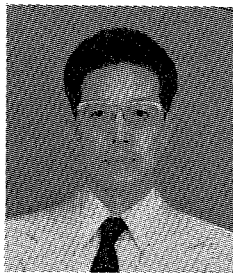


退官記念講演

UDC 667.622.3
628:613.63
69.059.5:727.3 Tsukuba

フタロシアニンと安全と筑波

Phthalocyanine, Safety, and Tsukuba

新井 吉衛*

Yoshié ARAI

私はこのたび定年退官いたしました。4年間の生産技術研究所および32年半の工科院化学技術研究所の生活を振り返り、自分として特に印象の深い、フタロシアニンの研究、化学品安全の問題、筑波移転の3つを紹介させていただきます。フタロシアニンは青や緑の優秀な有機顔料で、我が国は世界一の生産国、輸出国です。その結晶転移、反応、触媒作用を述べます。化学品は危険視されますが、難分解、高濃縮のものは特異な構造をしていることを有機概念図で説明します。化技研の筑波移転の責任者として、計画・設計・建設・移転に到る経験をご参考までに記しました。

1. はじめに

早いもので東大の生産技術研究所にお世話になってから4年が経過した。この4年間は私にとって特に幸せな人生の一時期であった。生産研のある偉い先輩が私の入所に際して、次のような意味深いお言葉をくださった。「君のように幸せな男はいない、なぜなら日本のユートピアからユートピアへ移るのだから」。

私は生産研に来るまで32年6カ月間、通産省の東京工業試験所（現在は筑波移転とともに化学技術研究所と言っている）に勤めていた。偉い先生の言われたとおり、化技研と生産研の二つは私にとって幸せの上ないユートピアであった。36年半の間の私のした仕事や思い出を振り返ってみたい。

その前に、多勢の恩師のなかから亡き2人の先生を紹介したい。まずお一人は私の学生時代の恩師、牧鋭夫先生である。私は1947年9月に第一工学部の実用化学科を卒業したが、先生には3年間親しく染料化学、芳香族化学の薫陶を受けた。ご講義はいつも名調子で、うっとり聞きほれることがしばしばあった。先生の開発された建築染料の一種、ご自慢のMakithreneの講義であったか、「繊維は朽ちても染料は朽ちず」の名科白を聞いて、思わず「本当かね」と思ったものである。

もう一人の恩師は、1958年頃、私の留学先の西ドイツKöln大学化学研究所々長のProf. Dr. Kurt Alderである。先生は化学の分野で有名なDiels-Alder反応（Dien合成）の発見により、1950年度のNobel化学賞受賞者である。先生は当時Humboldt留学生試験に合格した私をKöln大学に呼んでくださったが、偉大な化学者、哲学

者、ピアニストであるばかりでなく、巧まざるユーモリストであった。この先生と出会うことがなかったら、私の筑波移転との係わりもなかっただろう。

先生は1958年にお亡くなりになったが、Köln大学化学研究所ではいまなお先生の遺徳を偲んで、講堂に先生の名を付けている。

2. フタロシアニンの研究

2.1 大学卒業の頃

私が大学を卒業した1947年頃はまだ敗戦のなごりを色濃く残していた時代であった。産業もあまり復興しておらず、ろくな就職口もない時代だったが、試験を受けたら運良く合格し、商工省（当時）の東京工業試験所という所に就職できた。よく分からないが、なにか試験をする所なのだろうと、気楽な就職であった。当時は電気もガスもひどく不安定で、とても研究をするなどという雰囲気ではなかった。

私の入った頃の東工試は労働組合と野球部がおそろしく強い所であった。私はあまり組合運動には熱心でなかったが、野球部に入りレギュラーとなり毎日野球ばかりしていた。午後の2時か3時ごろになるとユニホームに着がえスパイクをはき、バットを担いで仲間とグラウンドに出かける毎日であった。野球をしていて月給をくれる良い所に入ったというのが実感であった。

ある朝、例によってのんびり出勤すると役所（研究所でも役所である）が騒然としていて、ただならぬ雰囲気であった。その日にレッドパージがあり、共産党員活動家の6~7人が解雇されるという事件があった。殺気立った騒動を見て、同じ所員が首を切られたことは非常なショックであったが、もし2度目の首切りがあったら、野

* 東京大学生産技術研究所 元教授

球ばかりしていた罰で必ず自分が切られるだろうと本気に考えていた。

そのうちに世のなかもおさまった頃、アメリカからPBレポート(Public Board Report)——これは戦勝国のアメリカとイギリスがドイツのI. G. Farbenの工場製法、分析法、研究報告などを差し抑え世界中に公開市販したもので、戦後の日本の化学工業に大きな影響を与えた——が入ってきた。先輩とともにその入手に努力し、輸入したドイツ語のレポートを野球のない日は朝から晩まで読みふけた。

その中で一つ私が非常に引き付けられたものがあった。青と緑のものすごく丈夫で美しい色素、ドイツが戦争中も懸命に研究し続け生産した日本にまだない色素、それがフタロシアニンであった。通産省として日本の染料工業の復興に力を入れ始めた時期に当たり、私はこの未知の魅力的な有機顔料の工場製法を日本の化学工業に紹介し、同時にI. G. Farben以後の研究を模索し始めた。

2.2 私のフタロシアニン研究

フタロシアニンという言葉をお聞きになる方が多いと思う。phthalocyanineは青や緑の有機顔料である。染料と有機顔料は化学的にはほとんど同じようなものであるが、有機顔料は着色を目的とした不溶の粉体で、染料のように水や有機溶媒に溶解することはない(溶解しては困る)、繊維に染まる性質もない。印刷インキや塗料などの色材で、ゴム・プラスチック・繊維などの着色にも使われる。フタロシアニンについて、一般の方は東海道・山陽新幹線のブルーと、東北・上越新幹線のグリーンを思い出していただきたい。現在、日本はフタロシアニンについては世界最大の生産国、輸出国で、ブルーとグリーンと合わせて約1万tを製造し世界中に輸出している。そのように発展したのは、PBレポートのI. G. 法を苦心に苦心を重ねて改良しknow howを作り上げた日本の化学工業の努力の賜物である。

私自身のフタロシアニンの研究を系統づけると次のようになる。

1. フタロシアニンの合成
2. 結晶転移と顔料化
3. フタロシアニンの反応
 - スルホン化
 - ハロゲン化
 - 酸化と還元
4. 触媒作用

このなかで、1.から3.までは化技研のチームメートと行った仕事であり、4.の触媒作用は生産研に来て小川昭二郎講師と一緒に研究したものである。本日は結晶転移、酸化と還元、触媒作用の3つについてお話す。

フタロシアニン(以下Pcと略す)は図1の構造をした化合物で、専門的な表現をすれば4個のイソインドール

が窒素原子で環状に結合し、安定な平面構造を形成している。多くの金属を中心金属として錯化合物を作れるが、工業的に使われるのはほとんど銅に限られる。金属-Pcの安定さと金属の共有結合半径の間には密接な関係があり、Pc分子の中心の4個のNで形成されるvoid(穴)とCuの半径とは1.35Åと一致する。

