

化学技術論序説 その四・完

——コンビナートの化学技術——

飯 島 孝

1. はしがき
2. 耐久消費財とは何か
 - 2-1. 耐久消費財の出現——全面的機械化の時代——
アメリカ的生活様式——サ・シ・ス・セ・ソの機械化
 - 2-2. 大衆の欲求——コピー——商品の物神的性格——
耐久消費財の特徴——シンプルライフ
…… (以上の途中まで第 28 巻第 2・3 号)
3. 大量生産・大量消費のシステム
 - 3-1. 大量生産のシステム
 - (1) 効率, 互換性, 複製
 - (2) 合 成
 - 3-2. 大量消費のシステム
 - (1) 大衆消費社会の誕生
 - (2) 割賦制, 宣伝広告, 年次モデル, ムダの制度化
4. 耐久消費財中心型の産業構造と化学工業市場の変貌
 - 4-1. 耐久消費財中心型の産業構造
 - 4-2. 化学製品と化学工業市場の変貌
5. 石油化学コンビナートの出現
 - 5-1. 石油化学コンビナート
 - (1) エネルギー革命・材料革命, 技術革新
 - (2) 石油化学コンビナート, 企業集団, 国家独占資本主義
 - (3) 高度成長, 過剰生産
 - (4) 停滞と再編成
 - 5-2. 危険物や汚染物の集中・集積
 - (1) コンビナート公害

- (2) コンビナート災害
6. 使い捨ての構造
- 6-1. ムダのすすめ
- (1) ポリマー製品の使い方・使われ方
- (2) 廃棄とリサイクル
- 6-2. 地下に戻ることがない、一方的な石油の流れ …… (以上本号)

2. 耐久消費財とは何か

2-2. [承前]

〈シンプルライフ〉 耐久消費財に囲まれ、モノに溢れた贅沢な暮らし「アメリカ的生活様式」に対して、質素な暮らしと高度な思索を求めるもう一つのアメリカの精神史があったとシャイは『シンプルライフ』で述べる¹⁾。

『森の生活』のソローはその一人である。彼はウォールデン池の畔に自ら建てた小屋で思索し、労働と自然観察に日をおくる。「ほとんどの贅沢品や生活を快適なものにしてくれる多くの品物などは必要欠くべからざる物ではなく、むしろ人類の向上にとっては絶対に邪魔になる物だ。……最も賢い人々は貧しい人々よりも遥かに質素で、あまり豊かでない生活をいままでしてきた。」と『森の生活』で述べる。その生活は「快活で、活力に溢れた思想が太陽と共に歩む者にとって、一日はいつも朝である。時計が何時を刻んでも、人々がどのような生活をし、仕事をしようとも問題ではない。」ソローは、知恵は朝に目覚めると経典を引用し、その目覚めは工場のベル、「機械の助けを借りるのではなく、曙の光を待ち望む心によるのだ。」

「もっと別の生活をしなければ……」とソローは森の生活を始めたが、その生活が、「決まった生活にはまり」込み、また別の生活を求め彼は去った²⁾。

ヴェブレンの『有閑階級の理論』については前述したが、ヴェブレンは

金銭消費、衒示的消費の悪循環を断ち切り、シンプルライフをすすめているとシャイはいう。

シャイはシンプルライフの系譜にマンフォードをあげる。彼は、20年代シンプルシティの推進者が自営農業に依拠しようとしたのに対し、田舎だけでなく都会でもシンプルライフを生きると信じていた³⁾。多面的な人間性と多技術を求めたマンフォードの技術思想からみれば当然の主張である。

シンプルライフの系譜に、シャイはTVAの最初の総裁、社会的良心をもったエンジニアのモーガンをあげる。彼は、マンフォードとともに、市民の参加による資本主義の無制限な競争を制限した資源運営のプログラムによるシンプルでつましい暮らしの地域開発が念頭にあった。しかし、彼は地域の経済開発を優先したりリエントールに変わらざるをえなかった。

大富豪のロックフェラーは、70年代、無駄を減らし、メカニカルなものへの依存を減らし、自己依存の喜びと肉体的な仕事の再発見をシンプルライフとみたが、対抗文化やヒッピーには与しなかった⁴⁾。

シンプルライフがアメリカ的生活様式の対極にあり、贅沢、無駄をすすめる物質文明に対して、一方、質素で、敬虔で、深い思索がおくれる生活であった。これが、もう一つのアメリカの精神にあった。しかし、大量生産・大量消費のシステムの力は、シンプルライフよりアメリカ的生活様式をいっそう世界に広げた。しかし、後述するように、アメリカ的生活様式は見直されざるをえない。

3. 大量生産・大量消費のシステム

3-1. 大量生産のシステム

(1) 効率、互換性、複製

〈効率と複製〉現在の生産システムは、生産物の複製が可能であることを

前提にしている。その生産方法、生産システムは、複製が可能か否かを考慮して考案され、計画がたてられる。複製可能な生産システムは、同一、同品質の生産物が反復生産されることであり、歩留まりがよいことであり、効率よく大量に生産されることである。

効率は時間当たりの生産量である。同一、同品質の生産物の反復生産、複製は、手間を省き、時間当たりの生産量の増加になる。これはまた時間の節約である。

生産システムに流れ作業、連続操業がとられる理由は、やはり時間当たりの生産量の増加、時間の節約にある。

効率にみるように、時間当たりの生産量、時間当たりの移動距離つまり速さ、時間当たりの輸送量というように、時間の管理が生産システムの前提である。

1857年、ワースがパリでファッションサロンを開いて大量複製可能な衣装をつくり、よい趣味と美しいデザインと褒めそやされたのは、衣料機械と型紙による裁断で複製ができたからである⁵⁾。

型紙の使用による複製は、同形状物を切削するため、型やモデルにならって工具を動かす倣旋盤も同じ理屈である。鋳型による鋳物、金型によるプレス製品、印字による印刷なども複製物の生産である。

〈互換性と連続化〉 部品を組み立てる、アッセンブリー、自動車工業の量産システムは、互換性部品の製作、その組立を基本にしている。自動車は、1万を越す部品によって組み立てられるが、不揃いであると組立は不可能である。

フォードが大量生産——フォードシステムに成功したのは、互換性部品が製作できたからである。

互換性部品は、同じ部品をつくる、すなわち複製品をつくることである。互換性部品の製造は、精密工作機械、ジグと、精密なゲージなどの計測器具を使用し、寸分違わぬ複写を行うのである。その製造法は、部品の寸法の精

密な測定ではなく、標準寸法通りに正確に測定し、正確に製作することである。その頃、製作図には公差が書き込まれ、製作の正確さの度合いが示されるようになる⁶⁾。

フォードは大量生産を「動力、正確さ、システム、連続性、スピードの原理の製造方式への集中」であるという。これを可能にしたのは、紛れもなく、互換性部品の製作である⁷⁾。

フォードは、互換性部品の製造を、大量生産に必要と考えたのみではなく、自動車を必需品にしようとする彼の信念から、修理工場のない場所で素人のドライバーが修繕できるように互換性部品の効用を主張した。

フォードはまた、互換性部品の組立作業時間を切り詰め労働者の賃金をあげ、それが彼らの収入の増加、自動車を購買する顧客につながると考えていた。フォードの考えは、組立作業の科学的管理、動作研究のテーラーの考えの一步先を行くものであった⁸⁾。

互換性部品の組立——フォードシステム以来の画期とトヨタの「かんばん方式」を星野芳郎は評価する。必要な部品は必要な時に供給する「かんばん方式」は機械の稼働率や仕掛品の変動幅を圧縮し、生産を平準化し、ジャスト・イン・タイムという生産に要する時間の節約であり、コストダウンをなしとげた。この方式は、多品種の大量生産のシステムにも有効であると、星野は述べる⁹⁾。

テーラーの考えを機械化して、労働の構想と実行を分離させ、労働者の作業をマニュアル化した単純労働による労働力編成がフォーディズムである。テーラー主義のフォーディズムを労働者が受け入れて、大量生産が可能になり、一方、生産性の上昇に裏打ちされた賃金——インデックス賃金によって大量消費が可能になった。フォーディズムはアメリカの「豊かな社会」をもたらし、戦後、この方式が世界に迎えられ、先進国は高度成長をとげたと、山田鋭夫はいう。山田は少品種多量生産に向け、アフターフォーディズムとして前述した「かんばん方式」のトヨタイズムをあげる¹⁰⁾。

フォードの流れ作業——コンベアシステムは、シカゴにて操業されていた食肉の解体工場から思いついたといわれる。ガソリン製造の連続プロセス——ダブス法の開発会社 UOP のオーナーはシカゴの食肉加工業のアーマーであった。機械、石油、化学技術の連続化の思想が食肉加工業をもとになっているのは、興味を引くことである¹¹⁾。

〈時間の管理〉 全面的機械化がすすんだ 1910 年代、「どんな犠牲を払っても生産のスピードをあげるといふ、当時の差し迫った必要」からコンベアシステムもテーラーの科学的管理法も採用された。

テーラーの科学的管理法、スピード主義は非人間的と怨嗟的になった。シカゴの食肉工場で頭を下に吊るされた豚が、コンベアを間断なく流れ、そのそばで検査のためゴムスタンプを押す人の様子は「あたかも、人間が明けても暮れても、毎日 8 時間、何千万もの豚の死体に 4 箇所スタンプを押すように訓練された動物のように見えてくるのである」とギーディオンは述べる¹²⁾。

テーラーのストップウォッチによる動作研究は時間の管理であり、時間当たりの生産、時間の儉約、つまり効率の追求であった。工場ばかりか、家庭においても家庭労働の効率、時間儉約が 1980 年頃のアメリカでは取り入れられる¹³⁾。

1840 年頃、アメリカでは、安い真鍮製の機械時計が職工や農夫の手に届くようになったという。機械時計の普及は、全面的機械化時代の前触れであり、工場、生産の、時間による管理・規制が行われるのである¹⁴⁾。

〈複製と量産〉 互換性製造は、互換性部品を規格品通りに製作し、つまり取替え可能にしたが、この製作にたずさわる人間をも取替え可能の機械の穴埋めにした。1 章においてふれたように、それは構想と実行の分離による分業でもあった。

量産システムに複製方式がとられる他の例を示そう。

集積回路の集積度の素子数は、100 の IC から 1 万の LSI、100 万の超

LSIに増加しても、価格は低下した。集積回路の製造は回路、つまり素子をシリコンチップ上に、写真の密着焼きのように焼き付ける方法——リソグラフィがとられる。この製造法は、多数の素子の回路を縮小、つまり集積度をあげた原因さえできれば、これをリソグラフィによって複製、量産が可能になる。

複製のまたの例を示そう。

コンピュータのハードウェアとソフトウェアは、多数の論理素子から組み立てられている点からみると、同じく機械である。しかし、ソフトウェアは容易に複製(コピー)できる点から区別できる。ソフトウェアは「(中味を人間が理解することなしに)機械的に複製できる機械」なのである¹⁵⁾。

複製の技術による集積回路の増産とコストの低下、そして安価な小型コンピュータができ、これによる情報の大量処理が可能になった。それが大量生産システムに組み込まれ量産を増幅した。

(2) 合 成

〈産業革命の締めくくり〉 19世紀から20世紀の初めにかけて進められた染料や肥料の合成は、18世紀に始まる量産システムの産業革命の締めくくりであり、人工的に天然物に代わる物、あるいは天然物と同じ物、似た物、さらには自然に存在しない人工物を大量に化学反応によって合成する「合成物」時代の幕開けであった¹⁶⁾。

繊維産業に始まる産業革命、とくに新たにイギリスに興った綿工業はその漂白粉を用いたため、小規模の器具の装置から量産に適する大規模の鉛室の装置——鉛室法硫酸、またこれの原料になる海草や草木、天然ソーダから食塩を原料にするルブラン法ソーダなどのプロセスが興隆し、量産を旨とする近代化学工業の端緒になった。1820年代、薄くて軽い、綿製品のモスリンのふんわりしたスカートは、貴婦人から女子工員までのファッションとなった。華やかで優雅な衣服、そのため染料の需要が増大した。

〈合成染料〉 この時に合成染料が登場した。産業革命の廃棄物、つまり鉄鋼用のコークス、ガス灯の石炭ガスから副生した真っ黒な石炭タールを用いて、すみれ色の染料——モーブをはじめ、天然色素にはない鮮やかな色で、退色しにくい染料が合成された。モーブの発明は、1856年、18歳のイギリス人パーキンが特許をとる。1862年の万国博覧会には、モーブのふじ色のドレスで纏ったビクトリア女王が参列し、ロンドン、そしてパリで大流行する。新聞には浮浪者にふじ色の衣服を着るようにと命ずる警察官の戯画がのるほど話題になった。さらに合成染料は、茜色のアリザニン、藍色のインディゴが19世紀末にドイツのBASF社にて合成される。

合成染料の登場でフランスの茜畑は休耕、あるいはぶどう畑となり、インドの藍栽培者は破産した。インディゴなどの新物質の合成には、系統的で、多額の資本を要する技術開発が必要な時代に、化学工業はなった。その中で、BASF社を中心に技術開発、生産、販売をも統合した利益共同体の巨大企業、IG染料工業株式会社が創立された。

〈人造肥料、アンモニア合成〉 ドイツのリービヒが1840年、休耕と家畜にたよるヨーロッパの農業の施肥を化学的に解明した結果、窒素、カリウム、燐が肥料には必要なことを発見した。彼は肥料が化学工場で生産されると予想した。彼の予想通りグアノ（海鳥の糞の堆積物）、チリ硝石、カリ塩の鉱床が発見され、これを用いた燐、カリウム、窒素の人造肥料が19世紀末から製造された。

さらにチリ硝石の制約から脱して、人口増の食糧危機に対応する手だてとして、空中窒素の固定による窒素肥料の製造が考案された。それはカーバイドを用いた石灰窒素肥料、硫酸肥料であり、石炭、水の水素源を用いて空中の窒素と化合させるアンモニア合成であった。アンモニア合成は、触媒による化学反応、高圧・高温反応器の使用とその制御、ガス精製などの画期であった。1913年、BASFのオパウ工場生産を開始した。

