

# アスファルト

第22巻 第118号 昭和54年1月発行

# 118

## 特集・舗装材料の大学における研究活動

|                    |       |    |
|--------------------|-------|----|
| 私立大学の一研究室          | 阿部 頼政 | 3  |
| 名古屋大学における舗装工学関係の研究 | 植下 協  | 5  |
| 私にとってのアスファルト       | 菅原 照雄 | 7  |
| 東北大学における舗装工学の研究    | 福田 正  | 9  |
| 土研時代を振り返って         | 松野 三朗 | 10 |
| アスファルトとの出会い        | 渡辺 隆  | 13 |

|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 改質アスファルトの特性●その1●       | 太田 健二 | 16 |
| ★研究者のノートから★その7         |       |    |
| 舗装設計システム・VESYS IIMについて | 阿部 忠行 | 26 |
| BLACK CHEMISTRY (6)    |       |    |
| ピッチ分類を原料とする炭素繊維        | 大谷 杉郎 | 35 |
| 〈近況報告〉上州考              | 会田 正  | 42 |
| 〈時事解説〉石油備蓄について(1)      | 鳥居 功  | 44 |
| 〈新シリーズ〉アスファルトの分析法・総説   | 松原三千郎 | 51 |
| 昭和53年度 石油アスファルトの需要再見直し | 武田 敏光 | 59 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第36回アスファルトゼミナール(京都)開催案内           | 1  |
| リフレクションクラック防止層〈ASPHALT INSTITUTE〉 | 50 |
| 〈統計〉石油アスファルト需給資料                  | 61 |

## 第36回 アスファルトゼミナール開催のご案内

主 催 : 社団法人 日本アスファルト協会

後 援 : 京都道友会

開催月日 : 昭和54年 2 月 9 日(金) 9:30~16:30

開催場所 : 京都市 京都産業会館 8 階シルクホール

京都市下京区四条通室町角 TEL 075-211-8341

(会場見取図は裏面に掲載)

1. 挨拶 日本アスファルト協会会長 米 倉 豊 9:30~ 9:35  
資源エネルギー庁石油部精製課長 清 滝 昌三郎 9:35~ 9:40  
近畿地方建設局道路部長 高 野 浩 二 9:40~ 9:50  
京都府土木建築部長 佐 藤 尚 徳 9:50~10:00
2. 舗装材料今昔 日本アスファルト協会名誉会長 谷 藤 正 三 10:00~10:20
3. これからの舗装整備の動向 建設省道路局有料道路課長補佐 河 野 宏 10:20~11:30  
(昼食休憩 11:30~12:30)
4. アスファルトの需給動向と流通~現状と問題点~ 日本アスファルト協会調査副委員長 石動谷 英 二 12:30~13:30
5. パネルディスカッション 13:30~16:30  
最近の舗装材料・施工~わだち掘れ・ひびわれ等を中心に~  
座 長 藤井 治芳 (建設省)  
イ) 現場からの報告~わだち掘れ・ひびわれ等の実態~ 13:30~14:30  
メンバー 吉池 道夫 (近畿地方建設局近畿技術事務所)  
村田 満治 (中国地方建設局中国技術事務所)  
古池 正宏 (阪神高速道路公団保全技術課)  
棕本 宏 (大阪府土木技術事務所)  
ロ) その対応策~問題点・現状と見通し~ 14:30~16:30  
メンバー 小島 逸平 (土木研究所舗装研究室)  
神田 政和 (近畿地方建設局道路管理課)  
小村 嘉延 (中国地方建設局道路管理課)  
荒牧 克治 (阪神高速道路公団保全技術課)  
畑 博昭 (大阪府土木技術事務所)  
荒井 孝雄 (日本舗道技術研究所)

(申込方法などは次ページをごらん下さい)

◎ 受講料

3,000円（途中入退場の別なし）当日「受付」までご持参下さい。

◎ 参加申込方法

ハガキにて下記のとおり記入し郵送のこと。

- (1) 36ゼミナール参加申込
- (2) 参加者の受付区分（別項A～Fのうち該当するものを記入）
- (3) 参加者の勤務先と住所
- (4) 参加者の氏名（同じ所属にて3名以上申込みの場合は参加代表者氏名と合計数記入）

◎ 参加申込先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7（和孝第10ビル）

日本アスファルト協会 36ゼミ係（電話 03-502-3956）

◎ 参加申込期限 昭和54年1月31日まで到着のこと（電話にても受付けます）

◎ 注意事項

- (1) 参加を申込まれた方へは特に通知を差し上げませんので、当日会場「受付」までご来場下さい。

当日の「受付」は下記の区分になっております。

（参加申込みのハガキには必ずA～Fのいずれかを記入のこと）

A＝建設省、道路公団等の公団、北海道開発局

B＝都道府県庁

C＝市(町村)役所

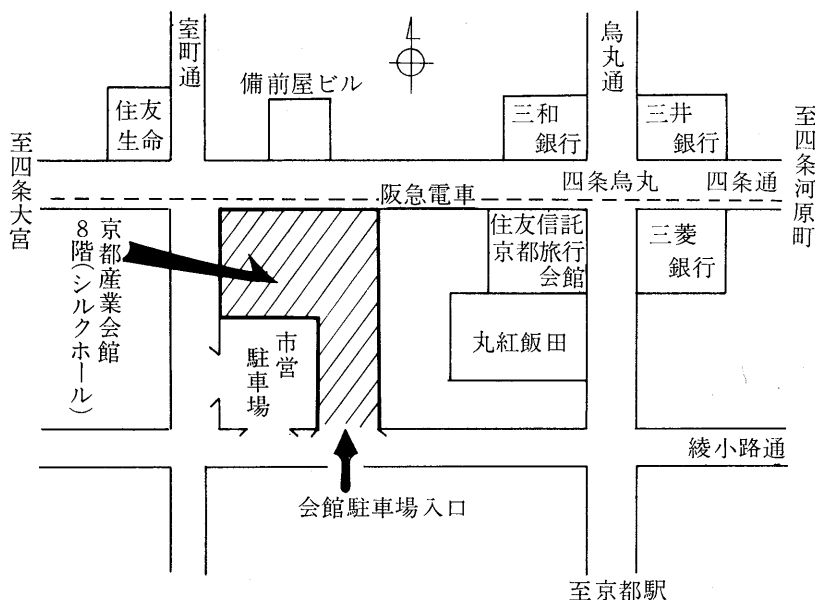
D＝道路建設業等の民間会社（材料関係も含む）

E＝学校関係およびA～Dに該当しない方

F＝本協会々員会社関係

- (2) テキストは配布しますが、昼食の支給はありませんので、悪しからずご了承下さい。

- (3) 会場への入場は午前9時20分までにお願いします。（受付開始8時45分）



# 特集・舗装材料の大学における研究活動

阿部 頼 政 (日本大学)

松 野 三 朗 (金沢大学)

植 下 協 (名古屋大学)

福 田 正 (東北大学)

菅 原 照 雄 (北海道大学)

渡 辺 隆 (東京工業大学)

(50音順)

## 私立大学の一研究室

阿 部 頼 政

### 1. 研究室の概況

わが研究室は、大学の町として知られる神田駿河台（お茶の水）の一角、日本大学理工学部9号館の中にある。スペースは、 $3\text{ m} \times 6\text{ m} = 18\text{ m}^2$ で、ここに、机4個、椅子7個をはじめ、ロッカー、本箱等が所狭しと詰まっている。その空間に“たむろ”するメンバーは、卒業研究生30名（一部22名、二部8名）、大学院生1名、研究生1名、それに筆者を加えて総勢33名になる。もちろん全員を常時収容することは物理的に不可能なので、卒研究生は3～4名ずつ交替になる。外来の客があれば、卒研究生が占拠している中央の大机（と言っても4名がやっと座れる程度のものだが）は、来客用の応接セットに早替りし、卒研究生は資料をかかえて図書館等に移動する。今年、たまたま隣室の先生が海外出張中のため、その部屋も使用させてもらっているが、筆者とあまり顔をあわせたくない連中こそちらも満杯らしい。

卒研究生が相談に来るのは1人平均週1～2回である。しかし、彼等にとっては週1～2回でも、こちらにとっては、毎日、朝から晩までということになりかねない。コーヒーを常備しているが、200gの袋が毎日1個ずつなくなってい

く。学生達は筆者がかなりの高給とりだと錯覚しているようである。

### 2. 日常生活

日本大学には、土木工学に関係した学科が多く、外部から見ると非常にまぎらわしいと思う。筆者の所属する理工学部土木工学科、同学部であるが校舎は千葉県習志野にある交通土木工学科、生産工学部土木工学科、短期大学部土木工学科、工学部土木工学科（福島県郡山市所在）と思いつくままに並べても5学科あり、定員の合計は1学年1,000人をはるかに超える。

理工学部土木工学科の学生数は、1学年約300人であり、募集を停止したため2年生以上だけになったが、2部（夜間部）の学生が1学年約150人程度いる。これを指導する講師以上の専任教官は20名たらずであるから、国立大学等に比べて教官一人あたりの負担は非常に大きくなる。筆者の後期（9月～1月）の授業時間を例にとると、講義・演習は、昼夜あわせて週に9コマ（1部は90分、2部は70分を1コマと数える）、実験が12コマある。演習や実験には大学院生を1～2名助手として使えるが、当研究室には専業の助手・副手はいない。すべて筆者の一

人舞台である。学期末には試験答案が約2000枚集まる。演習・実験等のレポートは、数万のオーダーとなる。

授業の次に手間がかかるのはクラス担任としての仕事である。筆者は現在2部4年生のクラス担任であるが、これは、新学期早々の修得単位数調査から始まり、卒業判定まで、150人の学生を管理、指導するとともに、学生からの相談事を一切引き受けるものである。修得単位数から卒業研究の着手許可者を決定し、希望を聞いて各研究室に割りふり、就職の指導をし、経済的な問題の相談にのり、……。学生にとっては重要な問題が多いだけにミスは許されない。

授業科目担当者としても、学生の訪問を拒否するわけにはいかない。講義内容の質問、期末試験結果の問い合わせ、レポートを直接持ってくる者、落第点をつけられては卒業できなくなると泣きついて来る者など、2000人近い学生の訪問理由は種々様々である。現在の研究室に移ってから5年になるが、ドアを4度修理した。出入りが多すぎるのであろう！

### 3. 卒業研究について

卒研生の研究テーマは、原則として本人の希望を受け入れることにしている。しかし、妥当なテーマを選べるだけの知識を有する学生はきわめて少ない。また、当研究室の施設も限られているので、筆者の手許にある資料を利用できる問題にしばらざるをえない。今年度の主なテーマは次のとおりである。

- (1) ベンケルマンビームによるたわみ測定法の弾性理論から見た検討
- (2) 平均CBRを求める式（アスファルト舗装要綱）の適用限界
- (3) わだち掘れ予測式（シェル）の適用性
- (4) 鋼床版舗装のクラック発生機構の検討
- (5) 多層構造理論の数学的背景
- (6) 各種舗装設計法の比較

土木工学の卒業研究では実験を主体とするケースが多いが、当研究室では卒研生に実験室を使わせていない。研究設備、スペースが不十分なためもあるが、最大の理由は監督者がいないことである。卒研生だけで実験をさせるのはきわめて危険であるし、筆者にも、実験技術を詳しく指導し監督する時間的余裕はない。

今年度は東京都土木研究所の阿部忠行氏が研究生として当研究室の一員になっている関係もあり、数人の卒研生が同研究所の指導をいただいている。大学とは異なり、現場の直結した研究の厳しさ、面白さに接し、学生達も非常に喜んでいるようである。

卒研生の研究が筆者の研究に直接役立つ例はきわめて少ない。もっとも当初から期待はしていないのであるが……。しかし、指導中にヒントを得ることは度々あるし、確認の計算をさせることもできる。その意味では研究上全く無駄というわけでもなく、何度叱られても寄ってくる学生との話しあいはまた楽しいものである。

### 4. 現在に至るまで

筆者が大学を卒業したのは昭和40年3月であるから、もうすでに13年になろうとしている。これは、同時にアスファルト舗装とのつきあいの長さでもある。東京大学を卒業後そのまま大学院に進学し、アスファルトを始めたのであるが、指導教官は最上武雄教授、渡辺隆助教授（当時）といずれも土の先生であった。土質実験室の片隅で回転粘度計の温度調節に苦勞し、モルタル試験機で一軸圧縮試験を行なった事、温度・歪速度の影響が大きいのにびっくりした事などを今でもよく思い出す。その後、渡辺先生が東京工大に移られたため、東京工大で実験するようになり、博士課程修了と同時に助手に採用された。東京工大には2年半在籍した後、現在の日本大学に移り7年目となっている。そして隣室には、最上先生がおられる。つまり、東工大、日大と移ったが、常に学生時代の恩師のもとであり、指導者には非常に恵まれてきたと言えよ

う。

東大、東工大の頃には、アスファルト材料の研究を主としてきたが、日大に移ってからは、アスファルト舗装に中心をきりかえた。これは、実験が思うようにできなくては材料の研究はむずかしいと判断した上でのやむを得ぬ処置であったが、現在では、材料と構造の両面から舗装を見れるようになり、かえってプラスだったと思っている。

### 5. 最近の悩みから

大学人には、3つの役割があると考えられる。すなわち、学生の教育、自己の研究、そして委員会、著作等を通じての社会活動である。この3者にどのようなウエイトをおくか、これがいつも頭を痛めている問題である。数年前までは、

研究を至上と考えていた。教育と社会活動は義務を果す程度で充分と思っていた。しかし、筆者個人の研究が舗装技術の向上として反映される効果よりも、毎年500人近く卒業していく学生の指導に力を注いだ方が、はるかに意義があるのではないか……。このような疑問を持った時から研究至上の考え方がくずれ始めた。教育と同様に、社会活動も現実問題の解決、現場技術への情報提供という面で大きな意義があるのではないか……。かと言って大学人が研究を放棄してしまっただけは何の存在価値もない、研究をおろそかにした教育などありえないはず……。

いつも堂々めぐりで結論は出ない。したがって、いずれも軽視する気になれず、若さ（馬鹿さ？）にまかせてすべてに全力投球しているのが現状である。

## 名古屋大学における舗装工学関係の研究

植下 協

名古屋大学工学部土木工学教室のすべてについては、その十年誌（昭和46年4月発行）、十五年誌（昭和51年12月発行）に詳しく述べられている。

名古屋大学における道路工学関係の研究としては、土木工学科第2講座（土質力学）の筆者を中心とする舗装工学研究グループと、第4講座（土木計画学）河上省吾助教授を中心とする計画学・交通工学サイドの研究グループの活動がある。したがって、名古屋大学における舗装工学関係の研究状況については、筆者の研究歴をもって御理解いただくことができる。

筆者は、昭和28年3月に京都大学を卒業した後、さらにその大学において5年間の大学院生時代、その後5年間の講師・助教授時代を過ごし、その間、21篇の論文・報文を書いた。それらで取扱った内容は、昭和34年提出の学位論文

「路床土の含水状態とその支持力に関する研究」に関連するものが多い。

京都大学助教授時代の昭和35年7月から1年間、フルブライト交換研究員として、米国シカゴ近郊のノースウエスタン大学オスターバーク教授のもとに海外出張し、オスターバーク教授の世話で、ポルトランドセメント協会研究所の舗装研究室で研究生活を送った経験は、筆者に多くのものを与えている。このときの研究テーマは、ソイルセメント路盤厚の合理的設計法に関するもので、この分野での研究の総決算は、「舗装構造のたわみの理論的推定に関する考察」という論文で、第3回国際アスファルト舗装構造会議（1972年）に報告したとおりである。その概要は、舗装構造の載荷試験において、バーミスター理論では説明できない現象があるので、実験値をまとめるためには、理論式を修正した

関係式を用いる必要があり、そのような修正の必要性を有限要素法計算で示したものである。

名古屋大学工学部土木工学科は、昭和36年4月にスタートしたが、筆者は昭和38年4月に名古屋大学に着任し、それ以来15年余を経過している。現在の担当科目は、道路工学、土質力学、土木施工学などである。

筆者は、名古屋大学着任後、40余編の論文・報文を書いているが、その分野は、名古屋大学における筆者の立場から、道路工学と土質工学に関係するものである。

名古屋大学において、道路工学に関連して発表した論文・報文のテーマを、発表順に並べると次のようになる。(この他に、アスファルトコンクリート舗装の室内模型実験なども、修士論文、卒業論文で行ったが、それらは、土質工学研究発表会などで発表したのみで、活字の報文となっていないので、以下のリストから除外してある。)

(1)CBR簡易測定法としての球体落下試験、(2)熱滲透現象が路床土含水状態におよぼす影響、(3)路床土の含水状態、(4)オデマルク法による三層舗装構造の沈下係数、(5)舗装構造の力学、(6)スラグ碎石路盤と切込碎石路盤の供用4年後の比較調査、(7)平板載荷試験結果から舗装各層の変形係数を計算する方法、(8)舗装構造のたわみの理論的推定に関する考察、(9)PCロード埋込み式コンクリート舗装版の大型室内疲労実験、(10)穴あけベンケルマンビーム試験による舗装構造の解析、(11)コンクリート舗装における路盤厚の設計について、(12)連続曲率計による舗装の評価、(13)等価2層モデルによるアスファルト舗装の解析、(14)アスファルト舗装の寿命と構造設計に関する考察—などである。

これらの初期のものには、京都大学時代の成果をとりまとめたものが含まれている。「舗装構造の力学」については、昭和39年8月から翌年12月まで、カナダのノヴァスコシア工科大学マ

イヤホフ教授のもとで過ごした第2回在外研究の成果に関係するものである。その後のものは、大有道路建設(株)中央研究所の吉兼享所長、名大の助手・大学院生達との共同研究の所産である。

名古屋大学における舗装研究が、しばしば大有道路建設の吉兼氏との共同研究で行われてきたことは、舗装研究が大学独自ではむずかしく、現場のデータと経験が不可欠であることを意味している。

土木学会論文報告集、昭和51年12月号に発表した「等価2層モデルによるアスファルト舗装の解析」は、今泉助手と私が、昭和49・50年度、高速道路調査会のアスファルト舗装追跡調査結果解析作業(日本道路公団委託研究)に参加させていただき、東名・中央・京葉など高速道路舗装における動態観測結果を筆者らの方法で解析してみて、うまくまとまったので、日本道路公団の許可を得て発表したものである。この論文では、まずアスファルト舗装を解析するために、舗装の表面上で実施されたベンケルマンビーム試験のたわみ曲線から、たわみ量と見掛けの曲率半径を求め、2層弾性理論との対応によって、アスファルト層とその等価支持層から成る2層モデルのそれぞれの等値変形係数を推定する方法を示し、次にアスファルト層の等値変形係数と路面温度との関係式を示した。このようにして求めた2層モデルで理論的に推定できる舗装体の応力・ひずみの値と実測値とを比較し、その対応のよいことを報告したものである。

土木学会論文報告集、昭和52年5月号に、板橋助手・今泉助手と私の連名で発表した「アスファルト舗装の寿命と構造設計に関する考察」は、建設省名古屋国道工事事務所ならびに大有道路建設(株)の協力を得てまとめた論文である。この研究では、まず5トン輪荷重による路面たわみ量に基づくアスファルト舗装の寿命曲線を、名古屋近郊の一般国道の調査資料からまとめた。次に、この寿命曲線に基づいて、アスファルトコンクリート舗装の経済的特性を検討したが、

交通量の多い道路では設計目標交通量（5トン輪換算）を少なくとも500～600万台におくのが経済的に有利（特に路床の弱いものほど）であり、アスファルトコンクリート層と路盤の厚さの組み合わせに、もっとも経済的な範囲のあることを示した。そして、この寿命曲線によれば、現在用いられているタイプのアスファルト舗装では、5トン輪荷重換算で1000万台ぐらいの交通量が設計目標の限界であろうことを示した。

現在、私どもの研究室で取り組んでいるテーマは、(1)道路土工における土質分類の活用、(2)

堆積ヘドロの処理工法、(3)濃尾平野の地盤沈下問題、(4)名古屋地盤区分図作成作業、など土質工学関係のものが多く。

筆者の研究室では、社会からの要求が強く、若い研究員（助手・大学院生）が筆者の指導で比較的早期にまとめうる見通しのあるテーマを選び、各研究員ごとに、論文報告集、学会誌などに公表してゆくことをもって勉強・教育の手段としている。そのような立場をとるとき、今日の私どもの研究室では、どうしても、土質工学寄りの研究態勢となる傾向を認めざるを得ない。

## 私にとってのアスファルト

菅原 照雄

### 1. アスファルト舗装に目地が不要なのは 何故か

アスファルト舗装に目地が不要なのは何故か。不思議なことにこんなことが書いてある本は一冊もないのである。「昔から目地がなくやって来たから」とか「経験上」とかでは答にはならない。答は簡単である。「アスファルトの応力緩和による」で片付け、これは云わなくとも誰でも知っていることである。常識の中に埋れてしまって本にも書いていないし、かなり詳しい人に聞いても答が返って来ない。アスファルト舗装には常識が多過ぎて、それが理論的に体系化が出来ない理由になっている。実用的には体系化が出来ようが出来まいがさして問題はない。しかし実は困ることがある。第一に若い人の教育が出来ないということである。つめ込んでおぼえさせるか経験させるしか道がない。考えさせることが出来ないのである。教育効果をあげるにはどうしても学問的な体系化が不可欠である。第二に経験のない現象に出合ったときの解決策の見出し方である。考え方がわかれば考えて現象の解析が出来、対策が生まれる筈である。

何かが起ってわからなければ経験豊富な人を探し出して教えてもらうのでは悲しいことである。複数の経験者が複数の結論を出すことも決して珍らしいことではない。第三に経験のみでは応用の展開の期待しがたいことである。

このような理由で、実用的にすぐ有効であろうがあるまいが、たとえ地味な研究であっても一步一步学問としての体系化がはからなければならないのが今の舗装工学である。

「アスファルト舗装とは大変むずかしいもので」とか、「複雑なので」とかいう言葉も今や他の分野からみれば、不勉強のいい訳としかとられないのが周囲の事情である。他の分野に互して発言権を確保するためにも、もっともらしい、衣をまとふことが必要な時代になって来たというのが最近の私の受けとめ方である。そのために我々は何をなすべきなのだろうか。

### 2. 研究のテーマについて

研究のテーマの選定に思い悩んだ経験をお持ちの方も多いであろう。そして研究者が皆十分満足して今のテーマに取り組んでいるとは云え

ないかも知れない。

御多分にもれず私も今の「アスファルト混合物の力学的性状」という基礎研究をテーマに選んだのは15年程以前である。あまり世間的にアピール出来る話題でもないし、評価の得がたい分野であることを承知しながらの選択であった。幸にして北海道大学の土木工学科の講座数が多いこともあって、教育テーマと研究テーマがあまりかけはなれもせずに続けて来られた。このテーマの選定に至るまでの間、ごく常識的な舗装の勉強、中東系アスファルトの研究（これでは大変光栄なことに石油学会賞を頂いた）、英国、オランダでの留学を経ている。テーマ選定に当ってこの留学期間の経験が大きく影をおとしていることは否定出来ない。

私が若い人達によく云う言葉に“研究に信念と哲学を持て” “しぶとい研究をやれ” “さびしがるな、お前達は研究のプロなのだ” などがある。

私達が今進めている研究は材料学ではなくてあくまでも道路工学の中の材料部分である。単なる材料学と異なるのはインプットである。いわゆる道路としての条件を入れた研究だからである。そして研究の手法は解析的であって他分野の材料を取扱っている人々にも理解出来る方法であることが条件である。すっきりした形での応力－ひずみ－時間－温度表現をとらないとなかなか他の分野と足並みは揃え難い。このような形をとって私達が取り組んで来た主なテーマと研究成果は次のようなものである。

- (1) アスファルト混合物の破壊特性  
(土木学会論文報告集 No. 207, 210, 221, 234, 251, 279)
- (2) アスファルト混合物の動的性状  
(土木学会論文報告集 No. 208, 215, 235, 254, 277, 石油学会誌 Vol. 18, No. 5)
- (3) バインダー性状と混合物の性状  
(土木学会論文報告集 No. 268, 石油学会誌 Vol. 15, No. 11)
- (4) アスファルトおよび混合物の変形特性

(土木学会論文報告集 No. 201, 208)

- (5) 混合物の応力緩和性状  
(土木学会論文報告集 No. 275, 石油学会誌 Vol. 21, No. 5)
- (6) 特種な材料  
(土木学会論文報告集 No. 250, 275)

この発表のかげにアスファルトの粘度、層構造解析などいろいろなテーマがあった。そして最近では応力緩和の不十分なことにもとづくひびわれの問題に大変興味をもっている。いわば舗装の熱応力問題である。（道路、53年8月号に発表）

これと同時に私達は研究手法の開発、機械の設計製作にもかなりのエネルギーをそそいで来た。最近の設備としては熱応力関係に力を入れている。

### 3. 他分野との共同研究について

アスファルトの研究に際して道路の関係者はもちろん、他の分野すなわちダム関係の方々、舗装機械関係の方々、杭の専門家などの交流があった。石油関係の方々との共同研究も私共にとっては誠に有効であった。御承知のようにフィルダムのアスファルトフェイシングが徐々に増えている。ダムの専門家がアスファルト側に要求する性状は、道路からの要求とは大変異なったものであり、大変多くの勉強をさせてもらった。またフィルダムのセンターコアへのアスファルトの利用についても地震応答の解析の必要からアスファルトの動的応答の研究も大変促進された。舗装機械の面では切削機的设计のインプットデータなどは基礎研究のそのままの応用であった。

このように他分野との交流は研究の幅を拡げまた、共通の話合いの場と、共通の用語を使うことにより研究を著しく促進させる。

### 4. あとがき

以上とりとめののちを書いて来た。私達

は基礎研究に専念しつつも、目標はあくまでもよい道路舗装にある。皆さん方の御支援を頂い

て研究を進めて行きたいと念じている。御意見などお寄せ頂ければ幸である。

## 東北大学における舗装工学の研究

福田 正

東北大学工学部土木工学科に道路工学講座が設置されたのは昭和42年で、大学の講座としては歴史が短かく自慢できるほどの研究業績、研究施設が無いのが残念である。また講座の研究・教育内容として道路に関した広範な分野（交通計画、交通流、舗装構造、舗装材料など）を包含しているので、舗装材料(特にアスファルト)に関しての研究は、研究活動の一つの分野として扱っているに過ぎないことをお断りしておく。

### 1. 私の研究歴（経歴）

私は昭和34年に東北大学工学部土木工学科を卒業して建設省に入り、10年間勤めた後に東北大学に転動して現在に至っている。建設省時代の前半の5年間は土木研究所舗装研究室で専らコンクリート舗装、特にプレストレスト・コンクリート舗装や連続鉄筋コンクリート舗装のような特殊コンクリート舗装の開発研究に従事した。当時は道路事業が軌動に乗った時期であったので、研究室には活気に溢れ、多くの優秀な先輩、後輩に恵まれていた。現在も土木研究所は筑波移転を控えて新たな飛躍が期待されているが、私が研究所に入った当時も丁度研究所の道路部が千葉に移転する時期で、研究所員も鋭気に満ちていた。建設省時代後半の5年間は関東地方建設局大宮国道工事事務所、千葉国道工事事務所に勤務し、研究活動から離れてしまったが道路工事の設計・積算・現場監督など私にとって貴重な経験を積むことができた時期であった。

私は道路工学の広い領域のなかでは舗装、特

に舗装構造の問題に関心を持っているし、本誌からのご要望も舗装問題に限定されているので、このテーマに関しての当研究室の内容をご紹介します。

### 2. アスファルト舗装、アスファルト材料に関する研究

#### (1) アスファルト混合物の組合せ応力下における破壊特性

アスファルト混合物の破壊特性に関しての従来の研究は一軸的応力状態によるものが大部分であるが、実際の舗装においてはアスファルト混合物は組合せ応力状態において破壊していると考えられる。そこで従来あまり触れられていない組合せ応力（特に圧縮—引張りの組合せ）によるアスファルト混合物の破壊特性を求めることを本研究の目的としている。この実験は2次元2層構造のモデルに載荷した場合に、上層内下側に組合せ応力の発生することに着目して行なうものである。まず上層と下層のヤング係数の比の変化による上層内部の組合せ応力状態の変化を光弾性実験、数値解析により検討した。次にアスファルト混合物供試体について同様の実験を行ない組合せ応力下での破壊特性を得ている。この方法の利点は実際の舗装構造の応力状態を再現して実験の行なえることである。

#### (2) アスファルト舗装のレオロジカルな変形挙動の解析

アスファルト混合物のレオロジカルな性質すなわち粘弾性、塑性に関する供試体実験と並行してアスファルト混合物のこれらの性質をモ

デル化した構成方程式を導入することによりアスファルト舗装の挙動を解析する研究である。とりあえず現在は2層構造の場合について、それぞれの層の材料をVoigt, Maxwellなどの粘弾性モデルを適用した場合の数値解析,あるいはアスファルト混合物の非線型挙動について区分的線形理論によるFEM解析を行なっている。

### 3. コンクリート舗装・コンクリート材料に関する研究

#### (1) コンクリート舗装の荷重分散機構

コンクリート舗装の路盤にセメント安定処理材料を使用することは世界的傾向であるが、このような舗装構造ではWestergaard平板理論を設計に用いることは不合理なことを指摘し、新たな解析法を提案した。また輪荷重の接地面形状の舗装内の応力分布への影響について数値解

析と3次元光弾性実験により明らかにしている。

#### (2) 連続鉄筋コンクリート舗装

昭和38年に土木研究所の研究成果を用いて国道4号福島県郡山市郊外に試験的に連続鉄筋コンクリート舗装を施工した。昭和52年にこの試験舗装の14年間にわたる供用状況の追跡調査を実施した。現在これらの資料を基礎に連続鉄筋コンクリート舗装のひびわれ発生機構の研究を継続している。

#### (3) コンクリート舗装の摩損

東北地方のような寒冷地では、冬期のタイヤチェーン・スパイクタイヤによる舗装の摩損による被害が甚大である。そこで高強度系コンクリート、特殊骨材を用いたコンクリート等を舗装に適用して摩損抵抗を強化する研究を行なっている。

## 土研時代を振り返って

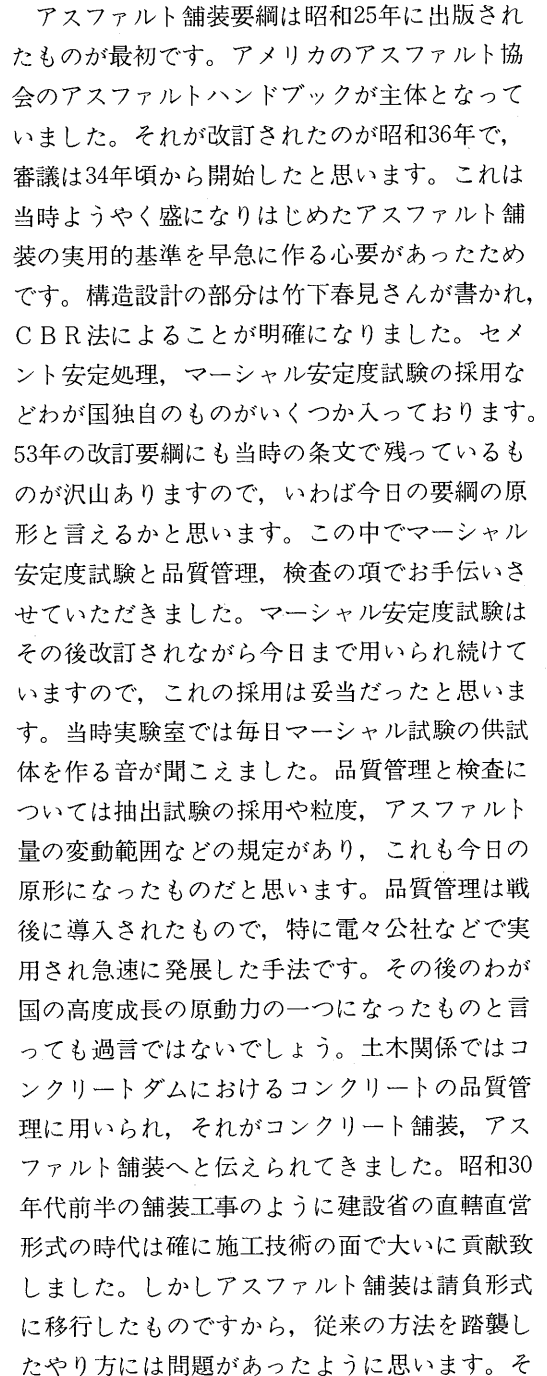
松野三朗

52年8月に金沢大学に参りましてから1年半になります。交通路工学（道路、鉄道）と土木設計を教えておりますが、まだ不慣れな点が多く、講義の準備に追われている毎日です。したがって研究面へ仲々手がまわらず、諸先生方のようにご報告できるような研究も全く無いのが現状です。そこで表題のようなことでご勘弁いただきたいと思います。

建設省土木研究所には昭和31年から52年まで20年以上もお世話になりました。昭和45年までは舗装研究室にいましたが、その後企画課で筑波移転問題等をやったり、(財)国土開発技術研究センターで総合技術開発プロジェクトをやったりで、しばらく舗装から離れておりました。しかし昭和45年までの10数年間はわが国の舗装技術が急速に進歩した時代だと思いますので、

