

新しい道路材を求めて

野崎 弘・齋藤 茂・田中啓介

昨年9月から11月にかけて2カ月間のヨーロッパ・アラブ連合・マレーシア連邦の旅をした。この旅行で見聞した各国の土木・建築材の開発の状況をまず述べる。またこれに関連して各国の生産会社が生存競争の激しい現在においてどのように生きんとしているか、筆者らの目にうつった様相にも言及する。

はじめに

1963年9月下旬から11月下旬までの満2カ月の間、ヨーロッパ各国・アラブ連合・マレーシア連邦と下記のコースで各地の視察と見物を行なった。かっこ内の数字は滞在日数、Tは宿泊はしなかったが飛行機または汽車による回避地であることを示している。

コースと滞在日数

羽田→トリノ(7)→ローマ(4)→アテネ(2)→マドリッド(2)→バルセロナ(T)→ニース(2)ウィーン(2)→ジュッセルドルフ(1)→エルランゲン(2)→ケルン(8)→フランクフルト(6)→マイツ(T)→ケルン(7)→パリ(3)→アムステルダム(2)→ロンドン(5)→カイロ(2)→カラチ(T)→バンコック(T)→シンガポール(1)→クアラルンプール(T)→香港(2)→羽田

ドイツ、ケルンでのリプログラフィー国際会議に出席しここで一つだけ講演する用務はあったが、そのほかは表題の新しい道路材を求めて各工場・研究所・大学への訪問である。上のコースにみるようにイギリス・フランス・イタリアのように老朽化したと思われる国もあれば、後進的とはいえアラブ連合とかマレーシアのような新興の意気盛んなところもある。ホテルに泊り、街を歩いただけでもかれらがどのように生きて行こうとするかの片鱗にふれることはできる。かれらが与えられた地理的、物的条件のもとに打ち立てる生活様式と経済様式の洞察に努めることは道路材を求めることについて旅行第3の目的ともしてよいであろう。

以下直ちに本題に入り、フランクフルト・ヘキストの訪問より述べる。

フランクフルト・ヘキスト

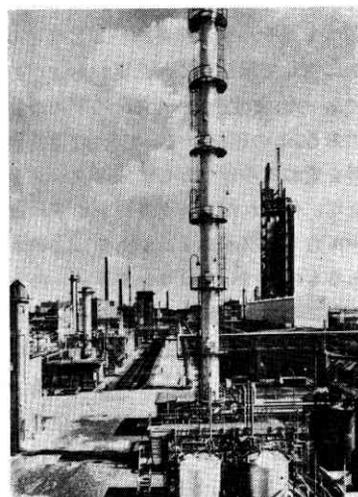
ゲートの生地フランクフルトの西8kmのところへヘキスト工場がある。従業員76,000人、工場敷地111万坪、繊維プラスチックの原料・染料・薬品・溶剤・ワニ

ス原料・農薬・殺虫剤などを作っている。ライン河の上流のメイン河に沿って発達した一大化学工場で、人も知る戦後解体されたIGコンツェルンの一構成体であった。写真1(a)は工場入口のゲートである。

われわれはアスファルトやコンクリートと併用して使用しうるような合成樹脂を求めてこの工場を訪問した。そもそもアスファルトやコンクリートについてこれらと併用する合成樹脂は当「生産研究」に丸安、小林¹⁾によって報ぜられている。この場合主としてエポキシ樹脂のコン



(a) ヘキスト入口のゲート



(b) ヘキスト・ポリプロピレン工場
写真 1

クリートへの応用である。また一方土木用合成樹脂の成書²⁾もある。これは樹脂そのものを土木建築材の立場から解説したものであるが、これとは別に合成樹脂をアスファルトやセメントにまぜて使用する新しい道路材が種々商品化されている。これら商品については筆者は詳しくはわからないが、日産化学のゴム入りアスファルト、ゴム入りアスファルト乳剤、日本舗道のポリペープ、丸善舗道の RA セメント(ゴム入りアスファルト)、シェル石油のタールとエポキシ樹脂、エポキシ樹脂使用のセメント接着剤東洋高圧のポリエステル材、日本ダンロップのポリエステル材、国際技術研究所のアクリル樹脂を使用するセメントモルタル、小野田セメントのゴム入りセメントモルタルなどがある。その他色つきアスファルトがある。およそ日本の現状はこのような状況にあると聞いている。

そこでわれわれの要求に対してヘキスト社は主成分がポリ酢酸ビニールであるところの商品名 Mowilith を示した。床材・塗料・接着剤としての広範囲の用途やその性能について Dr. Friedrich Laucht がその説明にあたった。そもそも酢酸ビニール樹脂とは $\text{CH}_2=\text{CHOCOCH}_3$ を重合させたものである。これを用いた繊維 Vinylon の合成(1940年の発明)などについては、もともと日本はその技術の開拓者であったのである。この酢酸ビニール樹脂およびポリビニールアルコールの製造技術は、フランス(1959年)、アメリカ(1960年)に輸出されたものである。われわれが訪問したこのドイツのヘキストにも技術は輸出されたものである。現在ではこのヘキストが世界各国に製品を輸出し、日本にさえ逆に輸出しようとしている。本題を離れるが、これはなぜかと考えざるを得ない。これは要するにヘキスト社が原料アセチレンを石油溜分を使用し、安く作りうることに成功したこと、および多方面の用途開拓に努めたこととみることができる。

さて本題にもどり、土木建築材料としてどのような用途があるかに対して示してくれた実験および処方、つぎのものであった。まずその一つは、つぎめなし床材に関するものである。この床材をはる場合は、通常何層かにする。この層を重ねるのは主として床のクッションのためである。近年に作られたコンクリートの下にはたいていガラスウールなどのクッションがある。このようなクッションのあるものについてはコンクリートの上に直接ぬってよい。ところが古い建物はクッションになるものがないから何層にもする。たとえばクッションのない場合つぎのようにする。コンクリートのすぐ上を Aristogen (50%アスファルトエマルジョン)で上塗りする。その上を leveling mass の LM 層をおく。これは粒径 0.5 mm の河砂 85%、Mowilith D 10%、Mowilith DO 25 を 5% まぜ水でねったものである。Mowilith D とは、酢酸ビニール 50% を含み水を分散媒とするエマルジョン

