

## 近代科学の大学に対するインパクト(Ⅱ)

—— エコール・ポリテクニクと近代工学の成立 ——

中山 茂\*

- ・ ジャコバンの御破算
- ・ ニュートン主義の容器——軍部
- ・ 近代工学への離陸——ポリテクニクのカリキュラム
- ・ 科学技術の構造的配置
- ・ 近代科学の教科書・パラダイム
- ・ ポリテクニクの軍への隷属
- ・ エリート主義
- ・ 科学技術至上主義の尖兵

前回述べたように、イギリスの大学がニュートンの威光を背に担いながらも、モタモタして、中世大学からの改革の実がなかなか上がらなかったのに対し、真に近代科学のプログラムを体現した初の高等教育機関として、フランス革命時にエコール・ポリテクニクがあらわれてたことは、余りにも有名である。そこではじめて科学者という職業が成立する。17世紀の近代科学の方法の成立を第一次科学革命と云うなら、この科学者という職業集団の形成を第二次科学革命とよぶ人がある。それはもちろん教育制度という再生産機構を持つことによって始めて可能となる。

では何故、F. ベーコンやニュートンを生んだイギリスではなく、フランスでその革命が成立したか。

まず、エコール・ポリテクニクはフランス革命の申し子であり、後者なくしては考えられない。第一次科学革命は思想革命であったから、社会の変動期に発生したものではあるが、直接に特定の社会革命が効いてくるものではなかった。ところが、第二次科学革命は制度革命であるから、社会革命が直接に効果をあらわし、あるいは後者から派生するものである。

既存の制度が何もない所に、新しい制度を創設することは、比較的容易である。一つのパラダイムに対する支持集団は、学会や同好会の形で、他に抵抗体がない限り、自由に形成される。しかし、社会制度、social institution としての教育制度には、何らかの形で既成のものがあつて、それが抵抗体となる。また抵抗体とならなければ、制度革命の名に値しないであろう。そして、抵抗体の除去は新制度の創設よりもはるかに大きいエネルギーを必要とし、そのエネルギーは通例支持団の結集エネルギーだけでは問題にならず、集団外の大きなエネルギー、つまり社会革命を前提とする。

### ジャコバンの御破算

フランス革命の場合、アンシャン・レジームの除去・破壊は徹底したものであった。「計画の大胆さとその果成乏しさ」のジャコバン時代までの破壊の後に「理念の後退と成果の豊かさ」\*といわれるテルミドールの時期にエコール・ポリテクニクが創られた。(1794年3月ジャコバン時代の末期に創立が決り、テルミドールの下、9月にはエコール・サントラル・デ・トラヴァー・ピュブリックとして発足、翌年エコール・ポリテクニクと改名)。もし、ジャコバンがアンシャン・レジームを御破算にしていれば、テルミドール期のエコール・ポリテクニクの出現の形もちがっていたらう。

ジャコバンの科学に対する態度は反科学であつて、ロベスピエールは本気で科学を育てる気はなく、科学をアンシャン・レジームの一環としてつぶす陰謀を持っていた、という評価がある(チャールズ・ギリスピーなど)。しかし科

\* 東京大学教養学部

\* アントワニス・レオン著池端次郎訳「フランス教育史」P. P54-55.

学と一概に云っても、いろいろなものがあり、王立科学アカデミーで保護されていた貴族的な抽象的数理科学には反感はたしかに持っていたろうが、もっと土俗的・職人的な技術はジャコバン思想にビックリするものである。いってみれば、中国の文化大革命の際に、科学官僚制の伝統で培われた学者エリートや高級医師を下放し、土法やはだしの医者を持ち上げたのに近い感覚を彼らは持っていたであろう。

実際には、まず初等教育の計画から手をつけ、やっと高等教育に手が伸びるようになったのは1794年のことである。そしてジャコバン時代には高等教育について、モンジュと共にエコール・ポリテクニクの立案者となったフルクロアの案をはじめ、議論百出して、十分方針の一致を見ず、結果としては無為にすぎた。これまでのアンシャン・レジーム下の学問体系をこわして新しいものを創出する意図については、一致していたが、新しいものの性格、科学と技術の位置づけ、初等教育と高等教育の関係などについては、諸説紛々、ある人は高等教育は技術と軍事に限れと主張し(ニコラス・エルツ)、ある者は応用科学の基盤に純粋科学があることを認識せよ(ジョルジュ・ブーキエ)、とする。その背後には、旧来の軍・技術学校出身層のテクノクラットと、新興科学者・啓蒙主義者との二派があった、といえよう。いずれにしても、ジャコバンは、貴族支配下にあった科学を嫌い、反科学主義・技術至上主義といわれるが、必ずしも科学と技術の間に明確な区別を設けていたわけではなく、制度的には、貴族支配を外せば、あとは科学者にまかせてよい、という見解が一般的であったようである。