この間土研でいろいろな面で発言させていただいたことは大変有難く、ご関係いただいた方々には感謝の気持ちで一杯です。

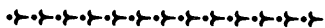
土研に入りました昭和31年当時建設省の舗装はコンクリート舗装が主体で、アスファルト舗装はほとんどやっていませんでした。入所してすぐやらされたのは液体アスファルトを用いた土質安定処理です。当時竹下春見さんや田中淳七郎さんが盛にセメント安定処理をやっておられたので、これを真似てやったのですが、どうやってもセメント安定処理のように強度を出すことができませんでした。アメリカのテキサスあたりの文献によりますと乾燥させて水分を除くとかかなり強度が出るように書いてあるのですが、わが国のように高温多湿なところではとても無理だったように思われます。今でこそアス



この安定処理と同時に鋼床版舗装の実験もやりました。当時赤羽の構内に半径5mの回転道路試験機（トラフィックシュミレーター）があり、このトラックに鋼床版上に舗装した供試体を並べて走行試験を行ないました。この回転道路試験機は戦前に造られたもので、主として砂利道の実験に用いられたようです。今日道路公団のトラフィックシュミレーターや土研の筑波の走行試験場など極めて大規模なものがありますが、戦前すでにこのような回転道路試験機があったことをご存知の方はもう少ないと思います。荷重は確か1.5tぐらいだったと思いますが、試験機がぐるぐる回り出すとアームが切れてとび出しそうで、今からみると大変な実験をやったものだと思います。1.2m×2.4mの鋼床版に舗装をするのも人力でタンパーを用いて締固めました。車輪がシフトしないものですから、わだち掘れを生じただけで何が何だかわからないうちに終ってしまいました。この実験結果から大阪の大正橋にシートアスファルトを用いたワービット舗装をやったのですが、流動が大きくなりすぐこわれてしまいました。橋梁屋さんには大変叱られましたが、弁解がましく書かせていただきますと、その後20年間今だに鋼床版舗装が問題になっていることから見ますと私の不勉強もありましたが、これもまた実験で簡単に結論がでるようなものではなかったように思います。

11

の後あわてて抜取り検査を加えたりしたのですが、一つの制度として固まったものを変えというのは大変むずかしいようです。当時責任のあった立場からまことに不勉強で申し訳ないことをしたもの後悔しております。請負形式の公共事業のしかも工事規模の小さい舗装工事の品質管理と検査の問題は大学生活でもう少し詰めてみたい研究課題だと思っております。一般の工場製品のようにはまいりませんので、現状で無理からぬ面が多く、教科書の中の原則論だけではだめなのです。どうも失敗談ばかりで恐縮ですが、失敗の上にまた新たに積上げていきたいと思い、敢えて書かせていただきました。



42年の改訂要綱は舗装構造を強化するなど、内容のほとんどがわが国で咀嚼発展させた技術がもとになりました。53年の改訂要綱でも大筋は変えられておりませんので、今後もこれが基本になっていくものと思います。構造設計は竹下春見さんの遺言のようなものですが、今でも竹下さんが生きておられたらなあと思ひ、自分の至らなさを恥ております。構造設計では藤井治芳君などとやった走行車輛重量計による測定結果が大いに役立ちました。今でこそ走行車輛重量計はどこにでもありますし、測定結果も多いのですが、昭和30年代後半には全くありませんでしたから、ダンプカーの重量が重く、舗装が壊れて困ると思ひながらどうしようもないのが現状でした。規定の2倍以上も積載している車輛の重量がわかったときは本当に痛快でした。もう時効になったと思ひますので書きますが、厚さ25cmの大宮バイパスのコンクリート舗装（大宮より熊谷寄り）に1～2年でひびわれが入り、事務所ではどう説明したらよいかとまどっておられました。たまたま初めて測定した結果で計算しますと壊れて当然という結果になり、当時の渡辺所長に“おまえも時には役立つことがあるのだなあ”と変なお誉めをいただきました。

42年要綱ではアスファルト混合物の配合がや

や多目のアスファルト量になるようにしましたが、これがどうも今日のわだち掘れの一つの原因になったようです。36年要綱では構造も弱く重交通に対してひびわれが入って当然だったと思います。したがって今から思うと混合物まで富配合にする必要はなかったようです。先日ある地建の現場を3日間歩いて見せてもらいましたが、わだち掘れの救いようのないのに改めて驚きました。53年要綱ではやや貧配合になりましたが、わだち掘れとひびわれの問題の根本的解決はもう少し先になるような気がします。わだち掘れを解決するとひびわれが多くなるというのは間違いないことですから、両方を解決するうまい方法がない限り一種の選択の問題になります。

42年要綱の改訂前後から、次期の改訂の事を考え問題点について各地で試験舗装を実施するようにしました。千葉市の土研周辺や地建の国道バイパスなどで施工したものの結果が10年以上たった今少しずつ出て来ております。南雲室長の代になって、更に全国的に試験舗装の施工、調査が行なわれておりますので、良いデータが今後多く出ることが期待されます。ただ試験舗装は要因の数が限られますので、よほど計画を十分に行なわないと結論を出すのがむずかしくなります。岡部や幕張で混合物の配合に関する試験舗装を大規模にやり、谷本誠一君が中心となってまとめていただきましたが、やはり私の立てた当初の計画で不十分なところがあったように思ひます。混合物の配合に関する試験舗装の第1の目的は最適アスファルト量を求めることにあると言えます。要するにマーシャル試験を現場でやると同じことです。舗装は理論ではむずかしい面が多いので、今後も試験舗装の結果に期待するところが大きです。私は理論をあまりやらなかったで、私の口から言うのはおかしいのかも知れませんが—。

アスファルトプラントの性能試験や抜取り検査などまだ書かねばならないことがあるようですが、紙数の関係もありますので、このあたりで止

めておきたいと思います。雑なことばかりやって来ましたが恥をさらしたようなものですが、幸いにも私の後任の南雲室長が几帳面にまとめておられますので安心しております。

今大学に来て土研時代に技術的な面で良かったことと言いますとやはり現場を沢山見せていただいたことだと思います。大学ではどうしても機会が少なくなりますので、せめて石川県の舗装でも断続的に見ておこうと自分の車でかけておりますが、何せ現場のデータを見ておりませんので、それほどは役に立たないようですが、それでも現場は最良の先生です。北陸道を走っておりますとオーバブリッジの下でザーと音がします。幅員の狭い橋の下でも同様です。先日道路公団の方に現場を見せていただきましたが、やはり私の考えていた通り、冬季タイヤチェーンで摩耗した舗装面が、夏季に日陰になる部分だけそのまま残っているのです。要するに舗装温度の低い日陰の部分は夏季に圧密されないのです。橋面下の夏季の舗装温度を測定しておりませんのでよくわかりませんが、アスファルト混合物の本質に関係するものがあるように思います。最近現場に出かけられる

方が少ないようですが、私は今後もてくてく歩きたいと考えております。

大学は土研と違い人員、組織、予算もありませんので、これから自分自身で研究を組立てて行かなければならないと思うとはなはだ気の重いのが偽らざるところです。少しずつ施設を整備しながら研究を進めたいと考えておりますが、少ない予算でどこまでやれるかあまり自信はありません。ただ大きな事を考えなければ、研究課題はいろいろあるように思います。今年学生の卒論で“簡易舗装の経済効果”をやらせております。いまのところ直接効果だけなので申し上げることもありませんが、間接効果まで含めたものを今後ともやってみたいと思っています。トラックテスターやニーディングコンパクターの簡易化なども面白いと思います。要するに土研でおやりになる事の穴埋め的なこととなります。それにしても大学の先生方は大変よく研究、指導にご活躍なので感心せざるを得ません。まだ大学での研究の進め方もよくわかりませんので、この面で先輩の諸先生方のご指導を仰ぎながら進めていきたいと考えております。今後ともよろしくお願い致します。

## アスファルトとの出会い

渡 辺 隆

アスファルト協会から研究歴やら研究の計画などについて簡単に書いて欲しいとの依頼を受け、どんなものを書いてよいやら困惑した。それというのも、アスファルトに関しては未だかけ出しの人間がそれほど立派なことは書けるわけがないと思っているからである。

まず、筆者の略歴を示すと次のようになる。

昭和22年 東京大学第一工学部土木工学科  
卒業

昭和24年 同上旧制大学院前期修了

昭和24年 東京大学講師

昭和26年 東京大学助教授

昭和41年 東京工業大学教授

さて、上述の略歴では、その時代のことは何もわからぬ人が多いと思うので、多少振り返って雑文にしてみる。

### 1. 土質工学に関連した時代

大戦末期の昭和19年に大学に入学したとき、一年間は講義を受け、その後の一年半（戦時中

の短縮のため)は勤労働員でどこかに行かされる予定であった。

このため1月2日の朝8時から講義を受けた経験もあるし、空襲で本郷の辺りが一面の焼野原となり、休講になった経験もある。入学の翌年に終戦を迎えたが、その日は動員で、横須賀の先で横孔掘りの測量をやらされている時であった。その後、大学の在学期間は3年に戻り、昭和22年9月に卒業したのである。大学時代は食糧がなく腹をすかせてボンヤリした毎日であった。当時第二工学部もあり、千葉の方だと芋が食べられると喜んで出掛けたこともあった。

ろくに勉強していないので旧制大学院に進み、最上教授の下で土質の勉強をさせて頂いた。土を自分の手で確かめる必要があると教えて頂いて、手造りの簡単な実験装置で毎日理工研(現在の東大宇宙航空研)の研究室で実験した。理工研には戦時中の研究設備が残っていて、真空管なども卒業後初めていじるようになった。当時の理工研は世帯も小さく、いろいろの専門家がいて、我々が他分野のことを教えてもらうのに便利なところだった。また、工作室もあり、実験装置を手造りするのに便利だったし、材料も戦時中の残りが転がっていたので、お金は殆ど使わずに実験を行なった。

当時は今から考えると誠に幼稚な実験をしていたが、土を初めて取り扱う者にとってはそれなりに面白かった。土の締固めによって土を合理的に使うべきであるという工学的な話<sup>1)</sup>も始まり、乾燥密度曲線の実験式を考えたりした。これは昭和26年、アメリカのMITに33か国の若い技術者が集まって夏学期に勉強する催しがあった際に、若いT. W. Lambe助教授が我々の講義のとき紹介してくれた思い出がある。しかし、このときは式中に水の単位重量を入れずにタイプして持っていったので、質問が出て、あわてて $\gamma_w$ を書きに黒板へと走った経験がある。日本では、 $\gamma_w$ があらうとなかろうと数字が変わらぬのでついうっかりすることを知らされた。

その後、締固めに関連して現場の締固め管理

に土の電気伝導度を利用できないかと実験し、<sup>2)</sup>電極板と土との接触抵抗を除くため、結局は電気地下探査に使う既製の比抵抗測定機による方法を取ったが、途中では手製で装置を作り、メーターのレンジ切替のためマンガニン線をあやしげな無誘導巻きと称して、自分で巻いたりした思い出もある。

また、砂地盤<sup>3)</sup>の振動締固めにバイプロフローテーションの実験をやったりしたが、新潟で本工法を使ったオイルタンクが地震の被害を受けなかったことを知ったときはたいへんうれしかった。

我々が大学で教わった土質力学はクーロン、ランキン土圧論くらいであったが、1950年頃から新しい土質工学の本がいろいろと出版されるようになった。この頃から、新しい土質工学を取り入れるために方々で努力がなされた。その一つとして、筆者が関係したものに道路土工指針があった。機械化土工も目新しいものだったし、軟弱地盤処理もボーリング中の試料採取技術の発達でかなり合理的に行なえるようになった。そこで、道路土工指針にも軟弱地盤の章<sup>4)</sup>がはいり、その執筆を担当した。その頃の建設省の技術者は今ほど忙しくなかったのかもしれないが、連日のようにカン詰め作業をして原案を検討したことを覚えている。イギリスのR.R.L.の道路土工の本をタネにして原案を作ったが、今から思えばずいぶん心臓な話で、経験も浅い20歳代の筆者が平気で原稿を書いたりしたものである。しかし、今にして思うと、新しい技術を熱心に勉強することはよいとしても、古い経験を余り簡単に無視することは問題であると知らされた。即ち、軟弱地盤上の盛土に対し、古くからソダ沈床という木の枝をたばねたものを並べて盛土する工法があった。土工指針の際は、この工法の理論的根拠がはっきりしないから抜かすこととなったが、現在、軟弱埋立地上に布を広げて盛土のめり込みを防ぐ工法が使われている。天然材料が工業製品に代わったが、原理は同じことで、古い経験工法が再び生かされて

いるのである。

土質工学会の設立の頃は若手の一人としてかなり関係が深かった。新しい土質工学を早く普及させようと「土と基礎」が発刊された。これは実用的な記事に重点を置き、読者になじみやすいものにしようと意気込んでいた。講座をどうするか皆で相談したが、わかりやすい入門の講座ということで「平易なる土質工学」が2年連載された。筆者が使い方の手引書として演習をつけるべきだといったら、お前がやれということで、最上先生の講座と筆者の演習とを連載することとなった。これを2年分まとめて学会の単行本にしようということで作ったところ、やたらとミスが多く廃刊となってしまった。印刷した本のミスは本当に読者を困らせるものであり、校正は入念に行なう必要があることを身にしみて知らされた。

軟弱地盤に関連して、その後設計法の本を書いたが、このとき気づいた時間沈下曲線の簡易計算法<sup>7)</sup>は現在の土工指針にも利用して頂いている。

## 2. アスファルトとの出会いと現在までの活動

筆者は昭和17年に旧制高校の理科系学生として機甲訓練なるものを受けさせられた。これは戦車の要員確保のためしかなかったが、フォードのV8エンジンの分解、組立あるいは運転などをさせられた。この修了証書で実地試験なしに免許を取れたらしいが、これもやらなかった。即ち、自分で自動車を買って運転することなどあり得ないと思っていたのである。当然、道路もたいへんおそまつで、大学卒業後もこんな状態が続いており、道路など見向きもされなかった。しかし、筆者は小学生か中学生の頃、ドイツのアウトバーンの本を読んで感激したことがあったので、頭のどこかに道路のこともあったのかもしれない。

昭和30年代には次第に高度成長が始まり、大学でも理工系の充実が盛んに行なわれるようになった。新しい学科がどんどん設立されていっ

たが、東大でも都市工学科や土木工学科の道路講座ができた。最上先生と筆者がこの講座に移ったが、このとき何をしようかわからずとまどったのである。当時土研の竹下春見氏に相談したところ、土質とアスファルトはかなり性質が近いからこれをやったら、といわれたのがきっかけでアスファルトと縁ができたのである。土も弾性体とは違うが、アスファルトならある程度人工的に品質を管理しているので、天然材料の土よりは範囲をしばれるだろうなどと雑な考えで入門した。

アスファルトを見たこともないものが何をしようかわからず、現在日大の阿部頼政君が学生だった頃から、まずアスファルトをいじることから始めた。卒業の頃の土いじりが今度はアスファルトいじりに変わっただけで、何も知らずにいじり始めたことは何れも同じだが、次第に自分でいじことは困難となっていった。阿部君が卒業する頃、東工大に土木工学科が設立されて移ることになったが、阿部君も東大大学院に在籍しながら東工大に移って研究を続けた。博士コースまで進みたいといわれたときは、素人が指導できるかととまどいながらも、相変わらず実験を続けたのである。

実験装置も不十分なので、混合物の圧縮試験をやったが、彼の論文<sup>8)</sup>をまとめるときは相当苦労した。圧縮試験をやると我々はどうも強度が気になる。最初の頃は強度を手掛かりに何かを得ようと試みたが、見方を変えて最大強度を得るときのアスファルト量に着目することを思いつき、彼の論文もその後はかなり急速に進展していった。

その後、東大から来た大町達夫君<sup>9)</sup>が振動実験をやって立派な修士論文をまとめてくれたが、大学が紛争の頃で、殆ど彼独自に勉強してもらった。

その後の研究で最適アスファルト量に関連した幾つかの実験を行なっていたが、阿部君の論文を1971年4月にLos Angelesで行なわれた米国化学会のアスファルトシンポジウムで報告し

たとき、同じ報文中に、アスファルト混合物の破壊包絡線に関する簡単な報文があった。当時大学院にいた元田君がこれを圧縮試験で確かめ、この方法で温度や載荷速度の影響を消去できそう<sup>10)</sup>なことがわかった。

これから破壊包絡線に関連した研究が行なわれ、助手の渡辺暉彦君や大学院の吉原一彦君、山田隆明君などが疲労寿命を曲げの疲労破壊包絡線によって推定しようとする試みなどを行なうことに発展していった。この研究は現在も続行中であるが、試験機の関係で片振りの疲労破壊包絡線を求められずに弱っている。

現在はこのほかわだち掘れにも取組もうとしているところである。

### 3. 将来の計画

今のところ、疲労寿命予測に関連したテーマとわだち掘れに関連した問題を取上げて研究を続ける予定である。

一方、数年前から鑄物砂のダストをフィラーの代わりに利用する研究会がスタートしているが、最近、次第に面白いことがわかりそうになってきたので、材料の化学的性質にも関連して、この方面の研究の必要性も感じている。即ち、ダストとアスファルトを混合して水浸すると非常に耐水安定性の悪いものがあった。この原因にNaイオンの存在が関係ありそうなので、鑄物砂中の水ガラスの存在が原因らしいと考えられた。消石灰を混合すると混合物の寿命が改善されるので、耐水安定性の悪い材料に消石灰を混ぜたところ、水浸時のハクリが非常に減り、改善されることが確かめられた。我々は化学は苦手だが、委員会には化学屋さんもいていろいろ考えていただいた。すると水溶性シリカが問題だろうということで化学的な検討を御願ひし、消石灰の効果の原因を教えていただくことになっている。これは必ずしも鑄物ダストのみでなく、一般の骨材でも考えられる特性らしいので、可能性があれば研究してみたいと思っている。

この種の境界領域的問題も、今後の発展のためには大いに必要と考えている。

### 文 献

- 1) 渡辺隆・久野悟郎「土の突固めに対する特性及び乾燥密度曲線の実験式」土木学会誌、1953年5月
- 2) 渡辺隆「電気伝導度に依る転圧効果の迅速判定法」土木学会誌、1951年5月
- 3) 渡辺隆「パイプロフローテーション工法に関する研究」鹿島技研出版、1962年
- 4) 「道路土工指針」日本道路協会、1956年
- 5) 最上武雄・渡辺隆「平易なる土質工学」土質工学会、1957年  
これは「土と基礎」の創刊号より2年にわたり連載された。
- 6) 渡辺隆「軟弱地盤改良設計」オーム社、1965年
- 7) 渡辺隆「圧密による時間沈下曲線の計算図表」土木学会誌、1966年4月
- 8) T. Watanabe・Y. Abe「Special Characteristics of Thin Asphalt Films in Filler-Asphalt and Sand-Filler-Asphalt Mixes」Symposium on the Science of Asphalt in Construction, A.C.S. Los Angeles, April 1971, D74
- 9) T. Ohmachi, T. Watanabe「On the Dynamic Characteristics of Asphalt Mixtures」Proc. J.S.C.E. July, 1972
- 10) 渡辺隆・渡辺暉彦・元田良孝「アスファルト混合物の一軸圧縮破壊特性」土木学会論文報告集、1975年11月
- 11) 山田隆昭・渡辺隆・吉原一彦「アスファルト混合物の疲労破壊特性について」土木学会年次講演会、仙台 1978年9月

# 改質アスファルトの特性 (その1)

## — 改質材とその特徴 —

太 田 健 二\*

### 1. まえがき

最近の科学の進歩、発展の中で、特に近代石油化学のそれは目を眩るものがある。これに伴って新しく開発された諸素材の各分野への応用研究も活発であり、土木業界にあっては建築材料のそれが著しい。この中において道路業界においては舗装材料のうちバインダーの新種開発は舗装という構造物がおかれる道路、気象条件ならびにその使用条件、方法からして、いろいろな制約があり画期的な材料が出ない状況にあった。

他方、都市部、幹線道路における交通量は増加の一途をたどっており過積載大型車の状態も改善されていない。さらに昭和45年の道路構造令の改訂による車線主義の採用に伴う走行位置の固定化からくるアスファルト舗装の交差点箇所にて代表されるインプリント、コルゲーション、わだち掘れといった路面変形、すべり、積雪寒冷地における摩耗といった現象が大きな問題となっている。

また、最近、舗装用骨材、特に良質な舗装用砂の不足により期待すべき混合物性状が得られないため、人為的にコントロールが可能なバインダーの品質、すなわち、改質アスファルトを使用することによって、それをフォローしている例もある。

このようにアスファルト舗装に対する要求条件が多様化し、舗装用材料の質の転換が強く求められている。

さらに機を同じくして国家的なビッグプロジェクト

である本州四国連絡橋建設に伴う永久舗装材の必要性といった背景からも各種特殊舗装材、特に改質アスファルトの開発が活発化し注目されるに至った。

改質アスファルトには各種タイプのものがあるが、その性状は千差万別といっても過言ではない。しかし基本的には用いられる改質素材（添加材）の種類、タイプによって、その特性をある程度区別することができる。

本稿では、改質アスファルトの特性を用いられる改質材（添加材）の特徴と対比しながら原料アスファルトとの関連性も含めて述べる。

### 2. 改質アスファルトの種類

改質アスファルトの種類は図-1に示すように、いわゆる石油精製の過程でつくられる触媒系アスファルト、高粘度セミブローンアスファルトと石油メーカーで製造されたアスファルトを原料として、これに各種の改質材を添加しゴム入りアスファルト、樹脂入りアスファルト等とするものに大別される。

### 3. 改質材の種類とその区別

アスファルトの改質材としては通常ポリマーが用いられており、その中でも熱可塑性エラストマーが主流をなしている。しかしその種類は多種多様である。表-1に舗装材料として使用、検討実績のあるもの、な

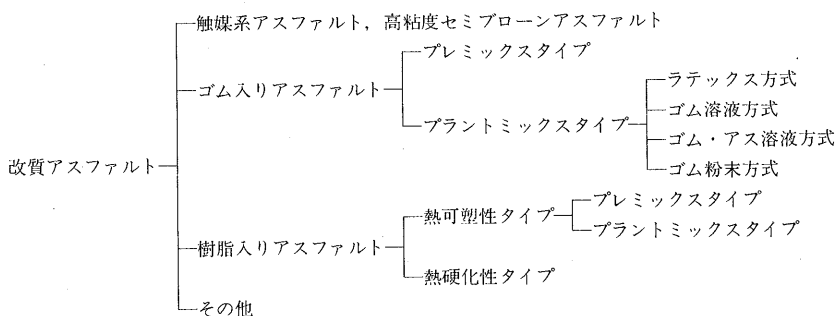
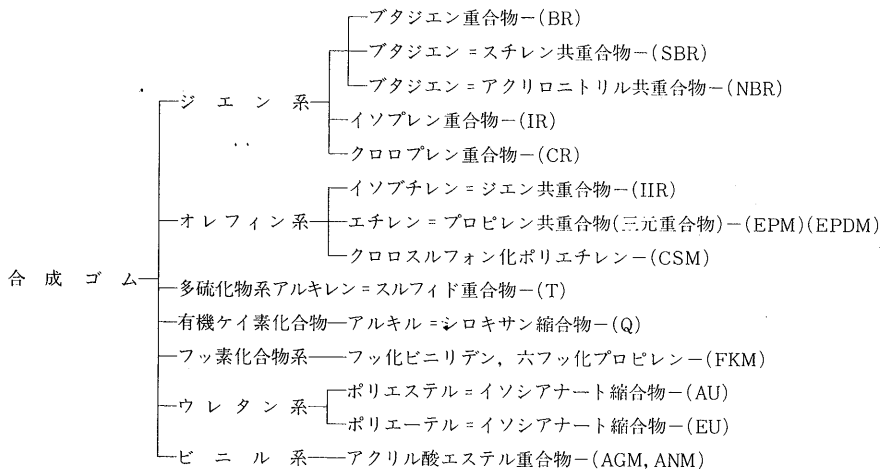


図-1 改質アスファルトの種類

\* 日産化学工業(株)技術部技術課

表-1 アスファルトの改質材

| 題目         | 名 称                                                            | 題目         | 名 称                        | 題目      | 名 称                   |
|------------|----------------------------------------------------------------|------------|----------------------------|---------|-----------------------|
| 熱可塑性エラストマー | 天 然 ゴ ム (NR)                                                   | 熱可塑性エラストマー | ポ リ イ ソ プ チ レ ン            | 合 成 樹 脂 | 石 油 樹 脂               |
|            | スチレン-ブタジエン共重合物 (SBR)                                           |            | スチレン-イソプレン-ブロックコポリマー (SIS) |         | クロマン-インデン樹脂           |
|            | ポ リ ク ロ ロ ビ レ ン (CR)                                           |            | スチレン-ブタジエン-ブロックコポリマー (SBS) |         | ポ リ プ テ ン 樹 脂         |
|            | アクリロニトリル-ブタジエン共重合物 (NBR)                                       |            | ポ リ エ チ レ ン                |         | 無 水 マ レ イ ン 酸 樹 脂     |
|            | イソブチレン-イソプレン共重合物 (IIR)                                         |            | ポ リ プ ロ ビ レ ン              |         | 不 飽 和 ポ リ エ ス テ ル 樹 脂 |
|            | ポ リ ブ タ ジ エ ン (BR)                                             |            | ポ リ ウ レ タ ン                | 天 然 樹 脂 | エ ポ キ シ 樹 脂           |
|            | ポ リ イ ソ プ レ ン (IR)                                             |            | シリコーンエラストマー                |         | ロ ジ ン                 |
|            | 多 硫 化 重 合 物 (T)                                                |            | エチレン-酢酸ビニル共重合物 (EVA)       |         |                       |
|            | エチレン-プロピレン三元重合物 (EPT)                                          |            | エチレン-エチルアクリレート共重合物 (EEA)   |         |                       |
|            | ア ル フ ィ ン ゴ ム (AR)<br>(スチレン-ブタジエン共重合物とイソブチレン-ブタジエン共重合物の2 Type) |            | スチレン-イソプレン共重合物 (SIR)       |         |                       |



( ) 内の記号は ASTM: D1418-72 a によるが、今日ではこの略語が国際的に採用されている。しかし、上記のうち BR については PB, IR については PI の略語で呼ばれることがある。

図-2 合成ゴムの分類<sup>1)</sup>

らびに、現時点で舗装材料の素材として可能性のあるものを示す。

### 3-1. ゴムと熱可塑性樹脂の区別

表-1 に示す中で最もポピュラーなものはいわゆる「ゴム」と呼ばれているもので、これらのうち種類の多い合成ゴムについて分類すると図-2 に示すとおりである。

しかし、図-2 では一応合成ゴムを分類したが、これらと表-1 に示されているもののうち、通常、熱可塑性樹脂(プラスチック)と呼ばれている EVA, EEA, ゴムの性質と樹脂の性質をもつブロック共重合物 SIS, SBS で代表される Thermoplastic Rubber 等との区別

は判然としない(どちらも合成ゴムの仲間である)。

一般にポリマーの中で非結晶性のは合成ゴム、結晶性のは合成繊維、中程度のものはプラスチックに用いられるというのが大ざっぱな分類の仕方であるが、なかなか一義的には定義できない面がある。

ゴム工業技術委員会では ISO(International Organization for Standardization) の提案を一部修正し、つぎの定義を採用すべく作業を進めている。それによれば合成ゴムとは、

1) 交さ結合によって不可逆的に非熱可塑性物質に変化することができる合成物質であって、最適条件下で交さ結合したとき(交さ結合に必要なもの以外の可塑剤のような物質を付加しないで)、15~25℃の温度

でつぎの性能を示すような物質を生ずるもの。

- もとの長さの3倍まで伸ばしたとき破断しないもの。
- 1分間もとの長さの2倍に伸ばしたのち10分以内にもとの長さの1.5倍以下の長さにもどるもの。
- 0～100%伸びの間に 300kg/cm<sup>2</sup>未満の力が働くもの。

2) 合成物質で交差結合に準ずる効果を与えたとき、15～25℃の温度でa), b), c)の性能を示すもの。

と定義しているが、前記したブロック共重合物は1)の不可逆的という条件には該当しない。他に最近、いろいろな反応性可塑剤が研究、実用化されつつあること、新種液状合成ゴムの開発に伴ない1)のa), b), c)の数値を下まわるものも実用化されていること、などにみられるように合成ゴムを定義しようとすると、いろいろな問題点があり困難な点が多い。

しかし、ゴム、プラスチックいずれも高分子物質であり、よほどの結晶化度の高いもの以外は、その機械的性質を見るかぎり、ほぼ共通のパターンをもつといつてよい。

いま、硬さあるいは変形しにくさの指標である弾性率についてみると、模式的に図-3のように示される。

図-3に示すように弾性率が $10^{10} \sim 10^9$  dyne/cm<sup>2</sup>を示す領域はガラス領域、 $10^7$  dyne/cm<sup>2</sup>前後のやや安定している領域はゴム領域と呼ばれている。また、弾性率が急激に変化する温度がガラス転移温度( $T_g$ )で、たいていの場合、遷移領域の温度域内にある。さらにゴム領域の高温側で温度上昇と共に弾性率が急減しゼロ近くになる流動域は、ポリマーが熔融状態になることを示す。図中点線で示されている加硫ゴムはゴム領域が非常に安定していることを示している。

したがって、機械的な性質によってゴム用途のものと、プラスチック用途のものに区別が可能であり、1つの指標になり得る。前者には $T_g$ が室温より、かなり高いポリマーを、後者には $T_g$ が室温より、かなり低いポリマーが使用され、それぞれの用途に用いるポリマーをプラスチック、ゴムと呼んでいる。

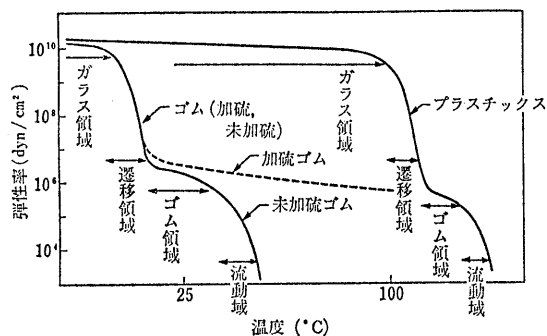


図-3 高分子物質の弾性率～温度曲線(模式図)<sup>2)</sup>

すなわち、改質アスファルトにあって、高温性状の改良を指向したものは、プラスチック(熱可塑性樹脂)用途の素材を、低温性状の改良を主目的としたものはゴム用途の素材を、さらに低温～高温まで広い温度範囲の改質を指向したものは、両者の併用、加硫等を行ない、その位置付けを明確にしようとしている。

#### 4. ゴム系改質アスファルト

ゴム入りアスファルトの性状は使用する原料アスファルト、ゴムの種類、組成、重合度および添加量ならびに製造方法によって大きく異なることは衆知のとおりである。しかし、これらは特別な目的を除き、その経済性、汎用性、性状、アスファルトとの相溶性等の面から、おのずとその範囲がしばられてくると思われる。

以下に現在道路舗装用として使用されているものの中で代表的なゴムを対象にして熱劣化性、組成と耐熱・耐光性を、さらにそれらを用いたゴム入りアスファルトの性状をゴムの種類、原料アスファルトとの関係について述べる。

##### 4-1. 熱劣化特性

ゴム単独および各々のゴムを用いたゴム入りアスファルトの熱劣化の一例を示すと表-2、表-3に示すとおりである。

表-2 天然および合成ゴムの熱劣化(未加硫ゴム)

| 種 類                 | 熱 処 理 前 <sup>①</sup>          |            |                  | 熱 処 理 後                       |            |                  |                   |
|---------------------|-------------------------------|------------|------------------|-------------------------------|------------|------------------|-------------------|
|                     | 引張強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 伸 度<br>(%) | [η] <sup>②</sup> | 引張強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 伸 度<br>(%) | [η] <sup>②</sup> | ゲル分率 <sup>③</sup> |
| スチレン-イソプレン共重合体(SIR) | 96                            | 700        | 0.55             | 59                            | 400        | 0.25             | 46.5              |
| スチレン-ブタジエン共重合体(SBR) | 0.6                           | 50         | 1.89             | —                             | —          | —                | 72.1              |
| クロロプレン重合体(CR)       | 1.2                           | 1,700      | 1.34             | 8.3                           | 31         | —                | 97.4              |
| 天 然 ゴ ム(NR)         | 85                            | 1,000      | 7.5              | —                             | —          | 0.73             | 6.5               |

注) ①: 熱処理条件(194℃, 5時間, 空気中)

②: [η] 極限粘度(dL/g, 30℃, トルエン)

③: ゲル分率(%)