である。MDO 25 は、MD に可塑剤としてフタル酸ジブチルを 25% 含ませ MD に柔軟性と弾性をもたせたものである。

LM 層の上に SM 層 (Schwarze Masse) をおく。これは微細な角ばった砂 60、Aristogen で処理した 0~1 mm くらいのコルク粒 20・MD 10・MDO 25 または MD 054 を 10・水 20 の割合で混じたものである。

SM 層の上に RM 層 (Rot Masse) をのせる。これは 0.3 mm くらいの珪砂 30・ CaCO_3 8・鋸屑を中程度の大きさのものをふるいわけして、これにアスファルトをしみこませたもの 10・粒度 140F のベンガラ 4・MD を 20・MDO 25 を 5・水 20 を混じたものである。ここに鋸屑をアスファルトで処理したものと、アスファルト 50・Aristogen 25・水 45 でペースト状にしたものである。

RM 層の上にさらに仕上げ塗装としてつぎのようにして作った組成のものをぬる。

まず CaCO_3 13・ H_2O を 10 でペーストを作り、粒度 130F のベンガラ 3・水 5 を入れる。これに MD 37・MDO 25 を 12・ SiO_2 粉末を 30 入れる。この全体を 1000~2000 rpm の回転速度で 10 分間攪拌する。このとき空気が入らないことが大切である。入るとエマルジョンは分解しやすくなる。これら全体は見ているうちにすぐ均一に混じた。われわれに見せた実験では、顔料を Chromoxyd Grün を使った緑色のものである。別室で 1 バッチが 500 kg、1000 rpm 7 馬力の混合機械を見せられた。できた試料を実際に塗装に使用してみせた。乾燥時間は 24 時間を要するという。必要の厚さに応じて 3~6 回使用する。最上部の仕上げの塗料としてはその中に 35~40% のビニール樹脂を含ませる。つぎに石膏ボードの上には、つぎのような組成の前処理を行なう。

Mowilith 35/71 を 270・イソプロパノール 630・水を 100、この組成のものを下塗りすると面がきれいに仕上がる。35/71 とは吸水性の下地に対して耐水性の被膜を作らせるためのもので 35 が溶剤メタノールなどにかした%で、71 というのが vinylacetat と Maleinsäure-dibutylester を 7 対 1 で共重合させたものだという。

以上の塗料は継目なし床張材として新鮮味があるとのことである。終わりにフランクフルトに近い Darmstadt で新しい建築材についての展示会のあること知りヘキストを辞した。

マンハイム・BASF

フランクフルトの南 70 km の所に Mannheim 市があり、すぐその西部 Ludwigshafen に BASF 社がある。従業員 45,000 人、敷地 200 万坪、プラスチック・合成繊維原料・溶剤・肥料・染料を製造。これもライン河にそった大化学工場である。フランクフルトから急行列車



写真 2 BASF にて左 R. Stange 技師と筆者・齋藤

にのり約 50 分にしてマンハイムにつく。駅のすぐ前に BASF の支所があり、それから車で工場につれてゆかれた。広い応接室はプラスチック製品の展示場のように作られわれわれを圧倒する。早速 BASF の応対者にアスファルトと併用してアスファルトの性質を改善するような材料を求めにきたと告げた。これに対して工場側は商品名 Vinoflex MP 400 なる製品を出してきた。この説明には 26 才の青年技師 Ralph Stange 氏と Dr. Walter Schneider 氏が当たった。Vinoflex MP 400 とは塩化ビニールとビニールイソブチルエーテルの共重合体で白色の粉末である。そもそも、これらアセチレン誘導体はいわゆる IG コンツェルン当時からの Reppe 化学の産物の一つである。熱可塑性で 80°C 以上の温度で軟化しはじめるという。この共重合物は単独で弾性があり、表面硬度があり、接着性のよい被膜ができる。さらに他樹脂類とも融合性があるという。われわれの関心であるタール、アスファルトに対しても融合性があり、耐薬品性を増すという。目の前でアスファルトに対して Vinoflex 5% を混合せしめる実験を行なって見せた。これにはまずアスファルトを 120°C で加熱し泡を完全に出す。つぎに 160°C に加熱し Vinoflex を入れる。15~20 分徐々に攪拌加熱する。これは不飽和結合のところクロスリンクを起こさせ相溶性を出させるためであるという。当日なされた実験では簡単なテストによって、その融合性を見て行なったのであるが、アスファルトがブロンアスファルトであったためか融合性の進行は遅いように見られた。簡単なテストとは、少量を硝子棒でとり出して、その表面の硬さおよび粘着性を見る試験である。このようにして得られたタール、またはアスファルト塗膜は堅牢であり耐候性が大であるという。瀝青物の中でもガス製造時に得られるタールおよびアロマチックピッチが最もよくまざるとされている。タール、アスファルト以外の樹脂類との混用にも適する。特に乾性油およびアルキッド樹脂とよく融合し特徴が出る。アルキッド樹脂ラッカーはこの Vinoflex が入ると乾燥がはやく、耐薬品性・耐候性がよい。このような性質から道路標識用塗料として適当である。その調合の組成が第 1 表のように

示された。

第 1 表 道路標識用塗料の処方例

	I	II
Vinoflex MP 400	13.50	18.50
Clophen A 60	2.20	4.60
Keton Harz N	1.30	1.80
Alkydal L 49	13.50	—
Aceton	22.60	—
Toluol	11.30	41.80
Sprit	—	4.60
Titandioxyd Anatase	10.10	5.00
Quarz Mehl	10.10	—
Schwerspat	10.10	10.00
Talkum	—	5.00
Zinkoxyd	—	5.00
Solingen Cobalt-Blei-Mangan (20% in Toluol)	1.36	—
Luaktin	0.14	—
Bentone 38 (25% in Sprit)	3.80	3.70
	100.00	100.00