事実上の創立者モンジュはじめポリテクニクを中心メンバーにはジャコバン党員がかなりおり、モンジュ自身はテルミドール下での創立時に、ランバルディーに校長をゆずって、友人ベルトレの下に身をかくしていた、ということからして、必ずしもジャコバンは反科学反知性主義、テルミドールは高等教育助成という対置はできない。テルミドール派があとからジャコバンを非難したのを、そのまゝ定説としてこれまで受け入れていたにすぎないのである\*。

### ニュートン主義の容器——軍部

では、革命によって外的条件は整ったとして、その中に入るべきパラダイムは何か、その主要なものはやはりニュートン力学である。力学はエコール・ポリテクニクのトレード・マークであった、といってもさしつかえない。

18世紀初にはまだイギリスのニュートン支持集団とフランスのデカルト支持集団が、パロキアルな反目・論争を重ねていたが、ヴォルテールの頃からニュートン・パラダイムが勝利した。たゞそのニュートン像はかなりベーコン化され、デカルト化されたニュートンであった、といえよう。つまり、ニュートン・パラダイムが整備されてゆく過程で、ニュートンの神学や錬金術的要素が洗い去られ、より実用と連絡し、論理的に明快なものとしてされてきた。

そのニュートン・パラダイムを容れる容器として、アンシャン・レジーム下の大学は余り有効ではない。パリ大学は相変らず数学や天文学を中世以来のクェドラヴィウムとして教えていたのである。

たゞフランスは、イギリスの科学に対するレ・セ・フェール政策と対照的に、コルベール以来の学問育成政策が伝統化しており、政府の介在で科学と技術がイギリスよりも接近していたといえる。その中心が王立科学アカデミーで、科学に志す者はみなアカデミーに報告し、アカデミー賞を狙い、そしてアカデミー会員になることを目標としていた。事実エコール・ポリテクニクの初期の関係者はほとんどアカデミシャンであった。

ところが、彼らは大学の先生ではない。エコール・ポリテクニクを中心をなす数学・物理学・工学系関係者はみな軍の学校で学んだり、軍の学校で教えたり、何らかの形で軍の学校に関係を持ったことのある人たちであった。事実上の創立者であるモンジュはじめ、ラグランジュ、ラプラス、ルジャンドル、フォーリエ、それにモンジュの弟子のラクロア、アシュエット等々。

彼らの生まれはあまりよくない。モンジュ、ラプラスは貧農の子、フォーリエは洋裁師、

\* Roger Hahn: The Anatomy of Scientific Institution, p.290

アシエットは本屋の子、という工合に小市民、農民出身が多い。ラグランジュも家に金さえあれば数学など職業にしなかった、ともらしたという。

そこで、軍の学校に入り、その教師になる、はてはアカデミー会員になる、というコースが中流以下の家庭の子弟の一つの出世コースであったことが想像される。軍や技術の学校は18世紀にどしどし作られ、コレージュの中等教育を受けて18才位で入る高等専門教育であり、しかも出身や情実が入学資格に効く所が多かったところからすると、彼らも全くのプロレタリアートの階層であったとは云えず、やはり共和左派くらいの所に位置づけられよう。それに、絶対王制の下、軍部の社会的地位は比較的高い。海に囲まれたイギリスの海軍とならんで、陸つづきで外敵の侵入に備えるフランス陸軍は世界に冠たるものがある。白衣の実験着を着て大学に棲むという科学者像がなかった頃だから、科学の才を以て恰好より軍服を着て、というのが当時の青年の憧れであったことも察せられる。

こうしてできたニュートン・パラダイムの支持者たちは、もはやロイアル・ソサエティの紳士連でも、ヴォルテールの才に魅せられた啓蒙派の貴婦人でもなく、もう少しガサツで品の悪い、軍規律と技術屋の手腕とを持った、テクノクラート、ということになる。