表-3 ゴム入りアスファルトの熱劣化<sup>3)</sup>

| 貯 蔵 日 数         |                          | 製造直後  | 1 日   | 2 日   | 3 日               | 4 日                | 5 日               |
|-----------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|
| ストレート<br>アスファルト | 針 入 度 (25°C, 100 g, 5 秒) | 94    | 86    | 67    | 49                | 37                 | 24                |
|                 | 軟 化 点 (R & B) °C         | 43.8  | 44.0  | 46.5  | 51.3              | 53.4               | 59.5              |
|                 | 針 入 度 指 数                | -1.36 | -1.55 | -1.44 | -0.93             | -1.04              | -0.65             |
|                 | タ フ ネ ス (25°C) kg·cm     | 27.4  | 41.0  | 55.4  | 88.4              | 113.0              | —                 |
|                 | テ ナ シ テ ィ (25°C) kg·cm   | 6.1   | 7.6   | 10.3  | 13.8              | 14.0               | —                 |
|                 | 最 大 強 力 kg               | 18.3  | 27.2  | 34.1  | 57.3              | 77.9               | —                 |
| SIR             | 粘 度 (160°C) poise        | 1.43  | 1.50  | 1.78  | 2.07              | —                  | 3.60              |
|                 | 針 入 度 (25°C, 100 g, 5 秒) | 94    | 93    | 81    | 63                | 54                 | 36                |
|                 | 軟 化 点 (R & B) °C         | 44.3  | 44.3  | 45.8  | 48.1              | 50.0               | 54.7              |
|                 | 針 入 度 指 数                | -1.20 | -1.23 | -1.15 | -1.15             | -1.02              | -0.82             |
|                 | タ フ ネ ス (25°C) kg·cm     | 44.8  | 53.7  | 58.9  | 77.2              | 86.7               | 120.3             |
|                 | テ ナ シ テ ィ (25°C) kg·cm   | 26.5  | 27.3  | 28.5  | 31.7              | 27.9               | 24.2              |
| NR <sup>③</sup> | 最 大 強 力 kg               | 18.8  | 22.4  | 25.1  | 35.1              | 46.2               | 76.2              |
|                 | 粘 度 (160°C) poise        | 1.96  | 1.94  | 2.01  | 2.35              | —                  | 3.31              |
|                 | 針 入 度 (25°C, 100 g, 5 秒) | 95    | 84    | 64    | 47                | 32                 | 17                |
|                 | 軟 化 点 (R & B) °C         | 46.5  | 46.0  | 47.7  | 51.5              | 56.2               | 64.6              |
|                 | 針 入 度 指 数                | -0.48 | -0.99 | -1.22 | -0.97             | -0.74              | -0.36             |
|                 | タ フ ネ ス (25°C) kg·cm     | 87.6  | 73.7  | 63.8  | 95.7              | 112.6 <sup>②</sup> | —                 |
| CR              | テ ナ シ テ ィ (25°C) kg·cm   | 66.3  | 36.2  | 19.5  | 15.3              | 4.4 <sup>②</sup>   | —                 |
|                 | 最 大 強 力 kg               | 17.1  | 27.1  | 35.6  | 59.2              | 94.8 <sup>②</sup>  | —                 |
|                 | 粘 度 (160°C) poise        | 2.71  | 2.17  | 2.24  | 2.74              | —                  | 6.28              |
|                 | 針 入 度 (25°C, 100 g, 5 秒) | 95    | 82    | 59    | 40                | —                  | 20                |
|                 | 軟 化 点 (R & B) °C         | 44.5  | 45.0  | 50.2  | 55.0              | —                  | 63.3              |
|                 | 針 入 度 指 数                | -1.10 | -1.36 | -0.76 | -0.40             | —                  | -0.30             |
| SBR             | タ フ ネ ス (25°C) kg·cm     | 50.9  | 104.8 | 90.2  | 88.0 <sup>②</sup> | —                  | —                 |
|                 | テ ナ シ テ ィ (25°C) kg·cm   | 29.1  | 61.7  | 32.0  | 0                 | —                  | —                 |
|                 | 針 入 度 (25°C, 100 g, 5 秒) | 89    | 69    | 60    | 42                | —                  | 17                |
|                 | 軟 化 点 (R & B) °C         | 49.5  | 50.0  | 52.0  | 56.0              | —                  | 67.5              |
|                 | 針 入 度 指 数                | 0.18  | -0.41 | -0.27 | -0.21             | —                  | 0.11              |
|                 | タ フ ネ ス (25°C) kg·cm     | 46.3  | 72.2  | 117.6 | 223.4             | —                  | 87.3 <sup>②</sup> |
|                 | テ ナ シ テ ィ (25°C) kg·cm   | 18.3  | 31.6  | 74.4  | 153.9             | —                  | 0 <sup>②</sup>    |

注) ①試験条件: 160°C, オイルバス中に貯蔵し常時攪拌 ②伸びがなく途中で切断する ③加硫剤: 10 phr

表-4 幕張試験舗装アスファルト試験結果 (B区間) の一部<sup>4)</sup>

| 合   | 原料アスファルト |      |      | 混 合 後 |            |      |      | 舗 設 後 1 年 |            |      |      | 舗 設 後 2 年 |            |      |      | 舗 設 後 3 年 |            |      |     | 備 考                        |
|-----|----------|------|------|-------|------------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|------|-----|----------------------------|
| 材   | 針入度      | 軟化点  | 伸 度  | 針入度   | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度 | 使 用<br>バインダー               |
| B-1 | 87       | 50.4 | >100 | 76    | 87         | 54.9 | >100 | 54        | 62         | 58.5 | >100 | 32        | 37         | 64.7 | 43.0 | 54        | 62         | 57.3 |     | ゴム入りアス<br>(合成ゴム)           |
| B-2 | 79       | 46.0 | >100 | 68    | 86         | 49.6 | >100 | 67        | 85         | 50.2 | >100 | 70        | 89         | 51.2 | 53.8 | 65        | 82         | 51.7 |     | ゴム入りアス<br>(天然ゴム)           |
| B-3 | 104      | 44.3 | >100 | 80    | 77         | 47.4 | >100 | 68        | 65         | 49.2 | >100 | 68        | 65         | 49.2 | >100 | 61        | 59         | 51.3 |     | ヴェネズエラ<br>産ストレート<br>アスファルト |

表-2, 3は, それぞれのゴムの性質がよく表わされている。例えば表-2の〔 $\eta$ 〕およびゲル分率に注目してみるとNRは高分子量物のゲルを含むが, その熱劣化は主鎖切断型のため分解し低分子量側へ移行する(軟化劣化型)。SIRはスチレンサイドの分子間架橋によるゲルの生成とイソプレンサイドの主鎖切断型劣化とでバランスがとれ50%弱のゲル分率でおさまっており, そのため物性面でも良好な性状を保持していることがうかがわれる。他方, SBR, CRにあっては加熱

により分子間に架橋を生じゲルが生成するため(ゲル分率が72~98%まで達する)その物性は硬化劣化し測定が不能な程, 硬くなったことを示している(硬化劣化型)。これらの劣化傾向を如実に示した例として建設省土研幕張試験舗装<sup>4)</sup>のB工区におけるゴム入りアスファルトを用いたB-1, B-2がある。参考までにその一部を示すと表-4のとおりである。すなわち, B-2は天然ゴムを用いたゴム入りアスファルトであることからB-1, B-3に比較して針入度の低下率

表-5 Results of Polymer Analyses<sup>5)</sup>

| Polymer           | Composition, mole % |           |         | Gel fraction, wt % | Intrinsic viscosity, dl/g |
|-------------------|---------------------|-----------|---------|--------------------|---------------------------|
|                   | Isoprens            | Butadiene | Styrene |                    |                           |
| CIR <sup>a)</sup> | 100                 | —         | —       | 0.0                | 3.85                      |
| EIR <sup>b)</sup> | 100                 | —         | —       | 0.0                | 2.41                      |
| SIR-4             | 83                  | —         | 17      | 0.0                | 3.17                      |
| SIR-5             | 44                  | —         | 56      | 0.0                | 1.72                      |
| SBR-7             | —                   | 85        | 15      | 1.9                | 3.50                      |
| SRB-8             | —                   | 54        | 46      | 1.1                | 2.92                      |

a) Microstructure determined by NMR measurement is as follows: *cis*-1,4=98.0%; *trans*-1,4=1.5%; 3,4=0.5%.

b) Microstructure determined by NMR measurement is as follows: *cis*-1,4=21.8%; *trans*-1,4=69.3%; 1,2=5.2%; 3,4=3.7%.

注) 現在主として使用されているプラントミックス用SBRラテックスの組成はブチレン75~79/スチレン25~21である。

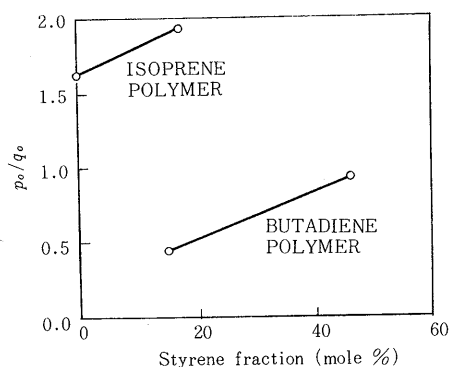


図-4 Relationship between probability ratio of chain scission to crosslinking and composition of the emulsion polymers for oxidation by heat aging on films:  $p_0/q_0$ =probability ratio of chain scission to crosslinking.<sup>5)</sup>

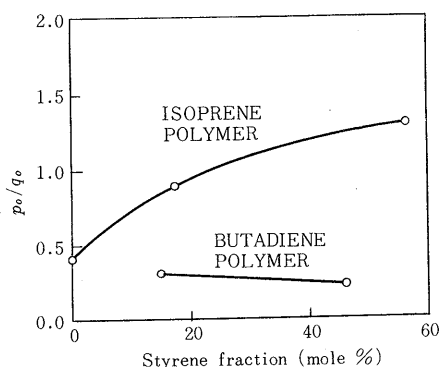


図-5 Relationship between probability ratio of chain scission to crosslinking and composition of the emulsion polymers for oxidation by ultraviolet irradiation on films:  $p_0/q_0$ =probability ratio of chain scission to crosslinking.<sup>5)</sup>

が小さい。裏を返せば、原料として用いたアスファルトの老化があるにもかかわらず、その変化率が小さいということは、使用した天然ゴムの主鎖切断による軟化劣化が一因となっているものと推察される。

#### 4-2. ゴムの組成と耐熱性、耐紫外線性

合成天然ゴムといわれているポリイソプレン (*cis*-1,4 polyisoprene および emulsion polyisoprene), スチレン-イソプレン共重合物 (emulsion isoprene/styrene copolymers) およびスチレン-ブタジエン共重合物 (emulsion butadiene/styrene copolymers) についてモノマーのモル比を変えた場合の耐熱性、耐紫外線性を示すと表-5, 図-4, 図-5 のようであり,<sup>5)</sup> それぞれの共重合物の化学的性状からくる特徴をよく表わしている。

図-4 は乳化重合タイプのSIR, SBRのフィルム状態における耐熱性試験において各々のゴムの架橋に対する主鎖切断の確率  $p_0/q_0$  とスチレンモル比 (%) の関係を示したもので、イソプレンとブタジエンの主鎖切断の相違がよくわかる。

他方、図-5 は紫外線を照射した時のSIR, SBRフィルムの酸化による  $p_0/q_0$  とスチレンモル比 (%) の関係を示したもので、SBRの場合は熱劣化と逆の傾向を示している。

#### 4-3. ゴムの種類による性状変化

同一の原料アスファルトを使用し、かつ添加量 (固型分)、製造方法を同じくしたゴム入りアスファルトの性状の一例を示すと表-6, 図-6, 図-7 のようである。

図-6 は、ゴムの種類の相違とゴムアスの特性値の1つであるタフネス、テナシティを表わしており、その特性値の発現にはNRが最も効果的であることを示している。また、軟化点の上昇効果はNRとSBRが顕著である (図-7 参照)。なおCRは他のゴムと異なり添加することにより針入度が上昇する傾向を示している。

#### 4-4. 原料アスファルトの相違による性状変化

原料とするアスファルトが異なった場合、例えばメーカーの相違、同一メーカーでも、ロット、精油所が異なる等すると、そのアスファルトの物理性状には大差はないが、それにゴム、樹脂等を添加して得られた改質アスファルトの性状は大きく異なる。

代表的なメーカーのアスファルトを用いて製造した同一ゴムおよびゴム量のゴム入りアスファルトの性状を表-7, 図-8, 図-9 に示す。

図-7 に示すように、原料アスファルトが相違する

表-6 ゴムの種類とゴム入りアスファルトの性状<sup>6)</sup>

| 項 目                       | 種 類       | 原料アス<br>ファルト | NR*   | SBR  | CR   | SIR  |
|---------------------------|-----------|--------------|-------|------|------|------|
| ゴ ム 量 (固型分) %             |           | 0            | 2.0   | 2.0  | 2.0  | 2.0  |
| 針 入 度 (25℃, 100 g, 5 秒)   |           | 89           | 84    | 89   | 96   | 86   |
| 軟 化 点 ℃                   |           | 45.5         | 50.0  | 49.5 | 47.0 | 46.5 |
| タ フ ネ ス (25℃) kg·cm       |           | 25.3         | 125.9 | 36.7 | 48.8 | 55.8 |
| テ ナ シ テ ィ (25℃) kg·cm     |           | 1.1          | 98.3  | 8.3  | 24.4 | 26.7 |
| 蒸 発 減 量 試 験               | 針 入 度 %   | 88.8         | 74.2  | 72.7 | 74.5 | 98.6 |
|                           | 針 入 度 比 % | 92.4         | 86.2  | 92.8 | 96.1 | 95.8 |
| セ イ ボ ル ト<br>フ ロ ー ル<br>秒 | 140 ℃     | 110          | 271   | 215  | 178  | 187  |
|                           | 160 ℃     | 50           | 131   | 110  | 82   | 78   |
|                           | 180 ℃     | 27           | 36    | 57   | 37   | 36   |

注) \*: 加硫物

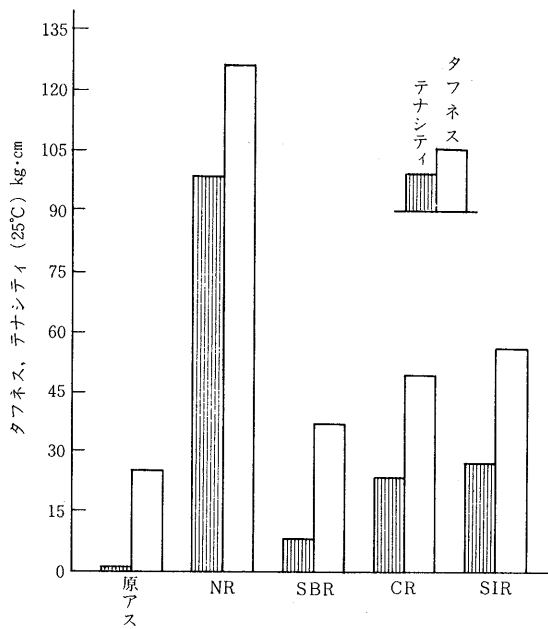


図-6 ゴムの種類とゴムアスのタフネス、テナシティ

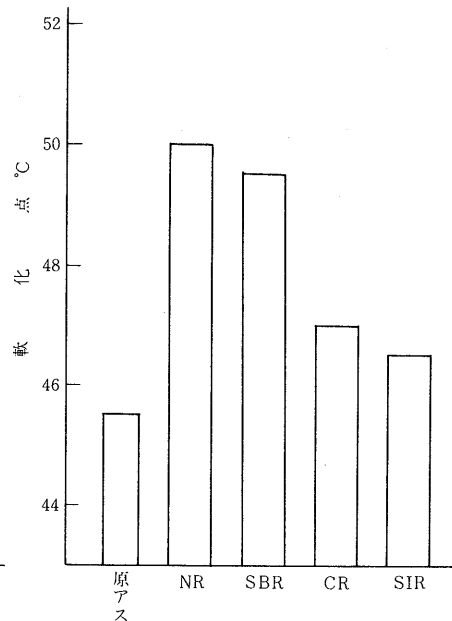


図-7 ゴムの種類とゴムアスの軟化点

表-7 原料アスファルトの相違によるゴム入りアスファルトの性状\*

| 項 目                     | 原アスの種類 |      |      |      |      |
|-------------------------|--------|------|------|------|------|
|                         | A      | B    | C    | D    | E    |
| 針 入 度 (25℃, 100 g, 5 秒) | 94     | 91   | 89   | 96   | 94   |
| 軟 化 点 ℃                 | 48.0   | 47.0 | 48.5 | 47.5 | 46.5 |
| タ フ ネ ス (25℃) kg·cm     | 81.7   | 51.5 | 34.2 | 22.3 | 47.8 |
| テ ナ シ テ ィ (25℃) kg·cm   | 53.9   | 24.4 | 9.8  | 5.5  | 23.1 |
| 伸 度 (5℃) cm             | 24     | 48   | 40   | 41   | 16   |

注) \*: 天然ゴム 2% (ゴム固型分)

と、タフネス、テナシティが値が異なってくる。このことは、ゴムを添加した時、そのゴムの性状の発現が原料によって左右されることを示している。

さらに、市販のクロロプレンゴムラテックス(CRラテックス)を用いて添加量を多くした場合の原料アスファルトの影響度合を示すと表-8、図-10~16のとおりである。

また、針入度ならびにゴム入りアスファルトについて、その変化率を求めると表-9のようになる。

表-8、図-10~16に示すようにバインダーの基本的

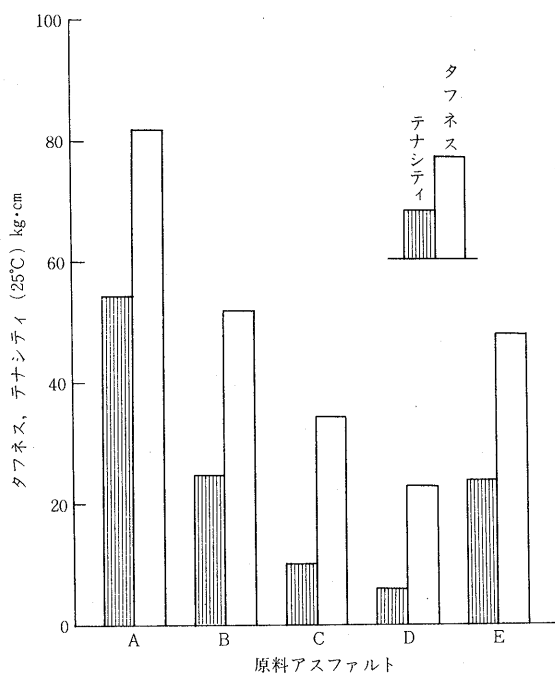


図-8 原アスの相違によるゴムアス (NR2.0%) の  
タフネス、テナシティ

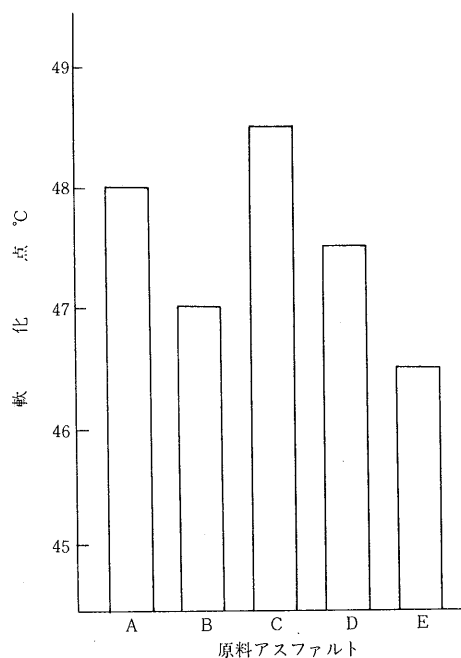


図-9 原アスの相違によるゴムアス (NR2.0%) の  
軟化点

表-8 原料アスファルトの相違によるゴム入りアスファルトの性状<sup>7)</sup>

| メーカ<br>バイナダー所             |        | A' 社  |                          | B' 社               |                     | C' 社 |                       | D' 社               |                                | E' 社 |                    |
|---------------------------|--------|-------|--------------------------|--------------------|---------------------|------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|------|--------------------|
|                           |        | 原アス   | ゴムアス                     | 原アス                | ゴムアス                | 原アス  | ゴムアス                  | 原アス                | ゴムアス                           | 原アス  | ゴムアス               |
| 物性値                       |        |       |                          |                    |                     |      |                       |                    |                                |      |                    |
| 針入度 (25°C)                |        | 71    | 95                       | 65                 | 84                  | 63   | 78                    | 66                 | 92                             | 70   | 79                 |
| 軟化点 °C                    |        | 48.4  | 59.4                     | 48.2               | 54.3                | 48.5 | 54.4                  | 47.8               | 64.9                           | 49.8 | 55.0               |
| 伸度 (10°C) cm              |        |       | 98                       |                    | 90                  |      | 80                    |                    | 100 <sup>+</sup>               |      | 80                 |
| タフネス (25°C) kg·cm         |        |       | 184                      |                    | 155                 |      | 187                   |                    | 163                            |      | 232                |
| テナシティ (25°C) kg·cm        |        |       | 162                      |                    | 131                 |      | 155                   |                    | 143                            |      | 196                |
| セイボルト<br>フロール<br>秒        | 160 °C |       | 394                      |                    | 579                 |      | 354                   |                    | 359                            |      | 365                |
|                           | 180 °C |       | 225                      |                    | 417                 |      | 266                   |                    | 204                            |      | 218                |
|                           | 200 °C |       | 150                      |                    | 315                 |      | 176                   |                    | 141                            |      | 167                |
| 60°C粘度 <sup>①</sup> poise |        |       | $3.46 \times 10^4$       | $1.72 \times 10^3$ | $1.71 \times 10^4$  |      | $6.40 \times 10^3$    | $1.46 \times 10^3$ | $4.08 \times 10^4$             |      | $2.04 \times 10^4$ |
| T.F.O<br>(25°C)<br>180°C  | 針入度    | 2.5 h | 70 (73.7) <sup>②</sup>   |                    | 64 (76.2)           |      | 68 (87.2)             |                    | 69 (75.0)                      |      | 65 (82.3)          |
|                           |        | 5.0 h | 57 (60.0)                |                    | 57 (67.9)           |      | 60 (76.9)             |                    | 55 (59.8)                      |      | 56 (70.9)          |
|                           | 軟化点    | 2.5 h | 56.5 (95.1) <sup>③</sup> |                    | 56.0 (103.1)        |      | 58.2 (107.2)          |                    | 55.3 (85.2)                    |      | 58.0 (105.5)       |
|                           |        | 5.0 h | 58.7 (98.8)              |                    | 57.4 (105.7)        |      | 59.9 (110.3)          |                    | 57.6 (88.8)                    |      | 61.6 (112.0)       |
| 備考                        |        |       | ゲル。                      |                    | 再溶解後<br>ゲル化強<br>まる。 |      | 再溶解後<br>ゲル化や<br>や強まる。 |                    | 製造時強い<br>ゲル。再溶<br>解後ゲル弱<br>まる。 |      | ゲル。                |

注) ①クロブレンラテックス (CR) 7.0%入り (固型分)

②( ) 内はT.F.O試験前後の残留針入度、軟化点 %

③T.F.O試験前後の残留軟化点 %

④60°C粘度は2重円筒回転粘度計で測定、歪速度は0.1 t/sec

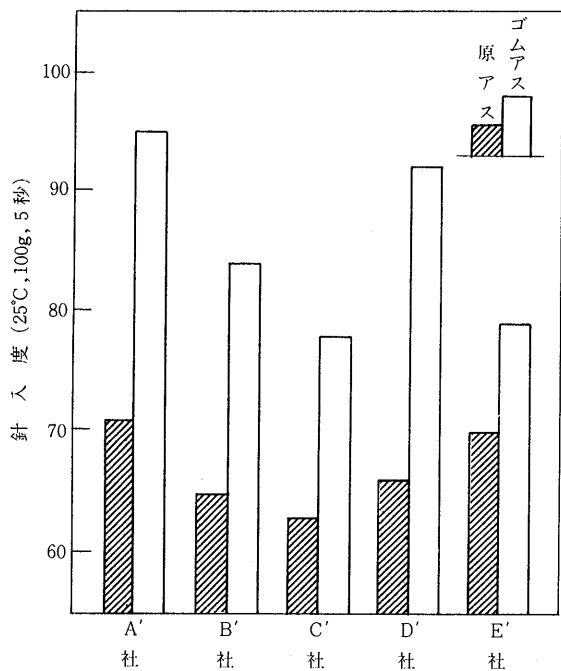


図-10 原アスの相違によるゴムアス (CR7.0%) の針入度

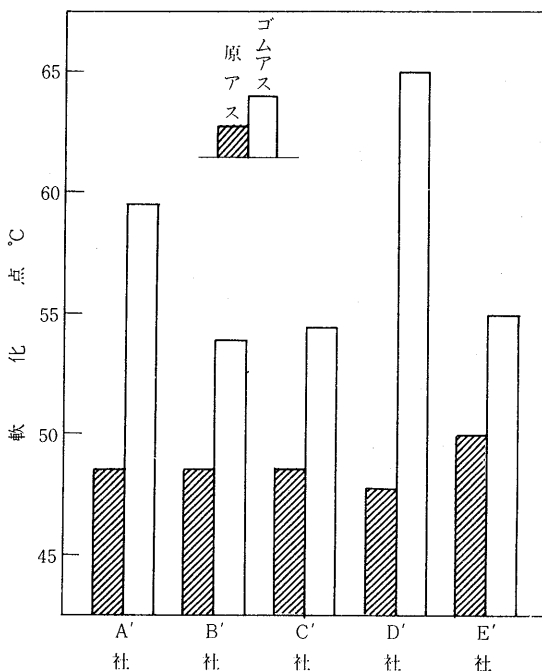


図-11 原アスの相違によるゴムアス (CR7.0%) の軟化点

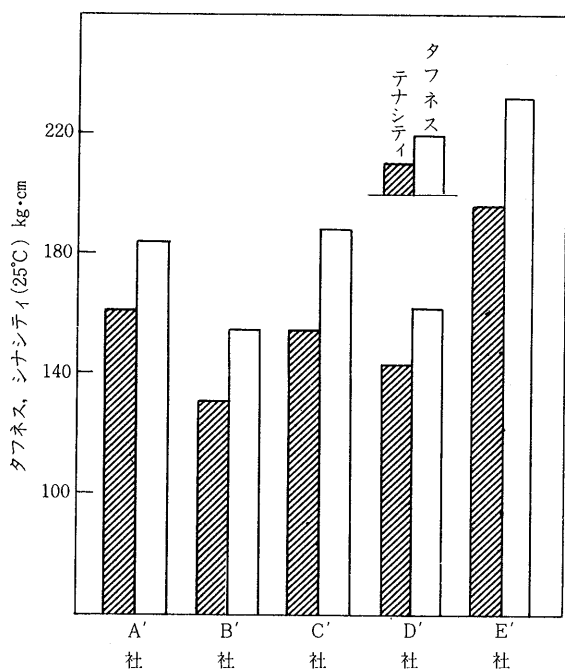


図-12 原アスの相違によるゴムアス (CR7.0%) のタフネス、テナシティ

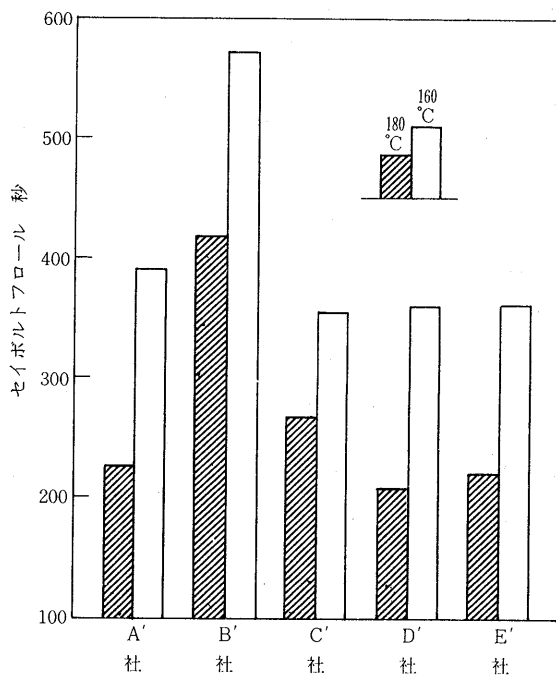


図-13 原アスの相違によるゴムアス (CR7.0%) の高温粘度

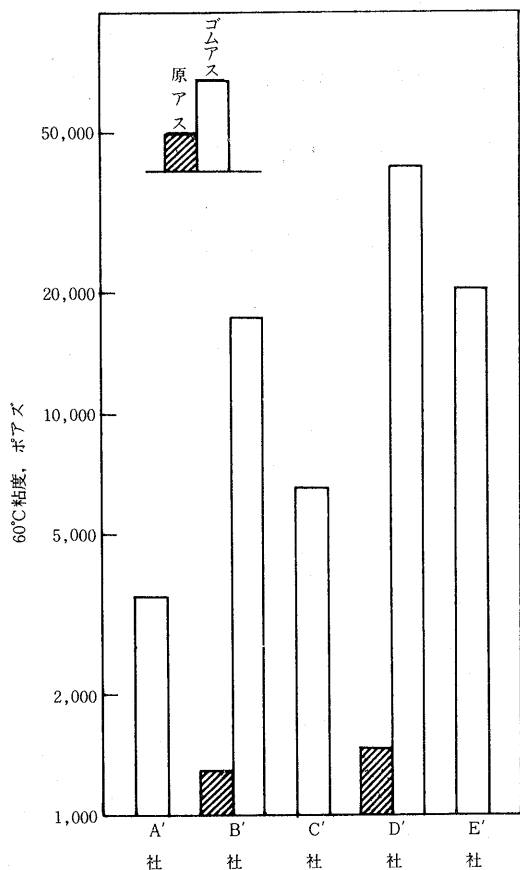


図-14 原アスの相違によるゴムアス (CR7.0%) の 60°C 粘度

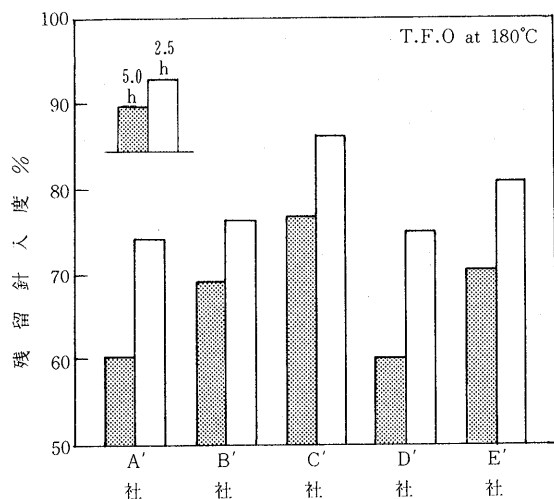


図-15 原アスの相違による T.F.O 後のゴムアス (CR 7.0%) の針入度, %

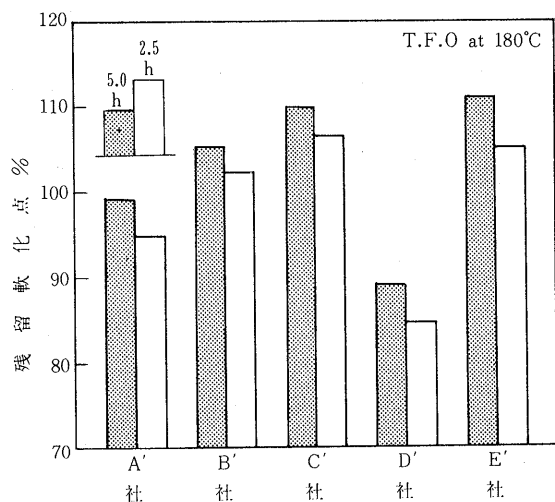


図-16 原アスの相違による T.F.O 後のゴムアス (CR 7.0%) の軟化点, %

表-9 原アスの相違による物性の変化率\*

| 項 目                    | 原アスのメーカー |       |       |       |       |
|------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
|                        | A' 社     | B' 社  | C' 社  | D' 社  | E' 社  |
| 針入度 (25°C, 100 g, 5 秒) | 133.8    | 129.2 | 123.8 | 139.4 | 112.9 |
| 軟化点 (R & B) °C         | 122.7    | 112.7 | 112.1 | 135.8 | 110.4 |

注) \*: 変化率 = ゴムアス / 原料アス × 100 %

な物性に原料アスファルトの影響が顕著に認められる\*。

すなわち、原料アスファルトの相違により針入度の変化率は113~140%の間のバラツキがあり、これに伴って軟化点の変化も110~136%と大きく針入度と同様の傾向を示している。また、ゴム入りアスファルトの特性値の1つであるタフネス、シナシティも原料アスファルトが異なるとゴムの性状の発現が著しく違ってくる。さらに、ゴムアスの60°C粘度、高温粘度にいたっては、原料アスファルトの影響が顕著であり、使用するゴムの種類、組成、重合度等と併せて原料アスファルトの選択の重要性がうかがわれる。

## 5. あとがき

今回は、改質アスファルトの総論から現在、最もポピュラーな改質アスファルトとなったゴム入りアスファルトについて、その改質材である「ゴム」の化学的性状も混じえて特徴を述べた。

次回は、耐流動対策の面から注目されている熱可塑性樹脂入りアスファルトの改質材の物理化学性状と併せて、改質アスファルト混合物の諸特性について記述する予定である。

## アスファルト舗装の構造設計における最近の動向(5)

## 舗装設計システム-VESYS IIMについて

阿部 忠行<sup>a</sup>

## 1. はじめに

アスファルト舗装技術研究グループ<sup>1)</sup>では現在“第4回アスファルト舗装構造設計に関する国際会議”の論文集<sup>2)</sup>をとりあげている。同論文集のSession IIは大部分がVESYS IIM(舗装構造設計システム)に関するものである。また他のSessionにも舗装システムに関するものがみうけられ、舗装設計をシステムとしてとらえようとする世界的すう勢がうかがえる。それらシステムで対象としている舗装設計とは、単に舗装厚や舗装構造を決定する行為を言うのではない。舗装の供用性予測、維持管理計画、舗装寿命予測、費用計画などを含めたトータルなものとして舗装設計をとらえている。なおここでいうシステムとは、舗装設計の各部分を有機的に関連づけ、体系化すること。更に、処理にあたっては出来るかぎりコンピュータを導入可能にするように各部分を配列し直す行為と考えられる。このような考え方に沿った舗装設計システムが米国などにおいてすでに数多く開発され、現在その中の幾つかは実用に供されている。また、システムの精度を高めるために大規模な試験舗装や供用中の舗装においてその適合性を検討し、改良へとフィードバックしている。すなわち、システム開発の基本であるPlan(計画)、Do(実行)、See(評価)の繰返しによって完成へと進んで行く。なお、現在までに米国などで開発されている舗装システムの代表的なものとしてFPS<sup>3)</sup>、SAMP<sup>3)</sup>、OPAC<sup>4)</sup>などが有る。

