を利用する機械の可能性が知られていたにも関わらず、そうした技術的知識が実際に蒸気動力機関として結実するのはその千数百年後であった。では、いったいなぜ蒸気の力を利用する原動機の発達がそんなに遅々として進まなかったのであろうか。

この問いに対する答えは、単に動力技術の歴史だけを研究する中からは与えられない。多様な要因を考察する必要がある。その理由の第一は、蒸気動力機関の製作過程には材料・伝導機構・工作機械など数多くの個別技術が関係しており、蒸気動力機関という動力技術の発達は他のさまざまな関連技術の発達度に依存しているということである。理由の第二は、技術の発達が社会的必要に依存しているということである。ヘロンの頃に動力機を必要とした主要な産業である製粉業においては水車動力で十分な出力が得られたのであり、新しい動力機の出現を求める社会的要求は強いものではなかった。水車や風車に代わる新しい動力として初期の蒸気機関が17世紀末に登場した背景には、水車や風車を動力源として利用しにくい炭坑や鉱山での排水問題があった。また季節的要因や地理的条件による制約のない大出力の原動機の出現を求めたのは産業革命の進展であった。このように動力における技術革新を推進するのは、生産活動や経済制度や人々の生活のあり方に規定された社会的必要性である。理由の第三は、新技術の開発に必要な知識の一部は自然科学から提供されるということである。例えば初期の蒸気動力機関の技術開発のためには、大気圧や蒸気に関する科学的知識などが利用された。

このように動力技術の歴史的発達過程を理解するためには、関連する個別技術・社会・自然科学などと動力技術との連関を考察しなければならない。このことは、動力技術史以

外にもあてはまる。技術の歴史的発達過程を理解するためには、技術活動を一つの社会的活動として総合的視点から歴史的に取り扱う総合技術史＝一般技術史のアプローチが必要なのである。本稿では、総合技術史＝一般技術史のアプローチの意味とその内容を技術の歴史的発達構造をどのように理解すべきなのかということとの関連で明らかにすることにした。

2. 技術の歴史的発達をどのように捉えるべきかをめぐって

——技術の内的発達法則論の問題——

本稿の出発点として取り上げる問題は、生物の歴史的変化に関する総合的研究が生物進化の法則を明らかにしたのと同じように、技術の歴史的変化に関する総合的研究は「技術進化の構造」および「技術進化の法則」を明らかにするであろうか、ということである。

各個別技術の歴史的発達過程は複雑でありそれぞれ個別的に分析する限り、表面的にはそこに何らの構造も発達法則も存在しないように見える。例えば柴田治呂は、「科学技術の歴史には、一般的な発展法則がないように思える。事実、個別分野の科学的、技術的成果をとれば、その発達過程はまちまちである」として、科学技術の担い手や組織という面から科学技術の発達構造を捉えるべきだと主張している⁽²⁾。そのため技術の歴史的発達過程は、一般に現象的なレベルで論じられることが多い。例えば、基礎研究、応用研究、開発研究、実用化という段階を経て発達するとか、「(1)懐胎器、(2)誕生期、(3)成長期、(4)爛熟期、(5)衰退期」というライフサイクルを描く⁽³⁾というような形で論じられる。

こうした議論がなされる論理的根拠は、技術においては可能性と現実性、すなわち、ポテンシャルとしての技術と現実化された技術という区分が特に大きな意味を持っていることにある。ヘロンの汽力球や風力オルガン、ブランカの蒸気車や火力車などの歴史的な事例、あるいは、特許を獲得した技術であっても実際に生産技術として利用されないものも数多くあるということは、「技術的可能性が示されること」と「現実的生産の場面で利用可能なこと」の間、さらにまた、「生産技術として利用可能であること」と「生産技術として実際に社会的に利用されること」の間には大きな質的差異があることを示している。例えば高温超電導に関する技術は、生産技術のための一要素としての利用可能性を持っているとは言えても、現時点ではまだ生産技術として社会的に利用可能にはなっていない。超電導技術が実際に社会的に広く利用可能な技術として定着するまでには、コスト問題を別にしたとしても、まだ解決すべき技術的問題がいくつもある。実用化が比較的近いと思われる、低温超電導を利用した日本のリニアモーターカーにしても、超電導の利用の結果として生じる強力な磁場が心臓のペースメーカーに与える悪影響などといった技術的問題を抱えている。

技術の発達に関するこのような議論は、個別技術が生成—発展—衰退という社会的展開の様相を示すということにとどまっており、技術それ自体の歴史的発展の構造や法則性の解明を対象とはしていない。例えばこれらは、動力技術史における人力、畜力、水車動力、蒸気動力という歴史的発達過程を説明できるようなものではない。また蒸気動力におけるニューコメン機関からワット機関への技術進歩の過程をうまく説明することもできない。すなわち上述のような発達段階論においては、個別技術分野それ自体における歴史的発展の内容や方向性が取り扱われてはいない。さらにまた、技術全体の歴史的発展の構造や法