ニュートン・パラダイムの技術への侵入のはしりとして、フランスの砲術学校教師B. F. ベリドール(1697—1761)の書いた技術のマニュアルがあげられる。そこでメカニクス(機械技術)と数学は結びついたと評価されるが、まだそこまではゆかず、せいぜい技術的問題を数学で解くアカデミックな学問の中に持ちこんだくらいで、数学を技術に応用する所までは行っていなかった。この数学・力学と技術を結びつけて、近代工学を作り上げた場所が、エコール・ポリテクニクである。

#### 近代工学への離陸——ポリテクニクのカリキュラム

では近代工学とは何か、伝統的な技術とどこが違うか。その間に一線を劃するものとして、

伝統的技術は実地の習得を主としたのに対し、工学では学生は「理論から勉強をはじめる」ことにある。それまでは数学や科学理論は現場の技術に対して補助的な役割しかしなかったのが、前者が後者の基礎として、しっかり位置づけられることになったのである。まず以下に、エコール・ポリテクニク創設時(1794年)のカリキュラムを掲げる\*。

#### ○解析学

第1学年：一般原理とその三次元幾何学への応用

第2学年：固体・流体力学への応用

第3学年：機械の効果の計算への応用

#### ○画法幾何学

##### 1. 第1学年：切体学

投影法とその諸応用

a. 放物体の軌跡(投石線)への応用

b. 工作と木版術の線引きへの応用

c. 物体の影への応用

d. 直線・空間投影への応用

e. 地図と測量計画への応用

f. 簡単な機械と主要複合機械への応用

##### 2. 第2学年：建築術

a. 通路建設と堤防、橋梁、運河、港湾の維持保修

b. 抗道の工事管理

c. 特殊、固有建造物の建設・配置・装飾

d. 公共祭典の配列(装飾芸術)

##### 3. 第3学年：要塞建造術

a. 要塞の通路、遮蔽、建設

b. 戦場における抗道、対抗道の掘作術

c. 要地の攻防

d. 前線全地域にわたる要塞化された種々の基地の統一と相互連絡の知識。

(注、学生は各年要塞基地に送られて二班に配属され、それぞれ攻撃側、防禦側を担当し、両班は交替する。実習に予定された期間は2カ月で、第3学年の14カ月のうちのはじめの12カ月は完全に既定の学業で占められるものと

\* Jean-Pierre Callot: Histoire de L'École Polytechnique (1959), p.p.335-336.

する。)

#### ○一般物理学

物体の一般的性質——固体、液体、弾性流体の性質、熱、光、電気、磁気のような自然物体に影響するものの性質。——大気の性質——一般化学。

同じコースが3年ごとにくりかえされる。

各旬\*の第5日の朝に行なわれる講義ほどの学問とも関係なく、決められた期間もない。だから、各学課目の時間表の中には物理学は考慮されていない。

#### ○化学

第1学年、塩

第2学年、動植物の有機物質

第3学年、鉱物

#### ○形のデッサン

#### ○形と風景のデッサン

各学課目に割り当てられる時間の配分表

純粹、応用解析学 — 8パーセント

画法幾何学 ———— 50パーセント

化学 ———— 25パーセント

デッサン ———— 17パーセント

1794年のエコールは、モンジュのエコールであって、画法幾何学が非常に大きな比率を占め、主要学課目であった。

そのコースは毎年詰まっていた、学生は三年の研修期間を通じて休暇を与えられることはなかった。

このようなカリキュラムを組むことは、ケンブリッジのようなチューター制による教育では考えられないことであった。エコール・ポリテクニクには、アンシャン・レジームにさかのぼる軍事技術者養成のための橋梁提防学校や工兵学校の前身がある。しかし、エコール・ポリテクニクで意図されたものは、それら技術の基礎として近代科学を置くことであった。その基礎というのは必ずしも厳密にニュートニズムそのものではない。ここで云うニュートニズムとは、数理的力学をパラダイムとする通常科学化のプログラムであって、サブパラダイムとして大陸派の解析学があり、さらにそれにつけ加