今回、紹介するVESYS IIMは、現段階では舗装厚決定を主題とするサブシステムであり、OPACなどのように費用効果を検討するまでには至っていない。すなわち仮定する舗装厚について、供用年数と供用性の関係を予測しながら設計者が要望する設計厚を選択することが出来るものである。しかし、VESYSにおいても今後費用効果の検討や維持補修システムを組み込み、システムのトータル化を計画している。

VESYS IIMでは、“わだち掘れ”、“疲労クラック”、“平坦性”をサブプログラムによって計算し、その結果を基に $PSI=(\text{わだち掘れ}, \text{疲労クラック}, \text{平坦性})$ という関係によって供用性指数を定量する。

我国の舗装技術者は従前には主にクラックに悩まされ、現在ではわだち掘れに悩まされ、更にクラックとわだち掘れのトレード・オフ関係に頭をいためている。また、供用性の定量化を模索しているのが現状である。このようなときに、各破壊形態を定量化し、舗装設計をシステムとしてとらえているVESYS IIMの概念が何らかの参考になればと考え、ここに紹介するものである。

なお紹介にあたっては主にW.J.Kenisの論文<sup>5)</sup>を参考にしており、本文中の図や表に\*をつけたものは同論文からの引用である。

## 2. VESYS IIMの概要

VESYS IIM(Viscoelastic System)は舗装体を弾性体と粘弾性体との両面から解析するシステムであり、その母体となるVESYSは本来構造設計用のコンピュータプログラムであるPADS II<sup>6)</sup>をFHWA(Federal Highway Administration)の監修のもとにMITが改良開発したものである。そして、VESYS I<sup>7)</sup>→VESYS II<sup>8)</sup>→VESYS IIMと順次改善されて現在に至っている。とくに、VESYS IIとVESYS IIMの違いは、わだち掘れ予測モデルにある。すなわちVESYS IIでは、わだち掘れ予測を粘弾性理論のみで扱っていたが、予測値が実測値より小さくなる傾向にあるというところからVESYS IIMでは塑性理論を加味した点である。<sup>9)</sup> VESYS IIMの概念は図-1に示すとおりである。利用者が材料特性、舗装厚、材料の破壊特性などの諸条件を入力すると各サブプログラムにより各破壊形態と供用性に対する予測値が出力される。これを繰返すことによって利用者は必要とする舗装寿命をもつ舗装構造を選択出来る。次にその計算手順をフローチャート(図-2)によって説明する。システム全体は①応答

<sup>a</sup> 東京都土木技術研究所

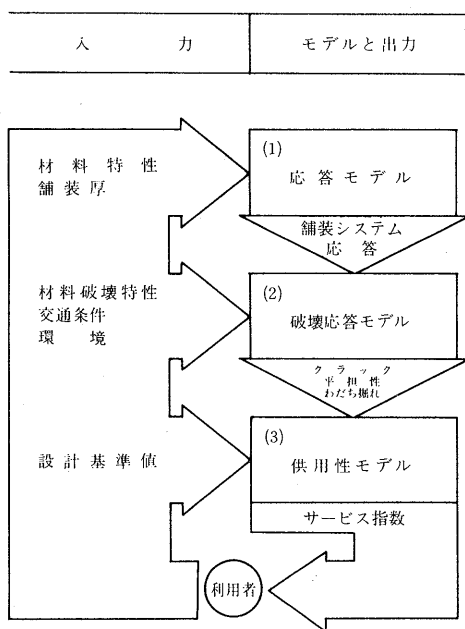


図-1 VESYS の概念

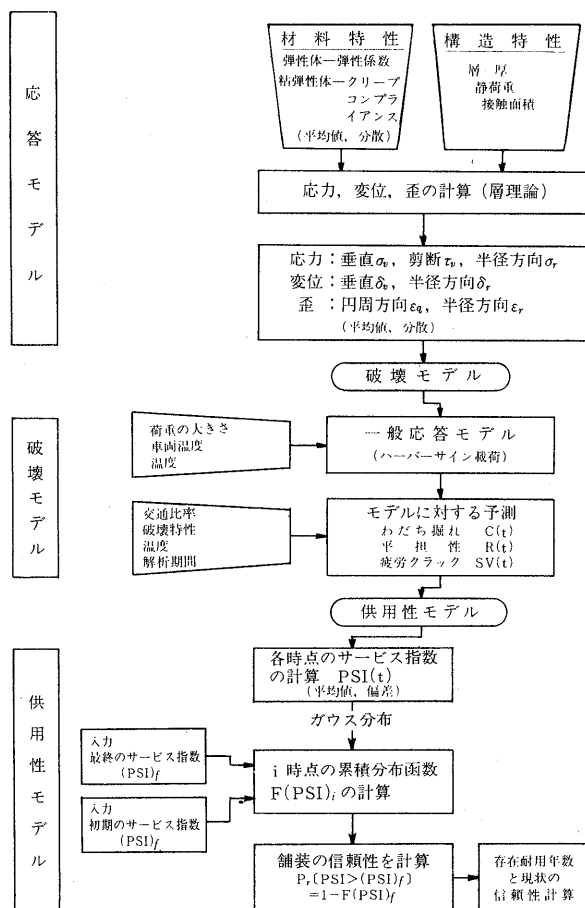


図-2 VESYS のフローチャート

モデル(PPrimary Response Model), ②破壊モデル(Damage Response Model), ③供用性モデル(Performance Model) から成っている。

VESYS IIMによって舗装の設計を行うには、まず材料特性や構造特性を応答モデルに入力する。なお材料の特性をあらわすクリープコンプライアンスなどはバラツキがあるものとして平均値と分散など統計論的数値を入力することもVESYS IIMの特徴である。この入力を基に応答モデルのサブプログラムによって応力、歪、変位などを計算する。なお、それらの値も入力に対応して平均値や分散によって示される。

次に、応答モデルによって求められた応力、歪、変位とすでに入力されている交通荷重特性、温度、材料の破壊特性を基に破壊モデルによって供用年数と破壊の関係を予測する。なお破壊モデルは①わだち掘れ、②平坦性、③疲労クラックの3つのサブプログラムから成っている。これらのサブプログラムによって求めようとする時点における破壊予測を行う。最後に、破壊モデルで求められた各破壊予測値を用いて供用性モデルにより一定時点のサービス指数 (PSI) を計算する。そしてPSIは正規分布していると仮定し、先に入力した最終サービス指数 (本例では、2.5) と初期サービス指数 (本例では 4.8) により確率論的に耐用年数やその時点における舗装の信頼性を計算し出力する。

以上がVESYS IIMのフローである。

### 3. サブプログラム

前章ではVESYS IIMのフローについて述べたが、本章では各モデルのサブプログラムについて述べる。

#### (1). 応答モデル

VESYS の名が示すように本システムの中で他のシステムと比べ特徴的といえるのが応答モデルである。すなわち舗装体の挙動特性を粘弾性理論によって求めている。アスファルトや土などの舗装材料は弾性体よりも粘弾性体に近く、粘弾性体として考える方が、より実状に近い<sup>10)</sup>また、自動車のように载荷速度が変化する場合の解析にも粘弾性理論は適している<sup>11,12)</sup>といわれる。なお、本モデルにおける粘弾性理論の詳細についてはJ.E.Ashtonら<sup>13)</sup>によって紹介されている。

応答モデルは図-3に示すように3つのサブプログラムから成っている。なお図中の△印内の数字は入力番号を示す。

#### ①. Curve Fit Program

このプログラムは舗装各層材料の実験などによって求められた粘弾性的特性を数学的な形で表現しようとするものである。すなわち室内試験によって得られた

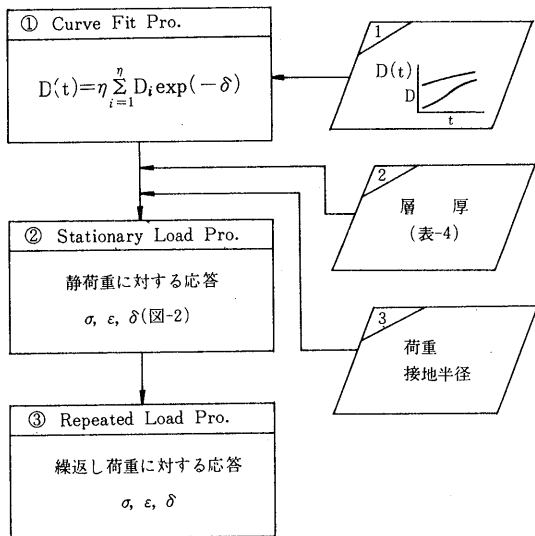


図-3 応答モデル

各時間に対するクリープコンプライアンス (歪/応力…弾性係数の逆数と考えて良い) を入力すると出力として(1)式に示すようなDirichlet(ディレクレ)の級数としてクリープ曲線が求められる。<sup>14)</sup>

$$D(t) = \eta \sum_{i=1}^n D_i \exp(-\delta_i) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $D(t)$ =時間  $t$  におけるクリープコンプライアンス

$\delta_i$  = 級数の指数

$D_i$  = 平均クリープコンプライアンスに対するディレクレ級数の係数

$n$  = 級数の項の数

$\eta$  = クリープ関数のパラツキによって定まる変動係数

なお瞬間的なクリープコンプライアンスは  $\sum_{i=1}^n D_i$  で示

され長時間における値は  $D_n$  によって表わされる。

## ②. Stationary Load Program

このプログラムでは、まず荷重強度、接地半径、舗装厚などから静的分布荷重を求める。次に①Curve fit Programによって数式化したクリープコンプライアンスと分布荷重によって舗装体内に生じる応力、歪、変位を計算する。

## ③. Repeated Load Program

このプログラムは、舗装表面におけるくり返し載荷重に対する舗装体の応答を計算する。入力には②Stationary Load Programによって得られた値である。このプログラムによって、累積された応力、歪、変位が求められる。

## (2). 破壊モデル

VESYS IIMの破壊モデルは次に述べる3つのサブプログラムから成っている。これは後述するように供用性の定量化モデルにAASHOの提唱したPSI<sup>15)</sup>を採用しているからである。

### ①. わだち掘れプログラム

これまでにわだち掘れ予測に関しては多く研究があった。例えばMoavenzadehら<sup>16)</sup>のように線形粘弾性論で扱ったものや、R.D.Barksdale<sup>17)</sup>やMönismithらのように塑性論で扱ったものなどである。VESYS IIMはこれらを種々に組合せ、わだち掘れ予測のモデルを開発した(図-4)。ここで、舗装材の永久変形( $\epsilon_p$ )は次式によって表わされる。

$$\epsilon_p = f(\sigma, \xi, T, M) \dots\dots\dots(2)$$

すなわち永久変形は、応力( $\sigma$ )、載荷時間( $\xi$ )、温度( $T$ )、含水比( $M$ )の関数である。ある応力に対する全歪の応答を模式的に示すと図-5のとおりである。この図によると塑性歪( $\epsilon_{pl}$ )は応力の大きさに依存し、時間に依存しないことがわかる。一方、塑性歪( $\epsilon_v$ )は応力と時間の両方に依存する。

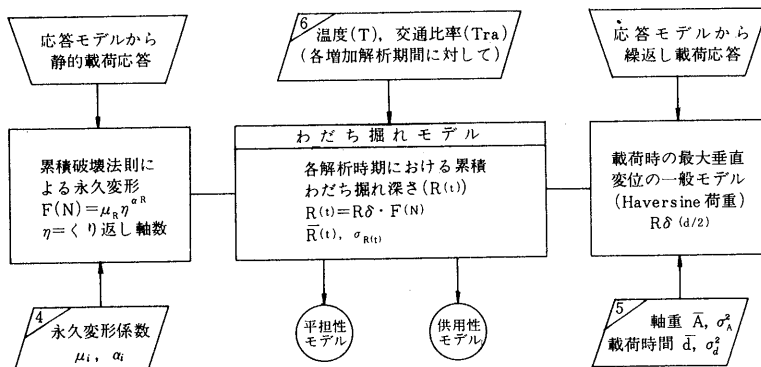


図-4\* わだち掘れモデル

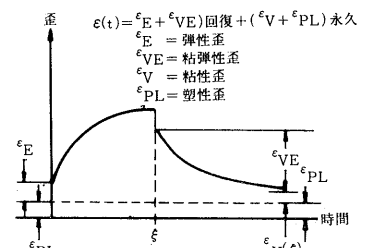


図-5\* 応力～歪応答

次に、舗装体にくり返し載荷する Haversine 荷重とそれに対する舗装体の応答は図-6 に示すとおりである。なお同図でくり返し載荷回数  $N$  と  $N-1$  回の間には粘弾性変形に関する復元時間は十分あるものとする。永久変形量  $R_p(N_j)$  はくり返し回数  $N$  が増すにつれて減少するが、最大荷重に対するたわみ量  $R_\delta(d/2)$  は一定である。それ故  $N$  回における永久変形量  $R_p(N_j)$  はたわみ量の関数として(3)式のように表わされる。

$$R_p(N_j) = R_\delta(d/2) \cdot f(N_j) \dots\dots\dots(3)$$

ここで  $f(N_j)$  はたわみ量に対する永久変形成分である。そして  $f(N)$  は(4)式のようにくり返し回数( $N$ )の単調減少対数関数によって示される。

$$f(N) = \mu_{sys} \cdot (N)^{-\alpha_{sys}} \dots\dots\dots(4)$$

なお  $\mu_{sys}$ ,  $\alpha_{sys}$  はわだち掘れ特性係数として各材料ごとに室内試験および層理論によって求められる。そして全永久変形量は(3)式を  $N$  回積分して計算できる。なお詳細は W.J.Kenis ら<sup>18)</sup> の文献を参照されたい。

## ②. 平坦性プログラム

VESYS IIM の供用性予測において平坦性の寄与率は非常に高い。<sup>19)</sup> 平坦性は道路の縦断方向の変形として定義され、わだち部分のわだち掘れと有意な関係があるとされる。そして材料や施工性の関数として扱われ、凹凸度の分散は AASHO が定義した凹凸度の分散<sup>20)</sup> として表示される。なお平坦性モデルは図-7 に示すとおりである。

そして次式によって表示される。

$$A(X) = \{(\rho_x \sigma_\eta^2 + 1)(R(t))_{\eta=1}\}^2 \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 $A(X)$  = 自己相関函数

$\sigma_\eta$  = たわみ応答の変動

$\rho_x = 1 - B(1 - e^{-(X/C)^2})$ : たわみ応答の相関係数

$B, C^*$  = 舗装の平坦性特性

$R(t)$  = 舗装応答

$X$  = 道路の距離

凹凸度の分散は  $A(X)$  の 2 階微分で求まる。

$$SV(t) = \frac{-\partial^2 A_t(X)}{\partial X^2} \Big|_{(X=0)} \dots\dots\dots(6)$$

VESYS IIM における平坦性モデルは以上の概念を利用し、次の 3 つの変数を用いる。

$\sigma_\eta^2$ : たわみ応答の分散,  $R$ : 永久変形,  $V_{ar}[R]$ : 永久変形の分散

(5)式を(6)式に代入すると、凹凸度の分散の平均値  $E[SV]$  およびその分散  $V_{ar}[SV]$  が求まる。

$$E[SV] = \frac{2B}{C^2} \sigma_\eta^2 (V_{ar}[R] + E[R]) \dots\dots\dots(7)$$

$$V_{ar}[SV] = \left(\frac{4B}{C^2} \sigma_\eta^2 E[R]\right)^2 V_{ar}[R] \dots\dots\dots(8)$$

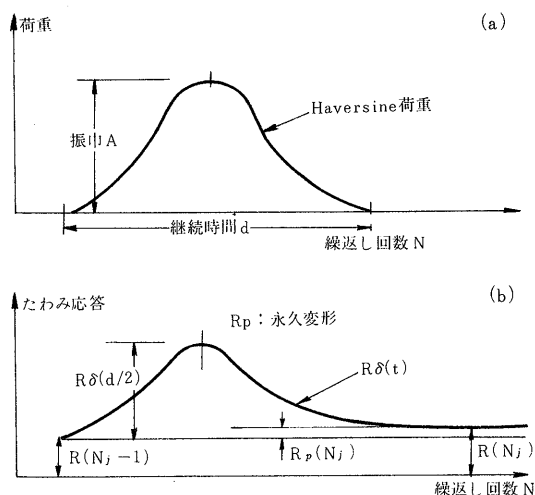


図-6\* 繰返し荷重と変形応答

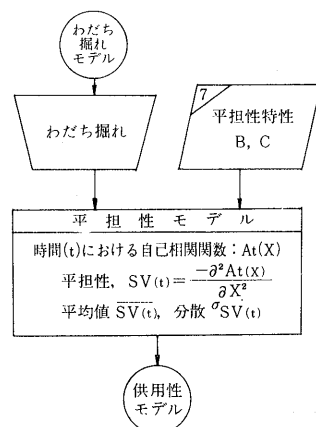


図-7\* 平坦性モデル

## ③. 疲労破壊プログラム

VESYS IIM ではクラック発生の基準をアスコン層下面の引張歪によって予測する。繰返し荷重による疲労破壊は Miner の仮説<sup>21)</sup> に基づいてクラックの伸長を予測している。2 種以上のくり返し応力が作用するとき 2 種の応力を  $S_1, S_2$ , 各々に対する破壊繰返し回数を  $N_1, N_2$  とする。一般に  $S_1$  を  $n_1$  回,  $S_2$  を  $n_2$  回加える場合、大きい荷重  $S_2 (S_2 > S_1)$  を初めに加えた場合には、 $n_1/N_1 + n_2/N_2 < 1$  で破壊し、 $S_1$  を先に加えた場合には  $n_1/N_1 + n_2/N_2 > 1$  で破壊する。しかし Miner は  $n_1/N_1 + n_2/N_2 = 1$  のとき破壊すると仮定した。この Miner の法則を利用して舗装体の疲労破壊を考えると(9)式に示すような関係になる。

$$C_q(t) = \sum_{q=1}^{Q(t)} \frac{n_q}{N_q} \dots\dots\dots(9)$$

ここで、 $C_q(t)$  = 時間  $t$  におけるクラック指数  
 $n_q = q$  番目の解析時間における舗装に  
 対するくり返し軸数  $= \lambda_p(t_q - t_{q-1})$   
 $\lambda_q = q$  番目の解析時間における交通量  
 の比  
 $N_q = q$  番目の温度、歪条件下で破壊す  
 る荷重の数

なお  $N_q$  は (10) 式によって定義される。

$$1/N_q = \frac{R_e q^{K_2(T_q)}}{K_1(T_q)} \dots \dots \dots (10)$$

ここで、 $R_e$ 、 $q$  は舗装体に荷重時間  $d$  の Haversine  
 荷重が荷重したときのアスコン底面に生じる半径方向  
 の最大粘弾性歪であり、 $K_1(T_q)$ 、 $K_2(T_q)$  は材料の疲労  
 特性で室内試験や実測値の相互関係によって定義され  
 る。 $K_1$ 、 $K_2$  は温度空隙率およびアスファルト量の関数  
 で示される。なお、温度と  $K_1$ 、 $K_2$  の関係については多  
 くの研究者による結果があるが VESYS IIM においては  
 その平均的な関係が採用されている。疲労破壊のモ  
 デルは 図-8 に示すとおりである。

### (3). 供用性プログラム

破壊モデルによって予測される各破壊因子（わだち  
 掘れ、平坦性、クラック）によって供用性を定量化す  
 るのがこのプログラムである（図-2 参照）。VESYS  
 IIM では AASHO の提唱した (11) 式によっている。

表-1\* VESYS IIM に入力する材料特性試験方法

| 試験条件                 |      | 各層の材料特性                           |                               |                         |
|----------------------|------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 境界条件                 | 荷重方法 | クリープコンプライアンス<br>$D(t)_i, i=1,2,3$ | 永久変形<br>$\mu_i, a_i, i=1,2,3$ | 疲労特性<br>$K_1, K_2, i=1$ |
| 直接圧縮<br>シリンダー        | 動的   |                                   | ○                             |                         |
|                      | 静・動  | ○                                 | ○                             |                         |
| 間接引張<br>シリンダー、<br>コア | 動的   |                                   | ○                             | ○                       |
|                      | 静・動  | ○                                 | ○                             | ○                       |
| 梁                    | 動的   |                                   |                               | ○                       |

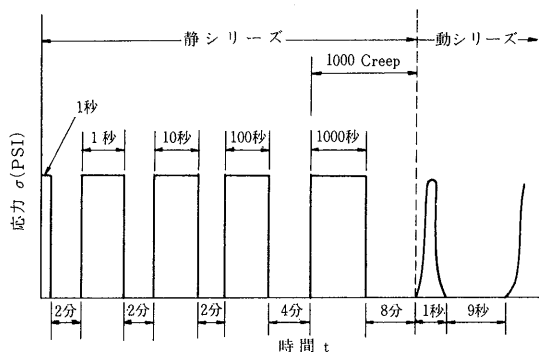


図-9\* 静・動試験の荷重パターン

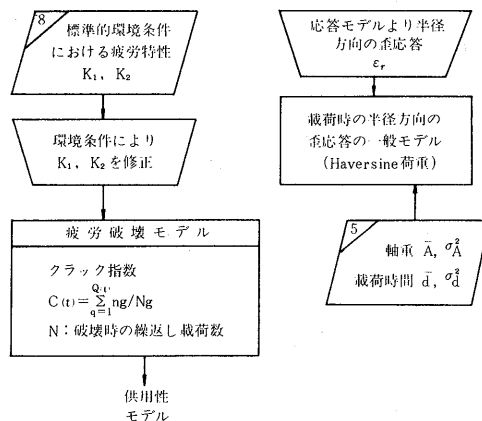


図-8 疲労破壊モデル

$$PSI = a - b \log(1 + SV) - c \sqrt{C + P} - dR^2 \dots \dots (11)$$

ここで、 $a=5.03$ ,  $b=0.01$ ,  $c=1.91$ ,  $d=1.38$

$SV$  = 凹凸度の分数,  $C + P$  = クラック率

$R$  = わだち掘れ

そして、舗装体の供用性の信頼性は確率論的に扱わ  
 れる。すなわち、何らかの処置を必要とするサービス  
 指数（最終サービス指数  $PSI_f$ ）より大きな  $PSI$  が、ど  
 の程度の割合で現存するかによって評価している。

## 4. 材料特性と室内試験

VESYS IIM に入力する、クリープコンプライアンス  
 $[D(t)]$ 、永久変形係数 ( $\mu$ ,  $\alpha$ )、疲労特性係数 ( $K_1$ ,  
 $K_2$ ) などは室内試験によって求める。各試験方法や結  
 果の詳細については紙面の都合上述べられないので、  
 その代表例について記す。

### (1). 試験方法

ここで採用している材料試験方法は表-1 に示すと  
 おりである。このうち、静・動荷重方法は図-9 に示す  
 ような荷重パターンによる試験である。また疲労試験  
 は梁供試体で、適当な縁応力を生じさせる応力レベル  
 で、0.1秒荷重、0.4秒休止のパターンをくり返すものである。

### (2). 材料特性

#### ①. クリープコンプライアンス $[D(t)]$

クリープ試験によって得られた各材料の  $D(t) \sim$  時  
 間関係は図-10 に示すとおりである。これによるとア  
 スコン以外は時間依存性が少ないことがわかる。アス  
 コンの場合には、この他温度依存性もあり、温度に対  
 するシフトファクターとマスターカーブから各温度に  
 おける  $D(t)$  を求める必要がある。なお  $D(t)$  は、次式  
 によって計算する。

$$D(t) = \frac{\epsilon(t)_{zz}}{\sigma_{zz} - 2\gamma \cdot \sigma_{rr}} \dots \dots \dots (12)$$

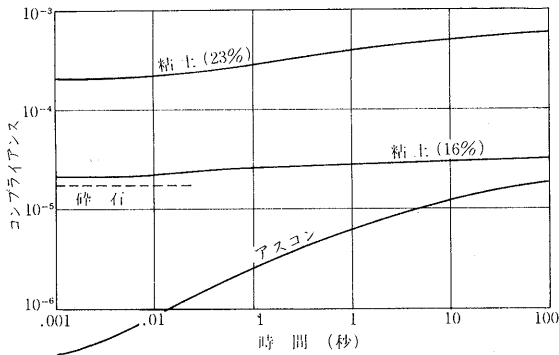


図-10\* クリープコンプライアンス～時間

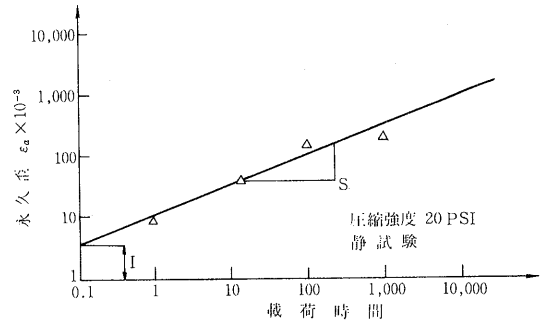


図-11\* 永久変形特性 (70°F)

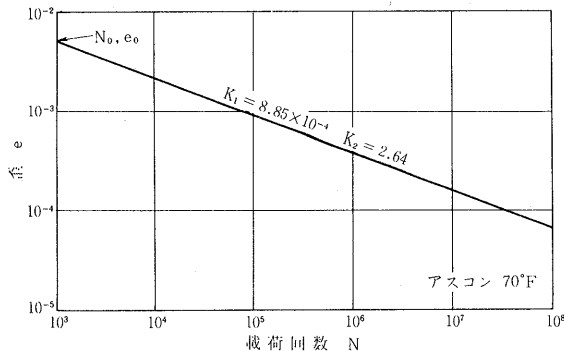


図-12\* 疲労特性 (70°F)

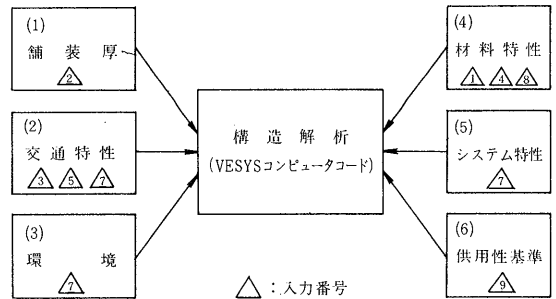


図-13\* インプットデータのカテゴリー

ここで、 $\sigma_{zz}$ : 垂直応力、 $\sigma_{rr}$ : 拘束応力、 $\epsilon_{zz}$ : 垂直歪、 $\gamma$ : ポアソン比

## ②. 永久変形係数 ( $\mu$ , $\alpha$ )

アスコンの場合は、図-9の静シリーズの载荷パターンを用い、他の材料は動シリーズのパターンによる。

図-11はアスコンの試験結果を示す。この図から、 $\alpha$ は次式によって求められる。

$$\mu = \frac{I \cdot S}{e} \quad (13)$$

$$\alpha = 1 - S \quad (14)$$

(なお、各材料の $\mu$ ,  $\alpha$ の値は表-4参照)

## ③. 疲労特性係数 ( $K_1$ , $K_2$ )

アスコンに対する疲労特性は各温度や空隙率におい

て、くり返し载荷試験によって求められる。アスコンの70°Fにおける結果は図-12に示すとおりである。 $K_1$ ,  $K_2$ はこの図より次式の関係によって求める。

$$K_1 = N_o e_o^{K_2}, K_2 = |1/S| = |dN/de| \quad \dots (15)$$

## 5. 設計例

### (1). 入 力

ここでは、各モデルに具体的な数値を入力して、2種類の舗装断面における設計例について述べる。なお、VESYS IIMの入力データのカテゴリーを示すと図-13のとおりである。そしてこのカテゴリーに沿って入力の一覧を表-3に示す。

### (2). 結 果

以上の入力からVESYS IIMによって得られた結果は表-6のとおりである。この結果によると路床の含水比が16%で第1層(アスコン層)が6 inch、第2層(砕石層)は8 inchの舗装構造であれば、20年間メンテナンス・フリーである。しかし、同一構造でも路床の含水比が23%となればクラックの基準値を15年、わだち掘れは3年、平坦性は3年で基準値を超え、何らかの処置をする必要がある。

表-2\*  $\mu$ ,  $\alpha$ の計算

| 材 料     | INTERCEPT<br>I       | SLOPE<br>S | STRAIN<br>e          | $\mu = \frac{IS}{e}$ | $\alpha = 1 - s$ |
|---------|----------------------|------------|----------------------|----------------------|------------------|
| アスコン    | $4.3 \times 10^{-5}$ | 0.244      | $3.3 \times 10^{-5}$ | 0.318                | 0.756            |
| 砕石      | $6.1 \times 10^{-5}$ | 0.270      | $3 \times 10^{-4}$   | 0.055                | 0.730            |
| 粘土(23%) | $1.3 \times 10^{-4}$ | 0.357      | $1.3 \times 10^{-3}$ | 0.0357               | 0.643            |
| 粘土(16%) | $1.0 \times 10^{-5}$ | 0.150      | $2 \times 10^{-4}$   | 0.0075               | 0.850            |

表-3 VESYS IIMの入力一覧

| 入 力 名   | 入力番号        | 入 力 の 値                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 舗 装 厚   | 2           | 表-4 参照                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 交 通 特 性 | 3<br>5<br>7 | 荷 重 間 隔<br>接 地 半 径<br>総 交 通 解 析 期 間<br>交通増加単位期間(年)<br>交 通 比 率*(台)<br>(* 交通比率とは重車両の1日平均台数)                                 | $A=74.4 \text{ PSI}$ , $\sigma_A^2=558 \text{ PSI}$<br>$d(S)=0.1 \text{ sec}$ , $\sigma_d^2=5.4 \times 10^{-4} \text{ sec}^2$<br>$r=6 \text{ inch}$<br>20年間<br>0.5 1 1.5 2 3 4 8 12 16 20<br>2,000 2,500 3,500 4,000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 環 境     | 7           | 温 度<br>路 床 の 含 水 比                                                                                                        | (月) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12<br>(°C) 9.8 11.8 15.2 15.5 20.3 24.0 27.6 29.8 26.1 21.1 15.1 11.3<br>16%, 23%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 材 料 特 性 | 1<br>4<br>8 | クリープコンプライアンス<br>[D(t)]<br>時間～温度修正係数<br>( $\beta$ )<br>永 久 変 形 係 数<br>( $\mu$ , $\alpha$ )<br>疲 勞 特 性<br>( $K_1$ , $K_2$ ) | 時間の選定 (sec)<br>0.001, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3, 10, 30, 100<br>図-10参照<br>$\beta=0.113$ 表-5 参照<br>アスコン $\mu=0.318$ $\alpha=0.756$<br>砕 石 $\mu=0.055$ $\alpha=0.730$<br>粘土(23%) $\mu=0.0367$ $\alpha=0.643$<br>粘土(16%) $\mu=0.0075$ $\alpha=0.850$<br>表-2 参照, 図-11参照<br>カテゴリー-No.3 の温度配列に対応<br>$K_1=4.62 \times 10^{-5}$ , $7.28 \times 10^{-5}$ , $1.55 \times 10^{-4}$ , $7.99 \times 10^{-4}$ , $2.42 \times 10^{-3}$ ,<br>$1.24 \times 10^{-2}$ , $2.84 \times 10^{-2}$ , $2.93 \times 10^{-2}$ , $5.68 \times 10^{-3}$ , $9.32 \times 10^{-4}$ ,<br>$1.51 \times 10^{-4}$ , $6.57 \times 10^{-5}$<br>$K_2=2.69$ , 2.68, 2.67, 2.64, 2.63, 2.61, 2.60, 2.60, 2.62, 2.64,<br>2.67, 2.69<br>図-12参照 |
| システム特性  | 7           | シ ス テ ム 特 性<br>(B, C)                                                                                                     | $B=1$ , $C=0.058$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 供用性基準   | 9           | 初期サービス指数<br>最終サービス指数<br>ク ラ ッ ク 率<br>わ だ ち 掘 れ<br>平 担 性                                                                   | $\text{PSI}_i=4.8$<br>$\text{PSI}_f=2.5$<br>$500^{\text{sqrd}}/1,000^{\text{sqrd}}$<br>0.5 inch 以下<br>$10 \times 10^{-6}$ 以下                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

表-4\* 舗装断面

| 層 名 | 材 料  | 層 厚 (in.) |    | 規 格                                       |
|-----|------|-----------|----|-------------------------------------------|
|     |      | I         | II |                                           |
| 表 層 | アスコン | 6         | 3½ | 米国の標準タイプ                                  |
| 路 盤 | 砕 石  | 8         | 18 | 最大寸法 1½ in.<br>No.200 (74 $\mu$ ) 通過70%以下 |
| 路 床 | 粘 土  |           |    | 含水比 16%, 23%                              |