図1のCuフタロシアニン(以下Cu-Pcと略す)は鮮明な青色だが、周囲の芳香核に14~16個の塩素(Cl)が入ると美しい緑になる。

(1) Cu-Pcの結晶転移

顔料は、分子状に解離し溶液状態で染まる染料と異なり粉体で使用されるため、結晶型、粒子の大きさ、表面の状態などが問題となり、合成技術だけでなくX線回折、電子顕微鏡などが活躍する。Cu-Pcには従来 α 、 β の2種の同質多晶型が知られていたが、私は第3の γ 型を見出しその生成条件とともに付け加えた。

α 、 β 、 γ の3つの結晶型の間には図2に示すような結晶転移が見付けられた。

まず β 型のCu-Pcは強酸(たとえば濃硫酸)と接触すると、硫酸の場合2分子の硫酸を結合したdi-sulfateを作り、それが加水分解すると必ず α 型に結晶転移する。ところが57~60%の狭い濃度範囲の硫酸に会うと、5)や6)のようにmono-sulfateを作り、それが加水分解すると γ 型の結晶になる。X線回折で調べると、すでに硫酸塩のときに加水分解したCu-Pcの結晶型は決まってしまうらしい。

その他、3)の有機溶媒、4)の熱による α 型から β 型への結晶転移はよく知られている。しかし2)の機械的歪力による転移は非常に奇妙である。

あるときCu-Pcの赤外吸収を測っていたら、試料をプロムカリとともに摩砕し圧力をかけてdiscを作って測定すると730 cm^{-1} の面外吸収が720 cm^{-1} になることを見出した。Nujol(ヒドロカーボンの一種)でペーストにして測定すると730 cm^{-1} のままである。それがヒントになり2)の機械的歪力による転移が見つかった。

具体的には、 β 型のCu-Pcを金型に入れプレスで10 kg/cm^2 、10min位加圧すると約30%が α 型になる。ま

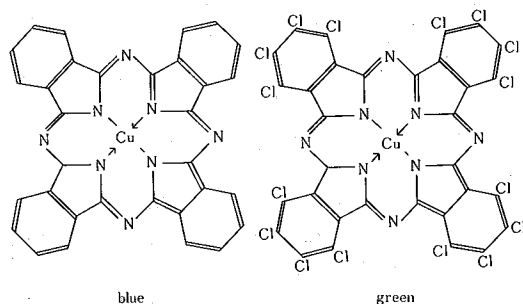


図1 Cu-PcおよびポリクロロCu-Pcの構造式

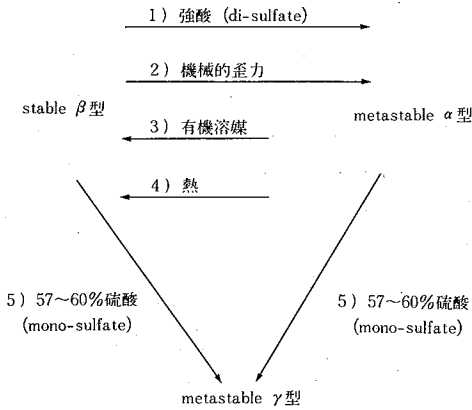


図 2 Cu-Pc の結晶転移

た、試料をボールミルに入れ摩砕して X 線回折で時間的変化を見ると、図 3 のように結晶型が β から α へとまるで生物のように変わってゆくの分かる。

(2) 酸化と還元

Pc の化学的に面白いところは、同じ化合物が酸化と還元の反対の反応を受ける点である。一般には Pc は安定な物質と印象づけられているが、酸化に対しては意外に弱くいろいろな形の酸化反応を起し環の開裂も比較的簡単に行われる。各種の Pc を弱い条件で酸化すると(たとえば硝酸で -5~0°C)、多くの Pc は紫色の酸素付加体を生成し単離することができる。これらの酸素付加体は可逆的な化合物で容易に酸素を放出しもとの Pc に戻る。Pc はその化学構造がクロロフィル(葉緑素)やヘム(血色素)に似ているが、可逆的な酸素付加体を作る点でもよく似ている。

Co-Pc のみはもっと強い条件で複雑な構造の酸化物を生成するが省略する。

多くの金属-Pc を還元すると、還元条件によりいろいろな段階の還元体が得られる。たとえば Co-Pc を液体アンモニアに溶解し金属ナトリウム (Na) で還元すると使用 Na の原子比 5 以下で 1 電子還元体(緑色)、5 以上で 2 電子還元体(赤紫色、アニオンラジカル)が生成する。これらの還元体は酸化に対し極めて敏感な化合物で、空気に触れると瞬時に発火燃焼するので、その単離精製には超絶技巧的な合成技術が必要となる。これらの還元体の構造、化学的・物理化学的性質が明らかにされたが、金属 Pc の還元体は電子授受型の触媒として興味がある。

(3) 触 媒 作 用

合成化学の分野で Friedel-Crafts 反応という著名な反応があり、工業的にも重要な位置を持つ。触媒として無水塩化アルミ (AlCl₃) を使用するが、反応性が高いため試剤にしっかり結合してしまい、触媒量ではなく化学量論的な量が必要で公害にも繋がる。化技研の研究に引き続き、Fe-Pc をこの反応の触媒とする研究を生産研で

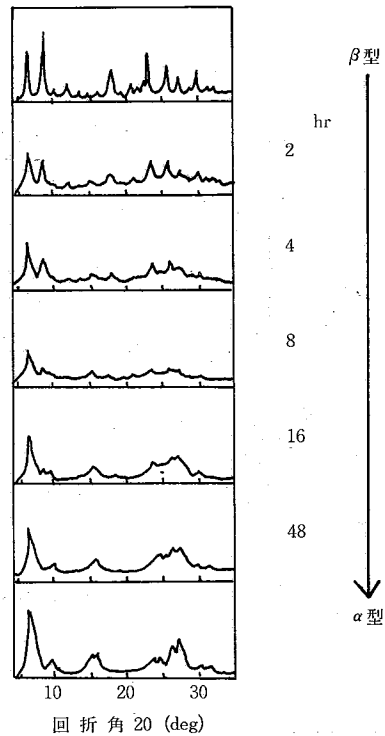


図 3 摩砕による結晶転移

行った。

結論としては、ポリクロロ Fe III-Pc(Fe III-Cl₁₆PcCl) が最も強い触媒活性を呈したが、ナフタレンのベンゾイル化およびオクタノイル化においてポリクロロ Fe III-Pc と Fe III-Pc の触媒活性を比較した実験例を図 4 に示す。

3. 安 全 (化学品安全)