ラッカー I は顔料容積ほぼ 26%、乾燥 12 分、完全乾燥 2 時間以上。

ラッカー II は顔料容積ほぼ 30%、乾燥 10 分完全乾燥 2 時間。Clophen とは塩化ディフェニル組成のもので Bayer の可塑剤。

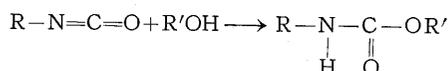
Luaktin は皮張り防止の界面活性剤。

Bentone 38 は硬化性樹脂。

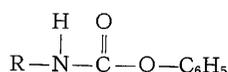
第 1 表の I のラッカーは下地が多量にタールを含むような場合に適している。これは下地からタールが滲み出してくるのを防止するからである。以上の説明を聞き、金属面上の塗装が極めてよい耐腐蝕性を示す実験例などをみて BASF 訪問の予定を終わった。時に 8 階実験室から外を見下すとすぐわきの別棟の屋根の上いっぱい水がためてある。これは、なんのためにするかとたずねたら温度調節のためとのこと。試験室は実験台の間が広くとってあり、研究者の活動は容易であるように見受けられた。

レーベルクーゼン・バイエル

Köln より Düsseldorf に向かう途中の北 7 km くらいのところに Leverkusen があり、そのライン河のほとりにわれわれにはアスピリンで親しみのある Bayer 工場がある。従業員 62,600 人、工場敷地 69 万坪の工場である。有機無機の化合物を広範囲に製造し、特に染料・医薬・繊維原料・農業を作っている。われわれの訪問に対して工場では Desmodur/Desmophen を示した。この説明には有機化学者 Dr. Friedrich Blomayer があつた。要約するとつぎのようなものである。Desmodur とはイソシアネート $R-N=C=O$ 類の総称であり、Desmophen とは OH 基をもつポリエステル $R'OH$ の総称である。この両者が次式のように結合してウレタン結合を作る。主として塗料の用途に供する。



これら DD グループを工業的に使用すると、目的に応じて種々な点がモデファイされるという。改良の例としてたとえば、はじめ容易に塗膜化する Toluylendiisocyanat を作ったが、これは揮発性で毒性もある。そこで 3 価のアルコールにイソシアネートをつけて高分子化し不揮発性とした。空気乾燥のラッカーとした。しかしこれでは粘度が高いので酢酸エチルにとかし使用する。つぎに接着性と耐薬品性を向上させた紫色の triphenylmethan-4, 4', 4''-triisocyanat が作られた。以上はすべて溶剤にとかして使用するものである。これらは耐候性は満足だが絶縁ワニスのようなものに要求される厚塗りができない。そこで考えたのが加熱型で、イソシアネートの代わりに phenylurethan を用いた。これは 150°C 以上にすると



はフェノールをはなってイソシアネートを作り、これが Desmophen と作用して樹脂化する。できたフェノールは飛散する。これで厚塗りが可能となったが、これでも欠点がある。溶剤型でない貯蔵中湿気を呼んで



となり。このガス発生が塗膜の気泡発生の原因となる。そこで考えたのが吸湿剤 NAS (Natrium Aluminium Silicate) を把水性の亜麻仁油に混じて、これと共存せしめる方法をとった。

このような話をきいて、さてそれではタールまたはアスファルトと DD 化合物が混用して使用されたことがあるかと質問をした。これに対しては、タールはキノリンピリジンの環状化合物を含みよく混じる。アスファルトとはいまのところ未解決で実験中である。アスファルトも軟化点が 70~80°C のもので、ひまし油とまぜて使えば混合する。しかし現在では DD よりはむしろ塩化ゴムとの混用をすすめたい。コールタールに DD を入れたものは貯水池堰堤の防水にドイツ各地で大量に使用されている。防水ということであれば、第 2 表のような顔料組成と DD を使えばよい。飲料水の貯水池の耐水とか、蒸溜水にさえテストして、なんら変化はみられない良好なものである。

道路標識用塗料としては DD を用いることは研究が足りない。乾燥がはやく、耐摩耗性が大でなければならぬ、この材料には現在は塩化ゴムをすすめたい。これと wood oil とをまぜて使えばよい。

以上で DD に関する検討は終わり、つぎに道路材としてのゴム質についてである。これに関しては Dr. Gustav Sinn が説明にあたった。クロロプレン系統のラテック

第 2 表 防水塗料顔料組成の例

	I	II	III
Kieselgur	20	20	—
Schwerspat	—	—	60
Asbestmehl	10	10	16
Quarzmehl	20	20	—
Talkum	10	—	—
Silcar	40	50	—
Eisenglimmer	—	—	20
Silicasil	—	—	4

スとアスファルトからなるアスファルトゴムによる試験舗装は 1 km 単位で西ドイツで 4 か所なされている。ベルリン・ケルン・ミラノ・ヴパータルである。2 年間たったが変化がない。アスファルトにクロロプレンをラテックスでまぜると耐寒・耐熱・接着力・弾性の改善に役立つ。添加量はアスファルトに対し 3% である。このとき MgO, ZnO, CaO の酸化物を共存させるとアスファルトとクロロプレンとの融合に役立つ。というのは、これら酸化物がカルボキシル基を含むアスファルトとクロロプレンとの間になかだちとなってクロスリンクングをおこさせるためである。その他ニトリルゴムを用いた浸漬法による手袋製造の実験を見、ゴム系物質の弾性などの各種試験機と試験法の説明を聞いてバイエル訪問を終わった。最後に日本にたびたび来たという Wilhelm Kost 氏の日本観を 50 分くらい聞いた。鳴門海峡の潮の満干から話をはじめ、都市における日本の特有の民情をよくとらえているのに驚いた次第である。日本の学術について知っているのは Dr. P. Stöcklin である。