表-6\* VESYS IIMによる計算結果

| 路床の含水比<br>(%) | 層 厚<br>(in.) | 各破壊に対して修繕が必要となる年数 |       |       |
|---------------|--------------|-------------------|-------|-------|
|               |              | クラック              | わだち掘れ | 平 担 性 |
| 16            | 6-8          | 20                | 20    | 20    |
| 16            | 3.5-18       | 11                | 20    | 20    |
| 23            | 6-8          | 15                | 2     | 3     |
| 23            | 3.5-18       | 9                 | 7     | 13    |
| 23            | 6-20         | 20                | 8     | 18    |

表-5\*  $\beta$ に関する研究成果

| 研 究 者              | $\beta$ の 値 |
|--------------------|-------------|
| Fitzgerald, Lai    | 0.0086      |
| Nair, Smith, Chang | 0.09        |
| Chang, Nair, Smith | 0.061       |
| Pagen              | 0.147       |
| Van de Loo         | 0.17        |
| Shook, Kallas      | 0.09, 0.15  |
| レ ン ジ              | 0.061~0.17  |
| 平 均 値              | 0.113       |

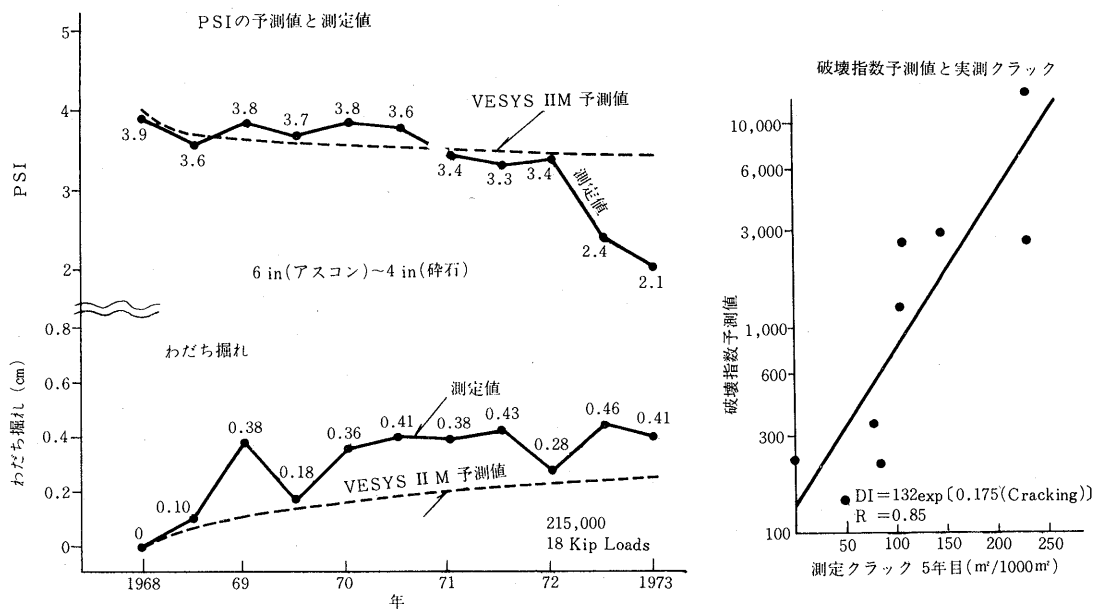


図-14<sup>24)</sup> 予測値と実測値の比較

このように条件の変化に対する供用性の変化が定量的に把握でき、設計者の定めた基準に適合する最善の舗装設計が行える。

## 6. 予測値と実測値の比較

VESYSからVESYS I, VESYS IIを経てVESYS IIMに至るまでにはペンシルベニア州立大学の試験舗装などを中心に数多くの検証が実施されてきた。システムによって計算された予測値と実測値の適合性を、「トライアンドエラー」の繰返しにより修正しながらより精度の高いシステムを目指している。またVESYS IIMの評価(Evaluation)もJ. Brent Rauhutら<sup>22)</sup>、John, C. O'Quinら<sup>23)</sup>、D.I. Andersonら<sup>24)</sup>、M.G. Sharmaら<sup>25)</sup>によってなされている。またJ. Sharmaら<sup>26)</sup>は他のシステム(PDMAP-Probabilistic Design Method for Asphalt Pavements)との比較を行っている。結果の詳細については各文献を参照されたい。ここではそれらの中の結果の一例についてのみ図-14に示す。

VESYS IIMの今後改善する方向として、次の4項目があげられている。

- ①. 現在は3層系であるが、より多層系へと拡張する。
- ②. 費用、サービス寿命、維持管理のサブシステムを組込む。
- ③. 現在のモデルの改善と新しいモデルの付加。
- ④. 応答モデルを、もっと多くの輪数を載荷出来る

ようにする。

## 7. おわりに

VESYS IIMの概要、サブプログラム、入力、出力について紹介した。しかし、紙面の制約と筆者の微力とによりはなはだ舌足らずなものになってしまった。

我国においても、今後舗装設計を行うときには、設計因子として種々の要因を組込む必要に迫られるであろう。例えば、高速道路と都市域内の道路では自ずとその機能が異なるはずである。そして、それを評価する基準値も各々の立場によって異なろう。このように多面性をもつ舗装を設計するには舗装に関する技術をシステムとして処理することが必要になってくると思われる。そのような折に、本ノートが少しでも参考になれば幸いである。

なお、本ノートを執筆するにあたり数々の助言をあたえていただいた日本大学・阿部頼政助教授に誌面をもって感謝するしだいである。

## 参考文献

- 1) アスファルト vol. 21, 115, p.49. 1978, 日本アスファルト協会
- 2) Fourth International Conference Structural Design of Asphalt Pavements, Proceedings, 1978, Michigan (以後本文献は、4th ICSDAPと略す)

- 3) Ralph Hass and W.Ronald Hudson, PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEMS, 1978, p.385~426
- 4) Ramesh Kher and W.A.Phang, "OPAC Design System", 4th ICSDAP p.831~840
- 5) W.J.Kenis, "Predictive Design Procedures- A Design Method for Flexible Pavements Using the VESYS Structural Subsystem", 4th ICSDAP p.101~130
- 6) Fred Moavenzadeh, "Stochastic Model for Prediction of Pavement Performance", Transportation Research Record (TRR) 575, 1976, p.56~73
- 7) W.J.Kenis, "Response Behavior of Flexible Pavements", Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists (AAPT), 1973, p.542~562
- 8) M.G.Sharma and W.J.Kenis, "Evaluation of Flexible Pavement Design Methodology, AAP T vol.45. 1975, p.190~218
- 9) 8)に同じ, p.201~202
- 10) 石原研而, "二層粘弾性地盤内の応力とその舗装体への適用法", 土木学会論文集, 133号, 1966
- 11) Kenji Ishihara and Tsutomu Kimura, "The Theory of Viscoelastic Two-Layer Systems and Conception of its Application to the Pavement Design", 2nd ICSDAP, 1967, p.245~254
- 12) G.Battiato, G.Ronca and C.Verga, "Moving Loads on a Viscoelastic Double Layer", 4th ICSDAP, p.459~466
- 13) J.E.Ashton and F.Moavenzadeh, "Analysis of Stress and Displacements in a Three-Layered Viscoelastic System," 2nd ICSDAP, p.209~219
- 14) 8)と同じ, p.199
- 15) W.N.Carey,Jr. and P.E.Irick, "The Pavement Serviceability-Performance Concept", Thirty Ninth Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington D.C. 1960.
- 16) Elliott, J.F, and Moavendeh.F. "Analysis of Stress and Displacements in Three Layer Viscoelastic System", HRB. HRR No.345, 1971, p.45~57
- 17) Richard D.Barksdale, "Laboratory Evaluation of Rutting in Base Course Materials", 3rd ICSDAP, 1973, p.167~174
- 18) W.J.Kenis and M.G.Sharma, "Rut Depth Prediction and Test Procedures for Pavement Deformation in Asphalt Pavements", TRR 616, 1976, p.28~32
- 19) M.G.Sharma, W.J.Kenis, T.D.Larson and W.L. Gramling, "Evaluation of Flexible Pavement Design Methodology Based upon Field Observation at PSU Test Track", 4th ICSDAP, 1977, p.161.
- 20) Rahut,JB.. O'Quin, J.C and Hudson, W.R., "Sensitivity Analysis of FHWA Structural Model VESYS II Preparatory and Related Studies", Draft Report prepared under FHWA Contract No. DOT-FH-11-8258, 1975.
- 21) Milton A.Miner, "Cumulative Damage in Fatigue", Journal of Applied Mechanics, 12(1975) A-159~164
- 22) J.Brent Rauhut, R.C.G.Hass and Thomas W. Kennedy, "Comparison of VESYS IIM Predictions to BRAMPTON/AASHO Performance Measurements, 4th ICSDAP, 1977, p.131~138.
- 23) J.Brent Rauhut, John C.O'Quin and W.Ronald Hudson, "Sensitivity Analysis of FHWA Structural Model VESYS IIM", 4th ICSDAP, 1977, p.139~147
- 24) D.I.Anderson, J.C.Mcbride and D.E.Peterson, "Field Verification of the VESYS II Structural Subsystem in UTAH", 4th ICSDAP, 1977, p.148~157.
- 25) 19)に同じ, p.158~173.
- 26) Tatinder Sharma, L.L.Smith and B.E.Ruth, "Implementation and Verification of Flexible Pavement Design Methodology", 4th ICSDAP, 1977, p.175~187.

# ピッチ類を原料とする炭素繊維

大 谷 杉 郎\*

## 1. 炭素繊維の立場

炭素繊維は、実質的に炭素原子だけからできている繊維、あるいは繊維状をしている炭素材料である。飯島博氏がすでに本誌にも簡単な紹介をしておられるように、このような繊維のはじまりはエジソンの白熱電灯用フィラメントまでさかのぼることが出来る。エジソンがこれを使ったのは、電気を通すことができて、しかも白熱状態になっても溶融しないで、かつ容易に入手できるものは当時炭素繊維しかなかったからである。その後タングステン線が開発されるにつれて次第に姿を消すことになる。

近年の炭素繊維は、1950年代の終り頃から、宇宙開発用材料の一つとして開発研究が進められた。ここでは比重の小さいこと、弾性率が大きいこと、耐熱性が大きいことなどが関係者の魅力を感じる主要な性質であった。詳細は後述するとして、現在のところ特性別に大別して高弾性率品、高強度品および低弾性率品の3種の炭素繊維が、他の各種繊維と比較してどのような位置にあるかを表-1、表-2、表-3、図-1に示しておいた。引張り強度と弾性率によって代表される機械的特性からみると、一般の有機質繊維にくらべて、弾性率がおよそ2桁、少くとも1桁大きく、強度もナイロンと同等、あるいはそれ以上で、金属やセラミックス繊維に相当する。また表-1をみると、このような機械的特性を持つにもかかわらず、密度は有機繊維と同じくらいに小さい。したがって、単位重量当りの強度（比強度）や弾性率（比弾性率）に換算すると、図-2のように、もっとも大きな値を示すことになる。このような特性にはこの繊維と樹脂との複合材料が、金属よりも遙かに宇宙・航空工学用素材として望ましいことを示している。機体重量が約170トンもあるジャンボ旅客機の重量が1kg減少すると、運航状況にもよるけれども、年間約20万円ないし40万円の経費節約になるという。もしこのような複合材料を現在の金属材料に代えることによって、機体重量を1%軽くしただけでも、同じ計算基準で年間3～6億円の経

表-1 各種繊維の密度

| 分類      | 繊維     | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|--------|-------------------------|
| 金属・無機繊維 | スチール   | 7.9                     |
|         | アルミナ   | 4.0                     |
|         | SiC・W* | 3.4                     |
|         | アスベスト  | 2.5～2.9                 |
|         | B・W*   | 2.5                     |
| 炭素繊維    | ガラス    | 2.5                     |
|         | HM     | 1.84～1.95               |
|         | HT     | 1.73～1.77               |
| 有機繊維    | LM     | 1.55～1.63               |
|         | 綿      | 1.54                    |
|         | Kevlar | 1.44～1.46               |
|         | ポリエステル | 1.35                    |
|         | 羊毛     | 1.32                    |
|         | ナイロン   | 1.14                    |

\* SiC・W, B・W: W芯線上へ気相熱分解でSiC, Bを沈積させた繊維

表-2 各種繊維の固有抵抗

| 繊維         | 比抵抗 (Ω・cm)                         |
|------------|------------------------------------|
| ガラス        | 10 <sup>17</sup> ～10 <sup>22</sup> |
| ナイロン       | 4.5×10 <sup>13</sup>               |
| ポリエステル     | 7×10 <sup>13</sup>                 |
| 綿          | ×10 <sup>6</sup>                   |
| クリソタイル(石綿) | ×10 <sup>6</sup>                   |
| 炭素繊維       |                                    |
| LM         | 15～5.5×10 <sup>-3</sup>            |
| HT         | 3～1.6×10 <sup>-3</sup>             |
| HM         | 8×10 <sup>-4</sup>                 |
| ステンレス      | 7.2×10 <sup>-5</sup>               |

表-3 各種繊維の熱的性質

| 繊維         | 比熱 (cal/g°C) | 熱伝導率 (Kcal/m・hr°C) |
|------------|--------------|--------------------|
| 羊毛         | 0.325        | —                  |
| 綿          | 0.319        | —                  |
| ナイロン       | 0.555        | 0.2                |
| ガラス        | 0.157        | 0.8～0.9            |
| 炭素繊維       |              |                    |
| HM         | 0.17         | —                  |
| HT         | 0.17         | 10～20              |
| LM         | —            | —                  |
| スチール       | 0.12         | 14                 |
| クリソタイル(石綿) | —            | 0.025              |

\*群馬大学工学部合成化学科教授

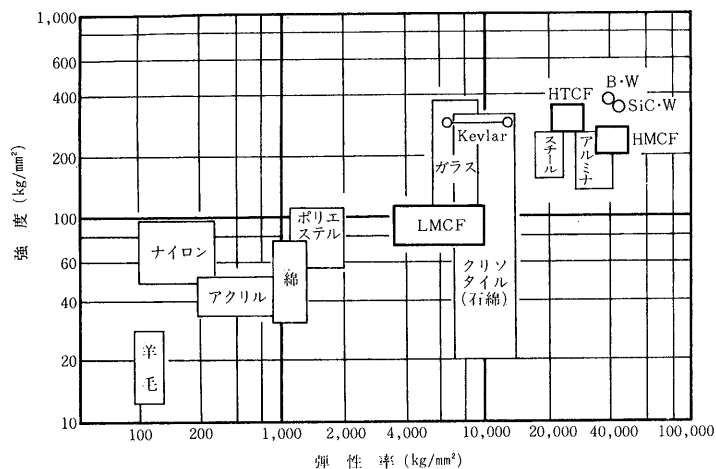


図-1 各種繊維の機械的特性

HMTCF: 高弾性率炭素繊維 HMTCF: 高強度炭素繊維  
LMCF: 低弾性率炭素繊維

費節約ということになる。このような期待が、近年の炭素繊維開発の出発点であった。

表-2に示したように、炭素繊維は金属に近い電気伝導性を持ち、表-3のように熱伝導もまたそれに近い。複合材料の耐疲労特性は、用いる繊維の熱伝導の大きい方が良くなる。だからこの特性もまた好都合であるし、その上もっと直接的な利用の途がある。ナイロン歯車その他に代表されるようないわゆるエンジニアリングプラスチックスは、生産工程の簡易化、重量軽減、騒音軽減ひいては経費の低下に役立つ面が多い。しかし、図-1の有機繊維の特性からも予想されるように、機械材料としては弾性率の不足が致命的であり、耐熱性や摺動特性にも不満が残る、さらには電気的絶縁材料であるために、静電気の帯電が大きな問題となる。炭素繊維-樹脂複合材料は、短繊維を30%程度以下添加して、射出成形でつくるような複合材料の場合においても、上記のエンジニアリングプラスチックスのもついろいろな欠点をかなりの程度に改善してくれる。

最近炭素繊維に関連してもう一つ大きな問題になっているものに、石綿代替品の選定問題がある。51年度のが国石綿輸入実績は約32万トン、うちセメント製品用に約16万トン、自動車用のブレーキライニング用に約2万トン弱が使用されている。アメリカにおける自動車用ブレーキが1980年度から、ほとんど石綿を使用したものになることが予想されるにおよんで、これの代替品の選定が大問題となっており、炭素繊維はその有力候補、人によっては本命とも見なされている。

細かい応用面の説明は別項にゆずるとして、これま

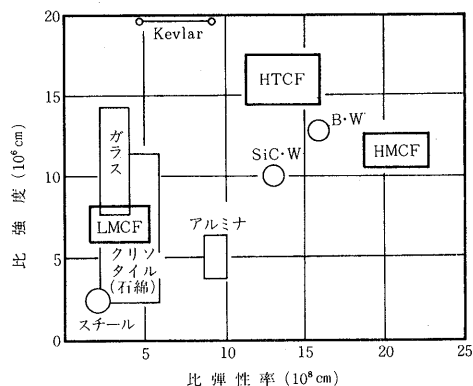


図-2 炭素繊維の比強度と比弾性率

での説明で、炭素繊維の各種繊維中における特性上の立場と、現在及び将来の材料の世界におけるおおよその立場を理解し得るだろう。

## 2. 炭素繊維の種類と構造

炭素には、その典型的な結晶として、ダイヤモンドと黒鉛とがよく知られている。一般に結晶の構造ははっきりしているから理解しやすいが、世の中にそんなはっきりした結晶ばかりがあるわけではない。炭素繊維の場合もその通りで、ダイヤモンドや黒鉛の結晶構造を考えるよりは、リボン状の平面分子がごちゃごちゃ集った高分子化合物と見た方がよい。このことは炭素繊維だけではなく、色の黒い一般的な「炭」または「炭素材料」と呼ばれるものにあてはまる。炭素一般には広い範囲にわたるさまざまな構造があり、その両端が黒鉛とダイヤモンドである。そこで、この広範な炭素の構造を、かなり大胆に分類すれば、図-3のような4つの基本形になると考えている。いずれの基本形においても、芳香環が最小単位であり、これが平面的に縮合したりボン又はもっと広い、いわゆる縮合多環芳香族平面をつくり、これらの平面が積層している。しかし(a)この芳香族平面の広さ、形状、欠陥部分の多少に大きな差があり、さらに(b)これら平面または平面の積層構造が一方向に配向しているか否かにも大きな差があらわれる。この(a),(b)2つの要素にもとづいた分類が図-4である。

図中の(A)は平面が広く完全で、平面もその積層構造もきれいに一方向に配向している。これが黒鉛結晶に相当する。(B)は一方向への配向はあるものの、平面は狭くかつ欠陥だらけである。(C)は(B)と同様に平面は小さく欠陥だらけで、その上一方向への配向もみられない。(D)は平面のつながりは広い範囲にわ

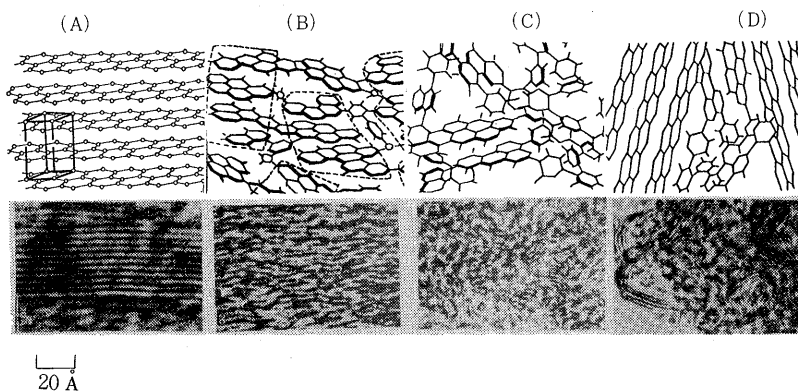


図-3 炭素の基本構造の分類

上段：炭素原子の結合状態の段階でみたモデル。

下段：高分解能電子顕微鏡写真。一本の線が上段の多環芳香族平面を横から眺めたところに相当する。

たっているが、(A)のような一定方向への配向がみられず、複雑な分岐や屈曲をみせる。一般的に (a)の要素である平面の大きさや完全性は、炭素材料をつくる時の最高処理温度に支配され、高温、特に 2,000°Cを越えて急速に大きくなる。(b)の要素である配向性は原料の種類や、焼成時の外力の有無などの条件による。簡単に割り切れば (A)、(D)は高温型、(B)、(C)はそれぞれ (A)、(D)の低温型と考えてよいだろう。

炭素繊維にも、図-3の炭素一般にみられるような構造に相当するものがある。芳香族平面を横から見たと考えて一本の線であらわせば、図-4のようなモデルで表現しうるのであろう。図-3の (A)に対応するものが高弾性率繊維(HM)、(B)に対応するものが高强度繊維(HT)、(C)に対応するものが低弾性率繊維(LM)の炭素化品、(D)に対応するものがLMの黒鉛化品である。図-1に示したこれら各品種の炭素繊維の示す特性と、構造との間の関係を理解することはさほど難しくない。すなわち、芳香族平面があらかじめ繊維軸方向に配向しておれば、引っ張られた時に変形する余地は少く、弾性率が大きいことになり、逆に配向性の劣るものほど変形の余地が大きく弾性率が小さいことになる。強度に関する最大の要点は、大小の空孔や狭雑物の無い均質緻密なものであることが第一である。

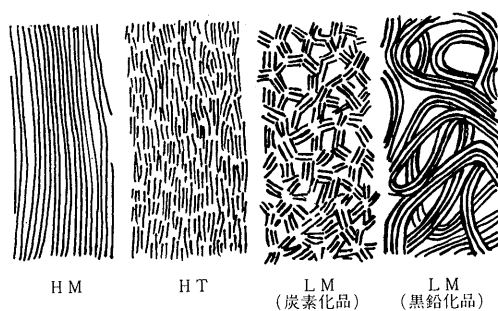


図-4 各種炭素繊維の構造模型

ついで、単位体積中の架橋密度であらう。表-1の密度差からわかるように、高性能品(HP)と呼ばれるHM、HT品の方が汎用品または普通品(GP)とも呼ばれるLMよりも一般に密度は高い。それだけに強度もまた大きい傾向がある。HPの中では、低温型構造の方が大きいのが普通である。これは多分架橋密度が大きいことと、より以上の高温処理で平面が成長してHMになってゆく段階で、大小の空隙が発生しやすいためであらう。だからこのような空隙の発生しないような原料や作り方をした場合には、高弾性率でかつ高强度のものできる。

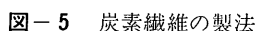
### 3. 炭素繊維の製法

製法の要点は、いかにして前項で述べ、図-4に示したような構造を工業的につくり出すかである。これまで試みられた方法を列挙すれば表-4のようになる。表中の綿またはレーヨンを原料とするものは、エジソンの試みたものでもあり、1950年代で米国で再出発した時の原料でもある。しかし現在では次第に姿を消しつつある。アーク法は、もっとも完全に近い繊維状の

表-4 炭素繊維の製法

| 製 法               | 原 料                      |
|-------------------|--------------------------|
| 有機繊維加熱法<br>(前駆体法) | 綿又はレーヨン<br>合成繊維<br>ビッチ繊維 |
| 気相熱分解法            | ベンゼン                     |
| アーク法              | 炭素棒                      |

現在工業的に生産されているものは、前駆体法のうちの合成繊維かピッチ繊維を加熱して炭素化する方法にかざられる。原料合成繊維としては、これまでの報告や特許には数多くの種類があらわれるが、現実に用いられているのは大阪工業技術試験所の進藤が提案したポリアクリロニトリル（PAN）だけである。結局現在のところ、PAN繊維を原料にする方法と、私共の研究室から出発したピッチ類を原料にする方法が主流で、



TP：熱可塑性樹脂  
TS：熱硬化性樹脂

製品としての炭素繊維にはかなり多くの種類がある。これをまとめて表-5に示した。炭素繊維の一次製品

はフィラメント又はトウだから、その他のものは二次製品ということになる。また炭素繊維のかんりの部分が樹脂その他との複合材料として利用されるから、この時に使われる結合剤との“なじみ”をよくするために表面処理をしたり、二次製品をつくる時の糸扱いをよくするために繊維の集束剤を塗布したりする。表面処理としては、各種の表面酸化法がとられ、集束剤としてはポパールその他が用いられているようである。原料の紡糸にはじまり、この表面処理または集束剤処理に至るまでの工程が、具体的な炭素繊維の生産工程と考えられるべきであろう。

#### 4. ピッチを原料とする炭素繊維

アスファルトまたは石油重質成分の利用という立場からすれば、これまで述べてきた一般論からはみ出して、もう少しピッチ類を原料とする炭素繊維の説明を加えておく方が適当であろう。

ピッチを原料とする炭素繊維の製造における最大の要点は適性のある原料ピッチの調整と、紡糸した繊維を 300℃程度以下の酸化によって不融化繊維にする工程の2点である。アスファルトにしてもコールタールピッチにしても、そのままで繊維の原料とはならない。仮に紡糸はできても、融点が低すぎて不融化工程でどうしても溶融してしまうからである。もし70～80℃という融点よりも低い温度で不融化させることのできるようなまい処理方法があれば、話は別であるが、現在までのところ見つかっていない。したがって、融点がもっとも高く、それでいて可紡性の高い原料が必要になってくる。

適性ある原料は流動点が 170℃程度以上、炭素含有率が92～96%の範囲内、平均分子量は 300以上であることが必要である。溶剤分別法でよく使われるベンゼン可溶分(BS)、ベンゼン不溶-キノリン可溶分( $\beta$ )、キノリン不溶分(QI)に分けて話をした方が、理解しやすいそうである。よく知られているように、アスファルトやタール類は、加熱処理の進行につれて、BSから $\beta$ 、さらにQIへと移行する。この過程の2カ所に適当なピッチ組成があらわれる。

一つは、 $\beta$ が主体でQIがなく、BS中の低分子量成分が除かれたような組成のピッチである。このような組成のピッチは上記の性状範囲に入るだろう。光学的には等方性を示す。したがって、この種のピッチはGPまたはLMと呼ばれる種類の炭素繊維用原料である。この種のピッチを以下等方性ピッチと呼ぶことにする。もう一つの適当な組成は、QIが40～60%程度のものである。これもまたよく知られたことであるけれども、加

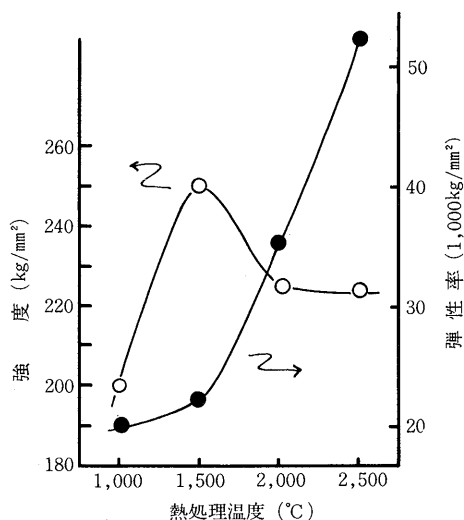


図-6 ピッチ系高性能系の焼成温度と特性との関係

熱によって生じたQIは光学的異方性を示し、メソフェースと呼ばれる一種の液晶状態にある。したがって、この種のピッチは紡糸の際にきれいに一方向に平面分子が並び、HP型炭素繊維の原料となる。この種のピッチを以下メソフェースピッチと呼ぶことにする。

等方性ピッチの場合の紡糸温度、つまり紡糸に適する 100ポイズ程度の溶融粘度を示す温度が、230～280℃程度であることが望ましい。その後の工程で不融化するための酸化処理がやりやすいからである。この酸化処理は空气中でゆっくりと温度をあげてゆくか、場合によっては空気以外の酸化性気体を使うことが特許などにみられる。メソフェースピッチの場合には、等方性ピッチにくらべて融点が高いから、紡糸温度は一般に 300℃を越える。しかしあまり紡糸温度が高いと、例えば 400℃を越えるようになれば、工業的に用いる紡糸装置をどうするかが大きな問題となる。またメソフェースピッチは溶融粘度が高すぎて良好な可紡性を示さないことも多い。それだけに、できるだけ低温で、かつ溶融粘度が低く、可紡性の高いメソフェースピッチをどのようにしてつくるかがこの方法の鍵であるとも言える。

不融化以降の工程にはさほど大きな問題はない。等方性ピッチを原料とする LM炭素繊維の場合には不活性気相中で 1,000℃まで焼成するのがもっとも標準的である。このようにして、図-1に示したような、引張強度 100kg/mm²、弾性率4,000～8,000kg/mm²程度の特性が得られる。メソフェースピッチを原料とするHP炭素繊維の場合には、図-6のように温度によって高強度品 (HT) と高弾性率品 (HM) とにつくりわけら

れる。すなわち1,500℃で前者が、2,000℃以上で後者ができることになる。

## 5. 炭素繊維の生産量と用途

炭素繊維は、誕生以来約20年にして漸く実用材料として定着し、本格的な量産時代に入りつつある。そのために、正確な生産量を表示するのにやや困難を感じる点もある。一応PAN系のHP品が国内4社で300トン／年程度、ピッチ系のGP品が1社200トン／年程度とみられている。しかし、HP品は至極近い将来に1,000トン／年程度に、GP品も500トン／年程度になる予定であるらしい。これらの生産計画は次にのべる需要との関係で今後急速に変化する可能性がある。この点はまた後で触れる。

表-6に現在すでに実用化されている、あるいは目標として開発が進められている用途と用いられる炭素繊維の品種との関係を示した。機械的特性を主とした用途を上にして、下へゆくほどそれ以外の特性が利用される分野になっている。それだけに、上に書いた分野ほど高性能品が主体となり、下方へゆくほど汎用品が主体となる。

構造材料の最終的目標は最初にも述べたように航空機である。しかし、この分野は材料の信頼性をもっとも強く要求され、米国を中心とする多くの開発努力にもかかわらずまだ暫くの時間が必要なようである。これまでのところ、副構造的な用途、例えば航空機内の床とか扉などに用いられはじめており、一部の軍用機などにはもう少し各所に使われだしているようであ

表-6 炭素繊維の応用分野

| 応 用 分 野 (細目)                   | 適 合 品 種 |
|--------------------------------|---------|
| 主 構 造 材 料<br>(輸送関係構造材, スポーツ用品) | HP      |
| 補 助 構 造 材<br>(建材, 機械部品)        | HP, GP  |
| 主構造的機能材<br>(高速運動部品)            | HP, GP  |
| 従構造的機能材<br>(摺動, 摩擦, 導電部材)      | HP, GP  |
| 耐 食 材 料<br>(化学プラント材料)          | GP, HP  |
| 炭 素 材 料<br>(製鋼用電極, プレーキ)       | GP, HP  |
| 電 極<br>(燃料電池, コットレル)           | GP      |
| パッキン, 断熱材<br>(各種装置, 真空炉, 雰開気炉) | GP      |

表-7 ピッチ系炭素繊維の製品と市場

| 一次製品  | 中 間 製 品                     | 末端製品  | 市 場               |
|-------|-----------------------------|-------|-------------------|
| ト ウ   | 成型断熱材                       | 断 熱 材 | 機械, 自動車, 航空機, 原子力 |
| (ヤーン) | パッキン, ガasket                | シール材  | 化学                |
| スライバ  | 複合系成型材料                     | 電 材   | 電機, 電子, 機械, 自動車   |
| ク ロ ス | (ベレット, プリミックス, プリプレグ, TXなど) | 機械部品  | 自動車, 航空機          |
| フェルト  |                             | 構造部材  | 自動車, 機械           |
| (マット) | —                           | 摩擦材料  | 鉄鋼                |
| ペ ー パ | 特殊ペーパー                      | 炭素電極  | 電力                |
| チョップ  | —                           | 電池電極  | 建設                |
|       |                             | 建 材   |                   |

る。またここ数年の目立った動きとしては、自動車の燃費節約のため、自動車用構造材に炭素繊維複合材を使う開発研究が米国中心にかなり精力的に進められている。これらの分野への応用が急速に伸展するのは、1980年代に入ってからと見られている。

航空機、自動車などの前に高性能品の現実の用途の中心をなしているものがレジャー、スポーツ用の構造材である。ゴルフクラブ、釣竿、テニスやバドミントンのラケット類である。

私はかねてから、炭素繊維の用途拡大は、まず普通品の材料としての定着からはじまり、次第にこれまで述べた高性能品を使った構造材の分野に広がる順序だと主張してきた。私は今日でもなおその通りだと思っているし、現実の動きもそのような順序を踏みつつあるとみている。表-7にピッチ系の普通品の用途を示しておいた。これらの実例のうち、成形断熱材、シール材などは確実に定着してきたし、短繊維をプラスチックに添加した射出成形材なども、電算機の出力機構用のカムなどをはじめとする新型エンジニアリングプラスチックとして伸びつつある。燃料電池用電極などもその一例であろう。更に量的に多いのは製鋼用電極への添加である。量的には電極重量の2.5%程度にすぎないが、電極特性を顕著に改善する効果があり、西ドイツでも本格的に実用化されつつある。このような着実な動きに加えて、最近では最初の方で触れた石綿代替の話がかなり切実な問題として取り上げられている。

石綿の発癌性からむ使用規制の動きはかなり以前からあったが、このところ中休みの観を呈していた。しかしその方向へは着実に動いているらしく最近再びかなり具体的な形であらわれてきた。それは米国海軍、ゼネラルモーター、フォード、U.S スチール、ベセレームスチールなどが1980年までに関連または自社製品

