

化学技術論序説 (2)

飯 島 孝

1. はしがき
2. 化学技術とは……
3. 化学技術と化学工程
 - (1) 技術と労働過程
 - (2) 労働過程と化学工程
 - (3) 化学技術と化学工程
 - (3-1) 化学工程の自然過程
 - (3-2) 化学工程の技術過程
4. 化学労働
5. 化学装置
 - (1) 化学装置の特徴と発展
 - (2) 化学装置をめぐる諸説 …… (以上前号)
6. 化学原料と化学製品
 - (1) 化学工業, 化学技術と製品
 - (2) 労働対象としての原料
 - (3) 原料・ユーティリティ
 - (4) 化学製品・廃棄物
 - (5) 原料・製品とコンビナート
7. 化学工程による化学技術の時代区分 …… (以上本号)
8. コンビナートの化学技術
(コンビナートの生産力構造の形成・変貌)

6. 化学原料と化学製品

(1) 化学工業、化学技術と製品

化学工業、あるいは化学技術では、石油化学、石炭化学、油脂化学、ソーダ工業というように、原料をもって、工業や技術の特色、分類を示すことが多い。これは原料によって、できる製品の性質も、化学工程も特色づけられることを意味している。石油化学を例にとるまでもなく、原料転換は化学工程と技術を変換させ、画期になる。他の工業や技術に比較して、化学工業、化学技術において、原料、すなわち労働対象を重視するゆえんでもある¹⁾。

化学技術は、目的の化学製品の生産、あるいは化学処理をするため、装置によって原料を化学変化させる技術である。そのため、原料や製品の物質構造・性質、そして化学変化の知識を欠くわけにはいかない。化学は、物質の科学として、これに基礎を与える。前述した近代の化学工程、装置、化学労働は、化学の知識がなくては、成り立たない。

化学の発達は、分子・原子・電子の概念を確立し、化学変化や化合物の仕組みを次第に明らかにしてきた。前述したように、分子内の電子の動き、原子価電子の挙動から、化学結合や化学変化の仕組みを解明する量子化学の発達は、物質の構造、化学反応の法則性を知ることが可能にした。また、熱力学は化学変化の平衡と速さが温度・圧力・濃度、自由エネルギー、活性化エネルギーなどの関数であることもわかる。化学反応において重要な役割を果たす触媒の作用は量子化学、熱力学から明らかにされてきた。物質移動操作や熱移動操作において、さきに述べた気相・液相・固相の状態変化の平衡や速さも同じく熱力学的関数から解明された。さらに、化学工学の発達は、不十分ながらも、化学工程、装置などの設計を可能にしたことは、すでに述べた。

化学技術と化学工程の画期は新しい原料による新しい製品をつくりだすこ

とであり、これはとりもなおさず、新しい化学反応操作を見つけることでもある。

(2) 労働対象としての原料

労働対象について、マルクスはつぎのように述べる。

第一に、「労働過程において、人間の労働は、あらかじめ企図された労働対象の変化を、労働手段によって生ぜしめる。労働過程は生産物となって消失する。その生産物は一つの使用価値であり、形態変化によって、人間の欲望に適合するものとされた自然素材である。労働はその対象と結合した。労働は対象化され、対象は加工される。労働者の側に不安定の形態において現れたものが、いまや安定的の性質として、存在の形態において、生産物の側に現れる。」²⁾

第二に、原料と補助材料について、マルクスはさらにこう述べる。鉱山などから採取された原料は、「すでに労働によって濾過された労働対象であり、みずからすでに労働生産物である対象を、取り扱う。」そして、原料は、「生産物の主要実体をなすこともあり、あるいは単に補助材料として、その形成に立ち入ることもありうる。」補助材料の例として、マルクスは蒸気機関の石炭や機械の潤滑油、漂白の塩素、羊毛の染色のための染料をあげる。続いて、マルクスは「主要材料と補助材料との区別は、本来の化学工業にあっては曖昧になる。充用された諸原料が、いずれも生産物の実体としては再現されないからである。」³⁾

第三に、マルクスは労働手段と労働対象との関係、また、中間製品についても、労働過程によってとらえる。「同じ労働過程において、労働手段および原料として用いられることもありうる。」とマルクスは述べて、家畜の飼育は、肉の加工では原料であるが、これは糞尿肥料の手段であると、これを例にあげる。化学工程を例にすると、燐の製造は、燐鉱石に硫酸を加えるが、硫酸は燐を製造する手段であると同時に、副生する石膏にたいして、硫