ケルン・カールレッテル博士

Karl Letters 博士は今年 71 才、西ドイツケルンに住むアスファルト道路材の専門家である。道路材に関する報文著書が多く、西ドイツの瀝青材化学に指導的役割を果たしている方である。筆者らはかねて Letters 氏の論文カチオンアスファルトエマルジョン³⁾について生産研究に紹介したことがある。土木建築材・塗料などの研究に長く従事し、Stuttgart 大学で学位をうけている。最近まで Strag Bau AG という大土木施工会社に勤務していたが現在は、道路協会 Bundesanstalt für Strassenbau の研究所にいて、いまなお研究熱が盛んである。18 才で第 1 次大戦に従軍したという勇士で、健康に恵まれている。余談になるが彼の予感ではあと 5, 6 年後に戦争勃発の心配があるという。

さて Dr. Letters の案内で 2 日間を過した。第 1 日はケルンの東北 120 km の丘陵地帯の貯水池ダム建設工事現場である。ここでは貯水池の側壁をグースアスファルトで仕上げているところであった。つぎの日は Bundesanstalt において、アスファルトエマルジョンの実験検討

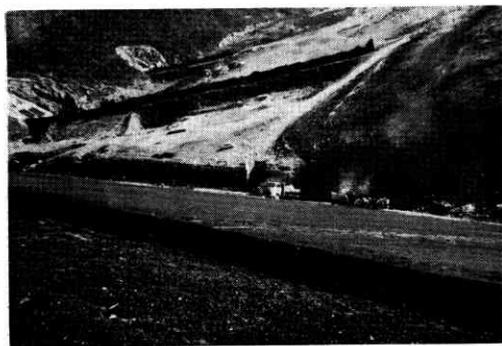


写真 3 グースアスファルトによるダム建設現場

である。第 1 日は Köln を午前 9 時半に出発、Wuppertal の高速道路をへて 11 時 45 分現場に到着、現場からさらに 20 km 離れた Valbert という町で昼食をした。写真 3 は貯水池の堰堤上に立って底を眺めたところで側壁は底部まで 150 m はあろう、傾斜は 45 度はないにしても上部に立った感じは足もすくむ思いである。左方に水の取口のようなものが見えるが発電に利用した水をここにためるためと思われる。側壁斜面の防水工事にグースアスファルトを使用している。このグースアスファルトが従来のグースとは非常に異なるものである。そもそも従来のグースアスファルトはつぎのようにして製造される。

アスファルトに鉱物質の filler をまぜ、filler にすっかりアスファルトがしみこむまで蒸煮する。その蒸煮に相当時間がかかる。まず 5~8 時間は要する。しかもアスファルトは相当量入れないと密なものができない。そのために相当量のアスファルト 13% 以上が入っている。さらに使用にあたってはそれを木ゴテなどで平らにする。その平らにするのにまた時間がかかる。さらに固結がおそいといった欠点があるので、グースアスファルトの強度・接着力が大である、寒冷暑熱に耐える、すべらない、道路の明色化に役立つなどの長所があるにもかかわらず、これが広まらない理由であった。この貯水池壁の施工に使用しているグースアスファルトは、まずアスファルトの量がおどろくほど少なく 7~8% のものである。製造はつぎのようにしている。岩石を砕いて一定粒度の

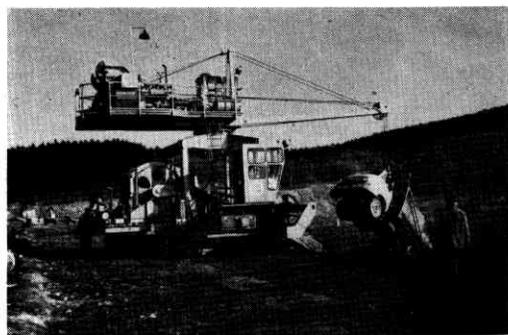


写真 4 トラックの引おろし

粉体としてコンベアで一定個所におくりこんで乾燥加熱し、ホットエレベーターで持ち上げ、計量槽をとおり、別にアスファルトと filler を調合したものと一緒にして混合する。混合には径 2 m、長さ 4 m くらいのロータリーキルンに入れてセメントをやくのと同様な方法で加熱し、4 分間に 500 kg くらいずつ出てくる。ボンボンした塊状のものである。これをトラックで運び、現場へ来てトラックもるともロープで斜面にそって引き下し、トラックから斜面にアスファルトをうつして、その上を別にロープのついたローラで平らにしている。広大な貯水池の傾斜面の施工は絶景そのものである。写真 4 はいまグースアスファルトをつんだトラックをロープで引き下そうとしているところである。ここで filler には組成的要求があるか、乾燥剤を使っているか、接着力を出すための特殊な添加剤を用いているかなどが問題となろう。グースアスファルト製造所の近くに試験室がある。そこではイタリア人の工員が吸水試験・強度試験などに余念がない。吸水試験ではグースアスファルトで径 8 cm の円板状試料を作り、8 時間で吸水が 3% 以下であるとしていると元気の説明をきいた。Letters 氏によると Gussasphalt については Oberbach の本を見よとのことである。

第 2 日目は Letters 氏自慢の膜面法と称する実験法の伝授をうけた。Letters 氏は 10 年間もこの実験をやって極めて正確迅速に目的を達するという。その目的とは乳化作用の良否の検定、エマルジョン中の乳化剤の分析に役立つという。まずどのような方法でやるかを述べておこう。高さ 3.5 cm、径 17.5 cm、表面積 240 cm² のガラス皿に、ふちまでいっぱい水または溶液（酸またはアルカリ、時には KMnO₄）をみたく。表面のよごれなどをぬぐいとして、そのあとでエマルジョンの一滴（約 0.03 cc）ずつを注意深く加えて膜を作らせる。得られる膜の厚さはおよそ 1 ミクロンである。均一な膜ができてしばらくすると収縮して網状・糸状・綿状の模様ができる。この模様が界面活性剤に特有なものである。界面活性剤に何を使用したかが直ちにわかる。この実験を膜面実験と名づけておく。乳化液の良否の判定もできる。表面の模様が時間とともにどのような網状組織を作ってゆくかを見ることによってわかるというのである。