アンモニア合成は、窒素肥料をつくと同時に、火薬用の硝酸をチリ硝石

に依存しなくても生産が可能になり、その国の軍事的要求に応えることができた。その技術の延長上に石炭液化、合成燃料、人造石油があった。

アンモニア合成は高温・高圧・量産による、筆者のいう「総合化学工程」の技術の第一歩であった。

〈森の資源から、石炭、石油へ〉 合成繊維、合成樹脂の前史に、人造絹糸、セルロイドがある。両方とも、木材を原料にしたパルプを用い、絹糸に似せた人造絹糸、可塑剤に樟脳を使用して珊瑚に似せたセルロイドがつけられた。

酢酸やメタノールの合成は木材の乾留から製造されていたプロセスをカーバイドや石炭ガスに原料を転換し、大量生産を可能にした。カーバイドからの酢酸を原料に合成繊維ビニロンがつくられ、また石炭を原料に合成繊維ナイロンがつくられる。これも 1950 年代以後は石油を原料に合成される。

ポリエチレンの原料のエチレンは、最初、発酵アルコールであったが、これも石油に変わる。

塩化ビニル、合成ゴムの原料はカーバイドからつくられるが、後に石油になる。

合成物は、初め自然物に似た物、代わる物を再生可能な自然物を原料につくることが、化石原料——石炭、石油を原料にすることで、資源の制約を解き、量産のシステムをとることができた。1930 年代の高分子理論の確立はポリマーなど自然物に似たもの、自然物にない人工物を合成する石油化学が、合成技術の行き着いた結末である。

3-2. 大量消費のシステム

(1) 大衆消費社会の誕生

商品の販売、購買、買い物——消費のシステムは、大量に生産された消費財——耐久消費財の出現する頃から大きく変わった。

19 世紀の終わりから 20 世紀にかけて、アメリカでは、鉄道と電信の発達

から、生活必需品の消費財の小売り取引がそれまでの行商人から店舗販売に変わり、大型小売店のチェーン・ストア、百貨店、さらにカタログによる通信販売が行われるようになる。個人消費者、つまり大衆を顧客にした消費市場の拡大に合わせて、流通、販売の販路、販売組織が変わり、大衆消費社会が誕生した。第一次大戦を経て、その大衆消費社会では、ゼネラル・エレクトリック、ウェスティングハウスのラジオ、冷蔵庫などの家電製品、フォードやゼネラルモーターズの自動車、デュポンの合成繊維というような大衆向けの消費財が生産される。アメリカの経営文化は生産者志向から消費者志向に変わった¹⁷⁾。

1851年、ロンドンの最初の万国博覧会では鋼鉄とガラスで水晶宮が建てられた。そこは「模倣＝競争的な消費社会の核心をなす諸々の欲望の対象物のため、巨大な展示ケースであった」が、しかし、ますます増えた「ロンドンの貧民街の住民とは無縁であった」とクセノスは述べる。

鋼鉄はパリにエッフェル塔をつくった。そして鋼鉄とガラスのショーウィンドウをもつ百貨店が、ブルジョワジーのために幻想をかき立てる宮殿のシミュレーションとなったとクセノスはいふ¹⁸⁾。

商店街の風景も変わる。エッフェル塔のパリには、鉄骨とガラスのパサージュができた。ひとはそこを遊歩する。「遊歩者は市場の観察者である。」「彼は消費者の王国へ派遣された偵察員である。」と、ベンヤミンは、徘徊するパサージュのアスファルト路面から靴底に受ける感触で、商品と商品社会の風景の変貌をみる¹⁹⁾。パサージュの遊歩者は歴史のファッションに身を任せ、買い物にぶらつくのである。

パリばかりではない。イギリスでも大衆消費社会が誕生し、買い物の風景が変わった。露天の市場は有蓋の市場になり、天候にかかわらず店—ショッピングセンターが開けられる。小売店は変貌し、買い物の習慣を変える。さらに、今世紀にはセルフサービス、自動車利用の郊外店、スーパーが出現した²⁰⁾。

わが国における大衆消費社会の到来は、前記したように戦後、アメリカ的生活様式——耐久消費財のある暮らしが普及してからであろう。大衆消費社会の消費市場があって、生産者による欲望が造出され、消費者志向の耐久消費財がつけられるのである。

社会主義における耐久消費財の生産の難しさについて、規格にあった部品や素材を納期通りに納入する日本やアメリカの企業の苦難を中国は知るべきと星野芳郎はいう²¹⁾。中国ばかりか、社会主義では、消費市場の消費者の意向を汲み上げ、欲望を造出するような商品をつくる仕組みがないからであろう。ソ連型社会主義の経済システムには、消費財が需要からの刺激を受け、ニーズに応えた品質、種類の生産システムがないばかりか、消費財生産部門は、軍事・科学、重工業などの産業部門に比べ軽視されているためと重田澄男は述べる。そこでは、資本主義と異なって、社会主義経済は消費財の需要が供給をいつも上回り、供給は需要をいつも下回るコルナイのいう「吸い取りの経済」、「不足の経済」の構造になっているからだとして重田は指摘する²²⁾。

(2) 割賦制、宣伝広告、年次モデル、ムダの制度化

自動車、家電製品などの耐久消費財は、少なくとも1,2年は使用し、高価であるから、月賦による代金支払いの子会社を、ゼネラル・モーターズは1919年に設立した。割賦制による購買は、アメリカで、1929年、自動車が60%、ラジオや冷蔵庫は80%に達した。

大衆を購買層にするため、宣伝広告費は1910年にアメリカの国民所得の4%になり、その後ラジオの普及はさらに広告費を増大させた²³⁾。

自動車の販売促進の方法の一つにはモデルチェンジがある。前述したように、消費者には年次モデルの新しいスタイルの自動車の買い換えを勧める。使える車が中古車として使い捨てられる。ムダの制度化であり、浪費である。

都留重人は、ムダの制度化について「消費者の立場からみて無駄の少ないものが市場から姿を消し、消費者が否応なしに無駄を強いられるという点にこそある。計画的に陳腐化や物理的寿命を早めて多売をはかる現代資本主義社会の特徴的性向が問題なのだ。」と述べる。また、「無駄の制度化も現代社会の公害につながる。電通の『戦略十訓』の中には、『捨てさせろ』『ムダ使いさせろ』『流行遅れさせろ』というのがあるが、現代資本主義社会は、廃棄物をふやす体質をもっている。」さらに都留は、「ムダの制度化」が消費活動の増大をすすめ、再生不可能な地下資源の濫掘をさせ、自然的共通資本をも減耗させると指摘する。現実のGNP指標には、これら「ムダ」が反映していないのが問題であり、これらを反映したGNPによる社会的富、ストックの重視を説く²⁴。

モデルチェンジによるムダの制度化は家電製品にもすすめられる。前述したように、大衆消費社会の商品は使用価値を目的につくられるより、無用、無駄を許す物神的性格にもっている。

耐久消費財ばかりでなく、瓶、缶、包装材と使い捨ての消費財は、経済効率をあげるため、社会のあらゆるところで、制度化し、生活の習慣になり、それがゴミの増大につながった。

大量生産と表裏の関係にある大量消費のシステムは、自動車販売を典型として、割賦制（消費者金融）、モデルチェンジ、マスコミによる広告宣伝、マーケティング、ディーラー制、訪問販売などがとられる。一方、小売店の大型化、スーパーなどの流通業が隆盛する。浪費を美德にし、流行に敏感な大衆消費社会にひとは過ごし、使い捨ては風景になり、ひとの習慣になる。

自社の労働者を高賃金にして自動車購買層の拡大をねらったフォードの経営方針は、大量消費を支えるシステム——生産性インデックス賃金として一般化した。

わが国においてテレビがまだ高価であったとき、松下幸之助が自社のテレビ製品が買えるような給料と安価な製品を買える時代がくると述べたとい

う²⁵⁾。

大衆消費社会は、割賦制、宣伝広告、スポーツや映画の興業——レジャー産業、コンビニエンスストアなどの流通業、コンピュータソフト、家事労働の商品化（ハウスクリーン、ケータリング、デリカテッセンなど）、サービス産業の領域を拡大した。我が国のこれに従事する就業人口は、就職人口の60%（94年）になる。

4. 耐久消費財中心型の産業構造と 化学工業市場の変貌

4-1. 耐久消費財中心型の産業構造

自動車や家電製品に囲まれた、全面的に機械化されたアメリカ的生活様式が、1920年代に始まり、やがてこれが世界に普及する。わが国においても、戦後の暮らしは、アメリカ的生活様式に跡づけられる。ここでは大量生産と大量消費のシステムがとられた。

馬場宏二によると、アメリカ的生活様式の普及は大衆的余剰購買能力に依り、規模の効率を重視する耐久消費財中心の産業構造が形成されたという。そしてこの産業構造が資本主義発展の延長と国家独占資本主義化に寄与したと述べる。

国家独占資本主義政策による大衆的余剰購買力の維持が高度大衆消費社会をつくり、国家の景気調節への介入、社会改良の面に及ぶのも耐久消費財中心の産業構造があるからだ、馬場はいう。そして、戦後の国家独占資本主義の成功は、成功のゆえに破綻に向かわざるをないと馬場は結ぶ²⁶⁾。

アメリカ的生活方式を支えた、前記したフォーディズムは、生産性インデックス賃金という「調整様式」をもち、大量消費という「蓄積体制」がとられ、戦後の先進国の高度成長になったとレギュレーションの立場から山田は述

べる²⁷⁾。

高度大衆消費社会における消費財は、自動車などの耐久財と衣料や日常雑貨品、食品などの消耗品がある。耐久財は中古市場があるが、いずれにせよ、消耗品と同じに使い捨てられる。耐久財、消耗品の多くは、必需品とはいえず仕掛けられた必需品であり、便宜品、奢侈品であり、使用価値より物神的性格をもつ、大衆の欲望を商品化した消費財である。これら耐久財、消耗品を合わせて大衆消費財といつてよからう。大衆の欲望の解放、多様化に沿って、差異化された大衆消費財は多種類生産され、これに合わせて生産財の生産も多種類になる。

化学工業の最終製品は大衆消費財であり、これは耐久財の素材、あるいは消耗品である染料や、合成繊維、塗料、包装材、雑貨品などの多種類のポリマー製品である。

渡辺徳二らは、産業連関表を用いて、最終需要を算出している。これによると消費支出が42.7%、総固定資本形成22.9%、輸出その他が35.6%である。この数字は、前述した耐久消費財の素材などの最終需要が多いことを示している²⁸⁾。

4-2. 化学製品と化学工業市場の変貌

1, 2章でも述べたが、化学工業の市場は化学工業といわれるように、原料から製品がつくられ、さらにその製品が原料になって新たな製品がつくり出される仕組みをもつ。戦前はその基礎原料部門から、中間製品を経て、限られた最終製品にとどまった。他の産業との関連は、戦前は希薄であり、補助原料部門に位置づけられるにすぎなかった。その製品は、酸、アルカリ、アンモニアが中心であり、量産の最終製品は肥料であった。石鹼、火薬なども最終製品のひとつであった。他の産業部門の補助材料には、繊維産業のための溶剤、染料がその製品の例になる。消費財の日用品、雑貨品の素材は天然ゴム、セルロイドなどと限られていた。

したがって、化学製品の市場は、農業市場、軍需市場、中国などの植民地、半植民地市場と狭かった。

戦後の化学工業の製品は、ポリマーを中心とした自然代替品——合成繊維、合成ゴム、合成樹脂であり、大衆消費財——耐久消費財、消耗材の素材の供給部門と位置づけられ、国内の拡大された消費市場が主要な市場になった。これは耐久消費財中心型の産業構造、ポリマー材料と鉄鋼・アルミなどの材料による高加工度の組立産業の多数の部品の素材を供給することで変貌した。

化学製品は多様であり、基礎的化学製品——エチレン、プロピレン、あるいは芳香族化合物は、純度のような化学組成規格で、等質で、大量に、限られた大口ユーザとの取引になるが、これから誘導され、加工された石鹼・洗剤、化粧品、医薬品、写真フィルムなどは、化学組成規格などではなく、ブランド名で最終消費者と直接取り引きされる。前者の企業は、量産のための生産合理化を図り、後者の企業は差異化された商品、サービス、流通に力を入れる特徴をもっていると、山下甫・山本勝己は述べる²⁹⁾。

化学技術の発展から化学工程の様式——調合、軽工、重工、総合について、2章にて論述した。その視点からみると、現代の化学工業の技術は、総じて総合化学工程に組み込まれているにせよ、個別企業では製品と市場の違いから、大量に、等質な汎用製品を扱う「重工的」な性格の企業と、前者に較べ少量、差異化された、誘導品、加工品を扱う「調合的」「軽工的」性格の企業があり、そこには山下らの指摘する経営方針の違いがあらわれたとみたい。経営方針、経営戦略の違いは、それら企業の経営文化にあらわれる。

自動車・家電から情報産業用の電子部品と高加工度の組立産業に供給する素材、大衆消費財は、消費市場からのニーズを汲み上げて、製品の開発、高付加価値化が求められる。しかし、最終需要部門の構造変化に合わせ、この部門を系列下に組み込んではいらぬものの、わが国の化学企業は基礎・中間材料部門から最終需要部門まで併せもち、直接、最終需要の側からのニーズに

ふれる機会が少ない。わが国の化学企業は、合成繊維のモノマー、合成樹脂のペレットというように大量生産の枠内にとどまり、欧米の企業のように、下流の加工部門を兼営し、自家消費が多く、しかもスペシャリティの高いフライン・ケミカル部門の比重が高い欧米の化学企業と対照的であり、わが国化学企業の収益構造を悪化させる要因と濱里久雄は指摘する³⁰⁾。

5. 石油化学コンビナートの出現

5-1. 石油化学コンビナート

(1) エネルギー革命・材料革命、技術革新

耐久消費財中心の産業構造に物質的な基礎を与えたのは、石油の利用によるエネルギー革命と材料革命であった。

自動車の普及は、自動車の構造、エンジンだけではなく、多様な技術に波及効果をもたらした。鋼板、鋼材の製造技術、ガラス、タイヤ、塗料、工作機械、道路、そしてガソリン製造技術に進歩があった。とくに、高オクタン価のガソリン製造のため開発された、熱分解、接触分解、接触改質、異性化、抽出などのプロセスは、エチレン、芳香族化合物など石油化学の基礎原料の技術基盤になった。