酸は原料である。

マルクスは、葡萄酒の葡萄、綿花などを例にあげながら、原料、半製品、中間製品について述べる。そして「最初の原料は、それ自身すでに生産物であるにかかわらず、ちがった各過程の全段階を通過せねばならないことがあり、そこでは、それを完成生活手段、または完成労働手段として押し出す最後の労働過程にいたるまで、つねに変化した姿をもって、たえず新たに原料として機能するのである。要するに、ある使用価値が原料として現れるか、労働手段として現れるか、それとも生産物として現れるかは、全く労働過程におけるその機能に、労働過程においてそれが占める位置によるのであって、この位置の転換とともに、かの諸規定も変わるのである。」⁴⁾

第四に、廃棄物、屑の原料化、つまり、これの利用についても、マルクスはふれる。「資本主義的生産様式の発達とともに、生産上の廃物利用が拡張される。……化学工業にあっては、生産規模が小さいばあいには、失われてしまうような副産物である。」(マルクスは、ここで消費上の廃物、浪費によるテムズ河の汚濁にもふれる。)とマルクスは述べ、これの再利用の条件を、つぎのようにあげる。それは原料の騰貴による刺激、大規模生産によって生じた廃物の多量性、屑の属性の有用性を発見する科学の進歩、とくに化学の進歩である。マルクスは「屑の使用のもっとも適切な実例を与えるものは、化学工業である。化学工業は、それ自身の屑の新たな用途を見出すことによって、これを使用するのみでなく、他の種々の産業の屑をも使用するもので、たとえば、以前はほとんど役に立たなかったコールタールを、アリニン染料、茜(アリザリン)に転化し、また近頃は薬品にも転化している。」と述べる。この屑の利用は、不変資本充用における節約を目的にしているとマルクスは指摘する⁵⁾。

第五は、対象化された労働である原料、装置は、生産手段として新たな労働過程に入り、新たな使用価値の新たな生産物の形成要素として消耗する。マルクスは生産物の個人消費(「個人の活動しつつある労働力の生活手段と

して消耗する)」と生産的消費（「生産物の生産手段として生産物を消耗する）」とに生産物を分ける⁶⁾。

化学製品が、中間製品として原料になり、最終的には個人に消費される過程とその使用価値の違いを小論では考察したい。

(3) 原料・ユーティリティ

以下に、化学工業の原料の特徴をいくつかあげよう。

第一に、原料の根元になる物質は、鉱物や天然有機物（植物・動物）であり、これが採取され、マルクスのいう「労働によって濾過された労働対象」である原料になる。

第二は、化学工業の原料は、基礎原料物質を反応させ、できた反応物をさらに反応させる、つまり、限られた少数の基礎原料物質を幹に芽づる式に、多数の誘導品、連産品をつくるのが一般的である。基礎原料物質は、炭素、水素、窒素、塩素などを含む化合物であり、通常、これを単純な分子に分解してから、目的の化合物に合成・誘導する。ナフサを分解してエチレンや水素にしたり、食塩を分解して塩素とソーダにして、塩化ビニルなどを合成するのも、その例である。

原料は一定の性状、目的成分や基礎原料物質を高濃度に含有すること、輸送・貯蔵の状態が安定で、しかも取扱いが容易であること、またこれが反応性に富む物質に変えられることが望まれる。

石油が化学工業の原料になる利点は、大量に取得できる炭化水素化合物であり、これからエチレンのような反応性に富む物質が得られること、しかも、石油は原料物質とエネルギーに相互に変換できる。また、石油は、同じ炭化水素化合物である石炭、天然ガスに比べ、液体であるため、輸送・貯蔵の取扱いが容易である。

石油を原料物質として、天然物代替品が合成される理由の一つは、天然ゴム、魚油、大豆油、除虫菊など農水産物が、天候に左右され、集荷・貯蔵が

困難なことにもよる。

第三に、原料は、また一次エネルギー——水力発電、石炭、石油などの余剰エネルギーと密接に関連している。

アンモニア合成の水素源を例にとると、水力発電の余剰電力による電解水素、石炭ガスの副産コークス、コークス炉ガス、粉炭、重油、天然ガス、ナフサと変遷する⁷⁾。

塩化ビニルのモノマー原料を例にとると、反応性に富むアセチレン、あるいはエチレンを使用するが、これも余剰エネルギーと関連している。最初は、水力発電の余剰電力によるカーバイドからのアセチレン、つぎに、ナフサの熱分解によるアセチレン、さらに、余剰ナフサによるエチレンと変遷した⁸⁾。