則性を内容的に示すことも議論の対象とはなっていない。

技術の発達過程に関する現象的分析にとどまることなく、技術の歴史的発展の構造や法則性を論じたものとして有名なのが石谷清幹の研究である。石谷はボイラー技術の発達史研究を通じて技術の内的発達法則論を提唱した。石谷によれば、技術は自立系ではないが自律性を持っており、「技術固有の発達法則に従いつつ発達する」⁽⁴⁾のである。技術が自立系でないというのは、前述のヘロンの汽力球の例に見られるようにどんなにすぐれた技術であっても「技術は社会に採用されなければ発達できない。……技術上の都合だけで技術は発達できるものではない」⁽⁵⁾からである。ではそのように技術の歴史的発展が基本的には社会的に規定されているにも関わらず、なぜ技術に相対的な自律性を認めることができるのであろうか。その理由の一つは、社会の要求がどれほど強くても、永久運動機関のような自然法則に反する恣意的な要求に技術が応えることはできないということである。石谷によれば、「技術はそれ自身によって外的な諸要請によって動かされるものではあるが、外的要請のとおりには動くとは限らない。第1に自然法則に反する運動は不可能」⁽⁶⁾である。もう一つの理由は、自然法則に従うという制約条件のもとでも社会的要請に応えるという目的のために「同一結果を達成できる技術的方法は無数に」⁽⁷⁾あるのであり、社会的要請というだけでは具体的にどのような技術が発達させられるかが単純には決まらないということである。可能な無数の方法の内のどれが実際に採用されるかということ自体も社会的に規定されているとしても、その社会的選択には技術内在的な要因が関与することになる。こうした二つの要因を考え合わせることによって石谷は、「自然法則と社会法則の共同作用の結果として、技術には技術独自の法則が支配」⁽⁸⁾することになると主張している。

石谷のこうした主張の基本的立脚点には、技術を労働手段の体系と規定する労働手段体系説がある。労働手段体系説の立場からは、その説の創唱者の一人である相川春喜が「技術過程自身の内在的合法則的発展」を記述するものとして技術史を規定したことに見られるように⁽⁹⁾、技術の歴史的発展過程に法則性が存在することは当然のことと考えられている。というのも労働手段の体系としての技術は、「社会的存在であるが、どこまでも物質として取り扱わねばならぬ」⁽¹⁰⁾のものであり、技術現象は生物現象や物理現象と同じように物質の運動である。それゆえ、生物進化や宇宙進化と同じように技術「進化」にも一定の歴史的法則性が存在する、というように考えられているからである。⁽¹¹⁾

3. 技術の内的発達法則に対する反対論

しかし最近では石谷のこうした主張に対する反対論が、労働手段体系説に立つと思われる人々の間からも出てきている。すなわち、労働手段体系説の立場に立つことが技術の内的発達法則の存在を認めることに必ずしも直結するわけではないという批判や、技術の内的発達法則というようなものは存在しないという批判がなされるようになった。

例えば石沢篤郎は、「技術の発展は社会発展の一貫なのであるから全体としては自律的なものではなく、労働過程内部の必然性だけで説明できるものではない。……（技術発展の相対的自律性は、）あくまで相対的なものであって技術発展の全体を貫くようなものではありえない」のであり、「技術発展全体を貫く内的法則性」を認めることができない⁽¹²⁾と主張し、部分的過程としては技術の内的発展法則の支配を認めながらも、技術発展の全体を貫くような内的法則は存在しないとしている。石沢の主張の論理的根拠は、中村静治氏が石

谷の議論を受け継ぎながら「技術の発展の法則性には二種類ある。一つは技術の内的発展の論理といわれているものである。すなわち、自然力と自然現象を労働過程で利用する手段としての技術の存在そのものと結びついた法則性である。……いま一つは、経済的社会構成体のなかで一定の位置を占める一個の社会現象としての技術の発展の法則性である。……技術の発展の二つの法則性のうち、主要な法則性は第二の法則性でなければならない。第一の技術の内的論理は人間によって利用されるだけで、したがってこのほうは一個の社会現象としての技術の発展の法則性に従属しているし、せざるをえない。」⁽¹³⁾と述べていることにある。石沢は中村のこの議論を根拠として、「素直に受取れば、第1の法則性は主要なものではなく第2の法則性に従属するという以上、技術発展の根本動因は第2の法則性にもとづく」⁽¹⁴⁾はずであるとしたのである。第1の法則性（技術の内的発達法則）が第2の法則性（技術に対する社会的規定）に従属しているものであるならば、技術全体の現実の歴史的発展過程は、技術に内在する要因によってではなく社会的要因によって規定されることになる。その意味で技術全体の発展過程は、自立的でないだけでなく、自律的でもないというわけである。

また市川浩は、労働手段としての技術に「内在する諸法則は社会・経済的な過程に解消しきれない相対的自律性を有している」⁽¹⁵⁾としながらも、技術の内的発達法則の存在を否定している。⁽¹⁶⁾市川によれば、モノとしての技術が従っていると認められる法則は、技術の内部構造に関する法則、すなわち、諸技術の連関に関する構造的な法則であって、技術の歴史的発展過程に関する法則ではない。⁽¹⁷⁾労働手段、労働対象、労働力という三要素からなるものとして捉えられた労働過程は、抽象的なものであり、その中には「一滴たりとも歴史的な契機は含まれていない」のである。それゆえ、労働手段という視点から技術をモノとして捉えることは、技術に一定の法則性が存在することの根拠となるにしても、その法則性が歴史法則であることまで論理的に保証してはいない。モノとしての技術は、社会的に役立つように再構成された物質であるので、自然界の事物におけるような普遍的な自然法則としての進合法則を持つとは必ずしも言えないのである。⁽¹⁸⁾