戦後の中東石油がメジャーによって開発され、過剰生産になる。アメリカは、国内の石油の高価格維持、石油企業保護のため、中東石油のアメリカ国内への輸入を制限した。その結果、メジャーは、ヨーロッパや日本に中東石油の販路を求め、消費地精製主義をとる。わが国では、安価に大量に、2章にて述べたように、メジャー経営戦略はアメリカのマーシャル計画に沿って展開し、アメリカ極東の軍事布石の一環として精油所が再開され、中東石油の利用が始まった。

水力、石炭を第一次供給エネルギーとして、化学原料もこれに頼っていた

わが国は、これを石油に転換する、エネルギー革命、原料革命が1950年代に始まる。

まずアンモニアの水素源が水力電気や石炭から、原油、重油に転換する。つぎに、接触分解ガスの副生ガスを利用したイソプロパノールやアセトンがつくられる。さらにエチレンと副生物を基礎原料としたポリマーの製造が始まる。

石油産業では、ガソリンが最も収益のあがる「ドル箱」である。しかし、その当時、わが国では自動車が普及していなかったため、重油の需要があっても、その連産品のガソリンが余剰であった。余剰のガソリンを消費するため、これに税制上の優遇策を与えて、粗製ガソリンを通常のガソリンとは区別してナフサと称して低価格にした。このようにナフサが石油化学の基礎原料に政策的に決められたことで、わが国の石油化学工業にとって、後に幾度かの構造的な矛盾が露呈される。

まず、アメリカの石油化学工業の原料は天然ガスであり、これを供給するメジャーの「ドル箱」はやはりガソリンである。同じくメジャーから原料の供給を受けるわが国の石油化学工業は、アメリカが天然ガスを原料にするのに対してガソリン＝ナフサでは政策的配慮がなければ太刀打ちができず、アメリカの石油化学工業からみると、限界企業として位置づけられる生誕であった。逆に、アメリカの石油化学工業が、天然ガスという「地代」的利潤を得るためにわが国の石油化学工業の存立を必要としたともいえる。

その後、石油価格の高騰、石油産出国における天然ガスによる石油化学工業の出現が、わが国のナフサを原料にした石油化学工業の競争力を低下させ、その存立を脅かす。

つぎに、原料ナフサを供給する石油精製企業と需要側の石油化学企業との不均等な発展のもとで、石油化学企業側からナフサの供給不足によるナフサの輸入、反対に石油精製企業側からナフサ価格の値上げの要求が出され、石油化学工業の原料は常に不安定であった。

わが国の石油化学工業の出発点から、原料がメジャーの枷の中にあり、その位置づけが常にグローバルとはいうものの、1960年代、わが国において、石油エネルギーによるエネルギー革命、および原料転換と新素材の開発による材料革命という技術革新がすすめられた。

(2) 石油化学コンビナート、企業集団、国家独占資本主義

石油化学コンビナートの出現と、形成の必然性を述べたい。

まず、大衆消費財は、独占資本主義によって大衆の欲望が喚起され、その様々な欲望に合わせて差異化された商品である。しかも、これは大量に生産されねばならない。

大量生産、つまりスケールメリットがある生産方式は、石油を分解して多数の副生物の結合生産（連産）によって誘導された多種類の製品ができる石油コンビナートであった。石油はまた、石炭や水力電気に比して資源の制約がない。

つぎに、石油化学コンビナートの製品は、ポリマーを主体としているが、その一部は、石炭、水力電気——アセチレンを原料にした技術や企業があり、これの代替、転換ができた。既存の製造プロセスの例をあげると、アセチレンから塩化ビニル、ビニロン、アセテート、合成ゴムがつけられ、石炭のタール成分を基にナイロンがつけられる。発酵アルコールを原料にエチレン、これからポリエチレンもつけられた。合成ゴムもアルコールが原料であった。

石油化学の技術革新は、石油を分解したときに生ずるエチレンや芳香族化合物を原料にして、さきにあげたポリマー製品をつくった。

前述（1, 2章）したように、コンビナートは副産物とエネルギーの総合利用、結合生産であり、基礎原料を石油に置くので、石油製品の価値以上、つまり燃料以上の価値を求めた生産体系である。

三つ目に、石油コンビナートは、資本の技術的構成（それぞれの生産手段に

対して直接する労度力の比であり、生産手段に必要な最低資金量を意味する)が高度化し、必要資金量も巨額になる。独占資本主義においては、その建設に、国家の介入を必要とした。

コンビナートの立地では、原料ナフサの入手が容易な精油所とコンビナートをめぐる陸・海軍の燃料廠の跡地(四日市、岩国、徳山)の利権、為替管理による新技術の導入許認可、輸入機器の外貨割当てをもって政府は介入した。

さらに、政府の介入は、コンビナートへの資金調達、投資にも「行政指導」の形で行われた。「行政指導」は業界の自主調整と表裏一体の関係にあり、これによって、戦後の化学工業の市場行動——投資、増設、生産の調整がすすめられた。

「行政指導」は、日銀の資金供給をもとに、資金調達、投資を金融系列ごとに融資して、コンビナートへの参入企業をワンセットに組み込み、参入企業の投資機会を系列別に均等に与えた。この結果、金融系列によって支配された企業集団、特殊な寡占体制がつくられた³¹⁾。

ワンセット化した企業集団は、「本家分家的展開、同族団形成」であり、欧米のトラストを形成する企業展開とは異なっていると三戸公は「家の論理」で説明する³²⁾。企業集団、系列の存続の危機意識をもった国内市場におけるシェア争い、国際競争力という危機意識をもった輸出競争、これら横並びの企業集団、そして後述する官民共同の「行政指導」をみると、資本の論理とは別な心性——「家の論理」がコンビナートの企業集団にあることを知る。企業集団内の企業間では、相互の連帯は身内としての会社の心性と同色の企業文化が生まれる

コンビナートの企業集団は、最初1958年、財閥系の三井石油化学工業、住友化学工業、三菱油化とメジャーとを結ぶ日石化学の集団であった。日石化学の集団には財閥系ではない旭化成などが参加した。その後エチレンセンターを運営する企業を中心に、最後発の山陽エチレンが1972年に稼働する

までに15の企業集団がつくられた。

コンビナートは太平洋ベルト地帯といわれる臨海部に立地された。そこは、景勝地であり、埋立地であった。景勝地は蒸留塔が林立、海岸は護岸化され風景が変わり、漁業のための藻場が失われた。

金融系列の資本からみると、

三井石油化学（岩国，千葉），大阪石油化学——さくら銀行，三和銀行

三菱油化（四日市，鹿島）——三菱銀行

住友化学（新居浜，市原）——住友銀行

東燃化学（川崎）——外資系

出光石油化学（徳山，市原）——独立

丸善石油化学（市原）——日本興業銀行，三和銀行

浮島石油化学（川崎，市原）——日石化学と三井石油化学の共同出資

東ソー—大協石油化学の移管（四日市）——日本興業銀行

三菱化成—水島エチレン（水島）——三菱銀行

旭化成—山陽石油化学—山陽エチレン（水島）——第一勧業銀行

昭和電工（大分）——富士銀行

である。

コンビナート，すなわち石油化学工業は，独占資本主義の支配のもとで，その誕生から国家と密接に結びついていたと近藤完一は指摘する。前述した資金調達，技術導入など様々な政府の許認可，「石油化学工業の育成対策」などによる産業政策立法，これによる特別償却，保護関税などの税制の優遇策，そして育成対策は国際競争力をつけ国益のためというが，国家が独占資本に奉仕する口実にすぎないと近藤は述べる。独占資本と国家・政府との結びつきは，さらに社会資本の充実という名を借りての，財政投融资がコンビナートに行われ，またコンビナートの企業には高級官僚が天下る³³⁾という状況をもたらす。

ワンセット体制のコンビナートは，基礎原料部門のエチレンと結合生産さ

れるプロピレン、芳香族などの副産物の収支に合わせ、系列下の企業があてはめられた。コンビナートの企業の組織は、損益収支にのっとった合理的な組織ではなく、限界企業をもはめ込んだ恣意的な企業集団になった。この結果、コンビナートの生産体制、誘導品体系は画一化される。

コンビナートの戦略管制高地である基礎原料部門のエチレン製造は、巨大設備に投資が可能な独占企業が掌握し、エチレンセンターを運営し、コンビナートを制圧する寡占体制ができた。エチレンセンターを運営する独占企業——「本家企業」は、コンビナート内に不採算部門が生ずると、これを收拾せざるをえない。

(3) 高度成長、過剰生産

ワンセット化されたコンビナートは、いずれも誘導品の構成が均一化し、技術独占が新規参入の障壁にはせず、装置、設備による規模の拡大、製品シェアの拡大、「行政指導」による割当ての拡大をはかり、系列企業集団間の競争——「寡占的競争」がくりひろげられた。

60年代になると、系列企業集団の寡占的競争の中でアセチレンからの誘導品や発酵法の溶剤を生産する企業が石油化学に転換した。アセトアルデヒド、酢酸、塩化ビニル、ブタノールを製造していた企業は、既存の装置をスクラップ・アンド・ビルドし、限界企業であっても、コンビナートに組み込まれる。ソーダ工業は塩化ビニルが機軸になり、塩素供給企業としてコンビナートの傘下に入れられる。

1, 2章にて述べたように、コンビナートの規模の拡大、副産物の総合利用、つまり多角化は製品コストの低下になった³⁴⁾。

この競争は装置の大型化、精油所の常圧蒸留装置、エチレン製造装置の大型化競争となり、大型化すると建設費が0.7乗の割合で低下するという装置の特性から、建設費の節約をねらって、稼働率を上回る装置規模の投資がすすめられた。当然の帰結として、企業は過剰設備を抱えた。

企業集団間の設備投資による競争は、系列化、本家分家的な、企業集団の強化を促し、資本の集中化、寡占資本の蓄積の過程であった。しかし、企業集団は、他集団と同じ製品の生産を企画し、新規参入を促した結果、生産の集中は低下した。

過剰設備を抱えた企業間の市場競争は、価格の低下を促し、一方では新用途の開発による国内市場の拡大がはかられた。その市場では、ポリマーを主体とした製品が耐久消費財、消耗財の素材になった。この素材——ポリマーを、自動車、家電製品の部品、家具、スポーツ用品、日用雑貨品に加工するのは、成型機と接着・成形などの加工技術であり、これはゴム靴やセルロイド加工の延長にあったが、新しいポリマー加工技術をも必要とした。塩化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレンなどの熱可塑性プラスチックが出現し、その加工によってフィルム、板、パイプなどが大量に、容易につくられる。これが自動車の内装材や冷蔵庫、テレビのキャビネットなどの家電製品、袋・ラップ・トレー・容器などの包装用品、建築・土木資材、フレームなどの農業資材、漁具・船体などの水産資材に広く用いられる。

ポリマーを主体とした新しい需要先は、中間に成形加工業があつて最終需要先にて使用される。成形加工業の企業は、中小企業が多く、この素材を供給する大企業の寡占資本は、素材の供給、技術サービスにて系列下に置く³⁵⁾。

原料基礎部門をもつ寡占資本は、最終需要先のニーズに合わせ、成形加工機の選択、加工機メーカーの開発に協力し、ポリマーの分子量や構造を制御した自社のポリマーを生産した。

耐久消費財の素材供給、過剰設備、国内市場の拡大、過剰能力の吸収という拡大的循環によって、わが国の化学工業は高度成長を続けるが、さらに過剰供給圧力によって限界価格による輸出、また、不況カルテルによって在庫調整をはかり、需給のギャップを埋めてきた。

1960年代、わが国の化学工業は、前述した競争的寡占体制から、「官民協

調]による「協調的寡占体制」に移り、市場における企業の行動は、投資調整→生産調整の繰り返しだったが、かえって過剰生産設備を生み出し、これは官民協調の産業組織政策の破綻であり、市場の失敗によるのではなく、投資カルテルの失敗であると濱里は指摘する³⁶⁾。

(4) 停滞と再編成

耐久消費財の新製品、新技術が一巡し、成熟・安定局面にわが国の化学工業が向かうと、金融系列にて組み込まれていた、最新鋭の設備を装備していた限界企業が、シェア拡大ができず、また、限界価格による輸出は国際批判を受け不可能であり、ここで大型化のツケによって企業採算が悪化した。コンビナートは限界企業を系列下に組み込んだ不均衡を露にし、長期停滞局面を迎えるにいたった。

その模様は、最も基礎的な原料のエチレンの生産量と生産能力の時系列で見ると、過剰生産設備との需給ギャップを、佐伯康治は、図1のように示している³⁷⁾。

あらためて図をみるなら、耐久消費財中心の産業構造による高度成長時の生産能力と生産量の急上昇、その間の需給ギャップ——黒い部分はあっても少ないが、70年以後は大きくなる。

これは、70年以前の需給ギャップは、循環的不況として在庫調整、輸出、設備の合理化などで切り抜けられたが、70年以後は構造的な不況に陥ったことを示す。前述した化学工業の長期停滞局面である。過剰設備と限界企業を組み込んだ不均衡に加え、一、二次の石油高騰に対して、エチレン原料のナフサをNGLに切り替えるなど原料の多様化がはかられる。石油高騰をきっかけに産油国、アジア新興国の石油化学工業の興隆は、わが国の化学工業の国際競争力を失わせ、構造的な不況を深刻にした。

ここで政府介入の「官民協調」による塩化ビニルやポリオレフィンの共同販売会社の設立、過剰設備の廃棄、廃棄に伴う費用を他社が負担するなど

図1 日本のエチレン生産量と生産能力の推移（暦年）



出所 佐伯康治、『化学経済』1994年11月号、36ページ

よって限界企業の資本が撤退する。その結果が、図1の85年に示される黒い部分の需給ギャップの縮小である。

化学企業は、長大重厚産業といわれる鉄鋼業と同じく素材産業の停滞に向かう。一方、組立産業では高加工度になり、精密化、エレクトロニクス化、ソフト化する。化学企業は、バイオテクノロジー、ファイン・ケミカルと、高付加価値のスペシャリティーな製品をねらう。しかし、スペシャリティーな製品は、巨額の開発費をかけ成功しても、製品量は少量であり、売上げも数億円から数十億円規模でしかなく、数百億円から1000億円を超える汎用ポリマーの量産品には対比できず、またバイオテクノロジーは未踏分野の技術であるため、企業の利益に供することができない（前述したように欧米の企業は下流部門にスペシャリティーの高い、高付加価値の加工部門を抱えている）。