第四は、化学工業の原料は、中間製品、あるいは副生物が原料になる。副生物の利用、マルクスが指摘した「不変資本充用における節約」、すなわち屑の利用である。これについては後述する。

化学工業の生産には、製品に転化する主原料の他、副原料、ユーティリティが必要とされる。

副原料には、つぎのものがある。① 製品に転化する物質である添加剤（老化防止剤、乳化剤、顔料、水など）がある。② 製品に転化しないが、反応操作や諸操作の促進・制御、装置の円滑な運転・保守のための物質がある。それは、不純物の除去・精製のための物質（溶剤、洗浄水、脱硫剤、活性炭など）、反応の促進・制御のための物質（触媒、溶剤、乳化剤、電極水銀など）、熱交換器、重合槽のスケール防止剤があげられる。

ユーティリティは、反応操作などの諸操作を進行・制御するためのエネルギー（燃料——熱、電気）、媒体（冷却水、熱媒体、スチーム）、シール用窒素、潤滑油などである。

先にあげたマルクスの記述によると、副原料、ユーティリティは補助材料であり、労働手段ともみられるのである。小論では、触媒、電極水銀は、前

述したように労働手段として考察した。しかし、生産現場の慣わしでは、これらは副原料、あるいはユーティリティとして扱われる。

副原料やユーティリティは、製品に転化しないで、廃水、廃ガス、廃物になる場合が多い。しかも、これは有用物として回収されず、水俣病の水銀触媒のように廃棄されるので、公害の原因になる。

製品当りの原料、ユーティリティの消費量は、原料原単位、ユーティリティ原単位と呼ばれている。これによって技術の優劣が比較されるが、さらに、製品当りの汚染物の排出量は廃棄物原単位として、これもまた技術の優劣の対象になろう。

(4) 化学製品・廃棄物

化学製品は、多様・多種類の使用価値の求めに応じ、多様・多種類である。差異のある商品が求められるようになり、これに応じて少量多品種の製品をつくる生産システムがとられるようになった。しかし、少量多品種の製品を個別につくるのではなく、いずれにも対応できる素材をつくり、これに柔軟に対応する生産システムがとられる。たとえば、ポリエチレンの分子構造は、従来、それぞれの製造法によって異なり、製品の密度・剛性も違い、それぞれ特性のある製品が加工されていた。この従来法にたいし、三井石油化学工業のスーパーポリエチレンのように、一つの製造法で、広い用途に対処できるようになった。

繰り返すまでもなく、多様・多種類の化学製品は、多様な反応操作でつくられるのである。

化学製品は、つぎのような特色もっている。

第一は、需用先が化学工業の原料、すなわち中間製品である。前述したように、基礎原料物質を幹に芽づる式に誘導される製品が原料になってつぎの製品が誘導される。中間製品は、主製品の副生物、あるいは連産品であり、誘導品としての化学的特性が重視される。例をあげると、ナフサの熱分解に

よって生産されたエチレンは、副生物のプロピレンを連産する。エチレンの連産品プロピレンの利用先が開発されていないときは、これは燃料としての価値しかなく、利用先のあるエチレンの特率が重視された。

第二は、素材としての需用である。素材は、繊維、ゴム、プラスチック、溶剤、ガラス、半導体などであり、さらに機械的な、化学的な加工がされる。

これらの製品には、機械的性質（強度、弾性、塑性、粘性など）とともに、繊維にみられるような風合い、光沢、色調などの機能も要求される。他にも電気・電子の素材には電気的性質、医療品の素材には生物的機能が求められる。これら素材に機能性の付与・強化の役割を果たすのが顔料、塗料、染料がある。

化学製品としての素材は、これが最終製品になるまでに、機械的な加工段階を幾つか経る。そのため形状・寸法・精度・連続操作性などの加工の容易さが求められる。たとえばプラスチック成型加工からのレオロジーの性質は、それ以前の重合工程の分子量の制御、つまり重合反応の改良を促す。

化学製品としての素材は、プラスチック、ゴムなど例にあげるまでもなく、天然物代替品として発明され、より以上の機能によって、多量に安価につくられ、大衆消費財として消費される。

基礎原料物質から、長い経路を経てたどり着く大衆消費財は、人間の欲望の到達点であり、出発点でもある。この化学工程は、まさに現代技術体系を表現している。

第三は、化学的性質がそのまま利用される最終製品、いわゆる化学製品である。それは、肥料、薬剤、火薬、石鹼、食品などである。生産財、消費財の違いはあっても、これらの物質の化学的性質、すなわち動植物への生理・薬理作用、あるいは洗浄作用、爆発性が利用される。