さらに膜面上に鉛の小球をのせ、その破れ落ちる球の重さをはかることにより膜の粘着力をなかば定量的に求めることができるという。層の厚さを考慮に入れたその粘着力の大きさから膜を作る物質の分子量の大きさの比較値を出しうるし、さらにこれからプラスチックの性質も予見ができるのである。以上のような実験でナフテン酸が乳化にどう役立つとか、タール中のフェノールの役目がどのようなものであるかを知ることができた。また石油の分解生成物とか、微細な充填剤が粘着力その他にどのように影響するものであるかを知ることができ

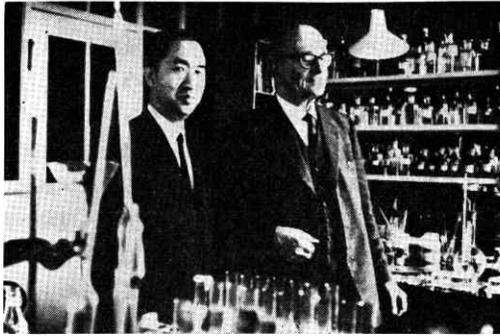


写真5 右: レッテルス氏 左: 筆者・野崎

た。このようにして実験も説明も次第に熱を帯びてくる。写真5は Bundesanstalt の実験室における筆者と Dr. Letters とである。膜面実験のほかにもエマルジョンの珪石質の砕石による分解実験を行なってみせた。エマルジョンと砕石を一定時間振とうし砕石上に析出したアスファルトの量により、その付着力を見る実験である。以上で実験は終わりであるが、若干 Letters 氏についてつけ加えておこう。70才をこえても、こまごました実験操作をすべて自分でやっている。当日は休日であって誰もいなかったが、ガラス器具類の整理整頓までやる。雑談ながらビールの中には珪素分 Si が可溶性の状態に入っている。ドイツ人は体内に珪素分が不足がちでビールを飲むことによって Si を摂取し、珪肺病の予防にもなっているという。生命はアミノ酸から来ていること、およびこのアミノ酸と水との結合がポーリングの説に同感だと新しい書物にも目を通していることがうかがえた。特にエマルジョンの研究に長く従事したためか、有機質と水との結合に強い関心をもっているようであった。

フランス・パリ

われわれの旅は新しい道路材を求めてドイツからフランスにやってきた。いままで述べたことにもあてはまることだが、各地で配られる新製品・新技術の案内書に目を通すだけでも相当な時間を要する。たしかに新製品・新技術は魅力的であり、参考にする必要はあるが、これだけを追いかけることは究極の目的にはならない。この意味からこの旅行記にあまりに多くの時間をさくこともできないので以下簡略に記述しよう。

パリでは日本の国際技術研究所の紹介で Vacuum Conerete 社をたずねた。これは Salviacim 工法というもののフランスにおける現状を知るためである。Salviacim 工法とは、すでに日本において紹介されているが、要するに厚さ3cm程度のアスファルト舗装の表面にセメントフィラーと合成樹脂のエマルジョンの接合剤を含ませたセメントペーストを散布し、振動などによってこの合材を1cm~1.5cm 浸透させたものである。コンクリートとアスファルトの舗装それぞれの欠点をなくそうとする

のが、この工法のねらいである。この工法による舗装の特性として、表面の機械的強さが大である。耐油性・耐薬品性が大である。400°C の熱に耐える。相面であることなどである。このような特性から空港の滑走路、誘導路とか重荷重往來の激しい駅前広場の舗装に適する。パリ市の中の実施現場を5カ所案内をうけた。案内はフランス人にしては珍しく親切で重厚な感じのする技師の Andre Pellier 氏である。パリ郊外の SNBP というビール工場前広場(写真6)と床の施工箇所も見せられた。継目がないことビールをのせた重いトラックで凹まないことを目的としたという。この工法の中心点は合成樹脂を用いることである。その成分は明らかにされていないが、アクリル酸 $\text{CH}_2 \text{CHCOOH}$ 系統の樹脂のようである。樹脂の接着硬化作用を利用したものである。

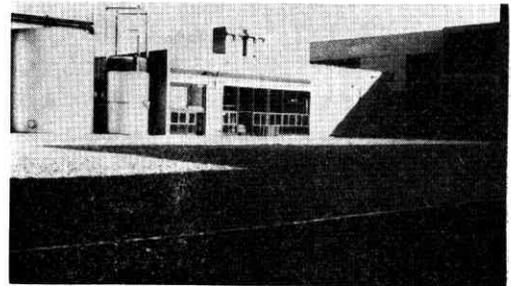


写真6 SNBP 工場

技師 A. Pellier の語るところによると、フランスでの勤務時間は、つぎのようになっている。技術者は午前8.15~12.00、午後1.00~5.45まで働く。事務系統の一般人は8.30~12.30と2.30~6.30の間勤務する。昼休みが長すぎるのでわれわれ訪問者には困りものである。フランス人は冷淡で放縦で相手のことなどはあまり考えない人種のようにうけとれた。さて Salviacim の工法で使用されるアスファルトは年に5万tくらいらしい。翌日もまた A. Pellier の案内でパリ郊外南20kmのOrly飛行場の近くの乳剤工場を見た。Reveto という工場である。主としてカチオン乳剤を作っている(写真7)。アスファルトを100°C・乳化液を60°Cにして両方を混ぜ

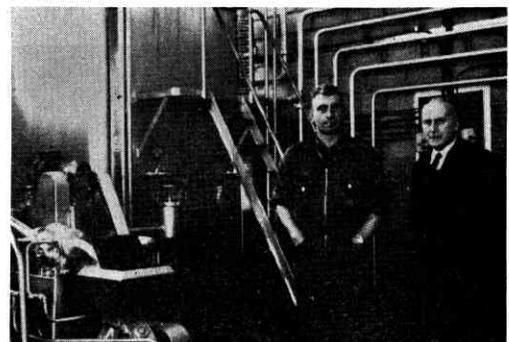


写真7 Reveto において右端 Pellier 氏の装置はカチオン乳化機

る。アスファルト 60%・水 40% の割合である。1 時間に 5 t の乳剤を作っている。その他碎石を作り、これと瀝青物質とを混合させた道路材をロータリキルンで作っている。