技術の内的発達法則に関する石沢や市川らの否定論が示しているのは、技術に関する法則性の存在を認めることが技術の歴史的発展における法則性の存在を認めることに直接的にはつながらないということである。確かに構造的な法則と歴史的な法則とは区別されなければならない。物体の運動がニュートン力学の三法則に従うということと、物体の歴史的変化に法則が存在するということは同じことではない。少なくともニュートン力学の三法則それ自身が歴史法則であるわけではない。自然的事物に関する限り、運動法則（構造的な法則）と進合法則（歴史的な法則）は質的に種類が異なる法則である。そしてこのことは技術にも当てはまるように思われる。単純化して言えば、技術学が技術の運動法則＝構造的な法則を対象とする科学であるのに対して、技術史学は技術の進合法則＝歴史的な法則を対象とする科学であると言えよう。⁽¹⁹⁾

両法則の区別ということは、技術の内的発展法則の存在を主張した相川春喜の議論の中にも暗黙の内に含まれていた。石谷や中村らの主張する技術の内的発展法則は、すべての時代を貫いて成立している普遍的な歴史法則である。しかし相川はそのような普遍的な歴史法則の存在を否定している。相川は「技術そのものは特定の発展段階において、それに特有の内的合法則性に貫かれたところの、特定の発展形態を実現する」⁽²⁰⁾のものであると考えている。相川のこの表現が意味しているのは、技術に内在する法則および技術の内的発

展法則が社会の発展段階ごとに変化するというものである。相川にとって技術は自然的に制約されていると共に、社会的＝歴史的に規定されたものであった。⁽²¹⁾それゆえ技術の内的発展法則の成立の根拠は、自然的なモノとしての技術の自然的規定性ではなく、社会的に作られたモノとしての技術の社会的規定性にある。⁽²²⁾したがって技術の内的発展法則とはいっても、生物進化の法則のように時代貫通的に成り立つものではなく、その法則はある特定の歴史的時代の特定の社会においてしか妥当しない。そのことは、相川がその文章に引き続いて「極めて明快な要約」として引用している N.ヴォルコフの主張「すべての時代にとって普遍的な技術の発展法則は存在せず、各々の社会構造における生産力の一要素としての技術発展は、ただ該構成体の中にのみ、固有な特殊な法則に従って、行われるといふことを、決定的に強調せねばならない」にはっきりと示されている。⁽²³⁾

ただしこのように運動法則（構造的法則）と進合法則（歴史的法則）という両法則が区別されなければならないにしても、自然的事物は不断の運動を通して歴史的に発展して行くものであるから、両法則の間に現実的には密接な連関が存在する。そしてそのことは技術に関しても同じように成り立っていると思われる。それゆえ技術の内的発展法則の存在を認めるのか否かという問題に決着をつけるためには、技術の歴史的発展に対する社会的規定のあり方や、技術の歴史的発展過程の構造と技術学的な意味での技術の内部構造との関連を歴史的に具体的に調べる必要がある。まず前者の問題を考察することにしよう。

4. 技術の歴史的発達と社会的要因

技術の歴史的発達を規定する要因の一つとして社会的要因があることに関しては何らの対立もなく当然のこととされている。例えば、古代における新技術である起重機の社会的利用に関するローマ皇帝ウェスパシアス（在位69—79年）の対応がそのための例としてよく挙げられる。すなわち、わずかな労力で巨大な石柱をカピトリウムの岡の上に運ぶための機械を発明した技師に対し、ウェスパシアス皇帝はたつぷりとほうびを取らせただけでもその機械は実際には用いられなかった。というのも「もしその機械を採用すれば、人民たちの仕事を奪うことになってしまうであろう」とウェスパシアス皇帝が考えたからである、と言われている。⁽²⁴⁾また古代における新技術開発の社会的限界として、古代では生産に関わったのが直接的には奴隷層であったが、奴隷層は全体としては生産現場からの発想に基づいて新しい独創的な技術開発を行うための余裕がなかったということが挙げられる。ヘロンの諸発明がそうであるように、貴族層による技術的発明は、どちらかと言えば高踏的であり、生産力の向上を直接的に目的としたものではなかった。

技術の内的発展法則をめぐる論争での基本的対立点の一つは、技術発展が社会的に規定されているかどうかということそれ自体ではなく、技術の歴史的発展過程における社会的要因の性格がどのようなものであるのかということにある。

石沢や市川らの考え方は論理的には次のように再構成できるであろう。彼らによれば、技術に内的発展法則が存在すると主張することは、社会的要因が技術発展の動因に過ぎず技術発展を内容的な意味で規定してはいない、とすることである。例えば、石谷が技術に関して自立性と自律性を区別していることの意味はまさにそういうことにある。しかし実際には、社会的要因は技術発展の方向性や内容をも決めている。それゆえ技術に内的発展

法則が存在するという主張は誤りである。石沢や市川はこのような考えていると思われる。

確かに社会的要因が技術発展の速度を左右するだけに過ぎず、労働手段の体系のあり方や発展方向に何の影響も与えない⁽²⁵⁾と考えるのは誤っている。というのも社会的要因は、技術の歴史的発展の速度だけではなく、歴史的発展のあり方を内容的な意味でも規定しているからである。