わるにモンジュの画法幾何学があった。そしてこのエコール・ポリテクニクで、画法幾何学（製図）と近代科学（主として力学）を基礎とする近代工学が成立したのである。

ここで近代科学は実学と連続する。

そのうち解析学の方はラグランジュからコーシーに向かう、よりアカデミックな発展をとげ、ニュートン・パラダイムの嫡子と見なされよう。それに対し、モンジュからボンズレに向かう画法幾何学、射影幾何学の方は、技術に密着して、近代工学の支柱を形成する、前者の解析的方法は、何でも数学に還元し、科学を数学の問題として解き、エレガントな解法を見つけようとする志向を持つに対し、後者は視覚化された数学を工学的課題を解く道具と考える方向へ進む。

画法幾何学というのは、今日工科系学生が予科の段階で必須課目として受ける図学、製図と考えるとさしつかえないが、上掲のカリキュラム表からあきらかなように、モンジュの概念ではその応用一切、つまり当時の工学の範囲をふくむものである。製図を以て工学のパラダイムとするには、余りに卑小にすぎるように見えようが、それは技術の計量化という近代工学への転換・離陸に最も基本的な役割をしたのである。

近代工学は単位系の確立と、機械をモデルとして、要素的部分に分解して測定し、それら要素を組み合わせて応用に及ぼす、という方法的特徴を持つディシプリンである。科学的合理性をとことんまで追求したフランス革命の精神は、またメートル法や十進法暦法・時法を生み出したことを想起されたい。この単位系の確立と画法幾何学による機械の諸部分の互換性の確立、それは産業革命後の一般材の工場制大量生産様式への要求よりも以前に、軍の精密兵器、その大量生産への要求に迫られたものであり、フランス革命中の軍事的要請にまさに答えるものであったのである。ここにおいて職人のカンが科学に転化する。

初・中等レベルでもテルミドールの天下になってから、エコール・サントラルが各地に設けられて、革命的な教育改革案が実行に移されたが、そこでは数学・自然科学その他のどの課目

\* フランス革命暦では週を廃して、十日からなる旬を採用した。

にもまして、製図に人気が集まった。職人たちの子弟は、すぐに役立つ課目を欲したのである。モンジュは歴史的な『画法幾何学』を1795年に出版したが、それはこのような技術教育への要請に答えるものであった。この著述はそれまで当局から公刊を禁じられ、軍の機密に指定されていたものである。軍や職人のギルドの中で秘传的に保護・保存されていた技術が公にされる、こゝに伝統的職人芸から近代工学への脱皮、伝統的技術者から近代科学者・工学者への感覚の飛躍が認められる。

モンジュの系統にはボンズレ、コリオリらを生んで、造兵、機械、建築の問題に応用できる実用数学の一派をつくり、それを機械技術的力学と結びつけて、近代工学建設のリーダーとなった。ボンズレの書いた教科書は、ドイツのテクニッシェ・ホホシューレで行なわれる教科書のモデルとなり、さらに世界の工学教育に影響した。この近代工学建設の流れはイギリスではグラスゴウのランキンに入り、その弟子ヘンリー・ダイラーが明治の日本で工学寮、工部大学校をつくることになる。明治初年に日本で使われたランキンの機械技術の教科書(A Manual of Machine and Millwork, 1869)の構成を見ると、

1. 機械の幾何学
2. 機械の動力学
3. 機械の材質、強度、製造

となっている。つまりはじめに幾何学(モンジュ流の画法幾何学)を配し、その上に工学的応用に入る。工学独自のパラダイムとして、ニュートン力学以外に、モンジュ流の製図が基礎に据えられているのである。

革命前の化学や(力学を除く)一般物理学は、まだニュートンの『プリンキピア』に相当するようなパラダイムは成立しておらず、叙事的科学に近い状態であった。たゞ軍事・産業的応用は科学アカデミーでも取り上げられたし、火薬の必要など革命時にも焦眉の急の問題であった。

化学革命といわれ、化学のパラダイムにあたる著作、ラヴォアジエの『化学要論』が出たのがフランス革命勃発の1789年である。エコール

・ポリテクニクで化学にたずさわった人材もラヴォアジエのいきのかゝった人たちである。彼らは、薬剤師の息子のフルクロアや医学からきたベルテロなど、その経歴はモンジュ一派のように軍部との関係はない。ラヴォアジエは化学に重量を測るという方法を持ちこんだが、その後エコール・ポリテクニクで化学は精密測定をむねとし、定量的になる。ニュートン・パラダイムがポリテクニクで技術と連絡して工学となったが、化学は必ずしもニュートニズムの中におさまるものではない。ニュートンからは個性のない粒子とその運動で化学現象をも説明しようというプログラム、つまり化学の物理への還元主義の一派が出たが、ラヴォアジエからドールトンに至る道は元素、原子に個性と種類があることを認めた上で、化学現象の多様性を説明する、いわば化学をニュートニアンから独立させ、ラヴォアジエは独立したパラダイムとなる。