第四は、燃料である。それは都市ガス、ガソリンなどであり、その成分、組成よりは、熱量、燃焼面における性質が重視される。

第五は、廃棄物であり、化学製品と併産する。廃棄物は、原料中の不純

物、化学反応の副生物、不良品である。廃棄物は回収され、原料になる場合もあるが、一般に希薄であったり、分離し難い混合物であるため廃棄され、汚染源になる⁹⁾。

大衆消費財として、使い捨てにつくられたプラスチックは、消費過程でゴミになる。

(5) 原料・製品とコンビナート

コンビナートについて原料・製品の面から述べる。コンビナートの他の多くの面の特徴については、稿を改めて述べたい。

コンビナートは、「工業の巨大な発達とますます大規模な企業への生産の集中の驚くほど急速な過程とは、資本主義のもっとも特徴的な特質の一つである。」とレーニンは述べ、さらに「最高の発展段階に達した資本主義のきわめて重要な特質は、いわゆるコンビネーション、すなわち、さまざまな部門が一個の企業に結合することである。」¹⁰⁾

レーニンの視点にもとづき、ブリューミンは「コンビナート化は三つの形態において発現される、即ち (イ) 基本的原料の連続的加工に基づくコンビナート化、(ロ) 屑もの利用に基づくコンビナート化、(ハ) 材料の総合利用に基づくコンビナート化、である」と述べる¹¹⁾。

レーニンの指摘をまつまでもなく、コンビナートは、化学工場の生産の集中・集積による利益、原料・ユーティリティ・製品の相互依存と利用、後述する総合化学工程にもとづく化学技術と資本の集積・集中による総合化学企業の成立の結果である。

原料・製品の面からコンビナート化の理由と特色をいくつか拾う。

第一に、原料とその誘導品、副生物、あるいは屑、ユーティリティの総合利用による集積の利益があげられる。

① 誘導品の芋づる式多角化によって、化学工程は多系列化、連続化し、ネットワーク化する。とくに、石油化学の場合は、その特色が著しい。装置

は、パイプで結合、計装化して、統合・集積する。

② 生産規模の拡大によって、少量の副生物、屑も集積して利用可能な経済規模になる。

③ 多系列化した化学工程の余剰廃熱の利用、相互の熱交換も集積の利益である。とくに、石油化学の場合は、副生物が装置を稼働させる燃料——熱エネルギーに使われるか、あるいは、この燃料の価値以上に副生物を利用するシステムがとられていることも、集積の利益である。

④ ユーティリティ（発電、給水など）、輸送設備（港湾設備など）の共同利用の利益である。

第二は、基礎原料による誘導品の下流化学工程の多系列化、ネットワーク化である。

多数の化学製品は、少数の基礎原料物質から合成・誘導されるので上流の基礎原料が安価に製造されると、下流の誘導品も当然安価になる。基礎原料の生産規模の拡大による誘導品・副生物利用の多角化は、また上流、下流を含めコンビナート全体の原料・製品を安価にする。石油化学のエチレンと副生物は、連産品なので副生物のバランスをとること、すなわちこれの有効利用が重視される。

基礎原料部門を生産する企業による基礎原料と誘導品のネットワーク化は、誘導品部門を生産する企業を系列化して、資本の集中と市場の寡占化をすすめる。渡辺徳二は化学工業の再生産構造を、基礎原料部門と中間製品部門、最終製品部門にわけて分析し、基礎原料部門の掌握が一握りの資本系列による支配体制になると述べる¹²⁾。

第三は、コンビナートは、基礎原料の生産から最終製品の消費と需用の創出までも組み込んだ一貫した技術体系である。コンビナートの最終製品はプラスチックや合繊維などの大衆消費財である。これは目新しい機能などが求められ、そのための商品化技術、技術サービスに重点がおかれる。

第四は、原料、製品のバランスから、ネットワーク化された各化学工程の

欠落、操業停止ができない、限定された品種を安定に量産するシステムである。企業間の連携、労務管理などの体制もこれに従い、これに沿った会社特有の会社の心性が生まれる¹³⁾。

第五に、コンビナートは、巨大化し、ネットワーク化した量産のシステムである。巨大資本の集中、つまり工場・設備への投資が巨額であり、投資のリスクも大きい。そのため、市場からの要求への対処、技術改良への対応に柔軟性を欠いている。コンビナートにおける生産の柔軟性については稿を改める。