例えば、古代における奴隷制度という社会的要因の技術史的意味を考えてみよう。古代では奴隷労働力が大量に存在するために人間労働力の節約への関心が低く、労働力を節約する方向での技術発達が進まなかった。このこと自体は社会的要因が技術発展の速度を左右したことを意味しているにすぎないとも言える。しかし奴隷制度という社会的要因は、古代における技術的関心や技術の発展の方向をも規定していたのである。古代における主要な技術的問題は「安価な動力機」⁽²⁶⁾である奴隷をいかに効率的にうまく使うのかということであった。というのも、動力に対する需要量が全体としていかに大きくとも、純粋に技術的な面だけから考えるならば、労働における動力源の単位出力が大きいことは必ずしも必要ではないからである。⁽²⁷⁾大型の重量物の移動作業のためには、単位出力の大きな動力機を少数用いるかわりに、単位出力の小さな動力機（古代では人間）を多数使用したとしても結果的には同じである。例えば、紀元前2550年頃のクフ王のピラミッドは平均重量2.5トン、総個数260万個（総重量650万トン）の石材からなるが、その石材はナイル河東岸から石槌や木製くさびその他で切り出し、船でナイル河の西岸に運ばれていた。運搬の道具として用いられたのは、そり、ころ、枕木、綱、てこなどである。そして石材は、斜面を利用して148mの頂上まで積み上げられた。これらの作業のための動力源として工事現場には、常時10万人（3カ月交代で勤務）が動員され、約10年間をかけた。

この例は、古代の偉大な技術者であるアレキサンドリアのヘロンが挙げる五種類の単一機械（てこ、車輪と車軸、滑車、斜面とくさび、ねじ）がなぜすべて動力の伝導機構に関わるものであるのかということを説明するものである。すなわち奴隷制度という社会的要因による規定の結果として、古代技術の基本的関心は動力機としての人間と結合可能な伝導機構や道具の開発に向かったのである。このことは、船に関する技術の開発方向にも現れている。動力技術の歴史的発展は全体としては人力、畜力、水力・風力、蒸気動力というように進んだ。しかし船の動力は、人力から風力へと単純に直線的に進歩したわけではない。確かに蒸気船の出現以前的大型船は、風という自然的エネルギーを利用する帆船であった。しかし帆船それ自体は紀元前三千年頃からすでに存在していた。人力を船の動力として利用するオール船の技術開発は帆船がすでに存在する中でさらに進められたのである。例えば、三段オール船の発明は紀元前600年頃であった。

このように社会的要因は技術の発展速度だけではなく、技術の歴史的発展の方向性やそのあり方をも規定している。ではこのことは技術の内的発展法則が存在しないことを直ちに意味するのであろうか。必ずしもそうとは言えないと思われる。というのは、奴隷制度というような社会的要因が技術の歴史的発展に対して与える影響の仕方それ自体が技術の内部構造によって規定されていると主張することが可能だからである。言い替えれば、社会的要因は技術の内部構造を通して技術の歴史的発展のあり方に影響を与えているのであり、社会的要因が技術発展に与える影響の分析には技術の内部構造の理解が必要不可欠であるということである。石谷の主張はそうのように理解することもできる。実際に石谷は、外的諸要因（社会的要因）は必ず内的諸要因（技術の内部構造）を通じて発現するとして

いる⁽²⁸⁾。こうしたことの考察のためには、技術の歴史的発展過程の構造と技術学的な意味での技術の内部構造との関連を取り上げる必要がある。すなわち技術の歴史的発展のあり方を技術の内部構造の観点から具体的に分析する必要がある。

単純に社会による自然支配の道具としての技術という視点だけでは分析が不十分になる。自然支配の能力という観点だけから技術進歩を語ることはできない。技術自体の社会性と内部構造の問題にも注意を払うべきなのである。

5. 石谷における技術の内部構造と歴史的発達構造 ——動力＝制御論からの技術史把握——

まず石谷の議論を見ていくことにしよう。石谷は技術活動過程の根本要因が動力と制御の二重性（一体性）にあるとしている。石谷によれば、「生産における動力は必ず制御されていることが特色である。制御されていない動力は都市をおそう台風や火災のようなもので、どれほどばく大なエネルギーであっても生産の役には立たない。……動力と制御とは一般的にいえばそれぞれ独立の概念である。しかし技術の活動過程では動力は必ず制御されていなければならない……逆に制御には動力を必要とする」⁽²⁹⁾のである。そして「技術が発達すると技術の活動過程は動力的技術の活動過程と制御的技術の活動過程に分化してゆく」⁽³⁰⁾が、分化した動力的技術と制御的技術のどちらもまた動力と制御が一体となったものであるから、そうした分化の過程すなわち技術の発達の過程は無限に続くとしている。それゆえ、「技術は動力と制御の矛盾を根本要因とし、その激化と打開によって質的に異なるいくつかの時代を経過しつつ、合法則的に発達してきた」⁽³¹⁾とされ、動力と制御という観点から技術の歴史的発達過程が時代区分されている。例えば石谷は、動力の側面が主要側面であった「天然道具の時代」、動力的技術と制御的技術の分化が始まった「人工の一体道具時代」、社会的には分業が始まりながらも動力と制御が一人の個人において統一されており熟練労働が重大な意味を持っていた「複合道具時代」、動力機・配力機構・作業機という三要素の相対的分離の始まった「手動制御の作業機の時代」、制御がコンピュータによって機械化され自動制御の始まった「機械管理の機械の時代」というように時代区分している。⁽³²⁾