それに、化学はエンジニアの伝統には含まれない。むしろ薬剤師プロフェッションから出たものである。製図も必要としない。

ポリテクニクでは学生実験も行なわれ、ゲイ・リュサックに学んだリービヒがギーセンで学生実験室を始めて、そこから世界中に学生化学実験室が拡まったから、学生実験の濫觴という評価もできようが、フランス革命中には資材も不足で、充分実験は行なわれず、ポリテクニクの化学は理論重視であった。やはりリービヒのギーセンを中心とするという従来の評価でよい。従ってポリテクニクは、数学、力学への志向が主で、ニュートンのプログラムを教育レベルのカリキュラムにしたことにハイライトがある。

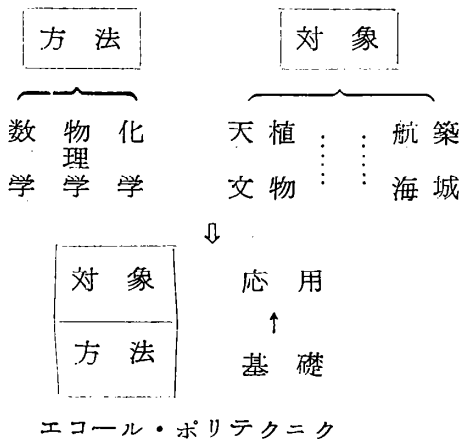
### 科学技術の構造的配置

校誌『ジュルナル・ド・レコール・ポリテクニク』の初号を見ると、その数学、力学カリキュラムをモデルとして、各課目の授業計画が、分析表(Tableau analytique)の上に立って詳述され、その課目の内容の組織、関連課目の間での分類、位置づけが試みられている。そこには、かつての技術諸課目の単なる経験的羅列

ではなく、構造を持った学問体系に組織しようとする意図が、明確に読みとれる。

こゝに特徴的に見られることは、解析学、画法幾何学、物理学、化学という近代の科学研究の方法を基礎とし、その方法をマスターした上で各特殊な対象（機械とか造兵とか建築とか築城とか）に向かうという構造的性、学問の階層性の認識である。従来の学問や技術は、天文学とか植物学か、また造船術とか土木術とか、対象によって分類されるものであった。それに対し近代科学は新しい方法、アプローチを持ってあらわれ、その方法はあらゆる対象に侵入して行く。従って対象分類による学問と方法分類による学問は教育カリキュラムの上で並列的に置かれるべきものではない。

19世紀には方法による学問が大学の中に侵入して来るが、実際には大学の学部学科構成の上では、古い対象学問のプロフェッションと新興の方法学問のプロフェッションの勢力均衡を反映して、数学、物理学、化学などの新興学問と天文学、植物学のような古い学問とが、無原則的、妥協的關係を以て並列する。ところがエコール・ポリテクニクでは方法を先に身につけ、後に対象に応用するという教育方針が見事に貫徹されて、縦の關係に階層的に配列される。



古来、プラトンのカリキュラムにしても、中世大学の教養七科と神法医の高級学部との關係にしても、習学の階梯の意義は認識されていたが、技術の基礎に科学を置くという認識とそれを教育プログラムの上で徹底させたのは、世界史の上でエコール・ポリテクニクが最初のこ

とであり、しかも漸進的な進化ではなく革命的に一挙に実現したのである。よく歴史上異った社会階層によって独立して担われ発展させられてきた技術と科学を結びつけたという評価をエコール・ポリテクニクに対して下されるが、単に並列的に結びつけたのではなく、基礎科学と応用技術という縦の構造を作ったことこそ評価さるべきである。そしてより正確には、科学と技術という伝統的な対置よりも、それらを一体化した上で方法的基礎と対象への応用の階層的配置が、ポリテクニクの志向した理念であった。（なお数学を自然科学から除外するのは英語のサイエンスの考え方であって、フランス語のシヤンスは数学を含めて、特に数理的な科学、精密科学をより品位の高い学問としている。これはカルテシヤンの伝統というべきかもしれないが、ラグランジュ、ルジャンドル、コーシーなどの関係したエコール・ポリテクニクの解析学の威信が作用していることは否めない。）