3.1 化学品安全のアセスメント

これから述べる安全とは、化審法(正確には化学物質の審査および製造等の規制に関する法律)で扱う化学物質の安全の問題である。

1968 年、PCB(ポリクロロビフェニール)の混入したコメ油を誤って食品としたことに原因する「カネミ油症事件」があり、被害者が悲惨な症状に苦しんでいることは周知のとおりである。政府は二度とこのような事件が起こらないよう 1974 年に化審法を施行し、以来新規の化学物質は安全性の事前審査なしにはその製造、輸入が許されなくなった。通産省に化学品審議会を設け、新規・既存化学物質の生分解性、生物濃縮性の試験結果を試験判定部会で判定し、特定化学物質に該当するか否かを審査している。

私は、1977 年から 1984 年まで化学品審議会専門委員として化学品の事前審査に従事してきた。

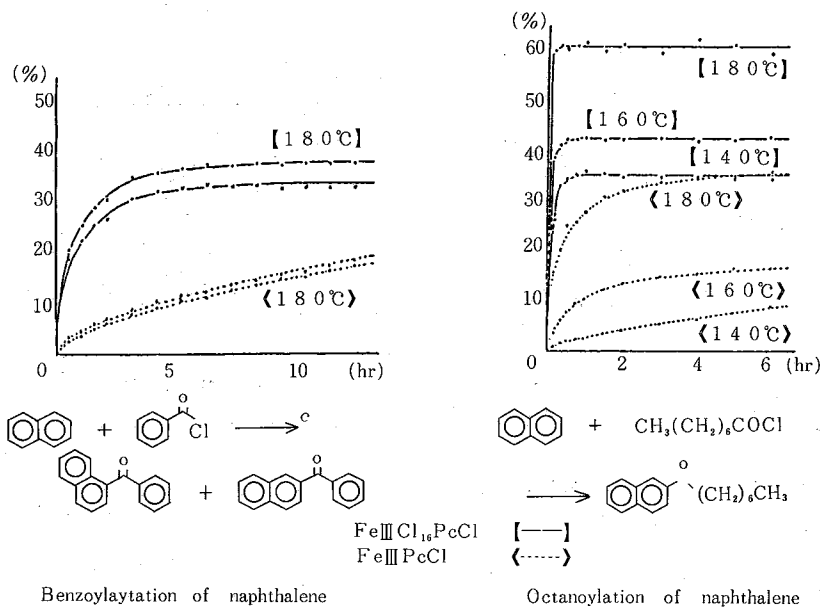


図4 Fe III-Pc の触媒作用

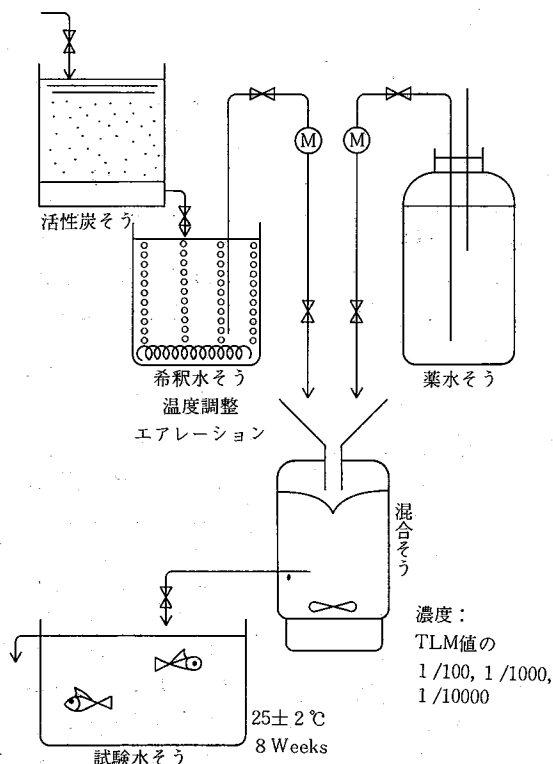


図5 生物濃縮性試験の概略

いわゆる MITI 法は、生分解性の試験および生物濃縮性の試験の2つよりなり、簡単に説明すると生分解性は、活性汚泥を定まった方法でサンプルに接種し、原則として 25°C、2 週間分解試験を行い酸素の消費量(BOD)、ま

たは直接定量により測定する。生分解性がないと判断されたものについては生物濃縮性試験を行うが、これは予めヒメダカで急性毒性を調べて試験濃度を定める参考とし、2種類の試験濃度で原則として 25°C、8 週間コイを飼育後、体内の化学物質の濃度を定量し濃縮倍率を測定する(図5 生物濃縮性試験の概略)。

分解性がなく、高濃縮性と判定されると厚生省に送られ毒性試験が行われ、毒性が認められれば特定化学物質と決定されその製造、輸入が規制される。

1984 年 4 月現在、審査件数は新規約 2,100 件、既存約 1,100 件、その結果 7 物質が特定化学物質と決定されている。数多くの試験結果が集積した現在、分解性や濃縮性と化学構造の関係のある程度推定、予測することが可能ではないかと考え、有機概念図による整理と予測を試みた。

3.2 有機概念図による考察

1958 年、Köln 大学に留学してまだ日の浅い頃、K. Alder 教授より「日本には Begriff Diagramm (Conceptual Diagram) という考え方があるそうだが説明せよ」と命ぜられた。有機概念図は、1954 年熊本大学薬学部藤田穆先生が発表されたもので有機化合物の物理性を化学構造より予測する非常に独創的で天才的な考え方である。

有機概念図というのは、有機化合物の性質を有機性(C の数 1 個に対し 20 という数値を与える。分子の大きさを現すといいよ)と無機性(無機性の表から与えられる数値で計算する。現在の言葉でいえば、骨格構造や置換基に基づく極性)に分けて表現し、それぞれの加成性

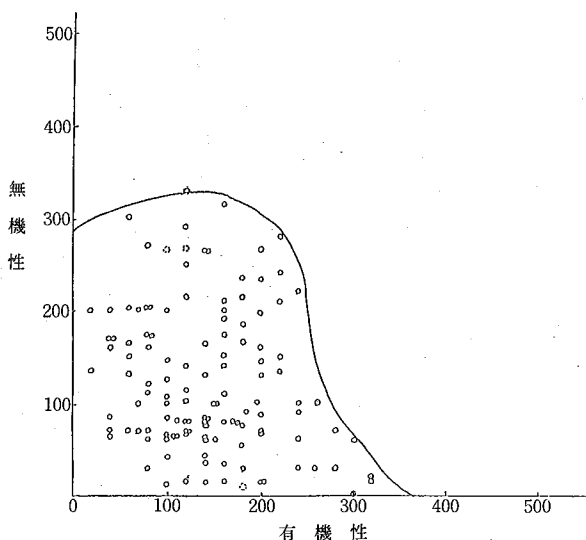


図 6 良分解性物質の有機概念図

が成立すること、およびダイアグラムを作り有機化合物の図上の位置よりその物理性を判断することを骨子としている。

無機性の値は OH 基を 100 として相対的に定められており、沸点、屈折率、分配係数を基に得られているが、考え方自体、余りにも直感的、概念的であるため、日本人にはあまり好まれない。しかし私の経験では、場合により非常に役立つことがある。