86年から始まった「バブル景気」は、またもわが国の化学工業の生産を伸長させたが、バブルの崩壊とともに需給ギャップ——図1の黒い部分の拡大になった。また、わが国の化学工業は円高と人件費の高騰によりさらに国際競争力をなくした。

佐伯康治は、図1を示しながら、70年からの構造不況の一因は国内の耐久消費財の飽和に伴う結果であり、これの輸出で切り抜けたが、90年代の不況は耐久消費財の国内市場ばかりか国際市場が飽和して、これに素材を供給する化学工業の転換点となったとみる。

ここで、企業は過剰設備の削減・廃棄、人員整理が求められ、限界企業の資本の撤退による資本の再編成、資本の集中、生産集中(原料・中間製品のタンカーによる遠隔輸送、相互融通)をせざるをえない。

1994年の三菱化成・三菱油化の合併による三菱化学の設立、1995年の日本ゼオン・住友化学・サンアローの塩化ビニル部門の統合・合併による第一塩ビの設立がそれである。第一塩ビは、1982年、協同販売会社として流通部門の統合をねらい設立されていたが、生産設備の統廃合、すなわち資本の撤退をも視野に入れた設立である。ポリオレフィンにおいては、昭和電工と日本石油化学による日本ポリオレフィンが設立された。旭化成は泉北ポリマーから資本を撤退して、水島のポリプロピレン生産設備および販売権は昭和電工が67%出資の日本ポリプロに渡した。

耐久消費財中心型の産業構造の素材を供給することで、わが国の化学工業は高度成長を遂げ、独占資本主義は破綻を免れた。しかし、わが国の耐久消費財の国内市場は飽和した。国際的にも、わが国の耐久消費財の輸出先は、円高、貿易摩擦によって需要は減退した。

耐久消費財、大衆消費財による欲望の開発、新たな流行、つまりムダのすすめは限界にきている。後述する複製技術の電子メディアは、いくらかの素材の需要先になろう。しかし前述したように、スペシャリティの製品、バイオテクノロジー技術は未踏である。また、後述する化学製品の廃棄物、ゴミにみる使い捨てによる需要の増大、浪費には限界がある。

中国をはじめとする開発途上国の化学製品の需要はどうか。アメリカ的生活様式の普及が、その成否を握る。わが国の化学企業は開発途上国の市場を目指してグローバル化、多国籍企業化に向かうであろう。しかしそこでは、

後述する資源と環境問題が行くえに立ちふさがる。

能率と効率を追い、大量生産・大量消費をすすめ、資本の循環・蓄積を果たした独占資本主義の行き着いた帰結が、いまの停滞ではないか。

この停滞を機に、能率と効率を維持しながら、私たちは、余裕ある時間もてる暮らしとシンプルライフの生き方を探る転換点とみてはどうか。

5-2. 危険物や汚染物の集中・集積

(1) コンビナート公害

〈共同不法行為〉 1972年7月、津地方裁判所四日市支部は、四日市の磯津地区の大気汚染の被害者の訴えに対し、加害者側の企業の共同不法行為を認めた。判決はまた、コンビナートの大気汚染を調査・研究せずに立地を認可した国や地方自治体の責任をも追及した。

コンビナートの公害は、「共同不法行為」の結果であるが、逆にみれば「共同利益行為」の結果でもある。コンビナートは、前述したように、企業集団が原料、副産物、ユーティリティの総合利用をはかり、装置、施設を集中させ、集積の利益を得ようとする共同の利益行為である。

〈集積の不利益〉 しかし、コンビナートの集積の利益は、集積の不利益にもなる。

一つは、副産物の汚染の集積による不利益である。コンビナートであるため、多様な反応によって、多数、多様な副生物が発生し、これが少量ずつ排出され、あるいは漏洩によって排水中に混入しても、集積すると環境への負荷が大きい。副産物には、生分解に難分解物があって、コンビナートにて採用されている活性汚泥法などの生物処理の廃水処理では処理が難しい。

二つは、エネルギーの集積による不利益である。コンビナートのプロセスは、エチレン製造装置のように、熱分解のため1000°Cの高温と、深冷分離のためマイナス160°Cの低温を必要とするため、多量のエネルギーを要する。石油や石油化学成分の分離は蒸留操作をとるため、加熱エネルギーと冷

却水が必要になる。アンモニア合成のように高圧反応には圧縮機が使用され、また流体の輸送のためのポンプ、送風機のための電気エネルギーが必要になる。これらのエネルギーのための燃料の燃焼による排煙——硫黄酸化物、窒素酸化物の集積である。それと、冷却水の大量使用である。

コンビナートは、もちろん熱エネルギーの熱交換、相互利用による省エネルギーをはかる生産システムである。しかし、いかに省エネルギーをすすめても、限度を超えた大規模になると、汚染物の集中の不利益は避けられない。また、プロセス水、冷却水の大量使用はコンビナート地域の水の収奪につながる。

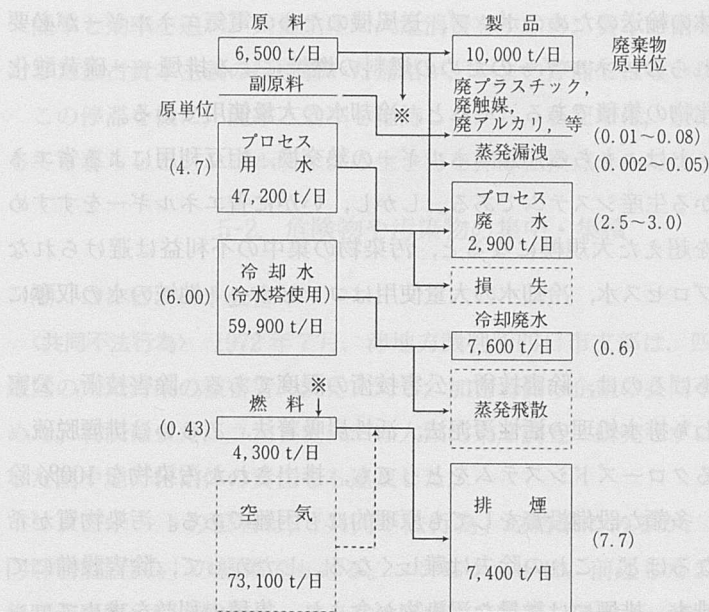
三つ目にあげるのは、除害技術、公害技術の限度である。除害技術、公害技術、すなわち排水処理の活性汚泥法、活性炭吸着法、あるいは排煙脱硫、脱硝法によるクローズドシステムをとっても、排出された汚染物を100%除去するのは、多額な設備投資をしても原理的にも困難である。汚染物質が希薄になればなるほど、これの除去は難しくなる。したがって、除害設備にて処理された排水、排煙には微量な汚染物が含まれ、集積の利益を求めてコンビナートの規模を拡大すればするほど、その周辺にはどうしても汚染物の集積の不利益が生ずる。

もちろん、汚染物が排出されないクローズドシステムをとるならば、たとえば、水俣病の原因になった水銀触媒を使わないエチレン法のアセトアルデヒド製造プロセス、水銀を使用しないイオン交換膜による電解ソーダ法は水銀による汚染はない。また、溶媒を使用しない、気相流動法によるポリエチレン製造は以前の溶媒法に比べ、溶剤の使用がないため、溶剤回収装置が不要になり、そこからのストリッピング排水の排出もなくなった。

これらの、公害を意識した製造プロセスの開発は経済的にも改良されている。

大規模な精油所・石油化学コンビナートの廃棄物収支と廃棄物原単位（製品あたりの廃棄物量）を図2、3に示す。

図2 石油化学コンビナート (50万 t/年, エチレン) の廃棄物収支と原単位



(註) (1) タール, ピッチ 4 t/日, 油状物 9 t/日, 廃ポリマー 40 t/日, 含塩素廃液 4 t/日, 含シアン廃液 0.7 t/日, 廃アルカリ 10 t/日, 廃触媒 3 t/日, 廃白土 0.4 t/日, その他 6.6 t/日

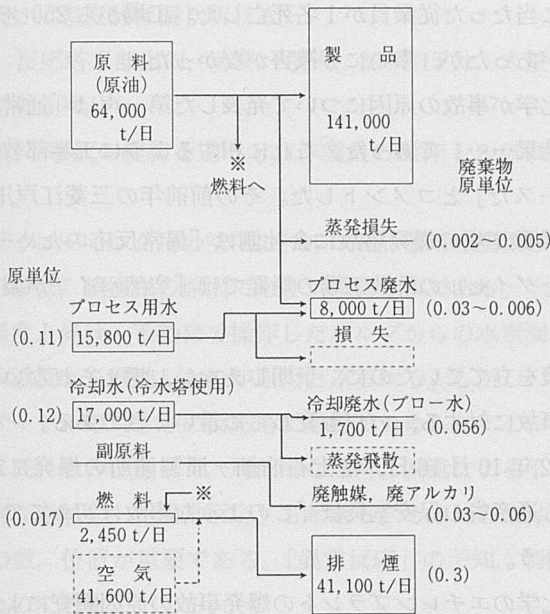
(2) 50万 t/年, エチレン規模とした理由は, わが国のエチレンセンター規模にあわせ, コンビナート製造群は最も典型的なものを選んだ。内村瞭治『石油文明の技術と公害』技術と人間社 (1977) を参照。

(2) コンビナート災害

〈火薬と毒ガスと〉 コンビナートは火薬と毒ガスの集積基地であるといつてよからう。爆発引火すると火薬以上の威力をもつ, エチレン, プロピレンなどの石油化学中間製品, 石油製品, そして塩化ビニル, ポリウレタンなどの原料の塩素, 中間製品のホスゲンなどの毒ガスを抱えるコンビナートは危険物, 有害物が集中, 集積している。

さらに, コンビナートの危険を増幅するのは, 危険物, 有害物の工場がパイプで繋がれ隣接し, 密集しているばかりか, 市街地に隣接して立地されて

図3 製油所 (40万バレル/日) の廃棄物収支と原単位



(註) (1) 油状物 4 t/日、有機スラッジ 5 t/日、廃触媒 9 t/日、廃白土 0.8 t/日、計 18.8 t/日
 (2) 50 万 t/年、エチレンセンターに対応した製油所規模製造構成は前掲『石油文明の技術と公害』を参照。

いる点にある。工場、その部分の装置、さらに一部分の機器、何万個もの部品の一つの事故、欠陥が、引火誘導、誘爆して、小事故が重大事故を生み出す仕組みをもっている。これが隣接する市街地を襲う。

コンビナートの事故の危険は、つぎに述べるようないくつかの事故事例があり、それなりの原因が解析されている。しかし、最も危険が予想されるコンビナート災害——地震による災害は経験がない。

〈通常は起こりえない。異常な反応……〉 1973年7月7日、出光石油化学の徳山工場のエチレンプラントが爆発した。爆発の時、直径 60 メートルの火の玉、ファイア・ボールがあがった。火災は 4 日間燃え続け、散水冷却によ

って延焼を局限したもののエチレンプラントの10%が消失し、損害額は30億円、消火に当たった従業員が1名死亡した。工場から250メートル離れた場所に民家があったが、幸いにも被害がなかった。

出光石油化学が事故の原因について発表した第一声は「通常起こりえない異常反応の結果……」であった。これに和するように工学部教授が「きわめて珍しいケースだ」とコメントした。その前前年の三菱江戸川化学（現三菱瓦斯化学）の蔦酸工場の爆発事故に会社側は「異常反応のため……」といい、前年に起きたダイセルの酢酸工場の爆発では「突然パイプが裂けた……」と会社はいう。

万全の対策を立てていたのに、予期しえない、考えられない事故というのが、企業の事故に対する、いつも変わらぬ言いぐさである。

近年、1992年10月16日、富士石油袖ヶ浦製油所の爆発に対して、監督の立場にある通産省の保安室長は「このような事故は初めてであり、予期せぬ事故」という。

出光石油化学のエチレンプラントの爆発事故の原因調査によると、まず分解炉のチューブにつまったコークスを燃やすため空気を送るが（ディコーキング）、作業員が間違えて計器作動用の空気のバルブを閉めた。

その結果、18時50分頃、装置の計器制御がすべて変調し、警報のブザーが鳴った。緊急停止。作業員は間違いに気づき、運転を再開した。

エチレンガス中のアセチレンを除去する反応塔に水素とエチレンを供給する自動制御のバルブも変調したため、手動に切り替え、作業員は19時、これを閉めた。手動バルブは十分に閉めきっていなかったため余剰な水素が反応塔に流入した。6分後、作業員はこれに気づき、バルブを増し締めする。

21時23分、反応塔の温度が所定の温度より上昇したため、除去するアセチレン量に見合うエチレンと水素量をコンピュータ制御で供給して反応温度を制御する。

21時38分、反応塔の触媒層の温度が急上昇、温度を上げるため水素の供

給を停止、バイパスにて温度を下げるためエチレンを供給する。しかし、温度は上昇し続け、温度計は振り切れる。

22時過ぎ、反応塔下部出口、赤熱、引火、22時15分、大量のガス漏れによって大爆発する³⁸⁾。

〈事故の背景〉 事故の経緯を追うと、作業員の操作ミスが事故の引き金のようにみえる。

しかし、ディコーキング用の空気のバルブと計器用の空気のバルブとが同じ場所にあるのは、誤操作の原因であり、設計ミスである。

反応塔の温度上昇は、手動にて操作したバルブからの水素漏れが塔内に過剰に滞留し水添反応を増進したのが原因とみられる。しかし、直径2メートル、高さ7メートルの大きさの反応塔に触媒がつめられ、この中を反応するガスが均一に流れるのは難しく、局部的な滞留、偏流による不均一な反応によって局部的な過熱——「異常反応」も起きる。そのためには、温度を感知する温度計の数、位置が重要である。「異常反応」の予知、制御は設計の時に対応できたのである。

出光石油化学のエチレン製造プロセスは、最初のUOP法であり、広く採用されているSW法に比べ経験不足で、設計の検討が十分ではなかったのではないか。

また、出光以外にもこの年、チッソのプロピレン装置、信越化学の塩化ビニル装置など14カ所で化学工場の爆発事故が起きている。その当時、モノ不足、狂乱物価などといわれ、コンビナートの工場は軒並みフル稼働を続けていたので、その歪みが連続事故の背景にあったとみてよい。