### 近代科学の教科書・パラダイム

初に提出された分析表とプランにもとづいて講義する。1800年からそれをまとめて教科書にすることになる。こうしてエコール・ポリテクニクからは歴史に残るようなすぐれた教科書が輩出した。ニュートン・パラダイムと云っても、ニュートンの『プリンピキア』は古風なユークリッド幾何学式の煩瑣な証明法が使われていて、読めるようなしろものではない。古典としての名だけは有名だが、歴史上も案外読まれず、大ていの人はいより整理された解説書に頼っていた。学生が習得するには、ラグランジュなどの著作の方がずっと明快で、学びやすい。現実に近代科学のパラダイムとして機能したのは、これら教科書的著作である。工学の面でも、旧軍・技術学校の教科書はもっと末組織的に経験的知識を並らべ、所々に理論的考察を附加する、というものであった。たとえば革命前の砲兵学校で使われたベンジャミン・ロビンスの『新原理』（1783）を見ると、いきなり第一章に火砲術薬の扱い方があり、弾道学的な理論は後の方に出てくる。まだ現場の必要のための実用マニュアルを十分抜けきっていないものである。ところがポリテクニクで使ったボンズレ『機械

に應用する力学講義』やコリオリ『剛体力学と機械効果の計算』などは、基礎から應用へと学生が最も効率的に習得できるように整備されている。これらの教科書を共通のパラダイムとして、近代科学者・工学者層が輩出するのである。

フランスの科学は19世紀の初頭、ナポレオン治下の頃にピークに達し、世界の中心となっている。さらにその中心はエコール・ポリテクニクにはかならない。ポリテクニク自体は革命期の所産であるが、教育機関に蒔かれた種子が穫り入れられるのはやゝおくれる。ナポレオン期は以下に見るように、必ずしもポリテクニクの科学者にとって幸福な時代ではないが、革命中の制度作りと混乱とを了えた後に科学的業績として外にあらわれたものがピークをなしたのである\*。

### ポリテクニクの軍への隷属

軍・技術学校の伝統を背負う旧型プロフェッションと、新しい方法を以てポリテクニクを中心となったモンジュはじめ新興科学者・工学者の新型プロフェッションは、絶えざる抗争関係にあった。たゞ幸なことに、縦の関係は維持され、並列関係の勢力争いで学生のカリキュラムの学習課程を混乱させることがなかったのは、せめてもの救いであつた。

モンジュたちは旧型の軍のヒエラルキーの中では傍系的寄生的な位置におかれた、いわばお傭い教師であつた。彼らは軍のヒエラルキーに忠誠を示すよりも、近代科学の価値基準に従う全く新しい職業的科學プロフェッションの先駆であり、思想的には富国強兵主義よりも共和制支持者であつた。彼らは軍から出て、独立した科学者としての身分を確立しようとしたのである。だから、当然軍の威光を背景にした旧型軍事技術者とあつれきを生じることになる。

ジャコバンの御破算によって、軍の学校も一時閉鎖され、その空白状態の中で、モンジュたちは同志を糾合し、旧軍学校などからすぐれた人材を引き抜いて、エコール・ポリテクニクの

教授団を組織した。その際は旧軍部からの抵抗はなかつた。

しかし、アンシャン・レジームの大学や王立科学アカデミーなどは完全に消滅させられたが、旧軍部はフランス革命の激変から被害を受けることが少なく、すでに1795年には復活した旧軍・技術学校の教師たちからは技術学校との関係を明らかにせよと抗議が出、10月には軍・技術学校を上級学校としてエコール・ポリテクニクは予備校と規定されている。コースも上級学校へ行くものはポリテクニクに二年在学、ポリテクニク止りの者は三年とされた。軍・技術学校側としては、ポリテクニクから専門応用的課目を取り上げ、自らの勢力の失地回復をはかろうとしたのである。そして実際に運輸技術は軍学校に取り上げられてしまった。