図 6 は私が 136 個の良分解性試料について有機概念図にプロットした結果である。ほとんどの試料が原点から X 軸、Y 軸それぞれ約 300 以内の領域に集まっている。その領域外の良分解試料はなんらかの形で加水分解し、分解物がさらに生分解する現象を示しているの、本来良分解領域に入るべきものと考えてよい。

この図から、良分解性であるためには、限られた分子の大きさ、および極性をもつ必要があることが分かるが、注意しなければいけないことは、逆に、この領域に入るものが総べて良分解であるのではない。

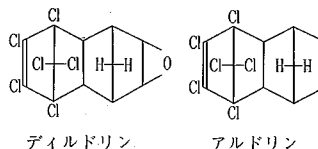
生物濃縮性と有機概念図の関係はもっと明瞭である。一般的にいって、ほとんどの化学物質の濃縮倍率は 10^2 以下である。芳香族を例にとれば、水酸基 (OH)、カルボン酸基 (COOH)、スルホン酸基 (SO₃H) などの極性基が置換したものは低濃縮性であり、その他の各種の置換基が入ってもそれほど倍率は大きくならない。しかし、ハロゲン基 (Cl, Br)、アルキル基が数個以上置換すると、場合により濃縮倍率は急に増大し数千倍、数万倍というような大きな数値を示す。

現在、特定化学物質と指定されている化学品は次の 7 種類であり、いずれもポリクロロ化合物である。

ヘキサクロロベンゼン HCB (Cl 6)

- ポリクロロナフタレン PCN (Cl 3~5)
- ポリクロロビフェニール PCB (Cl 2~6)
- DDT (Cl 5)
- エンドリン (Cl 6)
- ディルドリン (Cl 6)
- アルドリン (Cl 6)

ここで三たび Alder 先生にご登場願わなくてはならないが、この終りの 3 種類はいわゆるドリ剤と言いつ殺虫剤、特に白蟻駆除剤として著名なものである。先生はお得意の Diels-Alder 反応でこれらを合成され、しかも恩師の名とご自身の名を入れて Dieldrin, Aldrin と命名された。私もこの 2 物質について因縁浅からぬものを感じる。



私は化学物質の濃縮倍率と化学構造の関係の有機概念図で全面的に調べてみた。その内、中・高濃縮性のクロロ化合物の結果を図 7 に示す。

その結果、濃縮倍率が 5,000 倍以上の高倍率の物質は概念図上の中程度の分子量で、極性の低いところの狭い領域に集中し、その領域の傾斜は Cl 置換の概念図上の傾斜と一致している (難分解性、高濃縮性の物質が有機概念図上の同様な領域に集まることは、すでに甲田氏も指摘されている)。

前に述べたように、化学物質の大部分のものは低濃縮性である。生物の体内に濃縮し易い物質は、中くらいの分子の大きさで極性の低いものに限られる。たとえば高分子化合物や極性基が置換して極性が高いものは濃縮性はないといつて良い。

多くの data を総合すると、図 7 において、高濃縮性の領域の上 (無機性の高い) の方向には濃縮倍率はゆつくりと減少するが、反対の下方向には急激に減少するらしい。高濃縮性の領域には、特定化学物質以外にもかなりのクロロ・プロモ化合物、非ハロゲン化合物が入ってくる。かの悪名高きダイオキシン (テトラクロロダイオキシン) なども領域内に位置する。非ハロゲン物質もこの領域のものは 5,000 倍以上の高濃縮性を示すが、幸いなことにいまのところ毒性は認められていない。

図 7 の左側には、ベンゼンのクロロ誘導体の濃縮倍率とクロル置換の関係が示されている。安息香酸 (-COOH)、フェノール (-OH)、アニリン (-NH₂) などはこれらの置換基のため極性が高く、クロルが置換して概念図上で 1:4 の比率で数値が上がっても高濃縮倍率の領域に入ることはできない。これに対し、ナフタレンは 3 個、ベンゼンは 5 個、ビフェニールは 2 個以上の塩

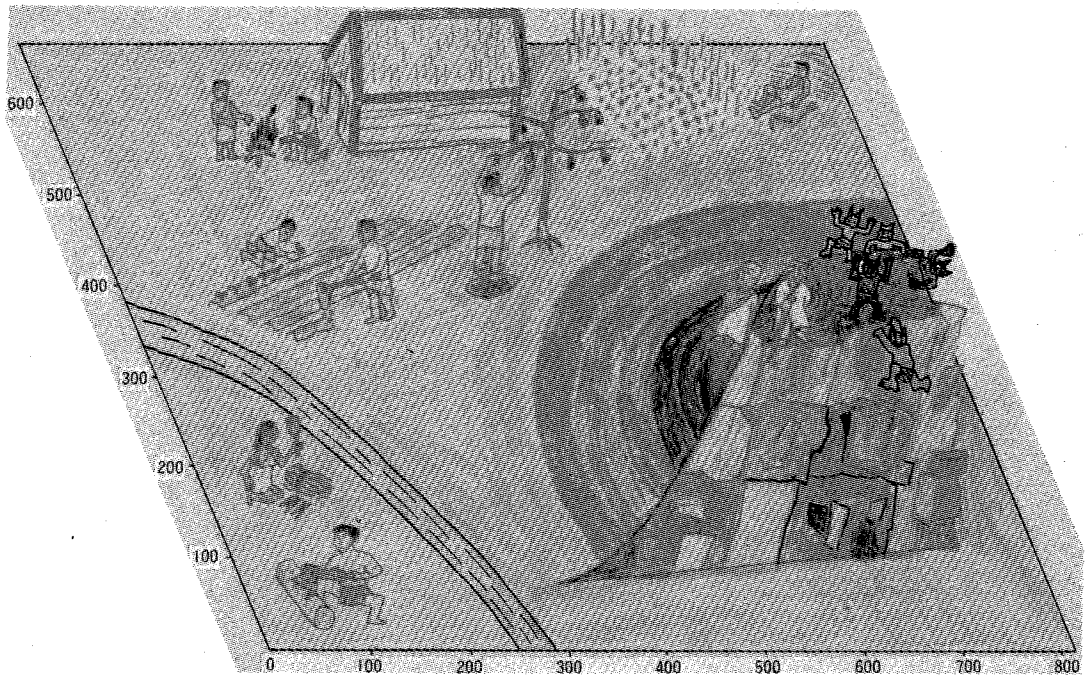


図 8 化学品安全のイラスト

素置換で 5,000 倍以上の高倍率となる。

この図では示されていないが、ナフタレンに iso-プロピル基が入ると濃縮倍率は右へ水平に移動し 2 個で 9,500 という高倍率となるが、クロルが無いため幸いに毒性は無い。