アムステルダム・シェル研究所

アムステルダムは古い歴史のある都であると同時に庶民的な親しみのある町である。ホテルでは日本語が通用するくらい実によく日本人が来るらしい。ダイヤモンドの加工工場が名高く電気製品、化学製品が豊富である。われわれの見学する Shell 研究所は街の北部を流れるアムステル河の河岸にあり、街の中心から研究所までは舟を用いる。

工場や研究所の見学といったものはその案内人によってその印象が大きく左右されるものである。このときの案内人が T. Paap (写真 8) というたいへん愉快な人である。日本人の訪問もたびたびあるらしく、要領よくわれわれの希望を満たしてくれる。Paap 氏の語るところによると Shell はいわゆるロイヤルダッチシェルグループという約 500 の会社よりなる組織体で、7 人の常任理事によって運営されている委員会が中央調整にあたるという。このシェルグループは世界 19 カ所に重要研究所をもち 6000 人以上の高級研究員を擁し、年間邦貨に換算し約 240 億円を使っている。研究所の中でもオランダ-アムステルダムとイギリス-エガムの研究所が特に完備しているという。

さて見学は Dr. C. J. Krom のアスファルトの性質についての説明から始った。われわれの質問は Shell のアスファルトは軟化点が高く、また耐寒性などの低温特性はよいが、使用にあたって高粘度である欠点をもつ。これを解決する方法はないかと質問した。これに対し Dr. Krom は粘度というものは針入度や軟化点がほぼ同一のアスファルトであっても針入度指数としては異なりうるもので、必ずしもすべてのシェルアスファルトが高粘度というわけではない。針入度指数が -1 に近いものは粘度が低いのであると詳細な説明がなされた。これに対して



写真 8 アムステル河の T. Paap 氏と筆者・齋藤向岸シェル研究所

著者の齋藤は、なるほど指数の -1 に近いものは使いやすいが製品は +1 に近いものが出ているのではないかと反論、これに対し Krom 氏はそれは製品の供給の問題であり、自分としては製品がどのように供給されているかはわからない。さらに付言して Fraass のゼイ化試験法によるゼイ化点といま問題にしている針入度指数とはアスファルトに望まれる特性に対して相反する要因となるようであると説明した。

別な質問で、アスファルトと何ものかを混合し、その性質を改善しようとする試みについて、あなたはどうかとたずねた。これに対し答はつぎの如くである。アスファルトにゴムをまぜる試みはある。このとき通常のゴム粉末をまぜるやり方ではとてもまじらない。ゴムはラテックスとしてまぜるのがよい。これは自分はゴムとアスファルトを 20 年やった経験からである。このほかまぜるものとして、エポキシ樹脂をまぜたり、鉱物質の filler も使ったことがある。エポキシ樹脂はアメリカでよくやられたが、これもはがれて駄目であることがわかったようだ。ラテックスによるゴム化アスファルト物質も道路に試験した。橋のふもとに試みて、アスファルトだけの舗装と並行させて両者を比べたが、この場合ゴム化アスファルトと通常のアスファルトで前者が特によい結果が出たわけではない。しかもエポキシとかゴムは値段の点で困難がある。Krom 氏の話はアスファルトと他物質との混合に対して、やや悲観的のようにうけとれた。このような discussion の後で Krom 氏によって実験室の案内をうけた。各種測定機、たとえばマイクロ粘度計・弾性試験機・抗張力測定機・Fraass の試験機など多数あり、室員が測定中のものが多く、それらについて説明をうけた。特に印象に残ったものは、ウエザーメータに使用する水についての注意である。日本で見るウエザーメータと大きさ形は同じであるが、そのそばにイオン交換樹脂による蒸溜水供給装置の背の高い塔式のものも 3 本も並んでいる。試験片にかける水は蒸溜水でなければ、曝露試験としての結果は信頼できないと繰り返して述べた。これでアムステルダムは終わるが、T. Paap 氏とともに Shell のオランダ側役員であり、昼食会などでわれわれ訪問者に巧みな話題を提供する C. D. Bruin 氏も印象深い。オランダの現在の悩みは経済上のことはともかく、各人の健康上の問題があるとのことである。体質的に肥満型がふえ、これがもとで心臓病患者がふえつつあるという憂いであるという。

ロンドン・シェル

11 月 7 日朝そばふる雨の中をアムステルダム空港をたち、ロンドンに向かう。出国税は 4 ギルダーである。1 時間 10 分でロンドン空港につく。時刻は 12 時 20 分。税関の調べが綿密を極め、本や着換えのトランクをひつ

くりかえさんばかりに調べる。うるさいのは世界に名高いがこれほどまでとはあとでわかったことだが、前夜飛行機 DC 7 の不明の事故があったためであろうと推定された。ロンドンの宿につき、ひどい頭痛に見舞われた。ロンドンの冷たい風に急に吹かれたためであろう。明日のシェル訪問も危ぶまれるくらいである。同行者の持参するアスピリンや薬根など用いて回復をはかった。翌日若干残る頭痛をおかし、Shell International に向かった。ここがシェル王国の中央調整機関である。場所はロンドンテムス河の南側でビルの上からはすぐ下にロンドン議事堂が見下せる。ここは東京でいえば、隅田川南岸の本所・深川に相当する所だそう。テムス河の南岸は面積はあるが市街の発達は少なく利用率が悪い。この発展策の一つとして、いまから 18 カ月前にこの土地に 25 階のビルをたて、全世界のシェル石油会社を収容、職員だけで 5000 人を擁している。われわれの接待役にあてられた人は W. J. Davis 氏である。悠然と構えて葉巻をふかし、見るからに好紳士で、これ以上は顔が円くならないと思われるほどの笑みをたたえて、われわれの希望に聞き入ってくれた。昨夜の頭痛も忘れ、知らぬ土地を訪ねる時のいらだきからも解放されて話かけることができた。Davis 氏は東洋の書道・美術にも趣味があるらしく、話題や学者の面識の広いのに感心させられる。