石谷は、技術の内部構造を動力と制御の二重性＝一体性という視点から捉え、動力と制御という二つの要素が個々の技術の中では常に何らかの仕方では統一されているながらも、技術全体としては動力と制御という二つの要素が無限に分化していく過程として歴史的発達構造を定式化したのである。そしてそうした観点から、新技術の発達様式が方式と機能の二重性という観点から捉えられると考えた。「どんな技術もなんらかの機能のある方式のもので発揮するもの」であるが、コストや効率を考えると個々の方式には一定の好適機能範囲が存在し、その限界範囲をこえた技術需要に対しては新しい方式に基づいた新しい技術が開発される。そうしたことの繰り返しによって技術が歴史的に発達する。石谷はこの好適機能範囲というものの成立を自然的なもの和社会的なものの相互作用の結果として理解している。石谷によれば、「高価かつ効率の悪いものになるというのは技術に作用する自然法則の結果であるが、高価かつ非効率なものを減ぼしてしまうのは社会の経済法則のほうであって技術過程の結果ではない。そして、経済法則に強制されて自然法則が機能する結果として、すべての方式に好適機能範囲ができてしまう」のである。⁽³³⁾こうして石谷にお

いては、技術の内部構造から出発して技術の歴史的発達過程の構造が説明できることになり、技術には内的発達法則が存在することになった。

6. 動力＝制御論への批判

石谷のこうした議論に対してはいくつかの批判がある。技術の内部構造と歴史的発達構造との関係という点から見て重要な批判は、動力＝制御論では作業機の歴史的役割をうまくとらえきれないという批判である。例えば門脇は、「石谷説の根幹をなすべき動力と制御の矛盾は、技術発達の中核たる作業用具の発達を説明しておらず、根本要因として妥当ではないと考えられる。」⁽³⁴⁾と批判している。また山崎正勝は、動力＝制御論における制御概念が多義的であり、作業機を制御的機械とするような曖昧さを持っているとして批判している。⁽³⁵⁾

確かに石谷は、制御概念の中に作業を含み込ませている。例えば石谷は、『工学概論(増補版)』の中で、「制御的活動として紡績やはた織りが現れる」(p. 203)とか「本来の作業すなわち制御の技術」(p. 205)というような表現をしている。また石谷の動力＝制御論を受け継ぎさらに発展させる形で議論している中村静治は、「労働の二側面は一定の発展段階で動力手段(用具)と作業手段(用具)に分化」⁽³⁶⁾すると述べているが、この表現を石谷による動力的技術と制御的技術への分化としての技術発達という規定と単純に重ね合わせて考えてしまうならば、中村氏が作業用具と制御的技術を等置しているというように理解されることになると思われる。実際に中村は別な箇所で、「石谷の動力的労働過程(動力の生産過程)、制御的労働過程(作業機による加工、製造過程)」という表現もしているのであるから、そうした理解にも一定の根拠があると言えよう。もちろん動力と制御の二重性＝一体性という石谷の基本テーゼからすれば、動力機とか作業機とか現実の個々の技術には動力と制御という二つの要素が統一されていると考えるべきであることは自明なのであるが、そして中村もそのことを絶えず強調しているのであるが、それにも関わらず抽象的な概念レベルの問題としては「制御」概念の中に「作業」概念が包含されているように思われる。

なぜこうしたことが問題なのかと言え、動力＝制御という形での技術の内部構造の定式化は抽象的なレベルの議論であり、技術の具体的な歴史的発達過程の分析のためには動力機(原動機)、伝導機構、作業機、制御機構というようにより具体的なレベルで技術の内部構造を捉える必要があるからである。⁽³⁷⁾例えば、道具から機械へという技術の歴史的発達を論じる時には、機械が動力機、伝導機構、作業機という三つの要素からなるものとして一般に論じられる。中村も技術の内部構造をこうした観点から捉えて、「機械の三つの簡単な要素は、それゆえ原始共同体で形成されていた、といえないこともない。すなわち、原動機部分は、……人間自身であり、伝導機構はテコと軸、そして作業機部分は錘、石臼、杵などである。」⁽³⁸⁾と述べている。また中村において、オートメーションやコンピュータ技術は、「コンピュータによる制御とは、人間のみにそなわるフィードバック制御のことである。人間労働特有の制御機能を分離し、プログラム化したものがソフトウェアと呼ばれているものである。これを半導体のチップに植えこみ、機械に組みこんだものがコンピュータ制御の機械、すなわちオートメーション体系である。」⁽³⁹⁾として、制御機能を分離し機械化したものとして技術史的に位置づけられている。すなわちコンピュータによる制御は、