7 年余り通産省の審議会にご奉公して得た私の結論をイラストにして分かり易く紹介したい。この図 8 は、私が高校生のおいに説明して書かした漫画である。

この昔人達を表した絵では、登場人物を女（分解する化学物質）、男（難分解性物質）、鬼（男性、特定化学物質）、仙人（男性、高濃縮性だが毒性はない）の 4 種類で表している。

昔々、昔人達は、お百姓仕事をしたり、木の実を取ったり平和に暮していました。村には左の方に川が流れていました。川の左の岸には女と男が暮しており、右岸には男だけしか住んでいませんでした。すべてが平和でハッピーかというそうではなく、右下の南の方には 5 km から 2 万 m もある細長い高い山脈がそびえていて、山には恐い恐い 7 匹の鬼が住んでいました。鬼のほかにもっとよく捜すとあと 2~3 匹は見付かるかもしれませんね。おしまい。

4. 筑波移転

4.1 筑波との係わり

私が筑波計画に参画するようになったのは非常に古

く、1963 年の筑波研究学園都市計画閣議決定と同時に工業技術院のプレーンとして工技院の計画立案に関係した。筑波計画が本格的に動き出した 1973 年より東工試の研究業務、筑波移転業務を総括する企画室長、筑波移転計画室長に任ぜられ、私の筑波計画についての責任は以後その計画、設計、建設を完了し、1979 年 8 月に無事移転を終了するまでの 7 年間に及んだ。

いま考えてみると、研究所の上司が私に対し、7 年間の長い間移転計画のプロジェクトリーダーとしての非常に大きな権限を与え続けたことは異常なことであり、私はその権限に基づいて大勢の所員を指導しほとんど一貫した形で筑波計画を立案、実行することができた。

1973 年、財政投融资である特々会計（文部省以外の国の建物はこの形で予算措置される）の実行予算が査定され、本格的な移転計画を作成する必要に迫られ、私は東工試の筑波計画に含まれる多くのサブ計画を想定し、その具体的内容を検討、立案し図 10 のような計画をまとめた。これらのサブ計画は 7 年の間それぞれの最盛期を迎え互いに関連し終了していった。

実行予算の査定と同時に株式会社日本設計事務所（日設と略す）が工技院の設計を担当することとなり、以後私は日設の有能な設計者集団と密接に date（会合）を繰り返すこととなった。1975 年 6 月に起工式を行い、直ちに大林組を中心とする Joint Venture の手で建設が開始された。

ここで筑波学園都市および工技院筑波研究センターの

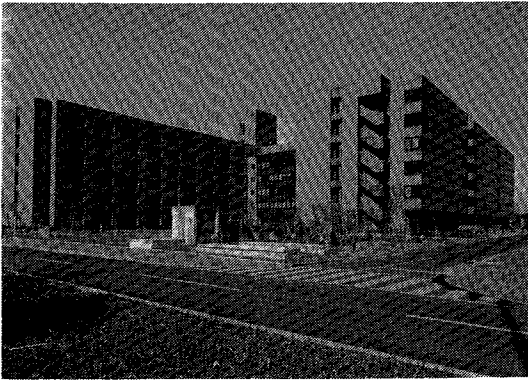


図9 化学技術研究所

| | | |
|-------|------------|------------------|
| J-プラン | 特々会計予算獲得 | (josan) |
| M-プラン | 研究本館の計画・設計 | (main building) |
| P-プラン | 実験用高圧ガス | (pressure) |
| F-プラン | 付加設備 | (furniture) |
| B-プラン | 実験棟計画・設計 | (betto) |
| S-プラン | 配分配置計画 | (soft) |
| K-プラン | 維持管理 | (kanri) |
| C-プラン | 備品・電算機 | (card, computer) |
| L-プラン | 生活環境 | (life) |
| I-プラン | 移転 | (iten) |

図10 化学技術研究所移転計画

概略について簡単に触れる。

筑波研究学園都市は東京の東北約 60 km に位置する約 28,560 ha (周辺開発地区を含めて) を指すが、そのうち中心をなす研究学園地区は

| | |
|-----------|------------|
| 研究学園地区 | 約 2,700 ha |
| 都心地区 | 〃 90 〃 |
| 研究・教育施設地区 | 〃 1,570 〃 |
| 住宅地区 | 〃 1,040 〃 |

から成り立っている。

1979 年に概成されるまでの建設等に消費された金額は、私の推定では国債の利息を含めて、約 1 兆 4 千億円である (維持費など一般会計関係を除く)。各省別の教育・研究機関の建設費の内訳は

| | |
|-------|----------|
| 文部省 | 1,780 億円 |
| 通産省 | 1,758 〃 |
| 農林水産省 | 1,843 〃 |
| その他合計 | 1,843 〃 |
| 計 | 7,270 〃 |

この数字は筑波研究学園都市の性格を端的に物語っており、文部・通産・農水の 3 省が 4 分の 1 ずつ、他の建設・厚生・郵政・運輸の各省および科技庁、環境庁が集まって残りの 4 分の 1 の予算で建設している。また、総計約 1 兆 4 千億円という莫大な国家予算が筑波研究学園都市の建設のために支出されたことは、いまでは考えら

れないような巨大な国の大事業であり、担当者の一人として高度成長期の物凄いエネルギーは奇蹟のようにさえも思える。

4.2 研究本館の建設

研究本館の基本設計を作るべく私を代表とする計画室と日設の間で設計のための打合せが始まったのは、1974 年 5 月からである。当初から私は近代的な研究所を建てるためにユーザーとしていくつかの構想をまとめていた。それを列挙すれば次のとおりである。

- (1) 単純明快な中廊下の建物で、エネルギーサービスの合理化のため研究棟と事務棟を分離する。
- (2) バルコニーを作らず居室 K として建物内に取り入れる。K は化学実験室 H_A と隣接させる。
- (3) 実験室は大部屋および小部屋の欠点を排し、それぞれの長所を生かす形で半ば開放された中規模のゾーンとして形成する。
- (4) ドラフトの排気と化学実験室 H_A および居室 K の入気をバランスさせる。
- (5) 実験室の配管のためには、Wanne (配管のための床貫通口) 方式を採用し、二重スラブ、配管用地下室、室内ピットを設けない。
- (6) 化学実験台やドラフトの甲板には西ドイツ製の実験台用タイルを用いる。
- (7) 研究本館および実験別棟の面積使用計画 (部屋割り) は所内で十分練って設計者に渡す。
- (8) デザインについてはユーザーは一切口出しをしない。

これらの構想、方針について具体的に説明を加えることにする。

まず面積計画であるが、東工試の人員は研究員約 300 人、事務員約 100 人で、これに対し割り当てられた面積は、本館 33,554 m²、実験棟 9,506 m² であった。私は長い間の経験で研究所の面積を、研究に 1 次的に結びつく 1 次空間 (化学・物理その他の標準実験室・特殊実験室) と、2 次的に役立つ 2 次空間 (研究用居室・事務室・機械室・図書室・会議室・厚生関係・交通など) に分けて考える。1 次空間の比率には合理的な数字が自らあり、ケースにより異なるが中、大規模の研究所ではだいたい 45 %前後と考えればよい。また、部屋に取れる面積をできるだけ欲しいため、特に化学系の研究所としては有効比の高い中廊下を希望する。その結果、地上 6 階、地下 1 階の変形 H 型の中廊下の研究所が誕生した。H 字の両側は研究棟、中は事務棟である (図 11)。この研究本館の 1 次率は 43 %で、有効比は約 80 %である。