道路材アスファルトについては roofing, mastics, emulsion について検討することになり、けっきょく Dr. K. H. Gussfeldt による emulsion についての説明となった。要点だけを述べるとつぎのようになる。エマルジョンを作るための機械の回転数はどうあるべきか。これについて回転数はそう速いものでなくてよい。1500 rpm もあればよい。もし回転数をはやくしたければ 10,000 rpm は可能である Hurrell-Mill を使えばよい。エマルジョン粒子の大きさはある程度回転数で調節はできる。つぎは粘度についてである。エマルジョンは使用上粘度が低い方が使いよい。一般にアニオン性エマルジョンは粘度がは高く、カチオン性エマルジョンは前者に比べ粘度は低くさらさらしている。これはなぜかという説明である。アニオン性エマルジョンでは乳化剤に脂肪酸を使う。たとえばドイツでは乳化剤に Tall oil などの安価にして有効な乳化剤脂肪酸がある。この Tall oil に限らないが、エマルジョン製造ではアルカリと脂肪酸とから脂肪酸石鹸ができ、これが浮遊しているアスファルト粒子の中に入りこんでいる。 $-COO-K^+$ とか $-COO-Na^+$ となる。これを含むと水を呼び込む。アスファルト粒子は水を呼び込みふくれ、このため粘度は高くなる。NaOH を使うより KOH を使う方がいくらか粘度は小さい。加熱すれば粘度は低くなるが、せつけんができてから泡が出る可能性がある。泡が出るとエマルジョン分解の危険性がある。粘度を下げるもう一つの有

力な方法はタールを若干使用することである。タールを用いると石の表面についた膜が柔軟性となる。以上はアニオン乳剤についてであるが、カチオン乳剤について述べるとつぎのようになる。カチオン性乳剤はぬれた状態の石にでもつく。アニオンの場合のように乳化剤の金属塩ができていないから粘度は低い。アニオン乳化のときみたいにアスファルトの組成をやかましく言わなくてよい、などの長所がある。しかし保存が短いこと、使用上の注意を要すること、高価である、などの欠点はある。

滞在日数の関係で Egaham の研究所は訪問し得なかった。その代わりに休日を利用して Oxford 大学見学、Shakespeare の遺跡などのシェル提供の遠足旅行となった。ロンドン郊外的高速道路のドライブを十分味わうことができた。理想的舗装とはコンクリート 5 cm, その上にアスファルトを 15 cm のせることであろうという。遠足案内者の語るところによると、シェルとしては Oxford と Cambridge 大学からそれぞれ毎年 4 名ずつの卒業生を採用するとのことである。日本でいえば、昔旧帝大の卒業生を大会社が採用するときのような気分が今でもつづいているらしい。二つの大学の卒業生については、特権意識が今でも自他とももっているとのことである。道路用として作っているシェルアスファルトというのは、バスのとまるような所で、油でもとけないような、また滑り止めも兼ねるように努めている。従来の釜残的アスファルトから脱している。最後に Shell の由来を問うた。これは Shell の初代がアラビヤ海で貝殻をほって、これでボタンを作ってヨーロッパに供給していた。Shell とはそのとき燃える水が出て来たことに由来するとのことである。Shell の教訓とは利潤をあげることに存続すること、社会に貢献することだという。この方面の費用に Shell 全体で年間 1 兆円をさいている。筆者が考えるに、社会に貢献することは存続せんとする努力の中に入り、けっきょく組織体としての平凡な原理、もうけること、永續性への努力、この二つが目標となることが理解された。

天然ゴム研究所・ロンドンおよび クアラルンプール

ゴムはそれだけでまたアスファルトとの混合において道路材として関心を持たざるを得ないものである。いうまでもなく弾性があり、滑らない、寒暑に強い。そこでロンドン郊外、街の中心から北 40 km のところ Welwyn Garden City にある天然ゴム研究所を訪ねた。主としてアスファルトとゴムとの結合性についての研究の状況を知りたかったためである。さらにロンドンからの帰国の途中にマラヤ（現在はマレーシア連邦となる）の Kuala-Lumpur にある天然ゴム研究所を訪ねた。いずれも Malayan Rubber Fund と称する基金による研究所であっ



写真 9 Welwyn Garden City にて

て、後者はその中心をなすものである。このほかにアメリカ・ドイツ・印度・南アフリカなどに研究所をもっている。1962年の年間総予算が1300万マラヤ弗という。ロンドンでは Dr. K. Grosder, クアラルンプールでは Dr. S. Angove が懇切な案内をしてくれた。ロンドン研究所では材料特性についての各種測定機、化学分析機器と、そのほかゴムの木の温室栽培を見た。ゴムの化学処理の研究は別の場所 (National Road RL) でやっているとのことである。

つぎに Kuala-Lumpur の研究所について述べよう。Angove 氏の語るところによると従業員は研究所が 500 名、現地栽培などの従業員が 600 名、合計 1100 名である。このうち 50% がイギリス人、フランス人、アメリカ人からなる (ドイツ人はいない)。残りは 50% が現地人でマラヤフィリピン人、インド人などである。研究成果の一つはラテックスの増収法である。栽培法により単位面積からとれるラテックスが 2.0~2.2 倍となった。研究前は 1 年 1 エーカー当たり ラテックスは 800~900 lb (乾燥ゴム含有量として) であったという。ラテックスは現地人で集められるが、これは 30~40% のゴム含有量のものである。これを水でうすめ 15% のゴム含有量とする。これを酸で凝固させる。凝固したものを板状に展圧し、木をたいていぶし、表面を燻製状態にする。これを世界の市場に出している。ゴムの化学的加工も意欲的にやっている。メチルメタアクリレートとゴムとによるグラフト重合の研究をやっていた。



写真 10 Kuala-Lumpur にて、Angove 氏と著者

いずれにしても合成ゴム華かな今日、たしかに天然ゴムは斜陽的存在であろう。しかしそれにたずさわる人の気がまえて発展性と新しい興味とがわくものであることが受け取れた。Angove 氏はロンドン大学の出身だが、極めて愉快にこの Kuala-Lumpur で過去 3 年研究に従事している。本年はおそらく濠州の研究所に移動するという。