畜力の使用時におけるクツワ・手綱・鞍などの制御用装具、ワットの蒸気機関における遠心振子式調速器などの制御機構の発展の流れの中で捉えられている。

また動力機における制御ということの意味を、動力＝制御論におけるように動力と対にされた制御としてとらえることには無理があるように思われる。というのも、動力機はその活動の結果として動力を「生産」する機械であるから、動力機において直接的に制御の対象とされる「動力」は、結果として「生産」される場所の「動力」ではありえない。⁽⁴⁰⁾ そのため動力機としての蒸気機関において制御の対象として考えられている「動力」は当然のことながら、ピストンの運動という形で「生産」された動力ではなく、ボイラーによって発生させられた蒸気である。しかし蒸気の運動を直接的に動力と考えるのは、動力と自然的エネルギーとの社会的区別を無視するものであり、動力概念の不当な拡張であるように思われる。また、制御の対象として蒸気を想定することは、ワットの分離復水器をも制御機構に含めて考えることになってしまう。しかしワットの蒸気機関において制御技術として理解すべきなのは、ボイラーの蒸気圧の制御のための安全弁や、蒸気供給量を制御するための遠心振子式調速器、なめらかな回転動力が得られるように制御するためのはずみ車などである。そしてまた、蒸気（エネルギー）という「動力」とそれに対する「制御」ということだけでは、ワット機関の動力機としての独自性を示すものである太陽惑星歯車装置や「平行4辺形」機構などの伝導機構の技術史的位罫があいまいになるように思われる。

このように、より具体的なレベルにおいて技術の歴史的発達構造を理解するためには、技術の内部構造が動力、伝導、作業、制御という4つの構成要素からなるものとして分析すべきである。⁽⁴¹⁾そしてそのことによって初めて、産業革命が作業機を起点として始まったということの分析やコンピュータ技術の技術史的位罫づけが可能になるであろう。

7. おわりに

最後に、技術の内部構造を動力、伝達、作業、制御という視点から捉えることの意味を、動力機に関する質的規定性を考察する中で論じることになろう。動力の発展を規定する際の主要なモメントは、石谷によって主張されたように、単位出力の大きさという動力要素に関する量的規定である。しかし動力要素それ自体の考察にとどまらず、他の諸要素との関係において具体的に考察する場合には動力要素の質的規定が問題になる。⁽⁴²⁾

動力要素に関する質的規定は、石谷が好適機能範囲という考え方によって説明しようとした各種の動力技術の共存、あるいは、水車動力や風車動力と異なりなぜ蒸気動力機関が万能原動機であるとされるのかといった点においてすでにこれまでも暗黙の内に論じられていた。ではなぜ動力要素に関して質的規定が生じるのかと言えば、社会の動力需要ということの中には、必要とする動力に関する量的要請だけではなく、社会的にどのような動力を必要とするのかということもその中には含まれているからである。例えば、ニューコメン機関がイギリスにおいて普及した社会的理由は、動力機としての単位出力の大きさにあるのではない。単に単位出力の大きさだけで言うならば、1712年に発明されたニューコメン機関が普及し始めた18世紀前半においてはまだ水車動力の方がより大きな単位出力をもっていた。例えば、フランスのルイ14世の命によって1682年に建造されたヴェルサイユ宮殿の「マルリ＝ラ＝マシーヌ」という名前の水車は、理論的には124馬力の出力を持ち、

実際にも少なくとも75馬力の出力を出したと言われている。また一般的な水車でも、平均的に5-10馬力の単位出力を持っていた。これに対して、ニューコメン機関は2-4馬力の単位出力しか出せなかった。しかしそれに関わらずニューコメン機関は、当時イギリスの炭坑や鉱山で深刻化しつつあった排水問題を解決するための揚水機の動力源として用いられた。というのも水車動力は地域的にも季節的にも限定的にしか利用できないようなものであったからである。またニューコメン機関がそうした利点を持っていたにも関わらず、動力機として水車や風車にとって代わることができなかったのも単に単位出力だけの問題ではない。ニューコメン機関はワット機関とは異なり結局のところ、動力として直接に取り出されたのは直線往復運動であったという点も重要な要因の一つである。そのためにニューコメン機関は、直線往復運動によって動かすことのできる「作業機」と結合するしかなかったのであり、ニューコメン機関の利用法は、排水作業のためのポンプを動かす動力機、水車を動かすための水を汲み上げる補助的な機械、あるいは、ピストンを利用して製鉄炉へ送風することなどに限定されたのである。⁽⁴³⁾また、ワットの蒸気機関については、復水器のシリンダーからの分離という形での熱効率の改善や、大気圧機関から蒸気圧機関への発展という形での出力の向上だけであったならば、ワット機関は動力機としてやはり補助的な位置にとどまったであろう。蒸気機関が水車や風車にとってかわる主要な動力機関となり得た主要な原因の一つは、ワット機関が蒸気圧機関として複動機関になるとともに、ピストンの直線往復運動から太陽惑星歯車装置やクランクなどの伝導機構によって回転動力を取り出せるようになったことである。こうした動力機の質的規定は、動力機が生産過程においては作業機と結合されてはじめて意味のある労働手段となることによるものであり、労働手段の体系としての技術においては動力という構成要素が作業や伝導という要素との関係で質的な規定を持つことを意味している。⁽⁴⁴⁾