の中に石綿を使わないことにするととの情報である。これらの動きは米国，ヨーロッパ，日本などの世界の主要国の動向にも大きな影響を与え，石綿代替品探しが当面の大問題になってきた。候補として考えられているのは，スチール繊維，ガラス繊維，ロックウール，有機繊維，それに炭素繊維などである。石綿の用途は，スレートなどのセメント製品，建材，ブレーキなどきわめて多方面にわたる。今のところこれらのすべての分野への代替を一種類の繊維でまかなうことはとてもできそうにない。用途別に前記候補繊維を選択して用いることになりそうである。このうち，ブレーキ用などには炭素繊維が最有力候補で，セメント用などにもかなりの期待がかけられているらしい。この場合に最大の問題点は価格ということになる。この方面の動き如何によってはピッチ系炭素繊維の需要はさきの製鋼用電極への添加とあいまって現在の数倍または数10倍へと急速に拡大することにもなりそうである。

## 6. 将来展望

将来の動きを，客観的なデータを集めて正確に予測することは私にはできない。そこで大変に主観的な予測を許して貰うことができれば，炭素繊維の分野は，遠くから表-8に示したような形になるのではないかと思っている。

まず，ピッチ系の高性能炭素繊維が商品化され，次第に定着してゆくであろう。生産コストとしてはPAN系よりもはるかに有利である反面，特性変動値を極端に小さくした連続系をつくる技術的な点では，少なくとも当分の間，PAN系に劣ると考えざるを得ない。PAN系のHP品の価格はどうもピッチ系ほどに下げることができそうにない。おそらく3倍程度であろうとの計算もある。したがって，仮に中級品と名付けた種類がかなりの実用性を持つてくる。これの主体はピッチ系の高性能系であると予想する。普通品に関してはピッチを原料としてさきに述べた方向に順調に展開してゆくと考えているが，もう一つロックウールなどに相当するような，普通品よりも大量生産方式のとれる短繊維

表-8 予想される将来の炭素繊維の種類

| 品 種 | 形 状                                  | 原 料 及 特 性        | 利 用 分 野                                            |
|-----|--------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------|
| 高級品 | 連続繊維<br>連続織物<br>など                   | PAN系HP           | 航空機・自動車<br>などの特に特性<br>のうるさい主構<br>造材                |
| 中級品 | 連続繊維<br>スライバー<br>短繊維<br>布，フェルト<br>など | PAN系HP<br>ピッチ系HP | 航空機・自動車<br>などの副構造材，<br>一般工業用複合<br>材                |
| 普通品 | スライバー<br>撚糸<br>短繊維<br>布，フェルト<br>など   | ピッチ系LM           | 成形断熱材，電<br>極，シール材，<br>石綿代替，エン<br>ジニアリングブ<br>ラスチックス |
| 骨材用 | 短繊維<br>ウール<br>など                     | ピッチ系LM<br>ピッチ系HP | 新炭素材料用骨<br>材，断熱剤，各<br>種充填材など                       |

維の形態が生れて然るべきではないかと思っている。

## 7. おわりに

炭素繊維が有望な工業材料として注目されはじめてからすでに久しい。にもかかわらずまだ前述した程度の生産量にすぎない。このことは一つの新しい素材が定着するには，その素材を使いこなすための応用技術の成熟が必要であり，この成熟のためには，かなりの時間が必要だということを示すものであろう。現段階は，そろそろ成熟の域に近づいている。このような段階になると，最終的な生産コストが最大かつ切実な問題として登場してくる。そこでピッチ類を原料とする高性能品の今後の動向がきわめて重要な立場になってきつつある。本稿ではピッチ調整の技術的な話には触れる余地がなかったけれども，前述したようにこの分野がピッチ系炭素繊維のもっとも肝心な点になる。炭素繊維はアスファルトによって代表される石油重質成分，液化石炭を含めた石炭系原料の注目すべき応用分野として発展してゆくであろう。

# 上 州 考

會 田 正\*

最初のうちはどうもムズムズして落ち着かなかったわが尻も、8ヵ月を過ぎる頃ともなるとよくしたもので、どうやら所長室の椅子にフィットするようになってきた。

ここ群馬県も景気浮揚のための公共事業施行促進の掛け声に乗って、関越自動車道(新潟線)、上越新幹線の二大プロジェクトを初め、直轄国道でもこれまで何となくすぶっていたバイパス関係の事業に一斉に手を付けたという状況で、地元説明、用地買収、設計積算、工事監督と所員一同大重であり、かつ定常業務としての道路管理、特にこれから冬に向って除雪業務を控え、出張所も準備万端拔かりなしと張り切っている。

## 〈地名考〉

ところで筆者は関西で暫く暮らしたことがあるからいうのだが、どうも近畿以西の人々には群馬というのはわかりにくいようである。県庁が前橋にあることなど知らない人が随分いるのではなかろうか。

ところがこれが「上州」となると話が別である。上州の名が全国に知れわたった原因は、筆者の察するところ二つあって、一つは、御存知紋次郎の「出身地」としてテレビで喧伝されたこと、もう一つはいわずもがなの「上州連合」によってである。

上州というのは、上野国(こうづけのくに)というかつての正式な国名(明治になって廃藩置県により群馬県が誕生するまで)を略した呼称で、信濃国を信州と呼ぶが如しである。この上野国も古くは上野毛国(かみつけぬくに)と呼ばれていたが、大宝律令でこの国名に改められたという。

何んでも、当時三文字の国名や郡郷名を二字にしろという命令が出たそうで、上毛野国も下毛野国(那須郡を除く栃木県全域)もこれにより毛を抜いたということである。

この話は、かつてわが省の古代史の権威高野浩二氏(現近畿地建道路部長)から伺ったものであるが、その際、氏は往時の毛の字は今や国鉄の両毛線の名に残っているのみである、といわれ成程と思ったものであったが、いざ群馬へきけると毛の字はまだまだ健在で、上毛新聞を始め上毛を名乗る会社、商店は随分多い。最近では上越新幹線の上毛高原駅が有名で、ゴルフ場の名にもある。群馬には、旧石器時代の遺跡として日本で最初に発見された岩宿遺跡に始まり、古代史の興味ある遺跡等が多いので、是非一度高野部長の御来訪を頂きたいと思っている。

## 〈気質考〉

こちらへの転勤に伴ない、家族一緒に転居してきたが、息子の転入学の挨拶に中学校へ行き校長先生と雑談した際、先生曰く、「お父さんはどちらの御出身で?」「新潟県です」「新潟ですか、群馬には新潟県の人が随分多いですよ(これは事実)。越後から東京あたりへ出稼ぎに出た人達が、途中暮しやすい群馬で落ち着いたんでしょね。」というやり取りがあって、上州人の気質に話が及んだ。先生の言によれば、上州の人は越後の人に比べてどうもねばりが足りない(これは新潟県人へのお世辞)。しかし気持があけっぴろげで誠にさっぱりしている。それに新らしもの好きで、例えば自動車だが、各メーカーは新型車を発表すると先ず群馬県で販売してみるそうで、ここで売れ行きが良け

\*関東地方建設局高崎工事事務所長

れば、全国でも大丈夫と判断する、とのこと。

この車の話はどうもにわかには信じ難いが、筆者の短い経験からみても、このいわばopen-mindedな気質は確かにあるようで、その意味では群馬県は誠に住みやすかつ仕事もしやすいということがいえよう。これは、かつて群馬に勤務した先輩諸氏も等しく認めるところである。

### 〈クルマ社会考〉

群馬県では車の普及率が高いということはおかねがね聞いていたが、手元の資料で一寸計算してみると、表一1のように正しく日本一である。何故このように高いのかという理由については、公共輸送機関が遅れているとか、要するにクルマ好きだとか色んな説があって、これだけで面白い研究テーマとなりそうであるが、この地域の人々にとって車が生活に密着し、必要不可欠の存在となっていることは確かである。従って、筆者がかつて経験したような、車は邪悪の根元で、道路の建設などは一部の人の利益のためだなどというヒステリックな主張を聞くことはない。むしろ、なんで道路事業が進まないのかとお叱りを受けている。勿論、個々具体の話になるとなかなか一筋縄ではいかないが、地域の発展のためには道路の整備が不可欠であるという基本的意識がある限り、仕事のやりがいもあるというものである。

表一1 クルマ普及率順位 単位：人/台

| 順位  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | last |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 県名  | 群馬   | 長野   | 岐阜   | 愛知   | 山梨   | 長崎   |
| 普及率 | 2.65 | 2.83 | 2.87 | 2.94 | 2.95 | 4.67 |

注) 人口：「50年国勢調査」

自動車：「陸運統計要覧(52年版)」による51年保有台数(除原付)

### 〈名物嬢天下考〉

上州名物といえば、昔から「嬢天下にからっ風」と相場は決っているが、筆者これから初体験のからっ風はさておき、前者についていささか分析してみたい。当地で生活してみて感じたことは、どうも女性のドライバーが多いのではないかということである。わが事務所の女性職員の多くが車を

表一2 免許保有率順位 単位：%

| 順位  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | last |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 男   | 山梨   | 長野   | 群馬   | 徳島   | 岡山   | 大阪   |
| 保有率 | 90.6 | 89.4 | 89.2 | 89.0 | 87.8 | 66.1 |
| 女   | 群馬   | 長野   | 香川   | 和歌山  | 徳島   | 大阪   |
| 保有率 | 41.0 | 39.7 | 39.7 | 38.8 | 38.4 | 14.1 |

注) 免許適令人口：「50年国勢調査」による 15～64才人口

免許保有者：警察庁資料による 53年6月現在数(含原付免許)

もっているし、朝晩の通勤時にみる女性ドライバーの多いこと。また昼間でも、子供を背負って小型トラックを運転しているおかみさんの姿も珍らしくはない。わが官舎は一般住宅地の中にあるが、近所の奥さん方はほとんど車を運転する。これに刺激されたのかどうか、わが女房殿もかなりいい歳をしてワタシもなどといひ出す始末。悪戦苦闘の末、やっと免許を取った次第であるが、彼女の話によると、教習所へきているのは圧倒的に女性だそうで、群馬に女性ドライバーが多いというのは感じだけではなさそうだという気がしてきた。

そこで早速警察から免許関係の資料を貰って、免許保有率を一寸計算してみると、案の定、表一2のような結果が得られた。この表で免許適令人口とは正しくは16才以上をいうが、計算には50年国勢調査速報から15～64才人口を使った(ちなみに65才以上の免許保有者は、53年6月現在、全国で男は約68万7千人(2.4%)いるが、女は6千8百人(0.07%)しかいない。)従ってこれは必ずしも現時点での正確な保有率ではないが、一つの比較指標としてみて頂きたい。

これでわかるように、群馬県民の免許保有率は全国で男性は第3位なのに比べ、女性は断然トップである。

嬢天下の本来の主旨は、気が強くて亭主に尻に敷くということではなく、働きものでしっかりしているということであるが、免許保有率が高いことを働きものとダイレクトに結びつけるのは、いささかこじつけの気味があるにしても、上州の女性が活動的であることの一つのあらわれとみることでできよう。その意味で、名物の嬢天下はいまだ健在である。

## 石油備蓄について

### ●その1●

昭和48年の石油ショックを契機に、政府は、石油備蓄の必要性から備蓄法を制定しました。また、現在イランの暴動によって我国への原油輸入の不安定要素から、ますます石油備蓄問題がクローズアップされてきているのは、ご存知の通りです。また、政府は、備蓄法に基づく民間企業への義務付けだけでなく、昭和53年以降、政府としても備蓄増強を講ずべく、当面、タンカーによる備蓄を実施し、ここに官民こぞって備蓄対策を講ずる姿勢を打出しました。

そこで、本稿は、備蓄法が制定された背景と、備蓄法の要点、ならびに備蓄に対する政府の各種助成策の内容を説明し、次回以降に、備蓄対策としての各種プロジェクトの紹介、および備蓄コストの問題等を探り上げていきたいと思ひます。

鳥 居 功

昭和石油(株)基地室主査

### 1. 備蓄法成立の背景

昭和48年の中東戦争は、世界経済に大きな打撃をもたらしましたが、特に一次エネルギー供給の70%から80%を石油に依存する我国経済へもたらした打撃は大きく、日本政府は、緊急対策として消費節減の一方、石油備蓄の放出を図り、石油供給不足の回避に務め、その効果があったことは、記憶に新しいところであります。

我国にあつては、実は、それより早い昭和46年において、昭和49年度末までに、60日備蓄を達成するため政府として積極的助成を講ずる必要がある旨の、総合エネ調石油部会中間報告に基づき、昭和47年度から各年5日分の積増しを行い、昭和49年度末60日備蓄達成を目標に、行政指導ベースで推進してきました。ただし、この時の積増し量は、現在の備蓄法と異なる計算ベースで行われ、翌年度の内需想定量より、精製会社のみ義務づけてきたもので、表-1の通りです。

一方、ヨーロッパ諸国では、1956年のスエズ動乱、1967年の第三次中東戦争の際の石油禁輸への体験から、OECDは、最低備蓄水準として60日分在庫の確保をヨーロッパ加盟諸国に対して勧告し、1971年には、90日備蓄の確保を加盟国に勧告しています。このため、ヨーロッパ各国ならびに米国においても、早くから備蓄体制が整備され、同時に民間に対する備蓄の義務付けが、法制化されております。

1974年、OECDの中に新しくIEA（国際エネルギー機関）が設置され、緊急時における石油の国際融通を中心とする国際エネルギー計画協定が発足しました。この協定では、緊急時における石油の国際的融通制度を行い、1976年に70日、1980年までに90日備蓄達成の意図表明が行われました。このように、国際的動きが我国にも影響を与え、備蓄法の制定を促進させる結果になりました。

すなわち、我国政府は、昭和48年の石油ショックを機に、昭和50年度から、54年度末にかけて引続き、毎年度5日毎の積増しを図ることを内容として、90日備蓄増強計画を策定して体制を整えておりましたが、昭和50年の第76国会において、石油備蓄法を成立させ、政令により翌51年4月から施行させました。

この石油備蓄法の目的は、その第1条に明記されているごとく、『石油の備蓄を確保するための措置を講ずることにより、我国への石油の供給が不足する事態が生じた場合において、石油の安定的な供給を確保し、もって国民生活の安定と国民経済の円滑な運営に資することを目的とする。』ことであり、基準備蓄量を、我国石油消費量のおゝむね70日分から90日分の範囲内

表 1 石油備蓄増強対策新旧比較表

|           | 60日備蓄目標の旧方式                                                                                |             |             |             | 90日備蓄目標のOECD方式                                           |             |             |             |             |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           | 47年/<br>4月～                                                                                | 48年/<br>4月～ | 49年/<br>4月～ | 50年/<br>4月～ | 51年/<br>4月～                                              | 52年/<br>4月～ | 53年/<br>4月～ | 54年/<br>4月～ | 55年/<br>4月～ |
| 備蓄日数      | 45                                                                                         | 50          | 55          | 60          | 70                                                       | 75          | 80          | 85          | 90          |
| 基準備蓄量算定方式 | 全国備蓄必要量を石油供給計画に基く翌年度内需燃料油を基に算定し、半期おいた前一年間の販売シェアと各期末の精製能力シェアの $\frac{1}{2}$ を対象に石油精製業者に割振る。 |             |             |             | 前暦年の内需燃料油生産、内需用製品及び生焚原油輸入量、内需燃料油及び生焚原油販売量を対象に義務者ごとに算定する。 |             |             |             |             |
| 備蓄義務者     | 石油精製業者                                                                                     |             |             |             | 石油精製業者、石油販売業者、石油輸入業者                                     |             |             |             |             |
| 規制根拠      | 行政指導                                                                                       |             |             |             | 備蓄法                                                      |             |             |             |             |

で、年度毎に定められることとしています。

この運用については、『石油備蓄水準の円滑な引上げを図るための措置』、および『達成された備蓄水準の維持を図るための措置』が規定されており、その要点と説明は、次の通りであります。

## 2. 石油備蓄法の要点と説明

### 1). 法および省令の要点

- (1). 石油の供給不足の事態が生じた場合に、安定的供給を確保することを目的とする。
- (2). 備蓄の対象は、原油と石油製品（揮発油、灯油、ジェット燃料、軽油、重油）で、これを石油と総称し、ナフサ、生焚原油を含み、LPG、潤滑油、アスファルト等は除かれる。
- (3). 『備蓄の義務者』は、石油精製業者、石油販売業者、石油輸入業者であって、石油精製業者とは、石油製品の製造の事業を行うもので、前暦年の生産量が10万kl以上の者である。生産量の受委託は、委託者が石油精製業者の場合は、委託者の生産量に計上し、石油精製業者以外の場合は、受託者の生産量に計上する。

石油販売業者とは、石油の販売の事業を行うもの（石油精製業者を除く）で、精製業者から石油製品を継続的に購入しており、前暦年の販売量が250万kl以上の者である。

石油輸入業者とは、石油の輸入の事業を行うもの（石油精製業者、石油販売業者を除く）で、石油の保税輸入、潤滑油製造用原料として輸入した原油を除き、前暦年の輸入量が1万kl以上のものである。

- (4). 国は、毎年度、次年度以降の4年間について、備蓄の数量、石油の貯蔵施設に関する『石油備蓄目標』を定め、告示する。

備蓄義務者は、毎年度4月30日迄に定める石油

備蓄目標告示の日以後1ヵ月以内に、次年度以降4年間の『石油備蓄実施計画』を作成し、届け出なければならない。これには、年別備蓄数量（算定基礎添付）、および石油の貯蔵施設（建設計画、施設概要添付）に関する事項の記載が要求される。

通産大臣は、特に必要があると認めるときは、備蓄実施計画の変更勧告ができる。

- (5). 石油精製業者等は、毎年2月15日までに、その前年の石油製品の『生産量、販売量、輸入量等』を通産大臣に届け出なければならない。

通産大臣は、これらを基に算定した石油製品の数量を『基準備蓄量』として、毎年3月15日迄に各義務者に通知する。

各義務者は、通知された基準備蓄量以上の石油製品を4月1日を初日とする年度において、『常時保有』しておらねばならず、原油をもって石油製品に代えるときは、0.95で換算する。

基準備蓄量は、当該前年の内需消費量の『お、むね70日分から90日分の範囲』にあるよう定められる。

- (6). 石油精製業者等の石油保有量が、基準備蓄量に達していない場合、正当な理由がないと、通産大臣より保有の勧告を受け、その達していない程度期間によっては、期限を定めて保有すべきことが命令される。ただし、各義務者は、通産大臣の承認を受けて、自己の基準備蓄量を『増減変更』できる。また、取引関係にあるところは、通産大臣に申し出てグループ形成の確認を受けることができ、この場合には、保有量合計が基準備蓄量の合計数量以上であれば、勧告・命令の対象とはならない。

- (7). 各義務者は、帳簿の備え付け『報告義務』を負い、立入検査されることがあり、命令に違反した者は、50万円以下の罰金。実施計画等の届け出を

せず、帳簿の不備、虚偽の記載、立入検査の忌避をした者は、10万円以下の罰金で、行為者の他法人または人に対し刑が科される。

## 2). 要点の説明

国の定める『石油備蓄目標』は、石油精製業者等の

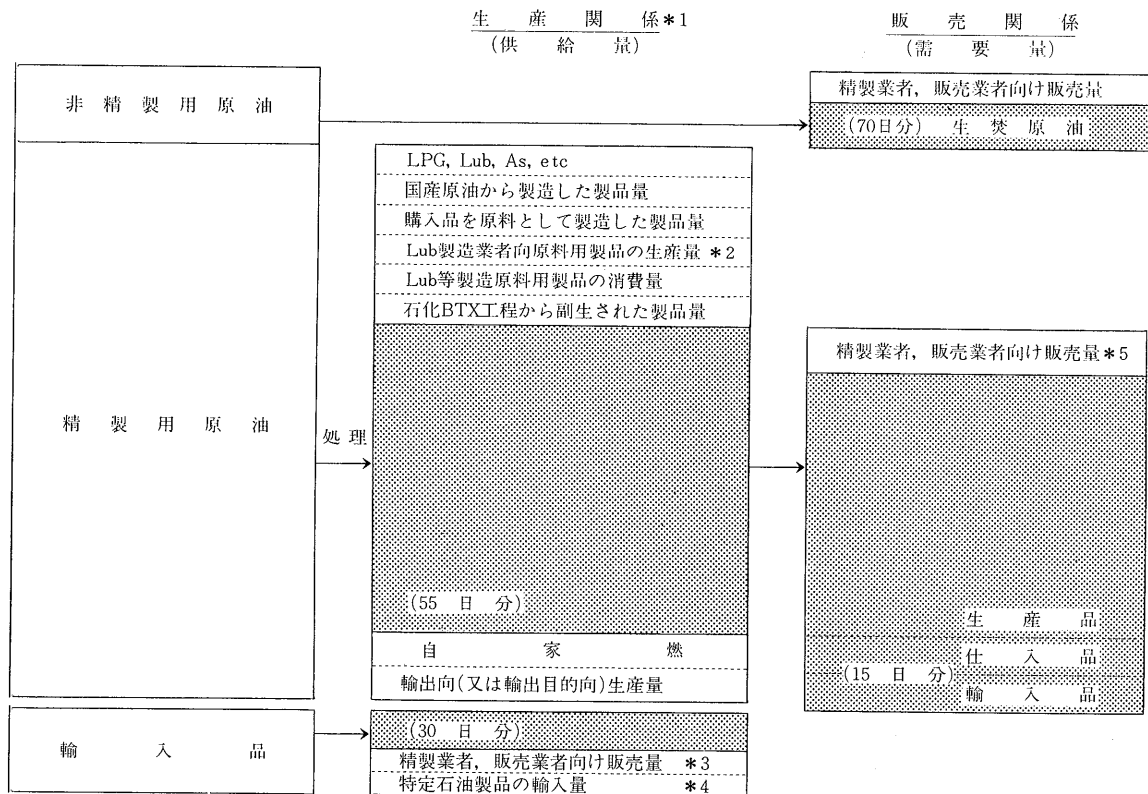
石油備蓄事業の指針としての意義を有するもので、備蓄義務者は、毎年度、次年度以降4年間の『石油備蓄実施計画』を作成し、通産大臣に届け出ることとなっていますが、これが石油備蓄目標に照して不適切であるときは、通産大臣は、この石油備蓄実施計画を変更

表-2 石油備蓄目標の内容

(単位:千ℓ)

|                              | 53年度初   | 54年度初   | 55年度初   | 56年度初   | 57年度初   | 53～57年度積増量 |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| a. 増強目標日数                    | 80日     | 85日     | 90日     | 90日     | 90日     | —          |
| 算定基礎                         |         |         |         |         |         |            |
| b. 基準内需量(前暦年)                | 248,478 | 250,308 | 256,631 | 268,587 | 279,720 | —          |
| c. 1日当たり内需量(前暦年)             | 680.76  | 685.78  | 703.10  | 733.84  | 766.36  | —          |
| d. 備蓄量(製品ベース)                | 54,461  | 58,291  | 63,279  | 66,046  | 68,972  | —          |
| e. 年間積増備蓄量(製品ベース)            | —       | 3,830   | 4,988   | 2,767   | 2,926   | 14,511     |
| f. 同上(原油ベース) $e \pm 0.95$    | —       | 4,031   | 5,251   | 2,913   | 3,080   | 15,275     |
| g. タンク建設(原油ベース) $f \pm 0.80$ | 5,039   | 6,563   | 3,642   | 3,850   | —       | —          |

表-3 基準備蓄量算定のための生産量等の範囲  印が対象



- \*1: 原油から生産されたものが対象となり、受委託関係は精製業者間にあつては委託側、非精製業者の委託は受託側の生産量とする。
- \*2: 但し、潤滑油製造工程から副生される石油製品に相当する原料分は除かれる。
- \*3: 輸入業者にあつては(30日分)の対象となる。

- \*4: BOND輸入/BOND輸出
- \*5: 精製業者、販売業者以外の者に対し販売したものうち、精製業者、販売業者に販売されることになった数量は証明付き条件で含ませられる。

表-4 基準備蓄量の算出方法

|         | 51/4月～(70日分) | 52/4月～(75日分) | 53/4月～(80日分) | 54/4月～(85日分) | 55/4月～(90日分) |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 製品生産量   | 55日          | 60日          | 65日          | 70日          | 75日          |
| 製品販売量   | 15日          | 15日          | 15日          | 15日          | 15日          |
| 製品輸入量   | 30日          | 35日          | 42日          | 48日          | 55日          |
| 生焚原油販売量 | 70日          | 75日          | 80日          | 85日          | 90日          |

但し、生焚原油は0.95換算する。

すべきことを、勧告することができることになっています。

石油備蓄の目標数量については、石油供給計画に定める石油製品の内需見通しを基礎として算定されることとなりますが、前暦年ベースに換算された後の内需見通しを算定の基礎として使用することとなります。この内容は、表-2の通りです。

備蓄義務者が届け出る生産量・販売量・輸入量等とは、各石油精製業者等に係る基準備蓄量算定の基礎となるもので、前年中の実績を採用したのは、OECD諸国における共通の備蓄数量算定方式に合せたためです。生産量・販売量・輸入量を基礎として算定することになっているのは、その事業活動の規模に応じて備蓄義務を課すのが、公平の見地から妥当であるとの判断によるものであります。基準備蓄量算定の対象になる生産量・販売量・輸入量の範囲は表-3の通りで、これらの対象数量に対して、各年度別に所定の日数分を乗じて得られる数量の和が、各備蓄者の基準備蓄量となり、その算出方法は、表-4の通りであります。

石油の保有の方法は、消防法上の製造所、貯蔵所、取扱所等、および本邦内の船舶で、外航船であっては、原則として入港手続きの終了したもので、この他に貨車、パイプラインにおいて保有されているものも含まれます。

常時保有すべきものとして通知された基準備蓄量について、災害時等の特別事態において、例外的にその減少を認められる場合があります。災害その他止むを得ない事由とは、火災・局地的な地震・荒天・部分的な港湾スト・タンカーの座礁等の事故・製油所事故等により生じた備蓄石油の喪失・石油貯蔵施設の損壊・製油所の運転不能・荷役施設の使用不能・タンカーからの荷揚げ不能・タンカー入港の大巾遅延・原油輸入量の急減の事態が生じ、石油備蓄が急激に減少するか、製品安定供給上、石油備蓄を取り崩さざるを得ない場合が、該当すると解釈され、これらは、備蓄義務者の個別事由に基づくものであるため、基準備蓄量減少の申し出を、通産大臣に行った上で、許可される仕組みになっています。

帳簿の備え付けと報告義務は、毎月5日、10日、15日、20日、25日、末日における石油保有量を、原油、製品、半製品別に記載し、報告することが要求されます。

備蓄義務者の石油保有量が、基準備蓄量を下回っており、不足の状況が相当期間にわたるような場合は、通産大臣から石油保有の命令が発動されます。その要件は、連続する18回の各測定日に係る平均石油保有量が、基準備蓄量を下回った場合、または、石油保有量が、基準備蓄量を相当程度下回っている場合において、その備蓄義務者の石油の購入計画等を勧案しても、相当と認められる期間内に石油を保有するに至ることが困難であると認められた場合において、なされます。

### 3. 政府の備蓄助成策

備蓄法は、昭和54年度末90日備蓄目標達成のために、民間石油企業に備蓄増強を行わせていますが、これには、膨大な資金負担が必要とされ、民間石油企業の負担は、相当大きなものとなっております。

これに加えて、石油流出事故に起因する立地難の問題、ならびに先般の消防法改正に伴う石油備蓄施設の建設に必要な用地が、旧来の2倍の広さにもなると共に、5年に1回のタンク開放検査が義務付けられたことによる実質的タンク容量の減少等は、石油備蓄施設容量の増大を伴い、資金とコスト負担をますます莫大なものとしております。

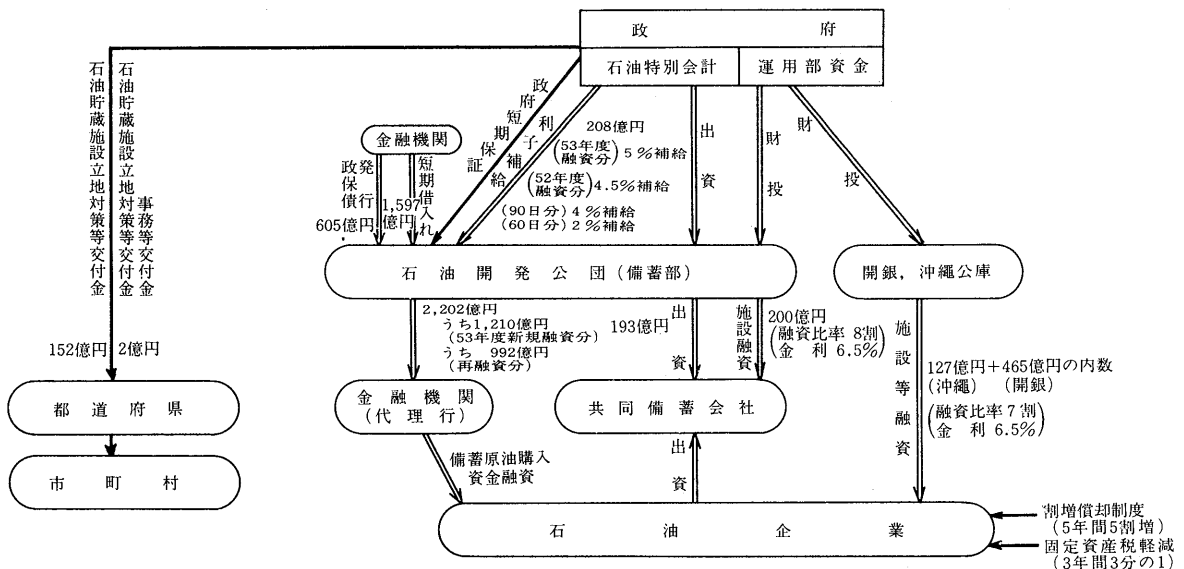
これに対して、60日備蓄増強計画達成の際には、必要な助成策が講じられていましたが、90日備蓄増強計画達成は、従来と異なる新制度であり、その達成には、莫大な資金が必要とされることは前述した通りで、国としてもこれをバックアップし、抜本的措置をとるべく、助成措置を講じておりますが、未だ充分なものとは、言えない状態であります。

助成措置としては、(1)共同備蓄の推進、(2)備蓄原油購入資金の融資、(3)民間石油企業に対する施設等建設資金の融資、(4)新備蓄技術の確立、(5)石油貯蔵施設立地対策等交付金制度、(6)税制上の優遇措置等が載げられます。個々にこれらの内容を詳しくみてみますと、

表－５ 石油貯蔵施設立地対策等交付金制度の概要

|           | 新 増 設                                                                                                                                      | 既 存                                                                                                                                                                                                                                                 | タンカー備蓄                        |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| １．対 象 施 設 | 石油貯蔵施設(原則として6万kl/1基以上。LPG貯蔵施設にあつては原則として3万トン/1基以上。但し、上記規模未満の施設であっても、合計量が上記の能力を満たす場合は交付の対象となる。)<br>昭和53年度以降着工のもの(昭和53年4月1日現在工事中のものを含む。以下同じ。) | 石油精製業者等が保有する石油貯蔵施設の貯蔵量及び取扱量の合計が1市町村あたり10万kl以上のもの等(LPG貯蔵施設を含む)                                                                                                                                                                                       | 錨泊中のタンカー                      |
| ２．交付対象事業  | 石油貯蔵施設の周辺地域において整備される各種公共施設                                                                                                                 | 石油貯蔵施設が立地されていることに伴って自治体が負担を行うこととなる保安・防災・環境保全施設等                                                                                                                                                                                                     | 新增設の場合に準ずる公共施設                |
| ３．交 付 先   | 都道府県(当該市町村、周辺市町村へ間接交付)                                                                                                                     | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                 | 同 左                           |
| ４．交付金の額   | 石油貯蔵施設のタンク容量(500万kl/1プロジェクトを限度とする。)に応じ、単位金額800円/klを乗じた額。(LPG換算は、0.55トン/1klとする。)                                                            | 石油貯蔵施設の貯蔵量に応じ、逓減方式により算出した額。<br>10万kl～ 100万kl $A=0.45 V+10.5$<br>100万kl～ 200万kl $A=0.3 V+25.5$<br>200万kl～ 500万kl $A=0.15 V+55.5$<br>500万kl～1,000万kl $A=0.035V+113$<br>1,000万kl以上 $A=0.004V+144$<br>A: 交付金の交付限度額(単位・百万円)<br>V: 石油貯蔵施設の貯蔵量の合計量(単位・万kl) | 錨泊中のタンカー内積載量に単位金額100円/klを乗じた額 |
| ５．交 付 期 間 | 3年間均等交付、但し昭和53年度着工のものについては、原則として2年間均等交付する。                                                                                                 | 当分の間、毎年交付する。                                                                                                                                                                                                                                        | 錨泊期間中年額を月割計算                  |

表－６ 90日石油備蓄増強対策一覧(53年度予算)



### (1). 共同備蓄の推進

共同備蓄とは、石油公団と2社以上の民間石油企業の出資により、共同備蓄会社を設立し、ここに民間石油各社の原油を共同して備蓄する制度で、たとえば、第1号として誕生した「新潟共同備蓄株式会社」が載げられます。

共同備蓄会社の資本金は、この会社の必要な土地購入資金相当額、ないしは総事業費の20%相当額のいずれか低い方が採用され、石油公団と民間石油企業との折半出資となっております。