研究所と一般的な建物との相違は、付加設備 (建物に付加して使用される実験台、ドラフトなど) と安全に対する配慮である。火災・爆発・ガス中毒・その他の災害に対して一般の建物とは比較にならないほど危険の大き

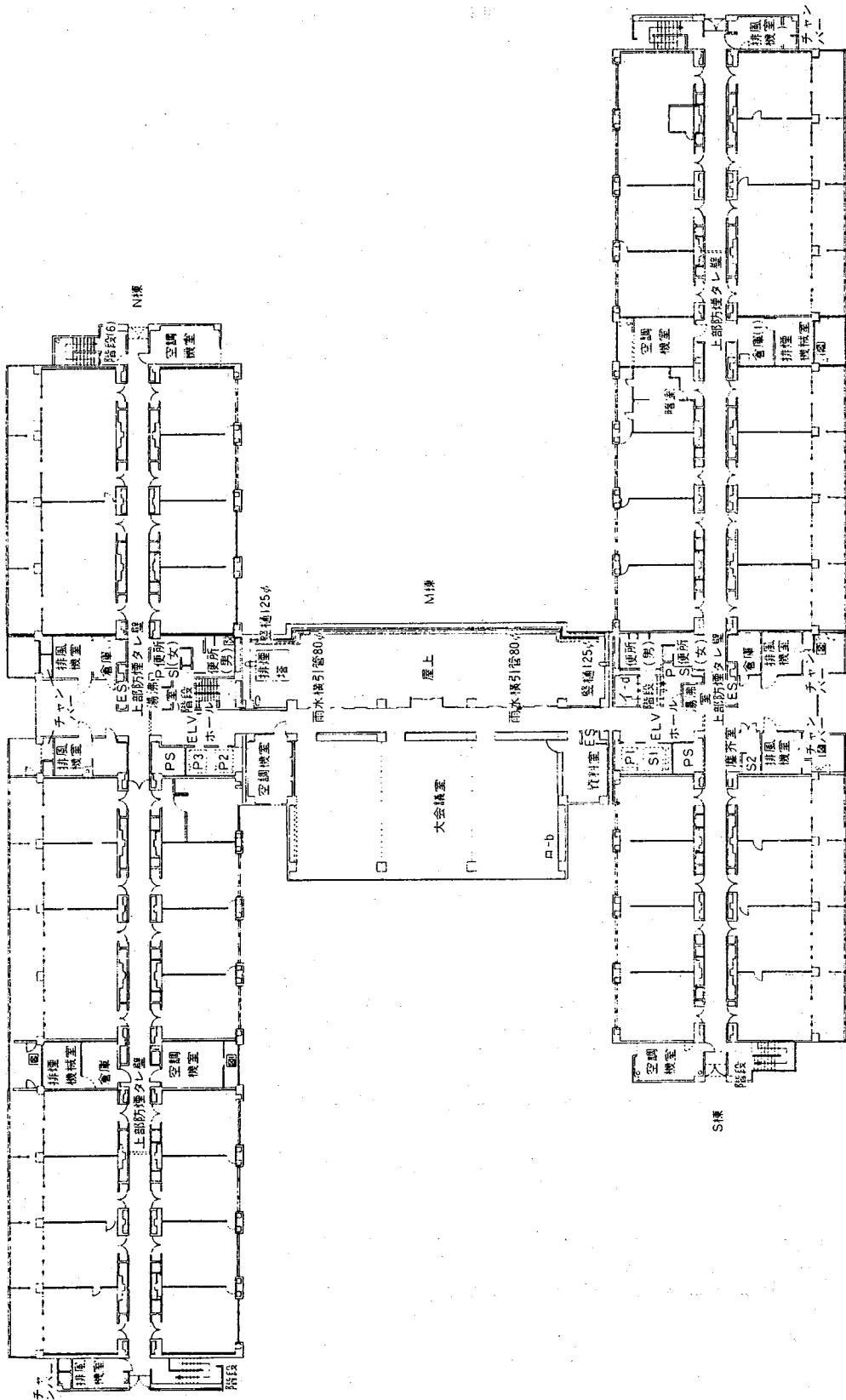


図11 研究本館 (6F)

な研究所では、設計上、設備上、二重三重の安全に対する配慮がなくてはならない。たとえば、実験室内の研究者がどの場所においても2つ以上の異なった動線で脱出できる避難路は研究所の建物には不可欠である。

この問題の扱いについて国によっても時代によっても流行がある。1955年以後いわゆる中研ブームの際、日本の研究所は申し合わせたようにバルコニーを付けた。バルコニーは日光調節、避難路、配管スペース等の利点があるが、これらは技術的に解決できる問題であり、かつ費用も高く使用効率も低い。新しい研究所にはぜひ新しいプロトタイプを考えたく、設計者と熟慮の結果、バルコニーを部屋の中に居室として取り込む新方式が誕生した。

図12は化学系の標準実験室を示す。この研究所の最大の特長は、本来、棟の外側に1.5mずつ付けるべきバル

コニーを止め、3m幅に居室としてキャンチレバーで張り出し建物内に取り込んだ点である。その結果居室と実験室はドアなしで連絡できる。ドアなしで連絡できることは特に化学者にとり重要なことで居室で実験を監視できる便利さがある。近代的な研究所では実験室に事務机を持ち込むべきではない。投資額の高い貴重な実験空間の能率を下げ危険にも連なるからである。図12の居室は同時に第2の避難路としての役割りを果たしている。居室の広い窓はサンコントロールのためグレーベングラスの2重窓としてある(南側)。

室の配置には徹底的な標準化がなされ、居室-化学実験室-中廊下-物理実験室を単位として研究グループが仕事に応じ複数の単位を使用できる。実験室間の簡易間仕切りは1~4スパンの変更を可能にしている。