コンビナートの事故、つまり化学工場の爆発、破損事故の原因は、一つに、安全性の節約——構造材料の節約、安全装置の省略、設計ミスにある。

二つに、作業員の操作ミスは、その背景に労働強化、あるいは士気の低下がある。事故への対応はマニュアルの完備も必要であるが、装置についての技術知識の習得、事故への訓練が大事である。大事故は小事故が積み上げら

れて起きるが、逆に事故がないと、万一事故が発生したとき、たとえば、パイプにできたピンホールから吹き出る水素の青い火炎をみただけで身体がすぐみ、とっさに対応ができない（革手袋にてたたけば火炎は消える）。

コンビナートの装置は、低成長のため新設がなく、老齢化している。メンテナンスはされているとはいえ、装置の老齢化は事故の温床である。

操作ミスといわれる中には、工場の要員をきりつめ、メンテナンスを下請け任せにし、そして下請け企業では、きつい仕事と作業者が敬遠し、「職人的」技能者の不足から、初歩的な作業ミスであるボルトの違い、増し締め不足による事故が起きている。人員の合理化と現場ばなれ、モノばなれが事故の遠因にある。1992年10月の富士石油袖ヶ浦製油所の爆発にかかわる熱交換器チャンネルカバーのボルトネジ山不足の遠因もそこにある³⁹⁾。

〈立地こそフェイルセーフ〉 コンビナートは事故を前提に設計され、二重三重の安全装置があっても、やはりコンビナートは火薬と毒物の集積地であることに変わりはない。すると、立地こそコンビナートのフェイルセーフといえる⁴⁰⁾。

コンビナートの立地面積とエチレン年生産量の比をみると、鹿島地区10.3に比べ、川崎横浜地区は、約2.4と密集している⁴¹⁾。

川崎横浜地区のコンビナートはまた大都市の市街地に近い。

巨大なタンクが設置され、巨大なタンカーが行き来している。

10万トンの原油タンクは直径が約85メートル、高さが約22メートルである。東京駅前の丸ビルが横85メートル高さ28メートルであるから、大きさはほぼこれに近い。しかし、この巨大なタンクをつくる鋼板は意外と薄い。下部側壁の鋼板は30ミリ、上部は6ミリ前後である。そして、この巨大構造物を支える基礎は、われわれの住む住居でさえ鉄筋入りのコンクリートであるが、このような基礎はない。地面の上に、ただどかっとタンクはのっかっている。

1974年12月18日、三菱石油の水島製油所の5万トン重油タンクが突如

破壊して、瀬戸内海に流出した。タンクの周りには防油堤があり、もしタンクから油が流れると堤内に溜めるようになっているが、タンクに付随した梯子が防油堤を壊した。油は洪水のように、保安要員の走る速度と同じに構内を流れて海に流出した。さらに、流出した重油は、港にはられた油フェンスを乗り越え瀬戸内海に拡がった。海岸に漂う油を、漁民が柄杓で必死にすくい取るのが、最も「近代的」な油除去技術であった⁴²⁾。

5万トンのタンクは直径が52メートル、高さ23メートル、側壁の鋼板の板厚は下部が27ミリ、上部は4.5ミリであり、底板は周りの部分は12ミリである。もちろん基礎は盛り砂である。タンクの底板の破損——小部分であったかもしれない——から流れ出た油が基礎の盛り砂を流してタンクを支える基礎の役割を果たさせない。すると、タンクの底板は陥没し、破損が決定的になる。タンクの油は噴出し、基礎を崩す、底板はさらに破損する。

底板の破損の原因は、製作上の溶接の手抜きか、それとも基礎の不等沈下か。

第一の場合、50メートル×20メートルに定寸の鋼板を貼りあわせるのだから、位置あわせが難しく、板と板との間に間隔があく場合、丸棒などを入れる手抜きもある（あんこを入れるという）。このようなことがなくても、工事を急ぐあまりに、鋼板の開先をとり、溶け合うようにする溶接が不十分なことがある。とくに底板の周りの部分には力がかかるので、溶接が不十分であるとひび割れなどを起こす。また、腐食によって穴があくこともある。そこから油が漏れる。

第二の場合、基礎の盛り砂は、埋立地だから、サンドドレン工法などによって水抜きをしても不等沈下を防止する。しかし、水抜きが十分にされていないため、使用後のタンクは底板が不等沈下によって波打っている。不等沈下によって溶接の不十分な部分が破損する。

巨大タンクは砂上の楼閣である。なぜ巨大になるのか。5万トンのタンクを2基つくった場合よりは10万トン1基の方が材料の鋼材が10%少ない。

巨大タンクは割安なのである。巨大タンクがコンビナートに並ぶ。コンビナートの敷地の半分はタンク群である。

タンクには LNG タンクもある。LNG——液化天然ガスはマイナス 162°C で貯蔵される。マイナス 162°C の温度に耐える材料——ニッケル合金にてつぐられ、直径が 80 メートルの半地下方式である。LNG が流出すると危険なので半地下方式をとる。

コンビナートには、毒ガスである塩素のタンクもある。

タンク群は、通常、静的には壊れないようにみえる。地震が起きたら、動的な状態ではどうなるか。

タンク群、コンビナートと市街地には、危険を遮断する地帯の設置が、なよりのフェイルセーフである。

〈地震が起きたら〉 阪神大震災は石油化学コンビナートによる被害はなかった。石油化学コンビナートが立地されていなかったからである。

都市人口が集中し、石油コンビナートも集中している東京湾に、今度のような地震が襲ったらどうなるか。工場の被害と周辺都市住民の被害はどのように想定されるか。

コンビナートは、単に危険物、有毒物、可燃物を保有・貯蔵しているのではない。そこでは操業のため、火が使われ、高温、高压、あるいは低温の状態装置が稼働している。

幸いにも、今までコンビナートは震度 7 を超える阪神大震災のような地震はなかった。

1964 年の新潟地震では、石油精製所とアンモニア、メタノール工場の装置が倒壊し、石油タンク、装置が炎上した。1978 年の宮城沖地震では石油精製装置は夏期メンテナンス中であり、装置は操業していなかったため、火災の発生はなかった。1983 年の日本海中部地震では、電力会社の石油タンクの浮き屋根がタンクの側壁にぶつかり、その火花によって炎上した。

石油装置や化学工場の地震による被害は、その結果から地震対策がとられ

ている。しかし、その対策は万全ではない。

コンビナートは、直下型の震度7以上の地震による安全性はまだ確かめられてはいない。

〈災害想定〉地震の対策は、被害を想定することから始まる。しかし、いま想定されている地震と被害の規模は関東大震災からシミュレートしたものである。関東大震災の頃にコンビナートはなかった。

被害の想定、シミュレーションは施政者にとって都合の悪い場合、たとえばその被害が大きく想定されたり工場の立ち退きが迫られるような場合は被害は少な目に見積もられよう。フォルトツリー(欠陥関連樹)による安全性の解析は、危険の想定を安全側に選択すると、危険・欠陥の連関は途絶えて安全と判断される。安全確保が恣意的になる。しかし、地震による被害想定は、危険を予想して起こりうる要因を分析し、対策を考えるために大事である。

データは1973年と古いが、建設省の委託調査「京浜臨海部防災遮断帯整備基本調査及び京浜臨海部災害遮断帯防災効果調査」は、予想被害の考え方において的を射ている。これを基に予想被害を考察したい⁴³⁾。

コンビナートの装置は耐震設計・施工がなされているとはいえ、一装置にさえ100を超える機器があり、パイプやバルブの継ぎ目は万を超すのであるから、地震による強い力がかかると、間違いなくいくつかは破損・切損する。すると、ガス漏れ、油漏れ、あるいは有毒ガス漏れが起きる。

装置は500気圧を超す高压装置、1000°Cの高温、マイナス162°Cの低温にて操業しているから、装置の破損は拡大し、爆発を引き起こして他の機器をも破損させる。そこから噴出する高温ガス、低温ガス、有毒ガスの引火爆発は避けられない。

平時の時の事故対策では、破損、火災・爆発はエマージェンシー操作、消火対策のマニュアルに従うこともできようが、今度の阪神大震災でもわかるように、歩くどころか、つかまらないうと立つことさえできない状態では、マニュアル通りに手早く動くのが困難であろう。

阪神大震災では、近くの製油所に姫路の出光興産兵庫製油所、堺泉北の興亜石油大阪製油所がある。両製油所の地震対策の責任者の座談会では、この時、アラームが鳴る計器盤の表示をみるのが精一杯で、3~4メートル離れたスイッチボタンを押すことができなかつたと語る⁴⁴⁾。直下ならばどうなったか。

装置を緊急に停止するための装置内のガスの放出、加熱炉のバーナーの燃料の停止などバルブの開閉、これらは自動制御とはいえ、装置へ指示する回路がつながっているとは限らない。たとい、装置に付随している感震計によって、装置が自動的に停止できても、いずれの装置内のガスを、一斉にフレアスタックに送るとフレアスタックでの燃焼は難しい。いずれの装置もガスが一斉に大気中に放出されるとどうなるか。低温のガスは地を這わないか。大量のガスは、あたりにたちこめないか。引火しないか。

破損した装置への対策、消火は、倒壊した機器、地割れ、油漏れなどによる交通マヒ、渋滞によって対応がいっそう困難になる。

コンビナートの地震による被害の拡大は、つぎに示す4段階が想定される。

- 第一の段階 個別火災・爆発、同時多発
- 第二の段階 局地火災・爆発
- 第三の段階 地区火災・爆発
- 第四の段階 コンビナート全面火災

第一の段階から第四の段階に至る間の防災は、不可能であろう。なぜなら、それは、コンビナートの装置、工場が隣接しているからである。そして、そこから漏洩・流出した油やガスは、陸上ばかりではなく、さらに海上にも流れ出て、拡散し、引火・爆発、その火炎により誘導される火災と爆発、毒性ガスの拡散も伴うため、後段階の防止活動は不可能である。

まず、第一段階における防止以外に方策はない。

装置の設計、建設、運転においてどのような地震対策がとられているかは

表1 コンビナートの爆発の危険性
(液化エチレンを例にした川崎・横浜地区コンビナートの場合)

工場	平常時 エチレン保存量 (kg)	R ₁ (m)	R ₂ (m)
A 化成	35,000	108	195
N ブチル	5,400	60	109
N オレフィン	179,000	186	337
A グラウ	104,000	156	282
N 樹脂化学	273,000	210	380
N ユニカー	40,000	114	206
N 石油化学	176,000	180	326
U 石油化学	2,080,000	420	760
N 石油化学	207,000	198	358
T 石油化学	2,800,000	468	847

R₁ = 木造家屋に相当な被害を与える範囲 (建物半壊, 小屋組ゆるみ, 柱折れる)

R₂ = 木造家屋に相当な被害を与える範囲 (窓枠, 雨戸破損, 瓦崩落, 羽目板裂く)

出所 建設省都市局, 日本都市センター『京浜臨海部防災遮断帯整備基本調査及び京浜臨海部防災遮断帯防災効果調査報告書』(1973)

後述する。その前に引火性の油, ガス, 毒性がある危険物の危険性, 被害について想定しよう。表1, 2は京浜地区の危険物の集積量を示す。

① 海上に流出した油の危険性

タンカーから油が海上に流出すると, 風, 海流, 油の種類の違いはあるが, 円形に拡がる。これが燃焼すると, 輻射熱によって有機物が引火する, あるいは人体が火傷する。また, 油の成分によって中毒が起きる。

1万トンのタンカー (普通は20万トン) の場合, 原油は流出27分後に半径370メートルに拡がり, そこから発生する引火のおそれのある揮発性ガス濃度は半径1000メートルに拡がる。油面半径が500メートルに拡がると, 引火, 人体の火傷の危険性, 有機物に引火する危険性が, 半径1000メートルの範囲に拡がる。

LNGはより危険であるが, そのデータはない⁴⁵⁾。

表2 コンビナートの有毒ガスの危険性

(塩素ガスを例にした川崎・横浜地区コンビナートの場合)

工場	平常時 塩素保有量 (kg)	R ₁ (m)	R ₂ (m)
S 化学	35,830	2,000	500
K 有機	38,400	2,000	500
T 石油化学	4,910	1,000	100
N 石油化学	3,160	500	100
S 電工	9,120	1,000	100
S 石油製油所	1,400	500	100
S 電工	53,030	2,000	500
N 鋼管	2,420	500	100
N ネオプレン	1,580	500	100
N 鋼管	2,420	500	100
T ソーダ	30,000	2,000	500
N 化学	12,000	1,000	100
S 電工	120,000	2,000	1,000
N 鋼管	1,000	100	50

R₁: 塩素濃度 1 ppm 以上の範囲

R₂: 塩素濃度 10 ppm 以上の範囲

出所 表1と同じく建設省の報告書, 49, 50 ページより作成。

② 油タンクの火災の危険性

油タンクの流出油による火災面が直径 100 メートルの場合、そして無風状態では、人間が火傷を負う距離は、火災の前面から 380 メートル、木造家屋に引火する距離が 150 メートルである。タンクは直径が 100 メートルの大型タンクもある。

③ 爆発の危険性

石油化学の最も基礎的な原料はエチレンである。エチレンは漏洩するとガス状になり、空気と混合して爆発可能な状態になる。保有されている 3000 トンのエチレンの 100 分の 1 の 30 トンが爆発すると 450 メートルに位置する木造家屋は全半壊する。コンビナートには、他の装置にもエチレンがまだ大量に存在する。爆発性のガスはエチレン以外にも沢山ある。

ダイナマイト 1 トンが爆発すると半径 800 メートルの範囲の窓ガラスが壊

れる。平常時の石油化学工場の爆発では、実例でも1~2キロメートル範囲の窓ガラスが壊れる。コンビナートはダイナマイトを何十発も抱えているに等しい。

④ 有毒物質の危険性

コンビナートには塩化ビニルの原料になる塩素がある。塩素は最初の毒ガスとして戦争に使われた。

塩素120トン保有する工場において、その100分の1が流出すると、風速1メートルで、肺に炎症を起こしたり、循環器障害を起こす10 ppm濃度に拡散する範囲は1000メートルと算出される。