この会社の石油貯蔵施設建設資金の80%が、石油公団貸付として、長期低利融資されております。昭和53年度のこれらの予算枠は、次の通り計上されております。

イ. 共同備蓄会社出資金分として 193億円（前年度—96億円）

ロ. 石油貯蔵施設建設資金融資分として 200億円（前年度—80億円）

### (2). 備蓄原油購入資金の融資

備蓄原油購入資金の融資とは、備蓄原油増しに必要な原油の購入資金（即ち、年間5日分の増し原油代）の90%について、民間石油企業に長期融資しようとするものです。この予算枠は、昭和53年度 2,202億円（前年度 1,280億円）計上されております。

また、備蓄コストの負担軽減を図るための措置として、この融資対象額に対して利子補給がなされ、昭和53年度については、5%で実行されております。昭和53年度の利子補給枠は、140億円（前年度 104億円）で、この他に国家備蓄としてのタンカーによる備蓄原油購入資金利子補給として、昭和53年度より68億円が計上されております。

### (3). 民間石油企業に対する施設等建設資金の融資

共同備蓄の他に、個別民間石油企業に対する施設建設資金融資として、石油貯蔵施設の建設に必要な資金の70%について、長期低利の融資がなされています。この財源は、日本開発銀行等石油枠592億円から調達されます。

### (4). 新備蓄技術の確立

新備蓄技術とは、従来の地上式タンクの他に、地下備蓄方式および海上備蓄方式が研究されていますが、このための研究枠として、昭和53年度約3億円が計上されています。

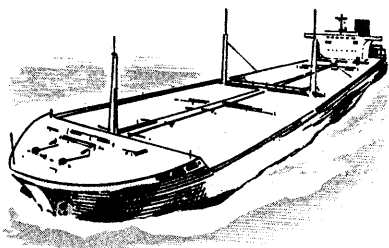
### (5). 石油貯蔵施設立地対策等交付金制度

昭和53年度より、石油貯蔵施設の立地円滑化を図るため、石油貯蔵施設の新増設が行われる場合、これに関連して整備される公共施設の設置に要する資金に充当することを目的として、石油貯蔵施設の貯蔵容量に応じた交付金を交付するほか、すでに立地していることに伴い、地方自治体が負担することになる防災施設の設置に要する資金に対しても交付する運びとなり、交付金の総枠は、昭和53年度 154億円で、政府の助成策も今年度は、一歩前進しました。この制度の概要は、表-5に示しておきました。

### (6). 税制上の優遇措置

税制措置としては、石油備蓄施設の割増償却制度があり、この施設については、5年間5割増償却が認められています。また、固定資産税軽減措置として、備蓄用貯蔵施設は、3年間3分の1の固定資産税が軽減されております。これらの関係については、表-6にまとめてあります。

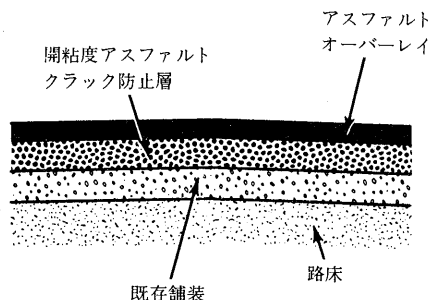
(つづく)



### リフレクションクラック防止層

#### Crack Relief Layer

“The Best Thing We Ever Came Across,” Says Mr. Wilee



テネシー州の材料・試験担当技師のWilee氏（州道路局に40年勤務しているベテラン技師）は、最近ナッシュビルの彼の事務所ですべてインタビューを受けた際、アスファルトクラック防止層に関する彼のコメントとして「今迄いろいろ試みた中で最上の工法である」と断言している。

この舗装補修工法の考え方は1950年代の始めにテネシー州でまず採用され、その後、アーカンソー州でも試験的に採用し、現在では広く利用されている。その結果、オーバーレイ舗装にリフレクションフラックが入るのを防止するのに、非常に効果的であることが証明されている。

この工法は、空隙率25～35%の開粒度アスファルトコンクリート層（クラック防止層）で構成されるが、重要な点は、骨材の粒径で、テネシー州では最高粒径5cmの碎石を使用している。この開粒度層は、その上に施工される基層、表層のオーバーレイ

層とは異なり、密度については特に規定する必要はなく、混合物を舗設するために3～5トンの鉄輪ローラーで2～3回転圧するだけで十分である。クラック防止層の目的は、基層や表層で構成されるオーバーレイ舗装を既存舗装の動きから絶縁することである。

テネシー州におけるクラック防止層の粒度規格は次の通りである。

| フルイサイズ   | 通過重量(%) |
|----------|---------|
| 50 mm    | 100     |
| 25～38 mm | 75～90   |
| 19 mm    | 50～70   |
| 4.75 mm  | 8～20    |
| 150 mm   | 0～5     |

テネシー州で採用した初期のクラック防止層は、10cm厚の浸透式アスファルトマカダムで、これでも十分効果が認められたが、現在では加熱混合物を利用し、より良い結果を得ている。このクラック防止層は、破損し

たコンクリート舗装のアスファルトオーバーレイの場合、特に重要な役割りを果すものである。

Wilee氏の担当地区でも、クラック防止層を利用したオーバーレイ舗装の施工例がいくつかあるが、国道41号線のティフトニア（チャタヌガの近く）でのオーバーレイ舗装はその代表例と言える。この区間は、1956年にクラック防止層を採用して再舗装されたが、現在でも路面は平滑で、リフレクションクラックの問題は生じていない。その他メンフィスでも現在工事が進められており、Wilee氏は「今後数年間工事予定の州間道路のオーバーレイ工事にも、このクラック防止層を採用していきたい」と述べている。

また興味あることに、テネシー州では凍結融解を受ける回数が多いが、この面からも、クラック防止層を採用することの妥当性が強調されている。

# 新シリーズ・アスファルトの分析法

## 第1回総説

松原三千郎\*

新シリーズに当って アスファルトは分子量の大きな多種類の炭化水素およびその誘導体の混合物であるため、機器分析の適用には支障となる点が多い。しかし近年のこの分野におけるハードウェア（分析装置）とソフトウェア（利用技術）の著しい進歩により、アスファルトにかかわる多くの問題に機器分析が適用され、有益な情報が得られるようになった。本シリーズではアスファルトを対象とした、機器分析を中心とする各種分析法について解説を行なうが、個々の分析法の詳細は次回からに譲り、今回はアスファルトにかかわる問題に各種分析法がどのように利用され、どのような情報が得られているかについて概説する。

新シリーズ掲載予定①総説(本号)②元素分析、分子量、原子吸光(比重)③Chromatography④Gel Permeation Chromatography ⑤Infra Red-Mass Spectrography ⑥Nuclear Magnetic Resonance, Electron Spin Resonance ⑦X線回析 ⑧熱分析、示差熱、反射熱

### 1. アスファルト製品の製造、供用上の問題と分析法

#### 1.1 エアーブローイングおよびアスファルトの酸化

ルーフィング材等に使用されるブローンアスファルト、あるいは最近話題になっている重交通用の高粘度セミブローンアスファルトは、適当な粘度に調製した減圧残油に空気吹込み処理を行なって製造する。古くからエアーブローイングによりオイル分、レジンがアスファルテンに転化することが知られており、<sup>1)</sup> 化学分析法による含酸素基(OH, C=O, COOH, COOR)の定量も行なわれているが、<sup>2)</sup> 最近では機器分析の使用によりエアーブローイングに伴う変化が詳細に研究できるようになった。

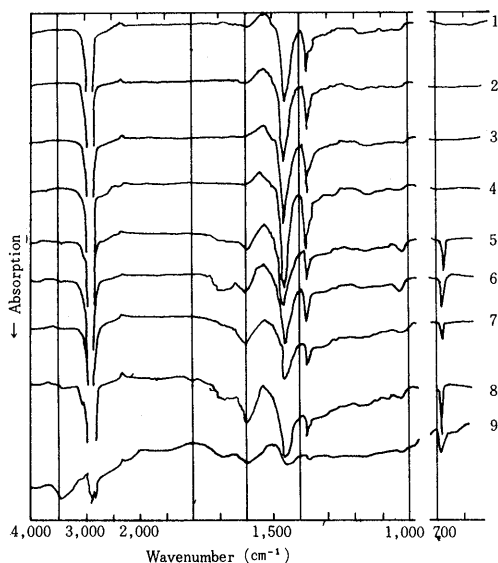
ブローンアスファルトの製造の温度条件(240~280

℃)では、反応した酸素は脱水素重縮合による高分子化に関与するものが多く、これらの酸素は系外に逸散する。しかし一部の酸素は含酸素基としてアスファルト中に残留する。中島らはアスファルトを種々の条件でブローイングした際の変化を組成分析、赤外吸収スペクトル(IR)、元素分析、高分解能核磁気共鳴吸収スペクトル(NMR)で調べている。<sup>3)</sup> また平均分子量、分子量分布は蒸気圧平衡法(VPO)、ゲルパーミエーションクロマトグラフィー(GPC)により測定することができる。<sup>4)</sup> 高分子化と含酸素基の導入により飽和分→芳香族分→レジン→アスファルテンの経路で組成が重質化すると共に、特にレジン、アスファルテンには図-1に示すように、 $1,700\text{cm}^{-1}$ 付近の吸収が増加する。こ

表-1 アスファルトに適用されている主な機器分析法

| 機 器 分 析 法 の 種 類            | 主 な 使 わ れ 方         |
|----------------------------|---------------------|
| 赤 外 吸 収 ス ペ ク ト ル (IR)     | 含酸素基の定性、定量、平均構造解析   |
| 紫 外 吸 収 ス ペ ク ト ル (UV)     | 分離後の芳香族化合物の確認       |
| 高分解能核磁気共鳴吸収スペクトル (NMR)     | 平均構造解析、結合形態別水素分布    |
| 電子スピン共鳴吸収スペクトル (ESR)       | フリーラジカル             |
| ガ ス ク ロ ー 質 量 分 析 (GC-MS)  | マルテンフラクションの詳細なタイプ分析 |
| inverse 気液クロマトグラフィー (IGLC) | 酸化、供用中の劣化の予測        |
| 高速液体クロマトグラフィー (HSLC)       | 多環芳香族、分離            |
| ゲルパーミエーションクロマトグラフィー (GPC)  | 分子量分布、分離            |
| 蒸 気 圧 平 衡 法 (VPO)          | 平均分子量、平均構造解析        |
| X 線 回 析                    | アスファルテンミセル、平均構造解析   |
| X 線 小 角 散 乱                | アスファルテン分子径          |
| 原 子 吸 光                    | 微量金属含有量             |
| 熱 分 析 (熱重量分析、示差熱分析)        | 炭化特性、舗装体の低温性状       |

\*三菱石油開発研究所



1:Oil (0 hr) 2:Oil (6 hr) 3:Oil (12 hr)  
4:Oil (18 hr) 5:Resin (0 hr) 6:Resin (18 hr)  
7:Asphaltene (0 hr) 8:Asphaltene (18 hr)  
9:Residue (18 hr)

図-1 エアブローイング(270°C) 前後のアスファルト組成成分のIR

の付近に吸収を持つ物質にはケトン、カルボン酸、アルデヒド、エステル、アミド等多くのものがあるが、中島らはケトン、エステルであると推定している。

これらの酸化生成物をIRと化学反応を組み合わせる直接的に確認する方法がいくつかある。例えばsodium borohydrideによる還元やhydroxylamine hydrochlorideによるオキシム生成を行なった前後のIRの変化よりケトンを分析することができる。<sup>5)</sup>また加水分解、シリル化の前後のIRの変化よりケトン、ジカルボキシル無水物、カルボン酸、2-キノロン型化合物が定量できる。<sup>6)7)</sup>これらの結果より1,700cm<sup>-1</sup>付近に吸収を持つ含酸素基の中でブローンアスファルトに一番多量に含まれているのはケトンであると思われる。

またエアブローイングにより酸価が増加するが、電位差滴定法により弱酸、微弱酸を定量する方法が開発され、中島らは生成する酸の大部分は微弱酸で主にフェノール類であるとしている。<sup>8)9)</sup>一方Ramljakらは、KOH処理したシリカを用いたソックスレー式のコラムクロマトにより60/70舗装用セミブローンアスファルトから分離した酸は主にカルボン酸でマルテンには少なく、アスファルテンに多く含まれていると報告している。<sup>10)</sup>

エアブローイングにおけるこのような高分子化、

表-2 アスファルト 1,475 gにナフテン酸コバルト 22 g, ナフテン酸マンガン22 gを加え, 160°Cにて酸化

|        | アルコール性OHの個数 | フェノール性OHの個数 | ナフトエ酸としてのCOOHの個数 | ナフタレン環の個数 |
|--------|-------------|-------------|------------------|-----------|
| 原料     | 0.044       | 0.194       | 0.077            | 3.776     |
| 酸化2時間後 | 3.079       | 0.179       | 0.121            | 2.633     |
| " 6 "  | 3.289       | 0.264       | 0.181            | 2.881     |
| " 9 "  | 3.651       | 0.314       | 0.220            | 3.075     |
| " 12 " | 4.908       | 0.416       | 0.247            | 3.688     |
| " 15 " | 4.623       | 0.418       | 0.242            | 3.840     |
| " 18 " | 5.298       | 0.456       | 0.313            | 3.944     |

含酸素化合物の生成は組成を変化させると共に、コロイド構造に影響を与え、最終的には製品の粘性挙動、低温伸度等の実用性状と関連するものである。<sup>11)~14)</sup>

一方アスファルトにもっと多量の含酸素基を導入しようとする特殊な目的の場合は、触媒を用いて反応を低温で行なうと効果的である。例えばナフテン酸コバルト、ナフテン酸マンガンに触媒に用いてアスファルトを100~200°Cでエアブローイングにより酸化すると、表-2に示すように多量の含酸素基が導入される。定量はIR法で行なっている。<sup>15)</sup>この酸化アスファルトをβ-メチルエビクロリヒドリンでエポキシ化反応を行ない、高級舗装用のエポキシアスファルトを製造することが考えられている。逆に極めて高い温度(430°C)でアスファルトに窒素で希釈した低濃度の酸素を吹込んだ場合は、脱水素重縮合反応が大部分となり、含酸素基は微量しか生成しないことが報告されており、<sup>16)</sup>アスファルトのエアブローイングにおいては、脱水素重縮合と含酸素化合物の生成が競争反応で温度がその支配因子であることを示している。

## 1.2 アスファルトの劣化

合材製造およびホットストレージ(合材の加熱貯蔵)の際アスファルトは熱と空気的作用により劣化する。またそれらに加えて日光、雨水等の影響も加わった、舗装体として供用中の老化、ルーフィング材の耐候性等のアスファルトの劣化特性は実用上極めて重要な問題である

### 1-2-1 アスファルトの熱劣化

アスファルトの空気中での熱劣化反応は含酸素基の生成、酸化分解、低分子成分の蒸発、芳香族縮合環の発達等の複雑な反応であるため、薄膜加熱試験の蒸発減量だけから単純に評価できないことは明らかである。

アスファルト単味の熱劣化については、主に薄膜加熱試験(TFO)、回転式薄膜加熱試験(RTFO)の装置を使用し、空气中140~240℃で加熱したものの組成分析、IR、NMR、分子量測定により多数の研究が行なわれている。<sup>17-23)</sup> 組成成分の熱劣化に対する安定性は飽和分、芳香族分、レジン、アスファルテンの順となる。また熱劣化の進行によるIRの1,700cm<sup>-1</sup>の吸収の変化より、劣化の初期には酸、アルデヒドが生成し、さらに劣化が進むとケトンが多量に生成すると考えられている。<sup>17)</sup>

#### 1-2-2 ホットストレージ中の劣化と骨材の影響

ホットストレージ中における劣化は基本的には熱劣化と同じと考えられるが、<sup>24-26)</sup> Kuwaitアスファルトをエアブローイング、TFO(200℃)、ホットストレージ(150℃)によりほぼ同一針入度まで硬化させたもののGPCの比較によると、ホットストレージのものだけに極端に高分子成分が含まれることから(図-2)骨材に劣化促進作用のあることを指摘している。<sup>24)</sup> 骨材表面のアスファルトの酸化に対する影響は Petersen らによっても調べられており、骨材(quartzite, limestone, granite)が存在するとケトン、ジカルボキシル無水物等が増加することが確認されている。<sup>27)</sup> また骨材表面に強く吸着されベンゼンでは抽出されないがピリジンで抽出される部分は重量では1%未満であるが、他の部分より含酸素化合物、ヘテロ原子が非常に多いことも報告されている<sup>28)</sup>(表-3)。また骨材とアスファルトの相互作用を微量熱量計を用いた浸せき熱、分子間エネルギーの測定による考察も行なわれており、<sup>29)</sup> 骨材の選定、合材製造、舗装体の老化に対して知見が得られ

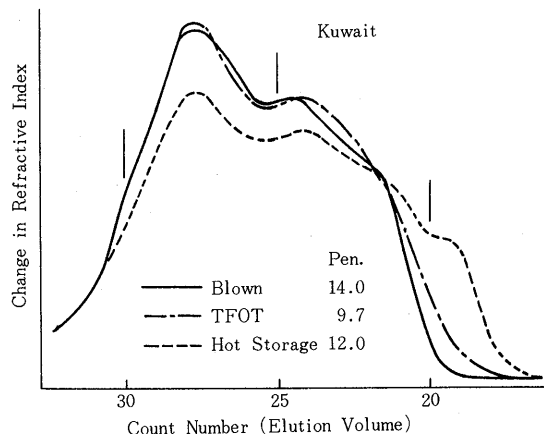


図-2 硬化方法の異なるほぼ同じ針入度のアスファルトのGPC分子量分布

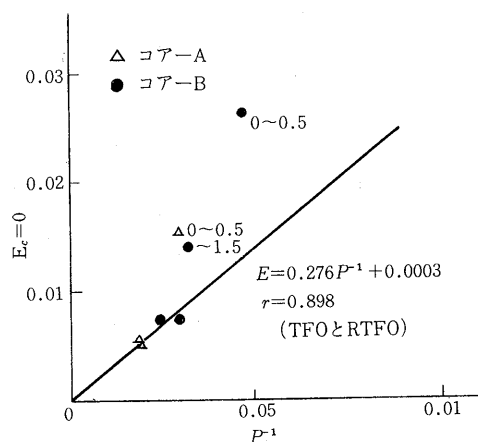


図-3 針入度の逆数とカルボニル基の吸光係数の関係

表-3 骨材表面に強く吸着された部分とその他の部分の含酸素基、ヘテロアトムの濃度比

| Asphalts | Aggregates         | Concentration Ratio |                  |                         |                   |            |        |          |
|----------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------|--------|----------|
|          |                    | Ketones             | Carboxylic Acids | Dicarboxylic Anhydrides | 2-Quinolone Types | Sulfoxides | Sulfur | Nitrogen |
| B-2959   | Quartzite 15       | 2.3                 | 20               | 10                      | 10                | 4.6        | 1.18   | 3.15     |
|          | Hol linstone       | 2.1                 | >60              | >36                     | 20                | 3.4        | 1.17   | 2.73     |
|          | Riverton limestone | 2.4                 | 25               | 27                      | 30                | 4.1        | 1.19   | 2.45     |
|          | Granite            | 1.8                 | 18               | 6.7                     | 6                 | 3.3        | 1.06   | 2.24     |
| B-3036   | Quartzite 15       | 2.5                 | 15               | 7.5                     | >10               | 4.3        | 1.27   | 3.12     |
|          | Hol limestone      | 2.3                 | 55               | 30                      | 20                | 3.0        | 1.08   | 2.92     |
|          | Riverton limestone | 3.0                 | >30              | >27                     | >20               | 4.5        | 1.24   | 3.88     |
|          | Granite            | 1.8                 | 30               | 9                       | >10               | 3.1        | 1.09   | 3.40     |
| B-3051   | Quartzite 15       | 2.4                 | 7.9              | 8                       | 5                 | 2.9        | 1.03   | 1.89     |
|          | Hol limestone      | 1.9                 | 18               | 8.5                     | 10                | 2.9        | 0.95   | 1.63     |
|          | Riverton limestone | 2.3                 | 14               | 17                      | 7.5               | 3.8        | 0.94   | 1.89     |
|          | Granite            | 1.8                 | 4.3              | 5.6                     | 3.8               | 2.8        | 0.87   | 1.75     |
| B-3602   | Quartzite 15       | 1.9                 | 6.6              | 5.4                     | 3.0               | 2.2        | 1.28   | 1.20     |
|          | Hol limestone      | 1.1                 | 11               | 5.1                     | 2.9               | 0.9        | 1.03   | 0.99     |
|          | Riverton limestone | 1.8                 | 6                | 4.8                     | 3.3               | 1.9        | 1.38   | 1.46     |
|          | Granite            | 1.6                 | 4.8              | 4.1                     | 3.0               | 2.1        | 1.29   | 0.99     |

ている。

### 1-2-3 供用中の老化

アスファルトの舗装体として供用中の老化に関しては、熱、空気、日光、特に紫外線、雨水、骨材、荷重といった多くの因子の影響を受け非常に複雑な現象となるが、道路そのものの耐久性に直接影響を与えるため、多くの研究が行なわれている。供用中の舗装体から回収したアスファルトの分析による老化の解明だけではなく、実験室的手段によるデータから供用後の劣化を予測しようという点にも研究が向けられている。

笠原らは、クウェート80/100ストレートアスファルトを使用し施工後3年経過した舗装体（県道松田一橋線）からアブソン抽出により回収したアスファルトを組成分析、IR、GPC等で分析し、劣化の程度および劣化の機構が路面からの深さに大きく影響されることを報告している。<sup>30)</sup>図-3に示すように針入度の逆数(1/P)とIRから求めたカルボニル基の吸光係数は、内部から回収したアスファルトに関してはTFOおよびRTFOによる熱劣化において得られた直線上にプロットされるが、表層から回収したアスファルトではこの直線から大きくずれる。すなわち表層では紫外線、雨水、空気の影響を大きく受けるため劣化が大きくなると同時に、劣化の機構も内部とは異なっていることを示している。また交通荷重の少ない道路の端部は空隙率が大きいいため、中心部より劣化が大きいことも報告されている。

米国においてもFederal Highway Administration (FHWA) の開発したhighway用アスファルト<sup>31,32)</sup>を11~13年後に回収して劣化の状態を調べているが、ケトン、ジカルボキシル無水物の生成が認められ、特にケトンが著しく増加している<sup>6)</sup>という報告がある。

### 1-2-4 ブローンアスファルトの耐候性、紫外線劣化

ルーフィング材等に用いるブローンアスファルトの耐候性については通常戸外暴露試験、および紫外線照射と冷水散布をくり返すウェザメーターによる促進風化試験により評価されるが、劣化したアスファルトの組成分析、分子量測定、IRにより酸化と重合が起こることが確かめられている。<sup>33,34)</sup>またルーフィング用ブローンアスファルトをカーボンアーク下で劣化させた際の酸化速度をIRにより測定し原油による相異を調べた報告もある。<sup>35,36)</sup>

紫外線による劣化は舗装用アスファルトにも伴う問題であり、この方面の研究も行なわれているが、<sup>37,38)</sup>組成成分の飽和分の劣化をIRにより分析した結果、熱劣化には安定であるが紫外線劣化には不安定で、容易に変質し、C=Oによる吸収強度の増加が著しいことが報告されており、熱劣化と紫外線劣化の相異を示すも

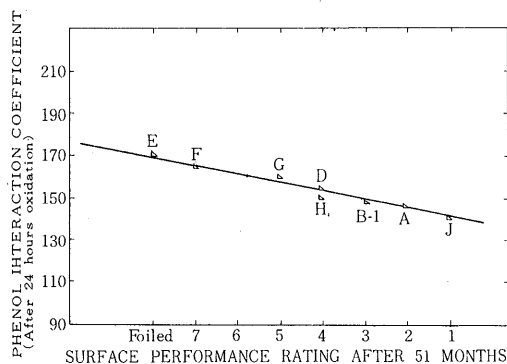


図-4 Interaction Coefficientと51ヵ月後のSurface Performance Ratingの関係

のとして興味深い。<sup>21,37)</sup>またストレートアスファルト、触媒アスファルト、セミブローンアスファルトの戸外試験、促進試験の劣化をIR等により測定し、促進試験では劣化速度が早いため戸外試験とは多少劣化機構が異なることが報告されている。<sup>39)</sup>

### 1-2-5 実験室データによる劣化の推定

アスファルト製品の長期間供用後の劣化を事前に実験室的手段で予測できるようにしたいというのがアスファルトを研究する者の理想である。この目的で、Bureau of Mines (現在のERDA) のLaramie Petroleum Research Centerで行なわれた研究を紹介する。分析手段にはアスファルトの性状、酸化の研究に使用され有用であることが認められている inverse gas-liquid chromatography (IGLC)<sup>40-44)</sup>を用いる。これは通常のカラムとは発想が逆となっており、測定したいアスファルトを固定相（液相）としてカラムに詰め、移動相として極性の異なる種々の既知物質（気相）を流し、retention volumeを測定するものであり、アスファルトの劣化特性を評価する場合は、気相としてフェノールを用いた場合一番相関が良いことが知られている。IGLCカラム中で130°C24時間空気酸化した原油の異なる種々のアスファルトのretention volumeを測定し、計算によりInteraction Coefficient (Ip)を求める。Ipと、同じアスファルトを51ヵ月試験舗装した後の劣化特性を表わす指標であるsurface performance ratingの間には図-4に示すような良い相関が得られている。Ipとaging indexの相関も良い。また coating-gradeアスファルトの促進風化試験の結果とも良い相関を得ており、<sup>45)</sup>供用時の劣化をあらかじめ予知できる可能性を示している。この手法を利用して舗装用アスファルトのdurability, initial performance, overall performance, weighted performanceを予測推定する

方法が検討されている。<sup>46)</sup>

### 1.3 アスファルテンの性状とコロイド構造

舗装用混合物として使用するアスファルトの品質、性状を評価する最も良い方法は、機器分析ではなく、むしろレオロジカルな測定法であると思われるが、これについてはここでは触れない。しかしながら、アスファルトを構成する各分子、あるいは類似の分子の集団である組成成分の構造、特性、量および相互作用がコロイド構造を支配し、粘性挙動に影響し、最終的には製品品質と密接な関係を持つと考えられるので機器分析とレオロジカルな測定法は互いに補佐し合うものである。

アスファルトの組成成分量と軟化点( $T_{sp}$ )、針入度感温性( $\log A$ )の間には次のような関係がある。<sup>47,48)</sup>

$$T_{sp} = 1.19x - 6.71 \times 10^{-1}y - 6.82 \times 10^{-1}z - 8.38 \\ \times 10^{-3}w + 83.6$$

$$\log A = -10.1 \times 10^{-3}x + 5.41 \times 10^{-3}y + 3.23 \\ \times 10^{-3}z - 0.71 \times 10^{-3}w - 1.408$$

ただし  $x, y, z, w$  はそれぞれアスファルテン、レジジン、芳香族分、飽和分の  $wt\%$ 。

この式の係数からアスファルテンがアスファルトのコロイド構造に一番大きく影響していることを示しているが、そのような観点からアスファルテンの性状と構造を調べる多くの研究が報告されている。

例えばクエート原油のアスファルテンをGPCで数フラクションに分けたものの分子量をVPOにより、4種の溶媒を用いて測定すると、分子間結合をこわす力の強い溶媒と弱い溶媒を使用した時とでは分子量の値が数倍異なっている。<sup>49)</sup> また同一の溶媒を使用しても温度によって分子量の値は変化し、特に溶解力の弱い溶媒を使用した時その差が大きくなる。<sup>50,51)</sup> 一方、NMR法構造解析により得られた unit sheet は表-4 に示すよう

表-4 アスファルテンの分別フラクションのVPOから求めた平均分子量とNMR法構造解析から求めたUnit sheet量の比較

| Fraction No. | Elution volume | CN%  | C/H   | Unit sheet weight | Molecular weight |
|--------------|----------------|------|-------|-------------------|------------------|
| 8            | 228.3          | 32.1 | 0.860 | 1,000             | 4,200            |
| 12           | 247.5          | 35.7 | 0.882 | 1,350             | 3,260            |
| 14           | 257.5          | 28.6 | 0.845 | 1,080             | 2,850            |
| 18           | 276.3          | 29.6 | 0.850 | 870               | 2,220            |
| 24           | 303.9          | 32.8 | 0.856 | 1,050             | 1,540            |
| 32/33        | 342.3          | 28.0 | 0.896 | 780               | 910              |
| Asphaltene   | ...            | 28.4 | 0.861 | 880               | 2,900            |

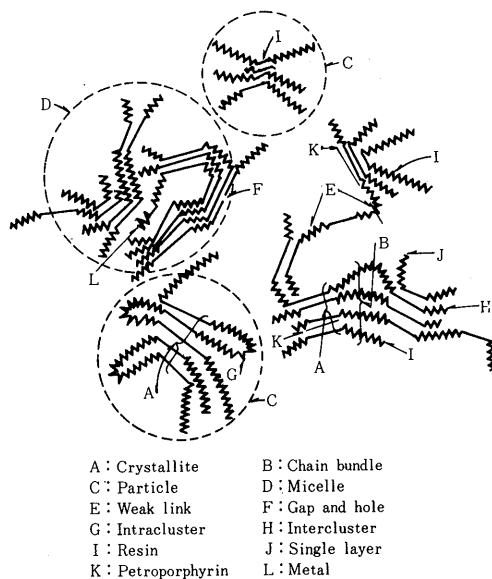


図-5 アスファルテンミセル形成の様子

にVPOによる分子量とは無関係にほぼ一定の値となっており、<sup>49)</sup>このことよりアスファルテンは芳香族縮合環を中心とするUnit sheetがいくつか連結してできたアスファルテン分子がさらに高次構造を作っていることがわかる。

これらの事実、およびX線回析法を中心とする多くの分析結果よりアスファルテンミセルの形成の様子を推定したものが図-5である。<sup>52-54)</sup> レジンは、その縮合芳香族部分はアスファルテン、脂肪族側鎖部分はオイル分との親和性が大きいので、アスファルテンミセルを油分中にコロイド的に解こう分散させる働きをしているものと考えられる。そういった意味からは、単にアスファルテンだけでなく他の組成成分の性質の分析も重要である。

最近では電子顕微鏡やX線小角散乱法によるアスファルテンの分子径の測定、<sup>55-57)</sup>電子スピン共鳴吸収スペクトル(ESR)によるアスファルテン中のフリーラジカルの測定も行なわれている。<sup>58)</sup>

## 2. 重質油のキャラクタリゼーションとしての分析法

### 2.1 化学原料としてのアスファルト

本誌のBlack Chemistryのシリーズでも述べられているように、最近種々の新用途の開発が行なわれた結果、アスファルトあるいは減圧残油は現在ではこれらの重要な化学原料とも見なされるようになった。また前章でも述べたようにアスファルトの品質、供用性も

究極的にはその化学構造から考えていかななくてはならないことを示しており、アスファルトの組成と構造の詳細な知見の必要性は一段と大きくなっている。

アスファルトも含めていわゆる重質油、ピッチ類の本質を探ろうとする努力は精力的に行なわれているが、その場合、次のような順序で分析が行なわれる。

- (1). 組成分析
- (2). 平均構造解析
- (3). 高次構造解析 (コロイド構造の究明)

(1)と(3)についてはすでに触れたため、重質油類の分析の特徴的な手法である平均構造解析について以下に述べる。

## 2.2 平均構造解析法

アスファルトのように構造が複雑で、分子量が大きく、かつ数千種類以上存在する成分を化学的に純粋な形で分離、固定することは不可能に近い。従って適当な組成分析の手法で分けられたいくつかのフラクションの構成成分の化学構造を平均化した姿を求める平均構造解析法が、アスファルト等の重質油の研究に好んで用いられる。平均構造解析法には多くの手法があるが、なおより精度の高い情報を得ること、対象分野をより広げることがめざして次々と新しい手法が発表されている。代表的な平均構造解析法を表-5に示すが詳細

表-5 平均構造解析法

| 種 類                               | 開 発 者                           | 文 献     |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------|
| 密 度 法                             | van Krevelen                    | 59)     |
|                                   | Corbett                         | 60, 61) |
|                                   | Yen-Erdman-Hanson               | 62)     |
| I R 法                             | Yen-Erdman                      | 63)     |
|                                   | Brown                           | 64)     |
| X 線 回 折 法                         | Yen-Erdman-Pollack-Dickie       | 52~54)  |
|                                   | Diamond-白石                      | 65~67)  |
| 反 射 率 法                           | 片山-加藤-真田-大内                     | 68)     |
| N M R 法<br>( <sup>1</sup> H-NMR法) | Brown-Ladner                    | 69, 70) |
|                                   | Williams                        | 71)     |
|                                   | Speight-Ali                     | 72, 73) |
|                                   | 武谷, 伊藤, 鈴木, 横山                  | 74, 75) |
|                                   | Retcofsky-Friedel               | 76)     |
|                                   | Knight                          | 77)     |
|                                   | Clutter-Petrakis-Stenger-Jensen | 78)     |
|                                   | Bartle-Martin-Williams          | 79)     |
|                                   | Yokono-Sanada                   | 97, 98) |
|                                   | Hirsch-Altgelt                  | 80)     |
| 電 算 機 法                           | 片山-細井-武谷-真田-大内                  | 81, 82) |
|                                   | Haley                           | 83)     |
|                                   | Oka-Chang-Gavalas               | 84)     |

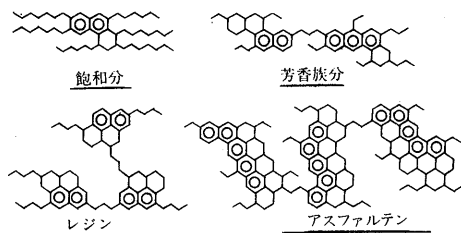


図-6 アスファルト各成分の平均構造モデル(Zubair)

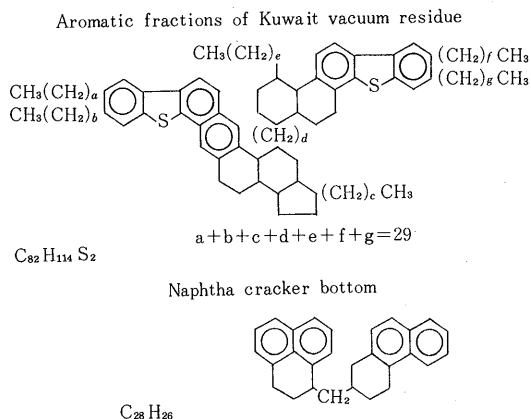


図-7 アスファルトとナフサ分解残油の平均構造モデルの比較

表-6 NMR法構造解析によるアスファルトとナフサ分解残油の比較

| Parameters       | Aromatic Fractions of Kuwait Vacuum Residue |                                     | Naphtha Cracker Bottom (b.p. 350°C <) |                                     |
|------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
|                  | Based on Observed Data                      | Based on Proposed Model of Molecule | Based on Observed Data                | Based on Proposed Model of Molecule |
| $f_a$            | 0.36                                        | 0.36                                | 0.76                                  | 0.71                                |
| $\sigma$         | 0.45                                        | 0.44                                | 0.28                                  | 0.25                                |
| $H_{au}/(C_a+S)$ | 0.59                                        | 0.60                                | 0.79                                  | 0.80                                |
| $C_N$            | 0.24                                        | 0.23                                | —                                     | 0.25                                |
| $R_n$            | 3~4                                         | 3.5                                 | 2                                     | 2                                   |
| $n$              | 7                                           | 6.8                                 | 1~2                                   | 2                                   |
| Molecular Weight | 970                                         | 1,162                               | 340                                   | 362                                 |

$f_a$ : Aromaticity.