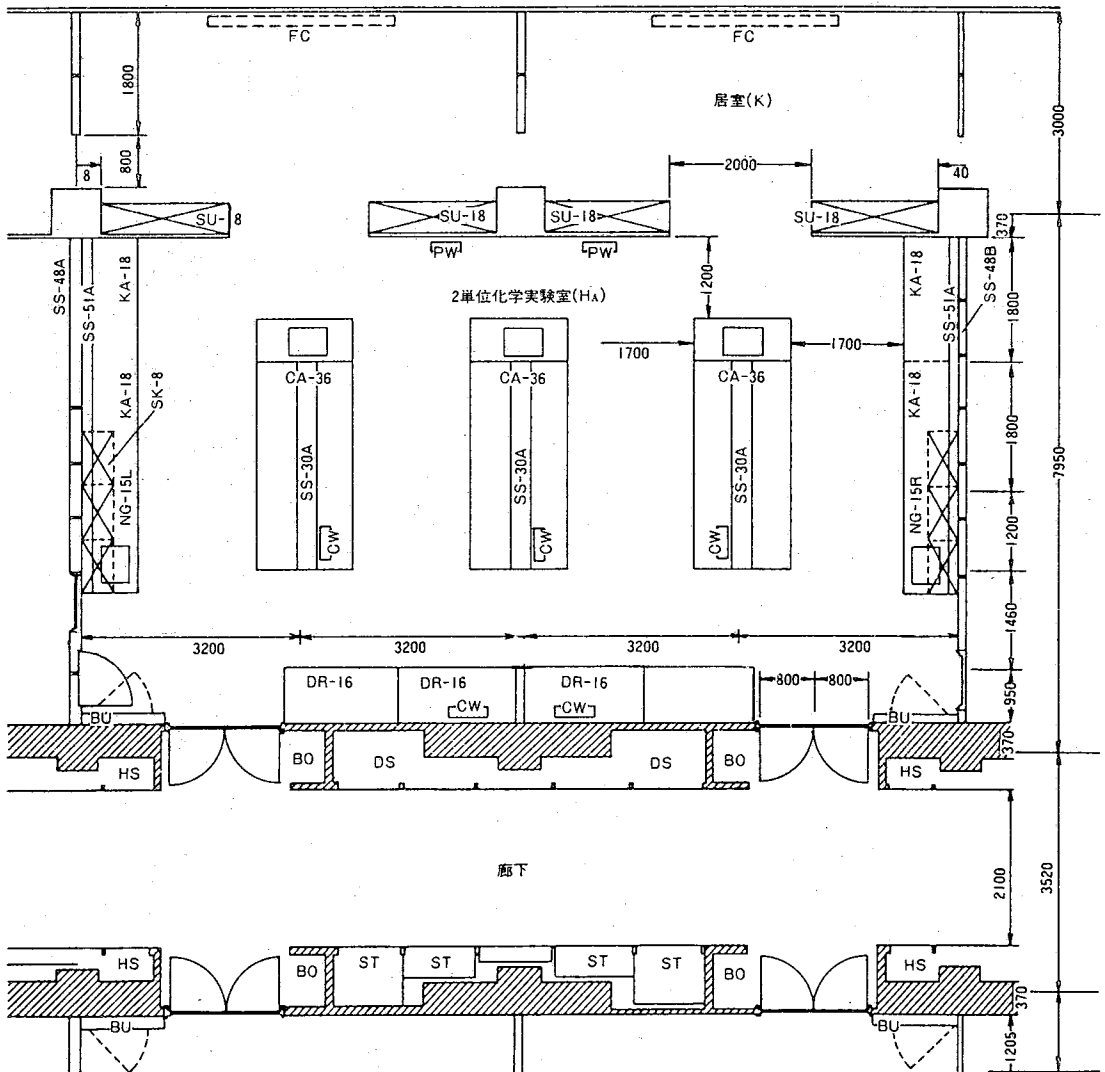


図12 化学実験室(HA)

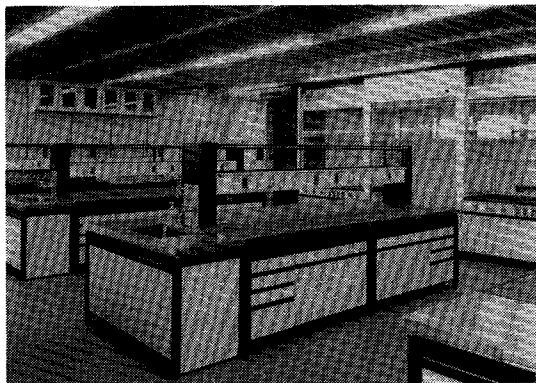


図13 化学実験室

実験室の間口のモジュールは 6.4 m、奥行き 3 m + 8 m である。したがって実験台(幅 両面 1.5 m、片面 0.75 m)の間の通路幅は理想的な数字である 1.7 m となる。

4.3 付 加 設 備

研究本館の基本設計完了とともに、実験台、ドラフト、サービスストリップ(SS、実験台の部分を取り離れた配管類の架台部分)、実験用特殊ガス配管(P-プラン)などのいわゆる付加設備の計画を進める段階となった。付加設備の分として大蔵省から 17.2 億円の実行予算が査定されていたが、P-プランに 6.5 億円、残りの 10.7 億円を実験台、ドラフト等に使うこととした。

私の立てた方針として、

- (1) 化学実験台、ドラフトの甲板には西ドイツ製のクリンゲンベルクタイルを使用する。
- (2) ドラフトには室の排気を受け持たす。
- (3) 実験台は SS 方式とする。化学実験台は研究者の作業形式により希望に合わせ、
 - SS、台とも不用(バンネの蓋をした裸の床)
 - SSのみ
 - SSに標準的(850 mmの高さ)の台付き
 - SSに低床(450 mmの高さ)の台付き
 の4種の選択を可能とする。

日本は有数のタイル生産国であるが、残念なことに化学実験台の甲板に使用できるタイルの材料、部品、目地、規格がない。そのため西ドイツよりタイルと特殊目地(水性エポキシ系)を輸入し現場施工した。ほとんど計画が決定しかかった頃、その計画を聞いて、国内のタイルメーカー・代議士・学者のグループが協同作戦をとり反対したことがあった。やむなく膨大な資料を建設省に提出しやっと実行が可能となった。

ドラフトの大きな問題は、せっかく空調した室の空気を大量に排気してしまうことである。同時に空気の汚れ易い化学実験室はオールフレッシュ方式でできるだけ高い換気回数(10~15回/hr)を維持したい。そのため VAV(可変風量装置)を用い室の給気をドラフトの排気とバラ

ンスさせ、能率の良いドラフトと空調の省エネルギーとの調和という難問を解決した。ドラフトは自ら設計し、高さ 850 mm の標準型と walk in 型の 2 種類を用意した。

4.4 P-プラン

P-プランとは筑波計画の際に命名した新技術用語で、実験用特殊ガス配管のことをいう。P-プランは圧力 pressure の頭文字を取って付けたが、語呂がよいため世の中にも通用し大蔵省でも普通名詞として通用するようになった。

近代的研究所の生命は設備と安全にあるが、研究所に設置されるエネルギー、ガス類は研究の効率化に大きく役立つ半面、非常に困難な問題を持っている。特に化学研究所では、化学反応・合成・分析・機器分析などの研究に多種多量の高压ガスを使用するが、この傾向はエレクトロニクス、新素材、バイオテクノロジーなど先端技術分野の研究にも該当し、研究所全体としておびたしいポンペを必要とするに到った。