動力、伝達、作業、制御という諸要素の統一として技術の内部構造をとらえることの意味は、動力機の質的規定性ということだけではなく、次のような事例の中にも示されている。例えば、動力機としての水車と風車の最初の形態がともに縦軸型であり、製粉用の臼と直結されていたということは、どちらの動力機も伝導機構が未分離な状態から出発したことを示している。また、水車がまず揚水車として登場したのと同じように、最初の実用的な蒸気機関がセーヴァリ機関としてまったくの揚水装置であったということ、すなわち、水車も蒸気機関も最初はどちらもそれ自体で完結した機械であって、動力機として独立したものではなかったということは、水車や蒸気機関という機械がまずは動力、伝達、作業という要素が未分化な状態から出発していることを示している。

以上のことから考えるならば、動力技術の歴史的発達過程は、労働手段の体系としての技術全体を動力、伝達、作業、制御という4つの構成要素の分化＝再結合の過程として理解することから出発して分析可能であることを示唆している。こうしたことは作業機に関しても成立しているであろう。そしてまた、技術の歴史的発達構造を動力、伝達、作業、制御という要素の統一としての技術という視点から具体的に分析することによって、技術の歴史的発達過程の法則性が明らかにされるであろう。

註

(1)山崎俊雄・大沼正則他編著『科学技術史概論』1978, p. 226

(2)柴田治呂『技術革新の担い手は誰か』1983, p. 19

- (3)黒岩俊郎『現代技術史論』1987, pp. 225-226
- (4)石谷清幹「技術の内的発達法則と技術史観」(日本機械学会編『技術のこころ(一)——機械技術史をさぐる』1984) p. 269
- (5)同上
- (6)石谷清幹『工学概論(増補版)』1977, p. 175
- (7)石谷清幹「技術と工学の再編成の基礎理論」『日本の技術と工学』1975, p. 79
- (8)同上
- (9)相川春喜「技術史の基礎論点」『歴史科学』1936年3月号(第5巻第3号) p. 25
- (10)岡邦雄『新しい技術論』1955, p. 8
- (11)生物進化も現在では社会的な影響を受けながら進行していると考えられる。しかしそうした社会的影響を受けながらも生物進化にはそれ固有の進合法則が過去と変わることなく貫徹している。技術進化にもそれと同じことが成り立つというように考えることができる、とされているのである。
- (12)石沢篤郎「コンピュータの内的発展法則」『経済科学通信』55(1988) pp. 80-81
- (13)中村静治『戦後日本の技術と技術論』1975, p. 85
- (14)石沢篤郎「コンピュータの内的発展法則」p. 80
- (15)市川浩「技術における「自然法則性」について」『大阪市大論集』49(1985) p. 19
- (16)市川浩, 同上論文, p. 40
- (17)「労働手段が有する外観上の自律性の第一の根拠は、労働手段を制作するうえで人間の精神諸力の合目的性が自然諸法則に合致しえない形では貫徹しえないということから生じるのであろうが、……このことが意味するのは労働過程の諸連関の秩序の合自然法則性であって、その発展の合自然法則性ではない」市川浩, 同上論文, p. 36
- (18)市川浩, 同上論文, p. 40
- (19)例えば、田辺は「技術の自然的側面を探究する科学が技術学であるのに対して、技術の社会における現存諸形態の必然性を跡づける科学が技術史学である。」(田辺振太郎『技術論』1960, p. 229)と規定している。
- (20)相川春喜『技術論』1935, pp. 89-90
- (21)相川春喜, 同上書, pp. 94-95
- (22)例えば自然法則と技術の関係について相川は、「技術がかくの如く、その特質上その構成上、外的自然の法則に「規定せられている」ということは、正に技術そのもの(及びその発展)の自然的基礎(又は自然科学的基礎)の契機を示している。しかし、このことが、技術そのもの(及びその発展)の規定原因たるものでもなく、また「方向規定」的契機でもない。」(相川春喜『技術論』p. 89)と述べている。
- (23)相川春喜, 同上書, p. 90. こうした主張と類似した考え方として、技術のあり方が社会構造によって規定されており、そのため社会構造の発展と共に技術が発展するという主張がある。例えば市川は、「技術における「自然法則性」について」(p. 38)において、労働手段としての技術は「各時代の狭義の生産様式」に「適応」しているのであり、「社会的生産有機体の形態変化に伴って……必然的に淘汰され」、新しい技術にとってかわられる、としている。ただしこうした主張は、技術に関してすべての時代を貫く普遍的な「進化」法則を定式化したものとも考えることもできる。
- (24)ただしウェスパシアス皇帝のこの発言における「人民」は、奴隷のことではなく、自由民のことであった。(ギャンペル『中世の産業革命』p. 9)
- (25)例えば北村洋基は、労働手段としての技術に対する「社会的必要・要求の強弱は、たしかに労働手段の発達速度を大きく左右する要因ではあるが、それは労働手段それ自体に対してはあくまでも外的要因である」(北村洋基「技術の構造と発達の論理」『現代技術の政治経済