コンビナートには、塩素を使用する工場は多くある。有毒ガスは塩素ばかりではなく、アンモニア、一酸化炭素、シアン化水素、硝酸、硫酸の有毒物が多数存在する。

⑤ 危険物輸送

コンビナート間では、危険物・可燃物はタンク車や小型タンカーにて輸送されている。阪神大震災でもわかるように、これによる被害を考慮しなければならない。

⑥ コンビナートの危険性

この報告書には、市街地の被害が想定されている。コンビナートに隣接する川崎の浮島、千鳥の被害がとくに大きい。

〈装置の設計・施工における地震対策〉 石油精製装置、化学装置の耐震設計は建築基準法の耐震設計とは異なっている。建築物の耐震性は、建築物内の人命の尊重を第一としているため、建築物の壁のひび割れなど、局部的な塑性変形はやむをえないとされていた。しかし、化学装置は、地震によって局部的な応力を受けると、その箇所が脆弱になり、高圧・高温の操業の影響によって材料の強度が低下して破壊する——ひび割れするなどのおそれがある。そこから、装置の内容物の可燃物、毒物が流出する危険がある。したがって、化学装置の耐震設計は建築物より厳しい、地震によるゆれをも考慮し

た設計法をとっている。しかし、装置の構造材料が耐震設計されたとしても、地震の時、安全とはいえない。

まず、化学装置は腐食雰囲気で作業されているため、メンテナンスの時に見逃す微細な装置の腐食で、震度4の地震によって座屈（設計時以上の加重によって折れ曲がる）破壊が生じ、油漏れして火災を起こした例がある。塔などが基礎ボルトの腐食で転倒する場合もある。

油類のタンクは、地震による火災の原因になっている。浮き屋根が側壁に衝突して発火、これを防止するために浮き屋根の縁にゴムの緩衝材を取り付ける。この商品名がキスシール、その効果は「燃える」では洒落にもならない。地震によってタンク内の油が揺れることをスロッシングといっている。その結果、油がタンクからこぼれることがある。タンクには油がこぼれないように少なく容れるとよい。そのような無駄なことはしない。

前述したように直径100メートルを超すタンクが埋立地の砂上に寝そべっているのである。地震による流動化現象は、埋立地では砂と水を吹き上げる。タンクの底板（厚さ9～12ミリ）は波を打ち、しわになる。底板と側壁の隅の部分は、油の重量と地震、それに流動化現象による不等沈下が応力を発生させ、破壊するおそれがある。

阪神大震災では、LPGタンクからLPGが漏れ住民が避難した。たかかといえば語弊があるが、LPGはプラスチック製の百円ライターと、ほぼ同じガス成分である。千葉、川崎、横浜にあるLNGは違う。マイナス162℃でないと液体にならないガスである。LNGが流出したら、冷たいガスが地面を這ってどのように流れるか。海に流れると海水が凍るか。LNGを大量に流出した例は知られていない。LNGは硫黄分がないクリーンな燃料として東京電力は発電に使っている。

精油所や化学工場は、消防法などにに基づき機器間の距離・通路の配置が定められ、防油堤が設けられている。地震の時には、装置に付置されている架台の落下によって通路が途絶し、流動化現象によって防油堤（土盛り）が破壊

されよう。

〈装置の運転における地震対策〉 前述したように平時の事故に対する、エマージェンシー操作、消防、緊急連絡などは、設備としても、マニュアルにしても整備されている。しかし、地震の時、消火設備の水、スチーム、電気は供給されるか。計器の作動に必要な空気は供給されるか。それが供給されなければ、地震のためのエマージェンシー対策は絵にかいた餅である。そのため、電源の無停電化、空気溜の設置が必要になる⁴⁶⁾。

地震の時、装置は液面が地震のため揺れ動き、共振して変動する。そのため、全ての装置の液面は異常レベルに達し、運転が乱れて運転が混乱・不可能になる。

コンプレッサーのオイルシール、ボイラーの給水などによって、これらはシャットダウンせざるをえない。

つぎには、安全弁の対策である。装置は異常な事態、設計時以上の高圧になるとき、装置の安全性、すなわち高圧装置の危険、爆発を避けるため安全弁が作動する。さきに述べた装置の液面異常のため安全弁が作動し、そこから装置内のガスを逃がす。そのガスはフレアスタックで燃焼するのが普通の安全対策である。しかし、地震による異常事態で安全弁が全て作動すると、大量に安全弁から吹き出すガスはフレアスタックでは処理できない。また、通常、安全弁が一斉に、同時に吹き出すことがないので、その作動は確かめる必要がある。一斉に安全弁からガスが吹いたら、装置は背圧になる。それは、また危険である。

前述した装置の耐震設計が十分になされていても、可燃物の漏洩は必ず起きる。そのため火の元を早急に断つ必要がある。加熱炉、分解炉のバーナーの燃料油・ガスラインの遮断、スナッフingスチーム弁を開け、これを吹き込む。地震の時、スチームは活着しているであろうか。分解炉の操業温度は1000°C付近である。その炉は急速に冷却はしない。

装置は感震計によって、火の元の遮断など一連のエマージェンシー用の弁

が自動停止される。これらの弁はフェイルセイフに、安全方向に作動することになる。

地震によるエマージェンシー対策の装置の操作は、集中制御室の制御盤で行われる。地震によって、制御盤、電気回路、作動空気が壊れては、エマージェンシー対策はできない。

港湾や2000メートルはゆうにある広いタンクヤードを駆けて入出荷作業を停止させる。装置の元弁を閉じる。かようなエマージェンシーのための、多々ある操作、作業を、地震の時に少人数作業員がこなすことができるであろうか。タンクを点検するにも、屋根まで登らねばならない。工場は無入化をねらうがエマージェンシーを考慮すると不可能である。

いま、石油化学コンビナートでは、防災訓練がおざなりにさえなっている。地震の想定がない訓練ではないか。感震台に乗って、あるいは、地震のシミュレーション——バーチャルリアリティを使つての防災訓練も必要になろう。

〈窺いしれないから危険、立地こそ最大の地震安全対策〉 コンビナートが直下型、震度7以上の地震に襲われたら、前述した地震対策を十分に施しても、火の海、毒ガスの中を逃げ回るのが精一杯ではないか。コンビナートには地震は来ないと思つて、誰もが毎日を通つている。川崎の浮島にあるコンビナートは、橋が一本あつて川崎の街側につながつている。大震災では、その一本の橋に向かつて、逃げ渡ることは、芥川の小説「蜘蛛の糸」かもしれない。橋が落ちていなければ、一本の橋に人は殺到する。浮島もその周りの海も流れ出た油とガスで燃える。火の地獄が迫る。

コンビナートで働く人は危険を承知して、そこに通つている。

コンビナート周辺の都市住民の安全は住民自身では守れない。都市住民はコンビナートで働く人と違って、コンビナートの中身がわからない。最先端の技術だからコンビナートは安全だと信じてさえいる。信じさせるのが、施政者の意向である。

企業機密ということで、危険物の使用さえ会社の外に知らされない。新潟地震についての土木学会の報告では、工場災害の15編は、企業名が企業の要望で匿名である。

なぜ、コンビナートは危険なのか。それは地震対策が、外部から窺いしれないから危険なのである。

コンビナートでは、生産の集積・集中の利益を得るため、大量の可燃物、危険な毒物を取り扱われ、高圧、高温、低温における操作によって製品がつくられる。生産の集積・集中の利益は、逆に危険の集積・集中である。

たとい、装置の設計・施工において、運転において地震対策が十分になされても、コンビナートの生産の集積・集中は危険の限度を超え、制御が不可能である。

石油化学コンビナートの地震被害想定は、阪神大震災を忘れないうちになされ、公開されるべきである。その結果、その想定はバーチャルリアリティ——仮想的現実ではなく、現実になりうることを知る。

都市周辺のコンビナートの地震対策は、都市との間に遮断帯を設ける。しかし、それはコンビナートの移設であり不可能であろう。といて、人が安全に住める都市、その都市計画にはコンビナートの隣接はありえない。

6. 使い捨ての構造

6-1. ムダのすすめ

(1) ポリマー製品の使い方・使われ方

〈耐久消費財、農業・水産資材、建材、流通用包装材の素材〉 大量消費社会は、ムダをすすめ、ムダを制度化した。大衆消費財——耐久財、消耗財の出現、その素材になる化学製品は、前述したように合成繊維、塗料、プラスチック、ゴムなどのポリマーである。

ポリマー製品は、どこにどのように使われているか。

① 耐久消費財——自動車、家電製品に使われる。自動車はSBRゴムのタイヤがなければ走れない。その他にも自動車の耐油性チューブ、シーリング材、接着剤も特殊ゴムである。ABSやポリエチレン製のバンパー、塩化ビニル、ポリウレタン製のシート、計器や内装にもポリエチレン、ポリプロピレンを使用し、ポンプ類の歯車にはポリアミドが使われる。自動車の車体を軽量にすると燃費がよくなるので、車体重量の9~10%もプラスチックが使用される。家電製品では、ラジオやテレビのキャビネット、冷蔵庫の内箱や保温材、電線、ソケット類、PCのフロッピーもプラスチック製である。

② 農業・水産資材では、温室用のフィルムは耐候性、紫外線の透過性から塩化ビニルが使われることが多い。プラスチックが使われているものとしては、灌水チューブ、育苗箱、収穫箱、漁網、ロープ、釣り糸、魚箱、救命具、FRP製船体があげられる。

③ 建築・土木資材では、屋根・壁の外装材、床・壁の内装材、保温材、サッシュ、バス、水道・下水管、ガス管に使われる。

④ 日常雑貨品では、バケツ、食器、照明器具、電線、ゴミ袋、玩具、文具がプラスチック製である。

⑤ 流通資材（包装材）、食料品包装材は大量であり、熱可塑性プラスチックが主として使われる。

塩化ビニルや、ポリエチレンのフィルムがラップされたポリスチレン製のトレイは、鮮魚、野菜類などの形や数を整えるために、スーパーの商品には最も必要な包装材である。

0.6ミリの卵パッケージは塩化ビニル製、ポリスチレン製、これによって卵は10%壊れていたのが、2%に減った。豆腐も納豆も量産のためにプラスチックでパッケージされる。スーパーの袋は極薄のポリエチレン製である。(スーパーの商品は客が自ら選ぶため、重量や形態が一定で、直接手に触れないようにするため、どうしても包装が必要になる。そのため不揃いな

野菜などは廃棄され、ゴミになる。スーパーのシステムは包装ゴミを生産する。今後、包装の工夫、組立通い箱による生産地との行き来などが重視されよう。) これらの容器は2度使うことはない。

インスタントラーメンはポリスチレン容器がなければ存在しなかったであろう。

ハム・ソーセージ類を長期保存するため、空気や水を透過しない包装フィルムは、塩化ビニリデンである。レトルト食品はアルミホイルとポリエチレンフィルムのほりあわせである。

牛乳やヨーグルト、マヨネーズの容器は、ポリエチレン製である。

ポリエチレン製の酒ビンなどのコンテナ、魚箱はポリスチレン製、梱包の時のパッキング材はポリスチレン製である。

〈耐久性、軽量、代替品、安価〉以上あげた耐久消費財から包装材まで、プラスチックがかくも多様に、大量に使われるのはなぜであろうか。

プラスチックは鉄に較べ約7分の1、アルミニウムに較べても約2分の1軽い。そして、プラスチックは耐水性、耐食性があり、外観が着色によって美しくできる。この特色を生かして金属やガラス、皮革、紙、木材の代替品になる。また、インフレーションフィルム、射出成型などによって、シートや多様な形状の品物を大量に安価につくることができた。

プラスチックがもつ特性、電気の絶縁性、耐磨耗性、耐衝撃性によって、電気、機械の部品になる。

(2) 廃棄とリサイクル

〈製品寿命と廃棄〉以上あげたプラスチック、ゴム製品が廃棄されるまでの寿命を述べる。

① 自動車、家電製品など耐久消費財に使われた場合、6~14年である。自動車は中古品市場に流れた後スクラップになり、家電製品は下取り、あるいは家庭からの粗大ゴミになり、いずれもタイヤ、シート、キャビネットな

どのゴム、プラスチック類はそのまま廃棄される。

② 温室の農業用フィルムでは塩化ビニル製は2~3年、ポリエチレン製は1年で廃棄される。ロープ類は3年の寿命である。FRPの船体は半永久的である。

③ 建築、土木資材は建物の建て直し時期、土木資材は半永久的である。

④ 日常雑貨類の寿命は3年と推定される。一般ゴミになる。

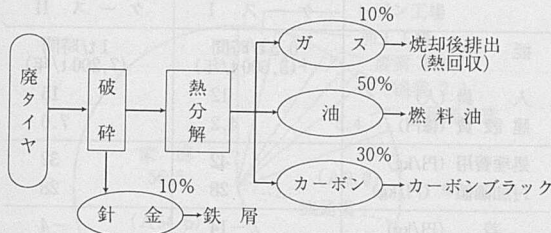
⑤ 流通資材(包装材)は1年以内に使い捨てられる。流通業や家庭からゴミになる。熱可塑性プラスチック(塩化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなど)はプラスチックの生産量の80%と大半を占め、塩化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレンの用途のフィルムをみると、低密度ポリエチレンは約60%、他は約30%がフィルムである。ポリスチレンの用途の約25%が食品の容器用である。つまり、プラスチック生産量の50%は包装材になり、使い捨てられる。

〈分散と混合、回収、リサイクル〉 ヤクルトの容器と古タイヤの熱分解による油化を筆者の経験から述べ、リサイクルを考察したい。

熱分解は固体の熱分解に対して温度制御が容易な砂流動層の反応装置を用いた。ヤクルトの容器はポリスチレン製なので、ポリスチレンの70~80%分解油が回収され、その成分はスチレンモノマーとダイマーなどであった。タイヤは熱分解すると、SBR(スチレン・ブタジエン・ラバー)なので芳香族を含む分解油とタイヤに含まれる耐磨耗のためのカーボン、ラジアルタイヤの網状のスチールが生じた。両者とも分解油は燃料油に使用できる。タイヤのカーボンは再利用に難点があり、スチールは流動層反応器の運転を妨げた。

ヤクルトの容器は、ガラスビンでは重量21グラム、ポリスチレン容器では7グラムと3分の1になるので、婦人でも容易に運搬でき、しかもガラスビン容器のように回収して洗浄、リサイクルする手間が省ける。容器は回収すると、容器の中の残液が腐敗し、悪臭がでる。配達も容易でも、回収の方がコストがかかる。大量に集積ができると、分解油中のモノマーを精製して