第六は、コンビナートの集積の不利益を指摘したい。コンビナートは多様な化学工程が集積しているため、そこから多様・多種類の副生物、漏洩物が生じて、汚染源になる。また、爆発性物質、毒物、引火性物質を多量に扱うため、これによる危険・災害のおそれがある¹⁴⁾。

〔註〕

- 1) 大谷省三は、技術が「労働手段の体系」であるという説に疑問を投げかけ、農業や化学工業では労働対象をも重視すべきと論述する。「化学工業を化学工業たらしめるものは、原料の化学処理の過程、すなわち種々の労働対象の化学変化の過程であるといわなければならない。」「労働手段は……労働対象が化学的に変化を与えられる過程の場所を与える……」「傾向的には、労働手段は、労働対象にたいして、従属的な役割……」と述べる。大谷省三『戦後初期論文集』農山漁村文化協会(1974)、207ページ
- 2) マルクス、前掲『資本論』第1巻、235ページ
- 3) 同上、236ページ。吉田文和は、「労働対象(材料)や化学的過程は、正確には労働手段の規定を受け付けず、生産手段として規定される」と、マルクスの『1861—1863年草稿』の労働材料を検討して述べる。吉田文和『マルクス機械論の形成』北海道大学図書刊行会(1987)、22ページ
- 4) 前掲『資本論』、237ページ
- 5) 『資本論』第3巻第1部、124、126ページ
- 6) 『資本論』第1巻、238、239ページ
- 7) 前掲、拙著『日本の化学技術』153—156ページ
- 8) 同上書、140、183、296ページ
- 9) 水俣病はこの例になる。拙稿、『化学史研究』17巻2・3・4号(1990)。吉田文

和は、工程からの廃棄物の排出を不変資本充用上の節約であると指摘する。吉田文和『環境と技術の経済学』青木書店（1980），114 ページ

10) 『レーニン全集』第 22 巻，大月書店（1957），225，227 ページ

11) イ・ブリューミン，松崎敬太郎訳『多角形企業論』叢文閣（1937），119 ページ

12) 渡辺徳二，前掲『化学工業』104—106 ページ

13) 会社の心性とは，一つの社会集団である会社内に共有する，ある種の心的態度である。それは会社の風土，会社への帰属意識にもなる。水俣病にみられるように，公害の隠蔽にもあらわれる。

14) コンビナートの公害については，内村瞭治『石油文明の技術と公害』技術と人間（1977），27 ページ

7. 化学工程による化学技術の時代区分

(1) 化学技術における生産的実践は，化学工程を通して実現される。小論において考察した化学工程を，つぎの 4 項目の契機に整理する。

① 目的の製品をつくるための，労働対象である原料とその製品。

② 労働主体が原料を目的の製品に変換させる反応操作を中心とした諸操作のシステム。

③ これを具現化する労働手段の装置。

④ 反応操作を把握し，装置によって原料を製品に変換させる化学労働の態様（労働の内容と労働力編成）。

(2) 以上の 4 項目を，わが国の化学工業の発展にあわせて，表にすると 1 表になる。

化学工程は，原料や規模，諸操作，装置によって，個々別々である。しかしながら，さきにあげた 4 項目によって，化学工程に共通する特徴や発展形態をわが国の化学工業の中で拾い出し，類型化し，一定の様式にして，これをもって時代を分ける指標にすると，6 種に分類でき，つぎのように名付ける。すなわち，化学工程の発展様式は，伝統的的化学工程，調合的的化学工程，重工的的化学工程，軽工的化学工程，初期総合化学工程，総合化学工程である。

類型化・様式化した化学工程の指標は、時代を分ける化学技術の画期である。たとえば、調合的化学工程である石鹼製造は、明治期に現出するが、それ以前には、わが国にはなかった。この時期に、調合的化学工程の他、重工的の化学工程である石灰窒素、鉛室法硫酸、ルブラン法ソーダの製造、軽工的の化学工程である医薬品、染料の製造も始まる。染料でも、インディゴ（藍）は、初期総合化学工程の段階に移らないと、装置においても、反応操作においても、技術の基盤がなく、これの合成ができなかった。

他に例をとると、アンモニア合成の技術は、1923年に導入される。その化学工程——初期総合化学工程は、触媒を使用した高温・高圧の反応操作システム、ガス製造・精製システムにおいても、高圧反応器、計器、バルブ、コンプレッサーにおいても、そして計器監視の化学労働においても、同じ硫酸を製造した石灰窒素からの重工的の化学工程に比して画期的であった。アンモニアの原料である水素は、石炭、電解水素によった。石炭、電解水素を軸に中間製品が誘導され、原料、製品の総合的利用が始まった。アンモニア合成の技術は、カーバイド—アセチレンからの酢酸の合成をはじめとする有機合成、石炭液化などの技術に影響を与え、これらが進展する。