各国の道路状況

はじめにかかげたコースからもわかるように、今回はヨーロッパの主要地をほとんど回遊した。いずれの国でも生きんがため、繁栄せんがための施策と努力に遭遇する。なかでも道路はどこでも行き当たる。これとともに国の繁栄に対する道路の意義を考えさせられる。道路は国にとってはあたかも 1 個の人間の生存に対し、空気のようなものである。随時誰でも利用することができるし、これを活動の源泉とすることができる。近代国家の発達に道路は必須の条件であり、また一方合理的な道路さえ作っておけば、産業・文化はおのずから発達するものである。

そこで国または公共体はいかなる場所にもどの程度の道路を作るべきかの問題がある。第 2 には道路建設のための財源をどこに求むべきが妥当なりやの問題がある。前者の問題に対しては、道路哲学⁴⁾とか理念にも及ぶことであるから別の機会に述べたい。後者の問題については著者の一人田中によって若干集められた資料がある。これは 1 種の道路についての海外情報としてここに収録しておく。

イギリス——政府の毎年の道路支出は議会で議決される。他の政府支出と同様大蔵省の統制をうける。自動車関係税は政府の道路支出とは直接関係ない。地方公共団体の道路支出は財産税の収入による。1961年の道路支出は政府 990 億円 (全体予算の 1.7%)、地方公共団体 970 億円、計 1960 億円。

西ドイツ——アウトバーンは全額連邦政府負担。道路建設資金調達法を作る。道路財源として鉱油税と自動車税による。これから少なくとも年間 540 億円を基礎控除して使用する。1962年の道路投資額 2200 億円。

フランス——国道・県道その他の道路に分類される。1962年の予算は 425 億、1962年は 570 億円、財源は道路投資特別資金 (F. S. I. R) をもうけている。維持については一般財源からのみ充当。

オランダ——1935年以来交通基金が設定される。これは主として自動車税・ガソリン消費税である。1961年には、この財源から 990 億円が支出されている。地方自治体は現在特別の補助がない。

最後に「道路財政の原理」と題するウエナー・マッケンロートの報告⁵⁾を引用しよう。それによると道路は国

家構成の基本的要素の一つである。政治目的を遂行せしめる機能をもっている。社会による、社会のための奉仕機関であって、自動車交通のためだけの特別の施設ではない。よりよい道路はよりよき生活を意味し、米国民は可能な最大の規模をもって道路建設の計画を実行に移している。このようにして可能になった容易な交通が米国民があらゆる諸国民の間であって最高の生活水準を享受しているおもしろい理由である。今日の道路計画およびその建設には最新の技術と最も能率的な機械が使用されなければならないなどが述べられている。

総 括

序説で述べた旅行第3の目的については紙面もないので略すが、北は北緯50°のロンドンから南は赤道直下に近いマレー・シンガポールへと身を運び、氷のはる寒さから30°Cの真夏の暑さを数日の間に体験した。長期間住んだ場合、北と南で体質的に差異の出ることは当然なことがわかった。また近代文明の発祥地としてのヨーロッパを眺めたとき、人間には絶えず苦痛が必要であるとも思われた。それから国の繁栄にはどのくらいの人口が適当かということが外国旅行者には絶えず遭遇する問題である。総人口はいくらで、その職業別・年齢別の分布が人為的に行なわれるにせよ、自然に調節されるにせよとにかく定まり、どのような産業が行なわれ、それに対して賃金をどのように与え、それから税金をどのように吸収されるかによって、だいたいどの国の様相が出てくると思われる。たとえば旅行者には非常に好都合で、内に住

む人には、窮状にある場合とその反対である場合とがある。一定の金によって発揮する物質的、心理的効果の大小が国によっていろいろ異なる。第1次大戦後ドイツは日本人留学生などには楽天地だったと聞かされる。今日はそうはゆかない。おそらく日本とドイツだったら、ドイツ人が日本に来た方が楽であろう。ほぼ同じ階級や同一年齢で比較した賃金のレベルはドイツの方が少なくとも1.7倍はとっているように計算された。これと同じようなことがフランスにもあてはまる。アメリカからはヨーロッパによく旅行に出かける。これはアメリカで取得したドルがヨーロッパその他で有利に使用できるためでもあろう。経済戦ということがあるが、一国の繁栄には、なにも武力にばかりによる必要はないことは明らかで、もう少し科学的判断による政治・経済を行なう必要のあることをも感じた次第である。統計学専門の科学者の活動にも期待すべきであろうか。

本稿を終わるに当たり、今般の海外旅行について、各方面より多大のご高配ご援助を寄せられたことに対し、深甚なる謝意を表するものである。

(1964年1月27日受理)

文 献

- 1) 丸安隆和・小林一輔：生産研究 15, 11, 449 (1962)
- 2) 鈴木秀明：土木用合成樹脂 山海堂 (1961)
- 3) 野崎弘ほか：生産研究 14, 11, 349 (1962)
および 14, 12, 392 (1962)
- 4) 牧彦七：道路技術 (日本道路協会), 361 (1947)
- 5) ウエルナ・マッケンロート：国際道路協第4回世界大会報告マドリッド (1962)

次 号 予 告 (4 月 号)

巻 頭 言 所長就任あいさつ	岡本 舜三
研 究 解 説	
ゲルマニウムメサトランジスタの高周波パラメータの形状と寄生素子	真鍋 幸夫
薄肉開断面材の弾性力学 (Ⅲ)	川井 忠彦
研 究 速 報	
雷放電カウンタによる測定結果と IKL との関連	藤高 周平 河村 達雄 田代文之助
内燃機関を原動機とする車輛の無段変速制御の一試案	石原 智男 広山 興治
Rosenburg—反応中断法による高温酸化反応測定装置の試作	一色 貞文 本間 禎一 山沢 富雄
塔状構造物の振動解析	中野 旭
生研ニュース	