1797年には軍から学生にはみな軍の制服を着せよという圧力がかゝつた。それに対し、ラプラスは砲兵学校側に立つたが、モンジュ一派は軍の圧力には抵抗、ないしは無視した。ポリテクニクの教授団の中からは應用専門学校の圧力から独立して科学のための科学をとという声も上っている。学生も三年間ポリテクニクですごしてから、上級専門コースへ進むのが通例であつた。フルシイの『エコール・ポリテクニク史』A, Fourcy: Histoire de l'École polytechnique (Paris 1828)の附録の統計によると、初期の卒業生中の $\frac{1}{3}$ は、工兵学校、砲兵学校、橋梁堤防学校の上級専門学校へ、 $\frac{1}{3}$ はその他の色々の学校へ残り $\frac{1}{3}$ は上級学校へ行かず、民間に入ったり、教師になったりしている。高度の科学技術教育を施した卒業生を軍に供給するだけでなく、一般教師や産業家養成を行なおうというモンジュたちの共和主義の理念は、初はまだ保たれていた。

しかし、総裁政府が軍への依存度を大きくするなかで軍の圧力は強まる一方で、ついに1799年ナポレオンが執政になってからは、完全に軍に従属してポリテクニクの共和主義は衰退した。学生はナポレオンが訪れた時にラ・マルセエーズを歌って抵抗の氣勢を上げた\*とつたえられるが、もちろん抗すべくもない。

之\* ポリテクニシアンの業績については、小倉金助『数学史研究』第二輯（岩波、1948）附録参照

\* P. Tuffran: L'École Polytechnique à travers l'Histoire (1925)

カリキュラムの上では、軍事色を反映したかという点むしろ逆であった。上掲の当初のカリキュラムでは $\frac{1}{3}$ が科学、 $\frac{2}{3}$ が技術になっていたが、技術はどしどし上級学校に取り上げられ、1800年のカリキュラムでは技術科目は10パーセントにも満たず、科学と技術は再び分離して、ポリテクニクは専門学校への予備校として科学に専心することになる。ナポレオン治下では、かつてアンシャン・レジームの遺物として追放された文法や文学、さらに兵学も復活してきている。

ナポレオンは前代未聞のスケールで科学を保護したといわれるが、彼は国家の科学として、国家への従属を要求する。エコール・ポリテクニクももちろん例外でなく、それどころか最も国家により期待され、そしてそれだけ圧力も強へ受け、ナポレオン体制にはまりこんでいった。

1804年にはポリテクニクは軍の系列下に入れられて再編成され、学生は軍服を着せられて営舎に住む。それまでは学生は下宿から朝8時までに登校して、午後5時迄9時間の課業があったが、令後は朝5時起床、午後2時までに8時間の課業をこなし、さらに夕方まで3時間の課業を課される、という全く軍隊式の詰めこみ教育になった。また、象牙の塔主義とは対照的な率先実行主義という軍隊的気質も身につけることになる。これは、ドイツの大学における習学の自由とはおよそ似もつかない学習方式である。近代工学はたしかに易より難へ、基礎をガッチリかためた上でないと応用に移れないという階層的カリキュラムを持ち、学生の側の選択の自由を容れる余地は少ないが、その詰めこみ教育、軍隊式トレーニングはそもそもエコール・ポリテクニクにおけるその発生条件に拠るところがあるのかもしれない。しかし体制に従属させられては、いかに自然科学、工学といえども自由な創造的ふんいきは枯れることになる。創立者ガスパー・モンジュは晩年「もうエコール・ポリテクニクは死んだ」と嘆いていたという。

## エリート主義

ポリテクニクの特徴の一つにエリート主義がある。その創立時は、革命によるアンシャン・レジームの御破算の頃だから、エリート・コースというものも全く混乱して、決っていなかった。そこにエコール・ポリテクニクが出来て、階層の如何を問わず16才から20才位までの秀才を集め、厳密な入学試験を行なって選抜する。(試験は面接で口頭によるもので、数学の入試などは黒板を作って行なわれた。)\*そして革命時の経済危機の中でわずかながら貧乏な学生には給費も行なった。そこで当然のこととして全国から秀才がポリテクニク目指して蟄集することになる。すぐれた質の学生が逆にエコール・ポリテクニクの威信を高め、ひいては近代工学の品位、社会的評価を高めることになる。これらの効果が相乗して、ポリテクニクはエリートの生産場となる。