アンモニア合成の技術は、1959年に総合化学工程である石油化学が始まると、原料においても、製品の利用においても、自動化された計器においても変容する。

化学工程の様式による時代区分の史実は、すでに、別稿において詳細に論述しているので、ここでは省略する¹⁾。

(3) 化学技術の発展の時代区分と、類型化・様式化した化学工程の4項目の関連を述べたい。

労働手段である装置は、1表の装置の項目において「容器と道具」、「容器と機械」、「化学機械」、さらに「化学プラント」と特徴をあげて時代区分を行った。

かような装置の進展は、労働主体が目的の製品を生産するために原料を化

1表 わが国における化学工程の

時代区分	化学工程の様式 時代区分の指標	化学反応操作と 諸操作のシステム	化学労働の態様 (労働力編成, 労働の内容)
1871年以前	伝統的化学工程 traditional chemical process	窯業のように高温の場合もあるが、反応操作は通常100°C以下、かつ常圧。操作は主観的な技能、秘伝を駆使。人力操業可能な規模。	水師、土器師、瓦師、杜氏等のように、職人の諸職に分化され、身体化された技能による熟練労働。
1871年 ～1922年	調合的化学工程 formulation chemical process	薬剤の調合、酸の中和反応のような単純な反応操作と攪拌、粉碎、乾燥、蒸発の操作を伴う。原料・製品は軽量、少量で、回分式生産。	作業には、強度の筋肉労働は不用、手先の器用さ等の技能労働が求められる。単純な反応操作を理解しうる技術労働を一部に必要。
	重工的化学工程 heavy chemical process	単純な反応操作と吸収、蒸留、加熱、冷却、熱交換、粉碎、移送等の物理的・機械的操作の組合せ、反応操作より物理的・機械的操作を重視。原料・製品は重量物で量産、連続式運転の重視。	作業は強度の筋肉労働と運転作業には技能労働を要する。「応用化学」的な技術労働も必要。技能労働は、炉前工の「くべばん」、ボイラー工、分析工等の新職務の工員に、技術労働は技術者、あるいは社員となる。
	軽工的化学工程 fine chemical process	出発物質から製品を合成する操作の経路に複雑な反応操作をいくつも加える。蒸留、吸収、濾過、移送等の物理・機械的操作も必要とするが、反応操作を重視。原料・製品は軽量、多品種。反応操作の制御と少量・多品種生産のため回分式生産。	重工のプロセスに比較し、重量物の運搬等の筋肉労働の作業は少ないが、運転作業は技能労働。技術労働には反応操作の技術開発のため、有機化学知識を要する。
1923年 ～1957年	初期総合 化学工程 pre-integrated chemical process	反応操作には接触反応、高圧反応等が用いられ、反応操作を重視。また、原料・副産物・製品の精製・分離や熱交換、移送などのため物理的・機械的操作も重視。すなわち、重工的・軽工のプロセスの特徴を併せもつ。各操作の系統化（システム化）は不十分。原料・製品は重量物、量産。量産のため流体化、連続方式がとられる。	接触反応、高圧反応や精密蒸留等のため、温度・圧力・流量の正確な計測・制御が必要、しかし、制御は手動でカンヤコツを要する技能労働に頼る。すなわち、初期の監視労働。量産・重量物運搬のための機械化が進むが、筋肉労働は残る。化学と機械工学を併せた化学工学の知識をもつ技術労働が求められる。
1958年以降 (1980から 転換期)	総合化学工程 integrated chemical process	① 化学反応の「量子論」的説明、反応操作の「反応工学」的説明が進み、不十分ながら、反応操作の設計・エンジニアリングがなされる。② 反応操作をはじめ、各操作条件の拡大、多様化（高温、高圧、高真空、高粘度、腐食性雰囲気条件、また、高純度分離、重合等）。③ 規模の拡大、量産。④ 原料・副産物・エネルギーの総合利用のため、反応操作をはじめ、各操作は多系列化、多様化、連続化、それらのプロセスシステム化。さらに、基礎原料から最終製品の加工までこれに組み込まれる。⑤ プロセスシステムの自動化・コンピュータ化。⑥ 原料・製品に柔軟なシステム。	① オートメーション監視労働（フィードバック回路をもつ調節器、コンピュータ使用）。筋肉労働、危険労働は相対的に減少するが精神の緊張を伴う単調労働。② 設計と管理・監視労働—運転操作の熟練・技能労働から、運転管理・品質管理・技術改良・TQC運動の技術労働に変貌。③ 社員・工員の身分は制度的になくなるが、技術者=管理者が新たに制度化。汚れ・危険作業の下請け化。④ 技術労働に高度の工学知識を要し、かつ細分化、専門化（開発研究者、プロジェクトエンジニア、セールスエンジニアなど）。