- 学』1987, p. 48) としている。
- (26) 平田寛『失われた動力文化』pp. 99-100 によると、ローマ時代になされた試算において、人間の食費は馬の約 $1/4$ であった。
- (27) 「動力需要が増すと、単位出力の大きな動力源が必要になる」という石谷の表現（『動力史の時代区分と動力時代変遷の法則』『科学史研究』第28号, p. 13）は、動力の好適機能範囲ということを前提して、社会全体としての動力需要の量について考察した場合に成立するものである。
- (28) 石谷清幹, 前掲書, p. 176
- (29) 石谷清幹, 同上書, p. 191
- (30) 石谷清幹, 同上書, p. 193
- (31) 石谷清幹「技術発達の根本要因と技術史の時代区分」『科学史研究』第35号（1955）, p. 38
- (32) 石谷清幹, 前掲書, pp. 196-209. 石谷による技術史の時代区分は著作によって若干異なる。「技術発達の根本要因と技術史の時代区分」（p. 29）では天然道具時代, 人工道具時代, 道具製機械の時代, 機械製機械の時代, 機械制御の機械時代というように時代区分されている。これに対して, 「技術の内的発達法則と技術史観」（p. 266）では道具製道具の時代, 複合道具時代, 機械時代, 複合機械時代, コンピュータ制御の機械時代というように時代区分されている。
- (33) 石谷清幹, 同上書, pp. 177-181. 動力と制御の二重性ということからどのようにして好適機能範囲が決まるかについて石谷は明確には語っていない。そのため好適機能範囲という考えが有効な概念ではあることは確かだが, 動力と制御の二重性を技術の基本的要因と考えるのは誤りであるとする批判もある。例えば, 門脇重道「技術史の時代区分についての石谷説の検討」『科学史研究』第150号（1986）, pp. 148-149, 市川浩「ふたたび「動力と制御の矛盾」について」『経営研究』第39巻第2号（1988年6月）p. 93を参照のこと。
- (34) 門脇重道「技術史の時代区分についての石谷説の検討」p. 148
- (35) 山崎正勝「技術の「動力—制御論」についての覚え書き」『サジアトーレ』第17号, 1988, p. 2
- (36) 中村静治『生産様式の理論』1985, p. 90
- (37) 石谷や中村においては, 動力機や作業機というものそれ自体が動力と制御の一体となったものと考えられている。ということは, 動力機, 伝導機構, 作業機, 制御機構という形で技術の内部構造を語る場合の動力, 伝導, 作業, 制御という用語の意味内容と, 動力=制御論で技術の内部構造を語る場合の動力, 制御という用語の意味内容とは異なるということになる。動力=制御論における制御概念は, 労働過程における目的意識性として表象されていることとほぼ同じような内容になっている。そのため, 山崎正勝「技術の「動力—制御論」についての覚え書き」p. 2において主張されているように, 「制御」という言葉を「統制」と置き換えても構わないとも考えられる。動力=制御論においては, 人間による自然の支配というような抽象的な形でモノを生産する過程が把握され, 自然的な諸過程に対する人間による目的意識的なコントロール（統御, 統制, 制御）の側面が特に制御という言葉で指し示されていると考えることができるように思われる。
- (38) 中村静治『技術論入門』1977, p. 92
- (39) 中村静治『情報と技術の経済学』1987, pp. 46-47
- (40) 石谷の台風の例やこの議論から分かるように, 石谷や中村で問題になっているのは, 動力と制御の矛盾というよりは, エネルギー（あるいはより正確には物質の運動）とそれに対する人間の統御=制御の矛盾と理解すべきであろう。このことは, たとえば中村における労働過程の把握「労働者は労働手段を使って自身の肉体エネルギーを, 前もって頭のなかで築いていた形態が得られるように制御……しながら対象に伝える」「労働者は情報（頭の中の心象）

とエネルギー（身体的）とを労働手段を通して制御しながら対象に伝達する」『情報と技術の経済学』p. 186 という表現の中に示されている。

- (41) このようにコンピュータ制御まで含めて考えた場合の技術の内部構造と、人間を構成する身体器官の内的構造との間には、一定のアナロジーが成立するように思われる。すなわち、動力、伝達、作業、制御という4つの要素間の構造的連関において把握された技術の内部構造は、内臓、筋肉、手および足、大脳および神経系という4つの構成要素からなるものとして人間の身体的構成を理解することと対応しているように見える。また、産業革命が作業機においてはじまったことは技術を構成する4要素の中で作業要素が産業の発展にとって主導的であることを意味しているが、このことは猿から人間への進化が手や足などを使った道具の使用・製作にあるということと対応する、と考えることもできる。
- (42) この点において、動力機に量的規定性しか見ないような議論は誤りである。例えば、仲村政文『科学技術の経済理論』（1986）の「量的規定性をもつにすぎない動力」（p. 158）という表現を見よ。
- (43) 動力史の時代区分を単位出力を基準として行うべきだとしている中村も、「技術史、動力史の研究者のなかには、このニューコメン機関の出現と単位出力が水車を追い越すときをもって、蒸気時代のはじまりとする向きもあるが、しかし、ニューコメン機関は、動力を地方的条件から解放する問題は解決したが、未だきわめて範囲の狭い部分的な機能しか果たすことができなかった。」（中村静治『技術論入門』p. 77）と述べ、ニューコメン機関の動力機としての質的限定性を認めている。
- (44) 社会的普及という面から見ると、パソコンがそうであるように、すでに普及しているものとの互換性が重要な鍵になる。18世紀における主要な動力機は、アークライトの水力紡績機に見られるように水車であった。それゆえ蒸気機関を動力機として一般に普及させるためには、動力として回転運動を「生産」する機械である水車との「互換性」をもっていることが重要な必要条件であった。