図4 廃タイヤの熱分解による生成物



出所 佐伯康治『現代技術体系と廃棄物』日刊工業新聞社
(1980) 129 ページ

重合の原料に再利用できるが、燃料油を少量生産するのではメリットがない。ヤクルト容器は使い捨てなのである。

ポリスチレンの砂流動層による熱分解は、クラレのクラリーノの製造時に生ずるポリスチレン廃棄物に採用され、分解油は燃料に使用された⁴⁷⁾。

古タイヤは、前述したカーボンとスチールの処理、古タイヤの回収システムができなかったため日の目をみなかった。しかし、1974年、古タイヤの熱分解の試験プラント運転結果では、生成物は図4に、経済性は表3に示され、タイヤ1本に、たった100円の処理費でよかった。

古タイヤの有効利用は、表4に示される。表4に示される焼却法、つまり、セメントのキルンの燃料に、現在、破碎されたタイヤが使用される。セメントのキルンでは、タイヤに含まれる亜鉛、硫黄、針金もセメント成分になる。塩化ビニルなどの塩素分も石灰に化合して無害になる。火力発電から排出する石炭灰もセメントの珪素分に使用が可能である。これはエコセメントとして売り出された⁴⁸⁾。

大量に出回っている熱可塑性プラスチックは、450～500℃に加熱すると油化する。しかし、これが油化しても燃料油では付加価値がない。しかし、塩化ビニルが混入すると、熱分解するとき生ずる塩酸を除去しなければならない。

表3 廃タイヤの熱分解処理の経済性

	ケース I	ケース II
能力	0.5 t/時間 (3,600 t/年)	1 t/時間 (7,200 t/年)
人員(人)	12	15
建設費(億円)	4.2	7.0
処理費用(円/kg)	42	32
付加価値*(円/kg)	28	28
差(円/kg)	-14	-4

(註) ※ 油 25 円/kg カーボンブラック 50 円/kg
 針金 25 円/kg

出所 図4に同じ。124ページ

したがって、ゴミは塩化ビニルを混入しているので油化によるリサイクルは難しい。

農業フィルムにしても、塩化ビニルの混入もあるし、小石、土の混入がある。これらを混入したまま熔融し、寸法や強度にあまり関係のない土木資材に活用する方法がある。しかし、これは使用先に限度がある。

ポリエステル製の容器(PETボトル)のリサイクルの例、自動車のバンパーのリサイクルの例はあるが限られている。

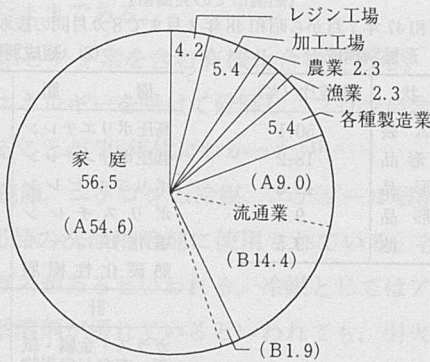
図5、表5に示すように、プラスチックの大半は家庭ゴミに混入し焼却処分される。しかし、包装材に使用された塩化ビニル、塩化ビニリデンは焼却

表4 廃タイヤ有効利用法

種 類		問 題 点
再生利用	更生タイヤ 魚 礁 その他の緩衝材等	更生回数に限界、最終処理が必要 需要量に限界 需要量に限界
	粉末化用 再生ゴム 道路舗装、バラスマット等	需要量に限界 需要量に限界
最終処理	焼 却 (熱回収)	二次公害防止、経済性の面で不利
	熱 分 解	ガス、炭化物回収 油、炭化物回収 ガスの利用で汎用性が少ない 最終処理として合理的

出所 図4に同じ。125ページ

図5 廃プラスチック発生率



出所 プラスチック処理促進協会『廃プラスチックを含む廃棄物の資源化に関する報告』より作成。

炉にて分解して塩素、塩酸になり大気を汚染する。その除害のために、1978年、100トンのゴミ焼却炉では中和剤の苛性ソーダが月50万円必要であった⁴⁹⁾。

塩化ビニルはフィルム類の使い捨てに使用せず、土木資材の配管類の使用に向けるべきである。塩化ビニリデンもポリエチレン使用を考えるべきである。

プラスチックのゴミは塩化ビニルなどの混在が処理を困難にするが、製品の差異化のため複合材料が多く開発されることが処理をより困難にする。

いろんなものが混ざって、散らばっているからゴミである。分類され、回収されるならゴミにはならない。ゴミの利用、屑の利用でも、前述したように大量に集積した副産物の屑はコンビナートになる。

ゴミ工場からみえる風景は、大量生産・消費の結果による処分に困るゴミ、まだ使える、新品同様の粗大ゴミの増大である。川崎市のゴミ工場に行ってみると、3月になると新品同様の冷蔵庫など家電製品が持ち込まれる。卒業していく学生が出す粗大ゴミである。また新品同様の、フランスベットといわれるスプリングがつめられたベットもよく持ち込まれる。これは新婚

表5 家庭から分別収集されたプラスチックの形態と組成

(船橋市での実測値)

(測定：昭和47年7月から昭和48年2月まで8カ月間の抜取りの平均)

(1) 形態別構成

(2) 組成別構成

形 状	構成比 (%)	樹 脂	構成比 (%)
フィルム袋	50.1	高圧ポリエチレン	33.1
ブロー成形品	18.2	低圧ポリエチレン	13.2
真空成形品	12.6	ポリプロピレン	10.0
射出成形品	9.5	ポリスチレン	15.7
その他	9.5	塩化ビニール	16.7
		熱硬化性樹脂	1.6
		計	90.3
		ガラス・金属・紙 布・木などの異物	9.6

出所 プラスチック処理促進協会『都市ごとプラスチック』

時に買い、子供ができると、家が狭いため捨てるものらしい。狭い家に家電製品が詰まった、子供の居場所がない風景が豊かといえるか。ゴミ工場の作業員はベットに張りつめたスプリングをペンチできった。いま、スプリングをおもに破砕する機械も揃えた。

新品同様の製品を引き取り再利用するが、また修理代が高いといって新品をすすめるのではなく、修理して長持ちさせる、廃棄するときは処理処分できる製品がこれからの製品ではないか。

ゴミから遠望する豊かな社会は使い捨ての社会ではない。

◻<PCB, フロンガス, 溶剤> 化学技術の進歩、これによって新しい化学製品が合成され、多くの便益と同時に損益がある。さきにあげたプラスチックもその一例である。前述した農薬による「沈黙の春」もその例になる。

◻ここでは、回収が可能であるとはいえ、有害な、公害を引き起こしている化学製品をとりあげる。

PCB (塩化ビフェニール) については、1章に述べたように、熱媒体、絶縁油などに用いられた。国内で生産されたPCBは5万4000トン、うち7000トンが回収され、高温分解炉で処理された。鐘淵化学工業は88年から89年

末に全量処理した⁵⁰⁾。しかし、回収されなかったPCBは当然とはいえ、環境にまき散らされたままである。

フロンガスは塩素とフッ素を含む有機化合物である。フロンガスが上昇し、成層圏で太陽エネルギーを受けて分解し、フロンに含まれている塩素がオゾン層を破壊することが70年代にわかった⁵¹⁾。

フロンガスは冷蔵庫、エアコンの冷媒、エアゾール噴射剤、断熱材(発泡スチロール)、電子部品の洗浄用溶剤に使用されている。各家庭には2~3キログラムのフロンガスがあるとされる。冷媒としてはアンモニア、洗浄用溶剤としては塩素系溶剤が優れているといわれても、引火性がない、毒性が低い、化学的に安定であるなどという安全性と使いやすさからフロンガスが使用されている。

フロンガスはウィーン条約・モントリオール議定書に基づき、1998年までにその使用量を半減することをねらい、代替品の開発と回収したガス処理がすすめられている⁵²⁾。代替品は商品開発であるため、企業は力を入れているが、回収は、その費用負担が企業か、業界全体か、地方自治体かが決まらないため実施が定かでない。

塩素系洗浄用溶剤はトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、トリクロロエタン、セロソルブなどをいう。これらは衣類のドライクリーニング、メッキなどの金属表面処理の洗浄、シリコンウェハのホトリソトグラフィのための洗浄——付着している油脂や防錆油、汚れなどを溶解して除去する溶剤に使用される。これら溶剤は、急性中毒、長期的には発ガン性、神経機能、肝機能の低下などの障害を与えるという。これら溶剤は、クリーニングに使用后、加熱し揮発させて不揮発の汚れ成分を除去し、再使用する。しかし溶剤は使用中に揮発、漏洩して地下水を汚染する。いわゆる「ハイテク汚染」を起こしている⁵³⁾。

老化した有機溶剤は、委託・回収業者、たとえば日本リファイン(株)が、再蒸留・精製している。ここでは塩素系有機溶剤のほか、抗生物質の製造に

使用されるプロピルアルコールの再精製が行われている。

6-2. 地下に戻ることがない、一方的な石油の流れ

〈馬なし馬車が食べる石油〉 1859年、アメリカのペンシルバニアにてドレークが機械掘りの石油を採掘し始め、鯨油に代わる灯油を販売する石油産業が勃興した。灯油ランプは機械制大工業に夜業を、家庭に団欒の風景をもたらし、石油産業はまだ灯油の時代であった。石油ランプが電灯に変わると、自動車用のガソリンが石油産業のドル箱になり、石油産業はエネルギーの時代をつくる。

馬は植物に変わった太陽エネルギーを食べ、馬車を牽くエネルギーを得る。馬の生理・代謝——炭酸ガスや排泄物は、植物をまた育てる。馬なし馬車といわれる自動車は、かつての太陽エネルギーが変わった石油を食べるが、その自動車エンジン排泄物——炭酸ガスが石油に戻ることは考えられない。

再生不可能といわれる石油は、燃焼によって熱エネルギーに変換され、さらに機械エネルギーなどに変換されると、使いづらいエネルギーであるエントロピーになり、石油に戻ることはない。自動車のガソリンエンジンでは80%以上、発電所のスチームエンジンでは60%以上が、機械パワーにならずに廃熱として捨てられる。

石油製品は、プラスチックなどの化学製品、潤滑油、アスファルト以外、大半の75~80%は燃料になり、熱エネルギーになる。

〈リサイクルの回路〉 石油の約10%が石油化学製品になり、そのうちの半分がプラスチックになる。燃料価値以上の製品が求められてプラスチックがつくられた。これを油化して燃料油にしても、直接に石油から製造されたガソリン、重油などの燃料油と競合しえない。油化にはリサイクルの回路はない。プラスチックのリサイクルの回路があるとしたら、プラスチック特性を残したままの再利用であろう。プラスチックの加工の時に生ずる残材などは、後述するように、バージンの材料に混入され、成型、再利用される。

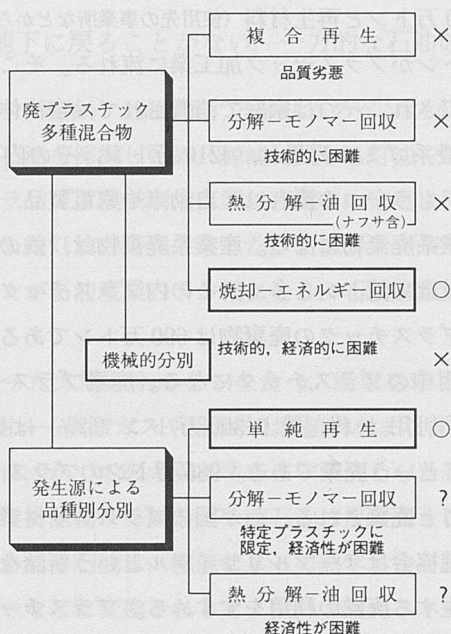
わが国のプラスチック生産量は、年間約1300万トンである。輸出・輸入を差し引いて930万トンと再生材料(使用先の事業所などから戻る)55万トンを合わせて985万トンがプラスチック加工業に流れる。そこでシート、容器、パイプなどに加工され、一つは家庭で消費されて、自治体の収集する一般系ゴミになる。一般系ゴミの総量は、4210万トン、その内390万トンがプラスチックである。もう一つの流れは、自動車や家電製品、食品、流通業などの事業所にて産業系廃棄物になる。産業系廃棄物は、鉄のスラグ、石炭灰などであるため総量は4億トンと多く、その内プラスチックは300万トンである。合わせて、プラスチックの廃棄物は690万トンである。残り300万トンは建材などに使用中のプラスチックになる。廃棄プラスチックの内、75万トン(11%)は再利用され、残り300万トン(52%)は焼却、255万トン(31%)は埋め立てという廃棄である。985万トンのプラスチック製品の83%は焼却、埋め立てと廃棄される。わが国のプラスチック業界が設立したプラスチック処理促進協会はサーマルリサイクルという新語をつくり、焼却をすすめ、その時発生する廃熱の利用をすすめる。プラスチックはプラスチックのまま回収利用するリサイクルの回路はない、使い捨てである⁵⁴⁾。

佐伯康治は、プラスチック・リサイクルの原則を図6に示す。そのリサイクルには分別が必要であり、これを行っても、やはり実現できるのは熱回収である。

また、佐伯は、プラスチックのリサイクルコストを図7に示すように回収、再生、販売コストから分析してコストがマイナスになっても社会的な負担をせざるをえない場合があり、これをどのように折り合いをつけるかが問題であると指摘する。ポリスチレン製のトレイは回収費を含めて1キログラム当たり300~400円、バージン材では150円、自動車のポリプロピレン製のバンパーはペレットの再生費用が1キログラム当たり435円、バージン材では200円である。