様式の展開と時代区分

装 置	原 料 と 製 品	化学工業における 化学工程の例
<p>容器と特化した道具……木・竹製の杓、杵、桶、臼、ふるい、陶磁製の瓶等の「容器と道具」。計器は秤、升。動力は人力、一部に水車。</p>	<p>原料は特産品。製品は日用品、食品等の消費財。</p>	<p>染色、製油、製蠟、醸造、和紙、窯業、火薬</p>
<p>鍋、釜、瓶、槽、臼、在来工業の「容器と道具」を初期に使用。後期もこの域を脱しないが、蒸気動力が使用され、「容器と機械」の性格をもつ。投下資本小。</p>	<p>原料は特産品。製品は日用品、食品等の消費財。</p>	<p>楠脳、はっか、油脂、アルコール等の採取。燐寸、石鹼、塗料、製薬、グルタミン酸ソーダ、ゴム・セロイド加工</p>
<p>炉、蒸留塔、吸収塔、反応槽、熱交換器等(専用化した容器)に粉砕機、ポンプ、送風機、エレベータ等(機械)と計器の組合せで構成。動力は蒸気動力、電力を使用。装置材料に鉄・鉛・煉瓦を使用。</p>	<p>原料は余剰電力(水力)、石炭、石炭乾溜副製品の一部利用。製品は生産材の硫酸・ソーダや肥料。消費財はセルロイド。</p>	<p>鉛室法硫酸、ルブラン法ソーダ、石炭乾溜、石油製精、カーバイド、石灰窒素、硫酸、過燐酸石灰(初期は調合プロセス)、セメント、セルロイド</p>
<p>反応操作が重視されるが、反応器は汎用の反応槽。調節計器が未発達のため、反応物を階上から階下へ流下させて反応を制御。</p>	<p>石炭乾溜の副産物……石炭タールの一部利用。製品は染料・医薬品等の消費財。</p>	<p>染料、医薬品の合成</p>
<p>単位操作によって専用化された機器＝単位機器(反応器、蒸留塔、吸収塔、晶出器、熱交換器、ポンプ等)で組み立てられた「化学機械」。計器、調節弁も採用されるが、自動制御は不十分。高温、高圧、耐酸で、量産可能な材料(ステンレス等)と製作法(溶接等)を採用。</p>	<p>石炭と電気、副産物の総合利用。製品は肥料、溶剤等の中間製品。軍需品。塩化ビニル、合成繊維も試験的に生産。</p>	<p>アンモニア合成、高オクタン価ガソリン、カーバイド-アセチレン誘導品、インディゴ合成、石炭液化</p>
<p>① プロセスシステムにしたがって、計装化、配管された単位機器で構成、「化学プラント」。② 連続化、自動化のため、計測計器、分析機器、調節計器、コンピュータを装備。③ 大型化。④ オフサイト(輸送・貯蔵設備)、公害防止、危険防止の内蔵化、一体化。⑤ ポリマーの成型等のように材料加工機の連携化。⑥ 装置材料にチタン、アルミニウムや耐蝕・耐熱合金、プラスチック等の新材料。大型・高圧・高温・低温等の機器製作法(溶接や検査)の進展。</p>	<p>原料(エネルギー)は石油とその副産物の総合利用(コンビナート)。最終製品は大量消費財(ポリマー等)。使い捨て廃棄物、汚染物の集積</p>	<p>石油化学</p>

学変化させる諸操作のシステムによって規定される。もちろん、装置の形態、構造の設計と、これを製作する材料、製作法にも規定される。

原料を化学変化させる諸操作のシステムは、労働対象の原料と製品に規定される。

装置、原料と、これを化学変化させる諸操作のシステムも全ては、労働主体の生産的实践であり、労働そのものである。

類型化・様式化した化学工程の4項目の契機は、化学技術を進展させる契機であり、それぞれが技術の実体をなしている。これらの契機は相互関連し、いずれかが主となり従となって発展し、一定の技術水準、その時代に共有する共通の基盤、思考様式、心性である化学工程の様式が形成されるとみたい。