ナポレオン執政の1799年になって更に学生は砲兵下士官の給与を受け、特にすぐれた学生は補助教員となって更に給与を追加される。一方成績の悪い者は軍に徴用される。

1805年からはかえって住居費・食費を取ったため貧乏人の子弟は入れなくなり、さらに王政復古になった1816年には学費がずっと高くなって貴族や金持の子弟のためのものとなったが、そのエリート主義は今に至るまで維持されている。彼らは他人に使われてはじめて腕がふるえるという伝統的な技術者の地位から脱して、自らが社会を作るという矜持を持つに至る。

## 科学技術至上主義の先兵

かくして、ニュートン・パラダイムはフランスに入って啓蒙主義の色を帯び、フランス革命中にエコール・ポリテクニクに入って技術の基礎となって近代工学を組織し、軍隊化式の実践行動主義と、詰めこみ教育のディシプリンになった。ポリテクニクの社会の指導者作りというエリート主義のふんいきの中で、人文的教養科目を排除また劣等視し、数学・物理学・化学およびその応用だけを教えるという教育を、思想

\* M. Crosland; The Society of Arcueil  
(1967) P.178



形成期に受けると、そこからどういう種類の人間が生まれてくるだろうか？

ハイエクの指摘する所では\*、エコール・ポリテクニクの出身者たちは、社会を自然科学や工学の方法で取り扱おうという性癖を持ち、橋や道路を作るのと同じように、社会も人間も改造できる、すべての政治的・社会的問題に他の誰よりも我々は満足な解答を与えられる、という科学技術至上主義にもとづいた傲慢な自信を持った人間を作り出した、という。

彼らはやがて来たる産業革命の中で、手労働を重視した初期のジャコバン哲学から離れ、テ

クノクラート・エリートとなった。そこでは、計画化された合理性が追求され、その反面、とかく人間の疎外感、解放感というような計量化しにくいものが欠落してゆく。

ユートピア社会主義者とエンゲルスが呼んだサン・シモンの支持者には、ポリテクニシアンが多かった。科学技術によってユートピアが作れるというのが彼らの信条である。一方科学は無価値の体系であり技術は実践の道具である。ところが彼らの思想の中では、科学技術そのものが価値を生む、という逆転が行なわれ、科学技術至上主義の尖兵となった。

---

\* F.A.Hyck: The Counter-Revolution of Science

## The Impact of Modern Science upon Universities— No. 2—

## Ecole Polytechnique and the formulation of modern engineering science

Shigeru Nakayama\*

This is an attempt to explore how the Newtonian paradigm was imbedded in the curricula of a brand new educational institution, the Ecole Polytechnique.

At the Ecole, various curricula of traditional technology, military as well as civil, were rearranged on the basis of unitary mathematico-mechanical principles, in such a way that students were initiated into theoretical foundations before engaging in practical work, rather than traditional training through experience as practiced in military and technology schools, with theoretical concerns remaining subsidiary.

While the Lagrange-Cauchy school of analysis was, in an academic sense, the direct heir of the Newtonian program, the Monge-Poncelet line of development created the modern science of engineering, in which engineering drawing played a paradigmatic role. Thus, in the early textbooks of mechanical engineering, the following style was adopted; "geometry of machines" (engineering drawing) in the fashion of Monge's descriptive geometry was first to be mastered; then students proceed to the "dynamics of machines", namely Newtonian mechanics; and finally mechanical principles were applied to the practical problems of "materials, strength and the fabrication of machines."

Chemistry and general physics were still not so closely incorporated into the scheme of engineering science, but what is significant in the Ecole's curricula was not merely the combination between science

and technology in a horizontal way, but the hierarchical arrangement in which method-oriented and thus research-conscious new disciplines, like mathematical mechanics, physics and chemistry, were placed at the base of object-oriented and practice-concerned old disciplines such as artillery, civil engineering, architecture and so on. Although newly rising research-professions at the Ecole aroused the resistance of old practice-professions as represented by the Artillery School, this hierarchical structure between basic and applied has been firmly maintained.

The nineteenth century of the professionalization, specialization, and institutionalization of science and technology. When the rising sciences broke into the university, they spurred a reorganization of the existing curriculum and organization of academic departments. Apparently, however, the conventional faculty-department composition, as well as the division of scientific communities, is not an ideal philosophical scheme but an unesthetic mixture of object-oriented old learning and new method-oriented sciences, the product of a compromise between various professional forces, old and new, with their compartmentalized inbreeding mechanisms. In this regard, the Ecole's rational scheme is noteworthy as a historical monument and meaningful in the light of the contemporary scene.

---

\*University of Tokyo