この差額の負担、これを社会的費用としてみてよいかということになる。

図6 プラスチック・リサイクルの原則



出所 佐伯康治, 『ペトロテック』6号 (1993) 497 ページ

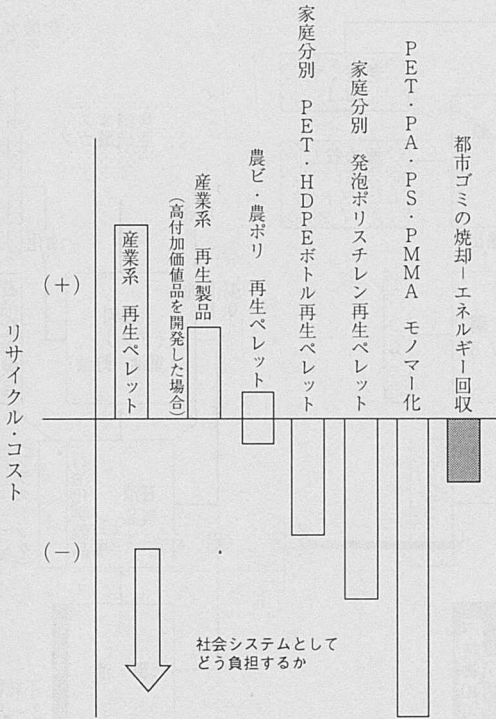
これを生産した企業か、業界全体か、地方自治体か、そのいずれかが負担しないと解決へ向かわない。

鉄とプラスチックのリサイクルの回路を比較すると、図8のようになる。自動車の車体をプラスチック製にすると、リサイクルの回路がない。

佐伯康治は、自動車のプラスチックの回収について、この回収を容易にするため、図9に示す「解体II」を提案する⁵⁵⁾。

環境にやさしいプラスチックということで、生分解性プラスチックが研究開発されている。プラスチックの特性は、耐久性がある、つまり生分解性がないことであり、また、資源制約の少ない石油を原料に大量に生産されていたことであつた。これに対し、生分解性プラスチックは、埋め立てしても、

図7 プラスチック・リサイクルのコストのモデル

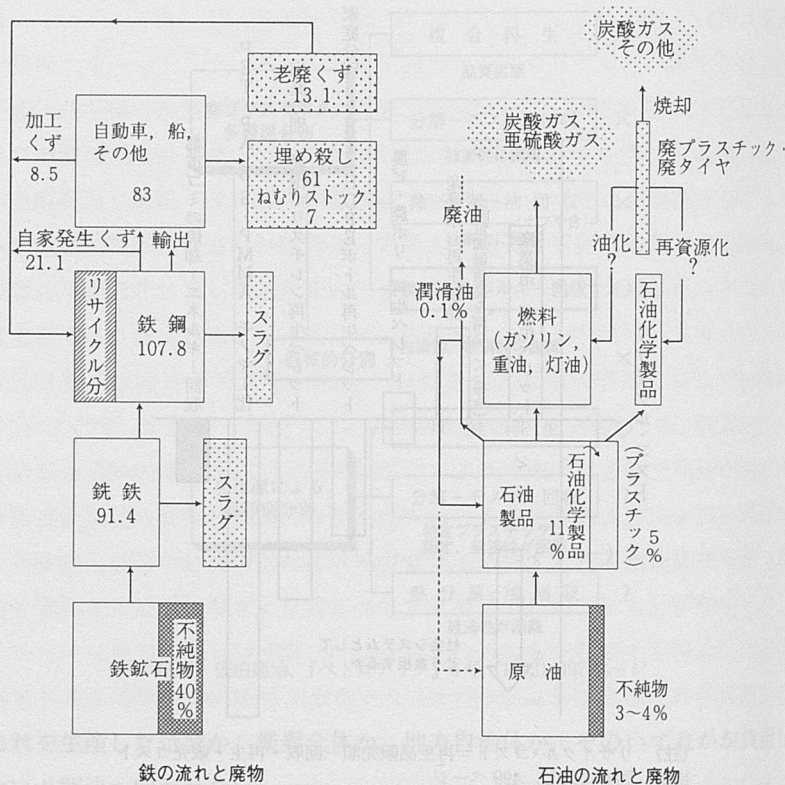


(註) リサイクル・コスト=再生品販売額-回収・再生・販売コスト
出所 図6 に同じ。499 ページ

海や山野に散乱させても、耐久性がないので、生分解するから生態系を擾乱しないというのが売り物である。はじめから使い捨てするための生分解プラスチックではないか。生分解性プラスチックは脂肪酸や澱粉を原料にする以上、資源制約を受け、大量に、安価に生産できないので、使い捨てのままならないということではないか。

廃棄プラスチックによる憂慮される環境破壊は海である。漂流物の70%はポリスチレンを含むプラスチックである。プラスチックは粒子になり、海鳥やウミガメの胃の中に発見される。漂流するプラスチックには使い捨ての

図8 鉄と石油の流れと廃物

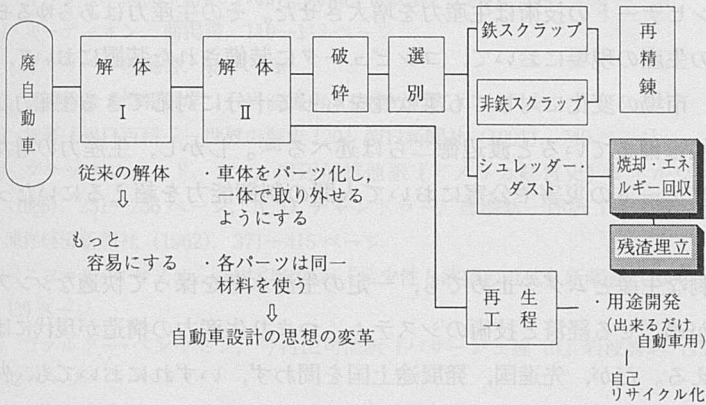


出所 石油連盟資料, 日本経済調査会「資源の有効利用」調査報告 76-1 などから作成。

容器などばかりか、釣り人が捨てるテグスや漁網がある。ウミガメが漁網に絡まる。プラスチックは漂流するばかりか海底を覆っている。廃棄プラスチックは、海に棲む生き物を脅かし、ひるがえってヒトのいのちを脅かす⁵⁶⁾。

レヴィ・ストロースが『悲しき熱帯』にて「西洋の秩序と調和は、今日地上を汚している夥しい量にのぼる呪われた副産物の排泄を必要とするのである」⁵⁷⁾という。「呪われた副産物」はプラスチックと重なる。「西洋の秩序」をプラスチックの使用量と読むと、一人当たり、わが国では92キログラム、

図9 廃自動車のリサイクルのためのシステム



出所 図6に同じ。498 ページ

アメリカでは102キログラム、中国では4キログラムの使用である。石油エネルギーの使用量は一人当たり、わが国では2.13キロリッター（ドラム缶で約10本）、アメリカでは3.98キロリッター、中国では0.11キロリッターである。

世界がアメリカ的生活様式を求め、まもなく人口が100億になるとき、石油資源を使うとどうなるか。石油は地上に一度でると、一方的に流れ、使われ、再び地下に戻ることはない。

宮本憲一は、発展途上国の近代化は西欧流の近代化とは違った途をとるべきという。日本の経験をも活かすことも大事であるが、それを乗り越えて労働のあり方、生活のあり方の変革が必要と説く⁵⁸⁾。プラスチックを例にしても私たちは使いすぎているのである。もちろん、石油もである。使い捨てではなく、再利用、あるいは修理ができる製品、省エネルギーと太陽エネルギーの総合利用ができる製品、その地域にあった製品が新たに求められている。

資本は石油の流れに沿って、循環・蓄積され、独占資本主義は発展した。しかし、戻ることがない石油が、資本主義の持続発展の可能性を揺るがすに

ちがない。

コンビナートの技術は生産力を増大させた。その生産力はあらゆるモノづくりの生産の現場において、コンピュータに装備された装置において、経営環境、市場の変化に対しても柔軟性をもって十分に対応できる生産力の構造を現代は備えていると渡辺徳二らは述べる⁵⁹⁾。しかし、生産力の増大は、コンビナートの災害や公害において人間の制御能力を超えるにいたっている。

過剰な生産とムダを止めても、一定の生活水準を保って快適なシンプルライフが過ごせる経済と技術のシステム、つまり生産力の構造が現代にはあるといえる。だが、先進国、発展途上国を問わず、いずれにおいても、少なくともこれが、シビル・ミニマムで公正に行われる社会システムが整っていない。この社会システムを迎える準備が必要なのである。もちろん、コンビナートの技術は原子の動きを的確にとらえ反応操作に取り入れ、より人間性を豊かにする技術に向きを変えねばならない。21世紀を迎える社会の生産力の構造には、人間性に培われた多技術が納まっているに違いない。

〔註〕

- 1) デヴィッド E. シャイ、小池和子訳『シンプルライフ』勁草書房 (1987)、19ページ
- 2) ヘンリー D. ソロー、佐渡谷重信訳『森の生活』講談社学術文庫 (1992)、28、137-138、463-464 ページ
- 3) シャイ、前掲書、255、331 ページ
- 4) シャイ、前掲書、338-339、383 ページ
- 5) セネット、前掲『公共性の喪失』231 ページ
- 6) マイヤー、ポスト、小林建也訳『大量生産の社会史』東洋経済新報社 (1981)、113-114 ページ
- 7) 同上書、19 ページ
- 8) ギーディオン、前掲『機械化の文化史』106-107 ページ
- 9) 星野芳郎『技術と政治』日本評論社 (1993)、353-358 ページ
- 10) 山田鋭夫『20世紀資本主義レギュレーション』有斐閣 (1994)、61、64、75、83 ページ
- 11) J. L. エノス、加藤・北村訳『石油産業と技術革新』幸書房 (1972)、51-54 ページ

ジ

- 12) オマリー, 高島平吾訳『時計と時間』晶文社 (1994), 174, 200 ページ
- 13) ギーディオン, 前掲書, 110—113 ページ
- 14) オマリー, 前掲書, 48 ページ
- 15) 高橋秀俊『情報科学 1』岩波書店 (1983), 175 ページ
- 16) 拙著『朝日百科——世界の歴史 120』朝日新聞社 (1991), 740 ページ
- 17) ブラックフォード, カー, 川辺信雄他訳『アメリカ経営史』ミネルヴァ書房 (1986), 251—256 ページ, A. D. チャンドラー, 鳥羽欽一郎訳『経営者の時代』東洋経済新報社 (1962), 371—415 ページ
- 18) ニコラス・クセノス, 北村和夫他訳『希少性と欲望の近代』新曜社 (1995), 53, 139 ページ
- 19) ヴァルター・ベンヤミン, 今村仁司他訳『パサーージュ論 III』岩波書店 (1994), 92 ページ
- 20) M. ハリソン, 工藤政司訳『買い物の社会史』法政大学出版局 (1990), 157, 194 ページ
- 21) 星野芳郎, 前掲『技術と政治』433—434 ページ,
- 22) 重田澄男『社会主義システムの挫折』大月書店 (1994), 74—76 ページ
- 23) ブラックフォード, カー, 前掲書, 258 ページ
- 24) 都留重人『公害の政治経済学』岩波書店 (1972), 113, 120, 123, 125, 128 ページ
- 25) 山田正吾・森影英, 前掲『家電今昔物語』103 ページ
- 26) 馬場宏二『現代資本主義の透視』東京大学出版会 (1981), 175—177 ページ
- 27) 山田鋭夫, 前掲書, 61, 74 ページ
- 28) 渡辺徳二他『転機に立つ石油化学工業』岩波書店 (1984), 9 ページ
- 29) 山下甫・山本勝己『化学産業』東洋経済新報社 (1980), 74—76 ページ
- 30) 濱里久雄『日本の化学工業』日本評論社 (1994), 80 ページ
- 31) 濱里久雄, 前掲書, 31, 46 ページ
- 32) 三戸公『家の論理 2』文真堂 (1991), 12 ページ
- 33) 近藤完一『日本化学工業論』勁草書房 (1968), 87—119 ページ。国家助成の具体的な数字は同書をみること。
- 34) 石油化学工業会『石油化学工業 20 年史』(1981), 153 ページ
- 35) 近藤完一, 前掲書, 324—359 ページ。加工資本, 加工業と成型機について詳しく述べている。
- 36) 濱里久雄, 前掲書, 63 ページ
- 37) 佐伯康治, 『化学経済』1994 年 11 月号, 36 ページ
- 38) 町原信, 『経済評論』22 卷 11 号 (1973), 化学工学協会『事故災害事例と対策』

- (1979), 251-254 ページ, 出光石油化学徳山工場事故調査委員会『出光石油化学
徳山工場第2 エチレン製造装置事故調査報告書』(1973年7月23日)
- 39) 内村瞭治, 『技術と人間』1992年11月号
 - 40) 武谷三男『フェイルセーフ神話の崩壊』技術と人間(1989)10ページ
 - 41) 町原信, 前掲誌
 - 42) 千波瞭, 『エコノミスト』1975年1月28日号, 38-43ページ
 - 43) 建設省都市局, 日本都市センター『京浜臨海部防災遮断帯整備基本調査及び京浜
臨海部遮断帯防災効果調査報告書』(1973)
 - 44) 西川康二他, 『ペトロテック』7号(1995), 529ページ
 - 45) L. N. デービス, 小川進訳『LNGの恐怖』亜紀書房(1981)。LNGの危険が具
体的に述べられている。
 - 46) 石郷岡三郎他, 『出光石油技術』20巻4, 6号(1977)
 - 47) 拙稿, 『塩ビとポリマー』ポリマー工業研究所(1972), Vol. 12, No. 8, 22-28
ページ。ポリスチレンの熱分解を述べる。
 - 48) 尾花博『プラスピア88』プラスチック処理促進協会(1994), 16ページ
 - 49) 大阪大一郎, 『環境創造』8月号(1978)
 - 50) 鐘淵化学工業『化学を超えて』(1993), 105ページ
 - 51) L. ドット他, 見角鋭二他訳『オゾン戦争 1』社会思想社(1982), 29ページ
 - 52) 高市侃, 『ペトロテック』6号(1991), 513ページ
 - 53) 吉田文和『ハイテク汚染』岩波書店(1989), 91-97ページ
 - 54) 前掲誌, 30, 52ページ
 - 55) 佐伯康治, 『ペトロテック』6号(1993), 12-13ページ
 - 56) 佐尾和子他『プラスチックの海』海洋工学研究所(1995), 22, 39, 100, 122ページ
 - 57) レヴィ・ストロース, 川田順造訳『悲しき熱帯 上』中央公論社(1977), 51ペ
ジ
 - 58) 宮本憲一『環境政策の国際化』実教出版(1995), 272, 278ページ
 - 59) 渡辺徳二他『生産力構造転換のダイナミズム』日本評論社(1995), 4, 226ペ
ジ