最近では社会情勢の変化により、研究所も高压ガスに関し地方自治体、消防署等より厳しい規制を受ける例が多い。規制の根拠となる関連法規は、高压ガス取締法、消防法、建築基準法である。建築基準法では一定量以上の高压ガスの取扱いが禁止され、消防法では可燃性ガスが規制の対象になる。高压ガス取締法では、ガス容積(0°C、常圧に換算) 300 m³ 以上のガスを一構築物当たりで使用するときは、都道府県知事の許可を受け、高压ガス貯蔵所としての設置基準に適合するように設備を整えなければならない(実際には極めて困難である)。常圧換算の 300 m³ のガス容積は 40 l のポンペ 50 本に相当するが、この規制量は構築物の大きさに関係なくまた空ポンペも含まれる。

P-プランはこのような必要性から生まれた計画でその特徴は次のとおりである。

- (1) 建物から 30 m 以上離れた場所にポンペ室(またはガス室)を設け、そこで高压ガスの圧力を 10 kg/cm² に減圧する(この圧力以下では高压ガスでなくなる)。
- (2) ポンペ室からの配管、および建物内の配管は溶接したステンレス管、または銅管を使用し現場まで連結する。
- (3) 実験室の現場でニードルコックで 7 kg/cm² 以下に 2 次減圧し実験に供する。
- (4) 使用時の圧力低下、漏洩などのチェックをコンピューターで行う(人為的なチェックはほとんど不可能)。
- (5) 水素、アセチレンなどの可燃性ガスの漏洩は大きな災害に繋がるので、災害防止設備、たとえばコンピューターによる漏洩検知システム、電

磁バルブ、逆火防止装置、ガス漏洩検知警報器、末端バルブ開閉装置などが必要である。

化技研で実際に行っているP-プランは、222室に水素・ヘリウム・酸素・窒素・窒素(以上末端圧力7 kg/cm²)、圧縮空気(5 kg/cm²)、真空(20~30 mmHg)、および4室にアセチレン(1 kg/cm²)を供給し、配管合計は21,980 mで世界最長である。配管には総べてSUS-316を用い接続は溶接とした。

4.5 筑波移転の感想

筑波研究学園都市の計画は、前にも述べたとおり日本の高度成長時代の産物であり、1.4兆億円以上を投入して建設された新都市の第1段階は予想以上の成果を挙げて終了し、今後はいろいろな問題を含む第2段階に入ることになる。国の一大プロジェクトとしての成否は10年ないし20年後に初めて本当の評価が決まるだろう。

私は1963年より1979年に到る16年間工技院、化技研の筑波移転に参画した。この二度とない壮大な国家のプロジェクトに巡り合い、特に最後の7年間は化技研の移転計画の責任者を勤めたことは、私にとって大きなロマンでありドラマであり、実に幸せであった。いま振り返ってみると、責任者の私はつきに付いていたようである。たとえば、1973年の第1次石油ショックにより、多くの人はプロジェクトの挫折を予想した。しかし実際には、国は石油ショック後に訪れた不況の打開策として、公共事業の前倒しを図り狂乱物価に対する補正も考えてくれた。一方、建設資材は値下がりし予算の効率は非常に高くなった。初めコンクリート打ち放しにアクリル塗装を予定していた外装を、急に打ち込みタイルに変更したのはその例である。また、私が考えぬいた末大蔵省に提出した20億円の付加設備要求は17.2億円の実行予算となって返ってきた。

先に私は通産省(工技院)の建設費が債務負担行為の国債利息を含めて1,758億円と述べた。これには工技院関係の整地費・建設費・設計料・現場の管理費等が含まれ、土地代は入っていない。建設費のなかには、各所の研究施設・共同利用施設・屋外施設などの建設費が含まれる。私が直接関係した化技研の建設費は、研究本館が約90億円、実験別棟が約40億円の計約130億円(国債利息を除く)で、エネルギーセンターの建設費やインフラ関係は入っていない。もし現在これと同じものを建てようとするれば200億円では絶対無理であろう。

現在、日本で一流の中・大規模の研究を建てようとするれば、一人当たり0.5億円が最低の目安になるうか。

私の初めからの目標は、自分の目で確かめることのできた世界一流の研究施設——たとえば西ドイツのBayer社中央科学研究所、Höchst社 Research Center、あるいはCiba-Geigy社の生物学研究所などに、日本の技術で挑戦することであった。完成された化学技術研究所を冷

静に振り返ってみると、その規模の大きさ、構成理念の斬新さ、設備の高水準など、目標とした上記の研究施設群にくらべ優に匹敵できる世界的水準の研究施設と確信する。最新の技術を結集した研究施設を将来のために創り、後輩に残すことができたのは私の大きな幸せであった。

筑波の仕事は常に一過性で、いままでの経験やデータがまったく役に立たない場合が多かった。昨日成功したやり方は今日は通用せず、そのまま失敗に繋がる危険をはらんでおり、その意味では非情の世界であった。

文化の類型としてしばしば、農耕民族の文化と騎馬民族の文化が対比される。前者は先祖伝来の土地を決めた隣人とともに耕すため、土地に対する執着と秩序への信頼は強く、そのプリンシプルは「人の和」である。それに対し後者では広大な土地を駆け回るため、リーダーが判断を過り不毛の地へ迷い込めば人も家畜も全滅してしまう。その指導原理は餌のありかを嗅ぎ当てる「実力」の世界である。

7年間筑波計画の目的を達するため、人の和より能力に頼らざるを得なかった。大勢の所員の能力を開発し、馬に乗って共に荒野を駆けめぐるとの連続であったように思う。

筑波移転の事業は騎馬民族の文化であった。

5. おわりに

化技研の建設が終わり、私が最後の移転のために10トトラックの配車計画を建てていた頃、東大生産研に來いという有難いお話をいただいた。筑波に骨を埋めるつもりでいた私は、一瞬戸惑いを禁じ得なかった。それを見て私の娘は「Dr. Faustの心境になれば良いじゃないか」と笑った。

昨日までの騎馬民族がDr. Faustになったため、大学で見聞きすることは総べて楽しく、嬉しいことの連続で、正に修羅場からユートピアへの転換であった。大学へ来て初めて心の余裕ができたせいか、昔我が濁れる眼(まなこ)に浮かびしことある姿共が、再び我が前に現れ出てくるのがしばしばあった。

振り返ってみると、私は36年半の間、同じ道を一貫して歩むことを許されなかった。一生の間、一つの自分の道を大切に磨いて仕上げるような人生は私には無縁であった。通産省の研究所に長くいたためか、研究に油が乗った頃は管理者としての素養を身に付けるべく自ら訓練に励まねばならなかった。一難去ってまた一難という具合にその都度まったく新しいことをやり直し、どうにか仕上げると必ず次の難問が待っていた。しかしその総てを何とか私なりにやり終え、今はやり残しが無いような満足感がある。永い間どの場面でも、素晴らしい先輩や同僚、頼もしい後輩に恵まれ、実に幸せな一生を歩んできた。皆様、ご機嫌よう。(1984年9月17日受理)