類型化・様式化された化学工程と資本主義の発展の対応、すなわち、伝統的の化学工程、調合的の化学工程とマニュファクチュア、総合化学工程と資本の集積・集中したコンビナート、生産能力の過剰などについては稿を改める。

石油を原料にプラスチックなどの大衆消費財を量産する総合化学工程、言葉をかえるとコンビナートの技術による生産力構造について、また、総合化学工程の柔軟なシステムへの転換についても稿を改める²⁾。

(4) 類型化・様式化した化学工程は、化学技術の発展の指標であるが、これはまた、化学工業の分類の基準にもなる。

村田富二郎は、染料工業などではなく「軽工的化学工業」、酸・アルカリ工業などではなく「重工的の化学工業」、アンモニア工業などではなく「総合的の化学工業」と化学工業を分類することを提唱する。これらの間には、設備投資、研究投資の違い、反応操作と反応器、原料の取扱い、オペレータ、運転管理などに違いがあると村田は述べて、化学工業の企業を分析する³⁾。

小論は、村田の提唱する化学工業の分類にもとづき、化学工程を類型化・様式化し、これを指標にして、わが国の化学工業の発展に沿って、技術の時代区分を行った。

時代区分をした化学工程の様式によって、化学工業自体の性格を例を示してみしてみる。このことは、化学工業は一定の性格をもちながら技術発展することを意味している。

伝統的の化学工程である藍の染色にしても、現在では、カンやコツであった発酵段階の測定には温度計を使用するし、容器も道具も以前とは異なる。しかし、藍を原料とすることにおいて、工業の基本的性格は変わらない。

重工的の化学工程であるカーバイド製造を例にとると、炉内の温度測定、原料供給、製品取り出しも機械化されるが、単純な反応であり、反応操作よりは機械的操作が重視される点では、工業の性格は変わらない。

調合的の化学工程、軽工的の化学工程にしても、前記の例と同じことがいえる。

(5) 化学工程を通して化学技術を見ると、化学技術は、化学製品、あるいは化学処理のための、労働主体の生産的実践における、客観的法則性の意識的適用である。客観的法則性は、化学工程にみられる自然過程である。化学技術は、化学工程を構成する原料・製品、装置、化学労働に実体化されていて、これらを契機にして、相互に関連しながら、資本の動態の中で、これの影響を受けて展開したことがわかる。

〔註〕

- 1) 拙稿、『化学工学』50巻13号(1986)、前掲、拙著『日本の化学技術』
- 2) 拙稿、同上誌、および『化学装置』(1988年4月号)では、これについてふれた。
- 3) 村田富二郎、前掲『化学工業概論』、224-249ページ

Résumé

General Introduction to Theory of Chemical Technology

The relation between the chemical technology and productivity and the characteristics of the chemical technology have been explained by examining only the equipment for the manufacturing. But this article

attempts to clarify these issues in the view of chemical process that is labor process unique to the chemical industry.

Chemical process has both the natural and technological aspects. The natural one is the system in which the operation of mainly chemical reactions changes the given material by the law of nature. But it takes the supply of energy and the control system in order to facilitate and promote the change in industrial scheme. The chemical process lead by the natural and technological manipulation enables to produce a desired change artificially by deciding the surrounding conditions such as temperature, pressure and concentration. We call this procedure the operation.

The technology of chemical process is practiced by human purposive actions which operate the chemical change toward the raw material, that is called the chemical labor. It should be discussed in the light of setting up the surrounding conditions, that is the operation. Planning and designing the chemical labor plays an important role in the industry, though it is separated from its practice. Majority of chemical corporations in Japan invite the laborers to participate in designing and improvement of chemical labor at the floorshop.

Chemical labor is practiced with the equipment as a means. Some analysts disregard the significance of the chemical process that is chemical reaction artificially produced, and take the equipment for a mere container of the material. The equipment is the systematic body that realizes the chemical process rather than a container.

With the comprehensive understanding of the chemical technology, its development in the Modern Japan is divided into the four periods according to the modes. They are: 1. before 1871, the traditional chemical process; 2. 1871-1922, the formulative chemical process, the heavy chemical process, and the fine chemical process; 3. 1923-57, preintegrated chemical process; 4. after 1958, integrated chemical process.

Chemical technology is the conscious application of the objective laws in manufacturing of chemical industry. And materials and products, labor and equipment interrelates in chemical technology.