$\sigma$ : Degree of the substitution of aromatic system.

$H_{au}/(C_a-S)$ : Atomic hydrogen to carbon and sulfur ratio of the hypothetical unsubstituted aromatic material.

$C_N$ : Weight percent of naphthenic ring carbon.

$R_n$ : Number of aromatic rings.

$n$ : Average numbers of carbon atoms in aliphatic carbon chains attached to aromatic rings.

な解析手法は文献を参照されたい。この中で特にアスファルトの分析に適していると思われる手法は、NMRのデーターを主に利用する<sup>1</sup>H-NMR法、<sup>13</sup>C-NMR法、電算機法である。

アスファルトに平均構造解析法を適用した主な研究

には、組成分析、GPC等と組み合わせてアスファルトの構造をできるだけ詳細に調べたもの、<sup>85,86)</sup>原油によるアスファルトの構造の相異あるいはアスファルトと他の重質油、例えば天然アスファルト、コールタールピッチ、分解ピッチ、石炭抽出物および液化物との構造の相異を調べたものがあり、<sup>87,88)</sup>化学原料として見た場合のアスファルトの特徴はかなり明確にされている。平均構造解析から得られるものは構造パラメーターの数値だけであるが、これより平均構造モデルを組み立て図示すると視覚的に構造上の特徴を把握しやすくなる。例えばアスファルト各組成成分の平均構造モデルは図-6のようになり、<sup>89)</sup>またアスファルトとナフサ分解残油を比較すると図-7のようになる。<sup>90)</sup>

アスファルトの酸化、劣化の際の構造の変化を調べた研究もある。すなわちホットストレージの際の構造パラメーターの変化から、酸化は芳香族環につくアルキル側鎖の $\alpha$ 位に生じること、アスファルテンは平均5個のunit sheetから構成され1 unitの縮合芳香族環数は9個であったのが、劣化後は12個に増加したことが報告され、劣化の際は高分子化、組成の変化と共に構造自体も変化することが知られている。<sup>26)</sup>

種々の平均構造解析法を同一試料に対して適用して比較検討した研究も多く、<sup>91-94)</sup>またこのような平均構造の考え方によって得られた値が、はたして個々の分子の構造の平均値に本当になっているかを実際に確かめた研究もある。<sup>95)</sup>これらの結果より、平均構造解析法は適切に用いられるならば、かなり確度の高い情報が得られることが判っており、今後アスファルトの研究にも広範に用いられるものと思われる。

### 3. おわりに

有機化学分野で広く用いられているガスクロマトグラフィー—質量分析(GC-MS)法は、重質油類の研究においては、マルテンの一部に適用できるだけである。<sup>95,96)</sup>このことが示すようにアスファルトの高分子性、構造の複雑さは機器分析の適用に大きな制約を与えている。しかし反面、これらの制約をカバーすべく、平均構造解析法の開発、IGLCにおける発想の転換、化学分析と組み合わせたIRの使用といった利用技術の向上は著しく、分析装置自体の能力向上と相俟ってアスファルトの分析法は今後一段と進歩することが期待される。

### 参考文献

- 1) W.H.Shearon, A.J.Hoiberg, Ind. Eng. Chem., 45, (10), 2/22 (1953)
- 2) J.M.Goppel, J.Knotnerus, 4th World Petroleum Congress, Section III/G (1965)
- 3) 中島, 石油誌, 16, (9), 760 (1973)
- 4) G.A.Haley, Anal. Chem., 47, (14), 2432 (1975)
- 5) S.M.Dorrence, F.A.Barbour, J.C.Petersen, *ibid.*, 46, (14), 2242 (1974)
- 6) J.C.Petersen, *ibid.*, 47, (1), 112 (1975)
- 7) J.C.Petersen, F.A.Barbour, S.M.Dorrence, *ibid.*, 47, (1), 107 (1975)
- 8) 中島, 田野辺, 石油誌, 13, (8), 633 (1970)
- 9) 中島, 田野辺, *ibid.*, 14, (11), 913 (1971)
- 10) Z.Ramljak, A.Solc, P.Arpin, J.M.Schmitter, G.Guiochon, Anal. Chem., 49, (8), 1222 (1977)
- 11) 中島, 石油誌, 16, (9), 755 (1973)
- 12) 中島, *ibid.*, 17, (3), 240 (1974)
- 13) 堀尾, *ibid.*, 16, (8), 684 (1973)
- 14) 堀尾, 森脇, 山口, *ibid.*, 18, (5), 389 (1975)
- 15) 桐生, 石川, 石油と石油化学, 18, (4), 23 (1974)
- 16) 福井, 細井, 向田, 牧田, 西村, 石油誌, 21, (1), 35 (1978)
- 17) 笠原, 雑賀, 植村, *ibid.*, 17, (6), 478 (1974)
- 18) 笠原, 雑賀, 植村, *ibid.*, 17, (12), 1043 (1974)
- 19) 笠原, *ibid.*, 20, (8), 668 (1977)
- 20) 菊地, 藤田, 佐藤, 今泉, *ibid.*, 4, (11), 850 (1961)
- 21) 鈴木, *ibid.*, 13, (6), 462 (1970)
- 22) 今村, 永山, 前川, 鈴木, *ibid.*, 17, (2), 121 (1974)
- 23) 中島, *ibid.*, 18, (9), 782 (1975)
- 24) 笠原, 植村, 鳥居, *ibid.*, 16, (3), 226 (1973)
- 25) 笠原, 植村, *ibid.*, 16, (11), 907 (1973)
- 26) 笠原, *ibid.*, 17, (4), 318 (1974)
- 27) J.C.Petersen, F.A.Barbour, S.M.Dorrence, Proc. Ass. Asphalt Paving Technol., 43, 162 (1974)
- 28) H.Plancher, S.M.Dorrence, J.C.Petersen, *ibid.*, 46, 151 (1977)
- 29) E.Keithensley, J.Inst.Petrol., 59, 570, 279 (1973)
- 30) 笠原, 植村, 牛島, 石油誌, 18, (1), 30 (1975)
- 31) J.Y.Welborn, W.J.Halstead, Proc. Ass. Asphalt Paving Technol., 28, 242 (1959)
- 32) J.Y.Welborn, W.J.Halstead, J.G.Boone, *ibid.*, 29, 216 (1960)
- 33) 田島, 伏間, 石油誌, 3, (11), 888 (1960)
- 34) 田島, 伏間, *ibid.*, 4, (10), 761 (1961)
- 35) J.R.Wright, P.G.Campbell, J.Appl. Chem., 12, 256 (1962)
- 36) J.R.Wright, P.G.Campbell, Preprints, A.C.S., Div. of Petrol. Chem., March, 1962

- 37) 阪上, 小林, 石油誌, 8, (10), 788 (1965)
- 38) 阪上, 小林, 工化, 67, (10), 1589 (1964)
- 39) 堀尾, 今西, 山口, 石油誌, 18, (7), 593 (1975)
- 40) T.C.Davis, J.C.Petersen, W.E.Haines, Anal. Chem., 38, (2), 241 (1966)
- 41) T.C.Davis, J.C.Petersen, *ibid.*, 38, (13), 1938 (1966)
- 42) T.C.Davis, J.C.Petersen, *ibid.*, 39, (14), 1852 (1967)
- 43) F.A.Barbour, S.M.Dorrence, J.C.Petersen, *ibid.*, 42, (6), 668 (1970)
- 44) S.M.Dorrence, J.C.Petersen, *ibid.*, 41, (10), 1240 (1969)
- 45) T.C.Davis, J.C.Petersen, Proc. Ass. Asphalt Paving Technol., 36, 1 (1967)
- 46) J.C.Robertson, J.R.Moore, *ibid.*, 40, 438 (1971)
- 47) 飯島, 高麗, 石油誌, 5, (8), 568 (1962)
- 48) 飯島, *ibid.*, 13, (8), 606 (1970)
- 49) G.A.Haley, Anal.Chem., 43, (3), 371 (1971)
- 50) S.E.Moschopedis, J.F.Fryer, J.G.Speight, Fuel, 55, 227 (1976)
- 51) C.Mack, J.Phys.Chem., 36, 2901 (1932)
- 52) T.F.Yen, J.G.Erdman, S.S.Pollack, Anal. Chem., 33, (11), 1587 (1961)
- 53) T.F.Yen, J.G.Erdman, S.S.Pollack, Preprints, A.C.S., Div. of Petrol.Chem., March, 1961
- 54) J.P.Dickie, T.F.Yen, Anal.Chem., 39, (14), 1847 (1967)
- 55) J.P.Dickie, M.N.Haller, T.F.Yen, J.Colloid. Interface Science, 29, (3), 475 (1969)
- 56) H.Reerink, Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Develop., 12, (1), 82 (1973)
- 57) H.Kim, R.B.Long, Preprints, A.C.S., Div. of Petrol.Chem., March, 1977
- 58) S.Niizuma, C.T.Steele, H.E.Gunning, O.P.Strausz, Fuel, 56, 249 (1977)
- 59) D.W.van Krevelen, H.A.G.Chernin, Fuel, 33, 79 (1954)
- 60) L.W.Corbett, Anal.Chem., 36, (10), 1967 (1964)
- 61) L.W.Corbett, *ibid.*, 41, (4), 576 (1969)
- 62) T.F.Yen, J.G.Erdman, W.E.Hanson, J.Chem.Eng. Data, 6, (3), 443 (1961)
- 63) T.F.Yen, J.G.Erdman, Preprints, A.C.S., Div. of Petrol.Chem., March, 1962
- 64) J.K.Brown, J.Chem.Soc., 744 (1955)
- 65) R.Diamond, Acta Cryst., 10, 359 (1957)
- 66) R.Diamond, *ibid.*, 11, 129 (1958)
- 67) 白石, 小林, 日化, 1972, 1135
- 68) 片山, 加藤, 真田, 大内, 石油誌, 21, (3), 181 (1978)
- 69) J.K.Brown, W.R.Ladner, N.Sheppard, Fuel, 39, 79 (1960)
- 70) J.K.Brown, W.R.Ladner, *ibid.*, 39, 87 (1960)
- 71) R.B.Williams, ASTM, Special Tech.Pub., (224), 168 (1957)
- 72) J.G.Speight, Fuel, 49, 76 (1970)
- 73) L.H.Ali, *ibid.*, 50, 298 (1971)
- 74) 武谷, 伊藤, 鈴木, 横山, 燃協誌, 43, (452), 837 (1964)
- 75) 横山, 山本, 武谷, *ibid.*, 49, (524), 932 (1970)
- 76) H.L.Retcofsky, R.A.Friedel, Fuel, 55, 363 (1976)
- 77) S.A.Knight, Chem.Ind., 1920 (1967)
- 78) D.R.Clutter, L.Petrakis, R.L.Stenger, R.K.Jensen, Anal.Chem., 44, (8), 1395 (1972)
- 79) K.D.Bartle, T.G.Martin, D.F.Williams, Chem. Ind., 313 (1975)
- 80) E.Hirsch, K.H.Altgelt, Anal.Chem., 42, (12), 1330 (1970)
- 81) 片山, 細井, 武谷, 日化, 1975, 127
- 82) 片山, 真田, 大内, 石油誌, 21, (3), 175 (1978)
- 83) G.A.Haley, Anal.Chem., 44, (3), 580 (1972)
- 84) M.Oka, H.C.Chang, G.R.Gavalas, Fuel, 56, 3 (1977)
- 85) S.W.Ferris, E.P.Black, J.B.Clelland, I. E. C., Prod.Res.Develop., 6, (2), 127 (1967)
- 86) D.E.Wetmore, C.K.Hancock, R.N.Traxler, Anal. Chem., 38, (2), 225 (1966)
- 87) 宮川, 武上, 燃協誌, 51, (539), 162 (1972)
- 88) 藤嶋, 宮川, *ibid.*, 53, (562), 111 (1974)
- 89) 飯島, 松原, 未発表
- 90) 尾崎, 山根, 吉開, 石油誌, 17, (10), 885 (1974)
- 91) 真田, 古田, 伊牟田, 大内, 石油誌, 16, (5), 398 (1973)
- 92) 片山, 細井, 武谷, 日化, 1975, 692
- 93) 加藤, 伊藤, 大内, 相馬, 燃協誌, 55, (588), 244 (1976)
- 94) Y.Yamada, T.Furuta, Y.Sanada, Anal.Chem., 48, (11), 1937 (1976)
- 95) 大内, 平山, 伊藤, 加藤, 真田, 森田, 燃協誌, 56, (597), 44 (1977)
- 96) M.L.Selucky, Y.Chu, T.Ruo, O.P.Strausz, Fuel, 56, 369 (1977)
- 97) T.Yokono, Y.Sanada, Fuel, 57, 334 (1978)
- 98) T.Yokono, K.Miyazawa, Y.Sanada, *ibid.*, 57, 555 (1978)

# 昭和53年度石油アスファルト需要再見直しについて

武 田 敏 光\*

本年4月に策定した昭和53年度石油アスファルト需給見通しのフォローアップと、今年度景気刺激策としての補正予算に伴う石油アスファルト需要を検討する必要から、昭和53年度下期見直しについては、石油製品需要想定委員会石油アスファルト小委員会で10月に見直しを行なったが、最近とくに需要動向が流動的で情勢把握がむずかしかったために12月に再見直しを行ない、最終的に別表の通りまとめたので簡単にその結果を記述する。

## 1. 需要想定方法

### 1). 一般用ストレートアスファルト

道路整備事業費(道路投資額)と一般用ストレート・アスファルト需要量との過去実績値における相関式を求めて、今年度の道路投資額(道路予算)を用いて需要量を算出した。因みに、相関関数は0.9832と非常に高いものである。

なお、今回の想定に当って、1) 補正予算のうち今期中のアスファルト需要量相当分がアスファルト需要として反映する時期的評価、2) 用地費等間接費の比率、3) デフレーター見直し等は関係機関の協力を得て前提条件を設定したが、もとよりこれらは流動的な面があるので、今後十分フォローアップを行っていく必要がある。

### 2). 工業用ストレート・アスファルト

石油各社の最新の個別計画を集計した。

### 3). ブローン・アスファルト

過去の実績傾向から判断して、GNP(実質)とブローン・アスファルト需要量との過去平均伸び率弾性値を求めて、今年度GNR伸び率見直しにより需要量を算出した。

## 2. 需要想定の結果

別表1～3の通り。

表—1 昭和53年度石油アスファルト需給再見直し(総括表)

単位：千ton

| 年度 | 項目 | 供 給  |       |     |       | 需 要             |     |       |      |       |
|----|----|------|-------|-----|-------|-----------------|-----|-------|------|-------|
|    |    | 期初在庫 | 生 産   | 輸 入 | 合 計   | 内 需 (対前年度比)     | 輸 出 | 小 計   | 期末在庫 | 合 計   |
| 48 |    | 198  | 5,167 | 27  | 5,392 | 5,146 (109.2) % | 11  | 5,157 | 226  | 5,383 |
| 49 |    | 226  | 4,571 | 16  | 4,813 | 4,586 ( 89.1)   | 29  | 4,615 | 182  | 4,797 |
| 50 |    | 182  | 4,086 | 0   | 4,268 | 4,016 ( 87.6)   | 13  | 4,029 | 236  | 4,265 |
| 51 |    | 236  | 4,154 | 0   | 4,390 | 4,100 (102.1)   | 22  | 4,122 | 256  | 4,378 |
| 52 | 上期 | 256  | 2,284 | 0   | 2,540 | 2,320 (113.6)   | 0   | 2,320 | 227  | 2,547 |
|    | 下期 | 227  | 2,506 | 0   | 2,733 | 2,445 (118.8)   | 0   | 2,445 | 289  | 2,734 |
|    | 計  | 256  | 4,790 | 0   | 5,046 | 4,765 (116.2)   | 0   | 4,765 | 289  | 5,054 |

### ●当初計画(4月)

|    |    |     |       |   |       |               |   |       |     |       |
|----|----|-----|-------|---|-------|---------------|---|-------|-----|-------|
| 53 | 上期 | 268 | 2,731 | 0 | 2,999 | 2,731 (117.7) | 0 | 2,731 | 268 | 2,999 |
|    | 下期 | 268 | 2,713 | 0 | 2,981 | 2,707 (110.7) | 0 | 2,707 | 274 | 2,981 |
|    | 計  | 268 | 5,444 | 0 | 5,712 | 5,438 (114.1) | 0 | 5,438 | 274 | 5,712 |

### ●見直し(10月)

|    |    |     |       |   |       |               |   |       |     |       |
|----|----|-----|-------|---|-------|---------------|---|-------|-----|-------|
| 53 | 上期 | 289 | 2,661 | 0 | 2,950 | 2,635 (113.6) | 0 | 2,635 | 312 | 2,947 |
|    | 下期 | 312 | 2,603 | 0 | 2,915 | 2,634 (107.7) | 0 | 2,634 | 281 | 2,915 |
|    | 計  | 289 | 5,264 | 0 | 5,553 | 5,269 (110.6) | 0 | 5,269 | 281 | 5,550 |

### ●再見直し(12月)

|    |    |     |       |   |       |               |   |       |     |       |
|----|----|-----|-------|---|-------|---------------|---|-------|-----|-------|
| 53 | 上期 | 287 | 2,661 | 0 | 2,948 | 2,635 (113.6) | 0 | 2,635 | 312 | 2,947 |
|    | 下期 | 312 | 2,462 | 0 | 2,774 | 2,493 (102.0) | 0 | 2,493 | 281 | 2,774 |
|    | 計  | 287 | 5,123 | 0 | 5,410 | 5,128 (107.6) | 0 | 5,128 | 281 | 5,409 |

### ●差増減

|    |    |    |       |   |       |       |   |       |    |       |
|----|----|----|-------|---|-------|-------|---|-------|----|-------|
| 53 | 上期 | 19 | △ 70  | 0 | △ 51  | △ 96  | 0 | △ 96  | 44 | △ 52  |
|    | 下期 | 44 | △ 251 | 0 | △ 207 | △ 214 | 0 | △ 214 | 7  | △ 207 |
|    | 計  | 19 | △ 321 | 0 | △ 302 | △ 310 | 0 | △ 310 | 7  | △ 303 |

注) 1. 53年度上期までの実績であり、ロスその他でバランスしない。

\* 資源エネルギー庁石油部精製課

表—2 昭和53年度石油アスファルト内需再見直し(品種別明細)

| 項目<br>年度 | 内 需 量 (千ton) |       |       |             |       | 構 成 比 (%) |      |      |             |       | 対 前 年 度 比 (%) |       |       |             |       |
|----------|--------------|-------|-------|-------------|-------|-----------|------|------|-------------|-------|---------------|-------|-------|-------------|-------|
|          | ス ト ・ ア ス    |       |       | ブローン<br>ア ス |       | ス ト ・ ア ス |      |      | ブローン<br>ア ス |       | ス ト ・ ア ス     |       |       | ブローン<br>ア ス |       |
|          | 一般用          | 工業用   | 計     | 計           | 合計    | 一般用       | 工業用  | 計    | 計           | 合計    | 一般用           | 工業用   | 計     | 計           | 合計    |
| 48       | 4,648        | 148   | 4,796 | 350         | 5,146 | 90.3      | 2.9  | 93.2 | 6.8         | 100.0 | 106.9         | 308.3 | 109.1 | 111.1       | 109.2 |
| 49       | 4,209        | 136   | 4,345 | 241         | 4,586 | 91.8      | 3.0  | 94.8 | 5.2         | 100.0 | 90.6          | 91.9  | 90.6  | 68.9        | 89.1  |
| 50       | 3,576        | 189   | 3,765 | 251         | 4,016 | 89.0      | 4.7  | 93.7 | 6.3         | 100.0 | 85.0          | 139.0 | 86.7  | 104.1       | 87.6  |
| 51       | 3,627        | 209   | 3,836 | 264         | 4,100 | 88.5      | 5.1  | 93.6 | 6.4         | 100.0 | 101.4         | 110.6 | 101.9 | 105.2       | 102.1 |
| 52       | 上期           | 2,076 | 113   | 2,189       | 131   | 2,320     | 89.5 | 4.9  | 94.4        | 5.6   | 100.0         | 113.8 | 121.5 | 114.1       | 105.7 |
|          | 下期           | 2,166 | 122   | 2,288       | 157   | 2,445     | 88.6 | 5.0  | 93.6        | 6.4   | 100.0         | 120.2 | 105.2 | 119.3       | 112.1 |
|          | 計            | 4,242 | 235   | 4,477       | 288   | 4,765     | 89.0 | 4.9  | 93.9        | 6.1   | 100.0         | 117.0 | 112.4 | 116.7       | 109.1 |

## ●当初計画 (4月)

|    |    |       |     |       |     |       |      |     |      |     |       |       |       |       |       |
|----|----|-------|-----|-------|-----|-------|------|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 53 | 上期 | 2,474 | 114 | 2,588 | 143 | 2,731 | 90.6 | 4.2 | 94.8 | 5.2 | 100.0 | 119.2 | 100.9 | 118.2 | 109.2 |
|    | 下期 | 2,425 | 120 | 2,545 | 162 | 2,707 | 89.6 | 4.4 | 94.0 | 6.0 | 100.0 | 112.0 | 98.4  | 111.2 | 103.2 |
|    | 計  | 4,899 | 234 | 5,133 | 305 | 5,438 | 90.1 | 4.3 | 94.4 | 5.6 | 100.0 | 115.5 | 99.6  | 114.7 | 105.9 |

## ●見直し(10月)

|    |    |       |     |       |     |       |      |     |      |     |       |       |       |       |       |
|----|----|-------|-----|-------|-----|-------|------|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 53 | 上期 | 2,357 | 133 | 2,490 | 145 | 2,635 | 89.5 | 5.0 | 94.5 | 5.5 | 100.0 | 113.5 | 117.7 | 113.8 | 110.7 |
|    | 下期 | 2,342 | 130 | 2,472 | 162 | 2,634 | 88.9 | 4.9 | 93.8 | 6.2 | 100.0 | 108.1 | 106.6 | 108.0 | 103.2 |
|    | 計  | 4,699 | 263 | 4,962 | 307 | 5,269 | 89.2 | 5.0 | 94.2 | 5.8 | 100.0 | 110.8 | 111.9 | 110.8 | 106.6 |

## ●再見直し(12月)

|    |    |       |     |       |     |       |      |     |      |     |       |       |       |       |       |
|----|----|-------|-----|-------|-----|-------|------|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 53 | 上期 | 2,357 | 133 | 2,490 | 145 | 2,635 | 89.5 | 5.0 | 94.5 | 5.5 | 100.0 | 113.5 | 117.7 | 113.8 | 110.7 |
|    | 下期 | 2,201 | 130 | 2,331 | 162 | 2,493 | 88.3 | 5.2 | 93.5 | 6.5 | 100.0 | 101.6 | 106.6 | 101.9 | 103.2 |
|    | 計  | 4,558 | 263 | 4,821 | 307 | 5,128 | 88.9 | 5.1 | 94.0 | 6.0 | 100.0 | 107.4 | 111.9 | 107.7 | 106.6 |

## ●差増減

|    |    |      |    |      |   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|----|------|----|------|---|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 53 | 上期 | △117 | 19 | △ 98 | 2 | △ 96 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    | 下期 | △224 | 10 | △214 | 0 | △310 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    | 計  | △341 | 29 | △312 | 2 | △214 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表—3 昭和53年度石油アスファルト内需再見直し

| 項目<br>月別 | 内 需 量 (千ton) |       |       |       |       |       | 構 成 比 (%)       |                 |                 |                 |                 |                 | 対 前 年 度 比 (%) |      |      |       |       |       |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|
|          | 実 績          |       |       |       |       | 再見直し  | 実 績             |                 |                 |                 |                 | 再見直し            | 実 績           |      |      |       |       | 再見直し  |
|          | 48           | 49    | 50    | 51    | 52    |       | 48              | 49              | 50              | 51              | 52              |                 | 48            | 49   | 50   | 51    | 52    |       |
| 4        | 463          | 413   | 363   | 369   | 435   | 483   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 5        | 458          | 411   | 352   | 291   | 341   | 415   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 6        | 410          | 335   | 301   | 315   | 338   | 395   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 4～6計     | 1,331        | 1,159 | 1,016 | 975   | 1,114 | 1,293 | 25.9<br>(50.2)  | 25.3<br>(49.8)  | 25.3<br>(49.3)  | 23.8<br>(47.7)  | 23.4<br>(48.0)  | 25.2<br>(49.1)  | 121.9         | 87.1 | 87.7 | 96.0  | 114.3 | 116.1 |
| 7        | 475          | 357   | 377   | 383   | 415   | 489   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 8        | 417          | 401   | 316   | 325   | 370   | 427   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 9        | 428          | 410   | 350   | 359   | 421   | 426   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 7～9計     | 1,320        | 1,163 | 1,043 | 1,067 | 1,206 | 1,342 | 25.6<br>(49.8)  | 25.5<br>(50.2)  | 26.0<br>(50.7)  | 26.0<br>(52.3)  | 25.3<br>(52.0)  | 26.2<br>(50.9)  | 113.5         | 88.5 | 89.3 | 102.3 | 113.0 | 111.3 |
| 上 期      | 2,651        | 2,327 | 2,059 | 2,042 | 2,320 | 2,635 | 51.5<br>(100.0) | 50.8<br>(100.0) | 51.3<br>(100.0) | 49.8<br>(100.0) | 48.7<br>(100.0) | 51.4<br>(100.0) | 117.6         | 87.5 | 88.5 | 99.2  | 113.6 | 113.6 |
| 10       | 503          | 437   | 342   | 378   | 451   |       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 11       | 523          | 469   | 339   | 398   | 451   |       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 12       | 451          | 379   | 352   | 369   | 454   |       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 10～12計   | 1,477        | 1,285 | 1,033 | 1,145 | 1,356 | 1,424 | 28.7<br>(59.2)  | 28.0<br>(56.9)  | 25.7<br>(52.8)  | 27.9<br>(55.6)  | 28.5<br>(55.5)  | 27.8<br>(57.1)  | 112.0         | 87.0 | 80.4 | 110.8 | 118.4 | 105.0 |
| 1        | 264          | 211   | 219   | 221   | 241   |       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 2        | 281          | 265   | 252   | 262   | 306   |       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 3        | 473          | 498   | 453   | 430   | 542   |       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |               |      |      |       |       |       |
| 1～3計     | 1,018        | 974   | 924   | 913   | 1,089 | 1,069 | 19.8<br>(40.8)  | 21.2<br>(43.1)  | 23.0<br>(47.2)  | 22.3<br>(44.7)  | 22.8<br>(44.5)  | 20.8<br>(42.9)  | 89.5          | 95.7 | 94.9 | 98.8  | 119.3 | 98.2  |
| 下 期      | 2,495        | 2,259 | 1,957 | 2,058 | 2,445 | 2,493 | 48.5<br>(100.0) | 49.2<br>(100.0) | 48.7<br>(100.0) | 50.2<br>(100.0) | 51.3<br>(100.0) | 48.6<br>(100.0) | 101.6         | 90.5 | 86.6 | 105.2 | 118.8 | 102.0 |
| 年 度      | 5,146        | 4,586 | 4,016 | 4,100 | 4,765 | 5,128 | 100.0           | 100.0           | 100.0           | 100.0           | 100.0           | 100.0           | 109.2         | 89.1 | 87.6 | 102.1 | 116.2 | 107.6 |

# <石油アスファルト需給統計資料>〔需給統計資料その1〕

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

| 項目<br>年度 | 供 給  |       |              |     |       | 需 要   |              |     |       |      |       |
|----------|------|-------|--------------|-----|-------|-------|--------------|-----|-------|------|-------|
|          | 期初在庫 | 生 産   | （対前年<br>度 比） | 輸 入 | 合 計   | 内 需   | （対前年<br>度 比） | 輸 出 | 小 計   | 期末在庫 | 合 計   |
| 48 年 度   | 198  | 5,167 | (108.4)      | 27  | 5,392 | 5,146 | (109.2)      | 11  | 5,157 | 226  | 5,383 |
| 49 年 度   | 226  | 4,571 | ( 88.5)      | 16  | 4,813 | 4,586 | ( 89.1)      | 29  | 4,615 | 182  | 4,797 |
| 50 年 度   | 182  | 4,086 | ( 89.4)      | 0   | 4,268 | 4,016 | ( 87.6)      | 13  | 4,029 | 236  | 4,265 |
| 51年度上期   | 236  | 2,104 | ( 97.2)      | 0   | 2,340 | 2,042 | ( 99.2)      | 18  | 2,060 | 266  | 2,326 |
| 51年度下期   | 266  | 2,050 | (106.7)      | 0   | 2,316 | 2,058 | (105.2)      | 4   | 2,062 | 256  | 2,318 |
| 51 年 度   | 236  | 4,154 | (101.7)      | 0   | 4,390 | 4,100 | (102.1)      | 22  | 4,122 | 256  | 4,378 |
| 52. 4 月  | 256  | 433   | (105.6)      | 0   | 689   | 435   | (117.9)      | 0   | 435   | 255  | 690   |
| 5 月      | 255  | 363   | (112.4)      | 0   | 618   | 341   | (117.2)      | 0   | 341   | 279  | 620   |
| 6 月      | 279  | 304   | ( 98.1)      | 0   | 583   | 338   | (107.3)      | 0   | 338   | 245  | 583   |
| 4～6 月    | 256  | 1,100 | (105.5)      | 0   | 1,356 | 1,114 | (114.3)      | 0   | 1,114 | 245  | 1,359 |
| 52. 7 月  | 245  | 434   | (125.1)      | 0   | 679   | 415   | (108.4)      | 0   | 415   | 265  | 680   |
| 8 月      | 265  | 360   | ( 98.1)      | 0   | 625   | 370   | (113.8)      | 0   | 370   | 257  | 627   |
| 9 月      | 257  | 390   | (112.4)      | 0   | 647   | 421   | (117.3)      | 0   | 421   | 227  | 648   |
| 7～9 月    | 245  | 1,184 | (111.6)      | 0   | 1,429 | 1,206 | (113.0)      | 0   | 1,206 | 227  | 1,433 |
| 52年度上期   | 256  | 2,284 | (108.6)      | 0   | 2,540 | 2,320 | (113.6)      | 0   | 2,320 | 227  | 2,547 |
| 52. 10月  | 227  | 438   | (119.0)      | 0   | 665   | 451   | (119.3)      | 0   | 451   | 214  | 665   |
| 11月      | 214  | 455   | (119.4)      | 0   | 669   | 451   | (113.3)      | 0   | 451   | 218  | 669   |
| 12月      | 218  | 440   | (135.4)      | 0   | 658   | 454   | (123.0)      | 0   | 454   | 204  | 658   |
| 10～12月   | 227  | 1,333 | (124.1)      | 0   | 1,560 | 1,356 | (118.4)      | 0   | 1,356 | 204  | 1,560 |
| 53. 1 月  | 204  | 318   | (124.2)      | 0   | 522   | 241   | (109.0)      | 0   | 241   | 281  | 522   |
| 2 月      | 281  | 342   | (115.5)      | 0   | 623   | 306   | (116.8)      | 0   | 306   | 317  | 623   |
| 3 月      | 317  | 511   | (120.5)      | 0   | 828   | 542   | (126.0)      | 0   | 542   | 287  | 829   |
| 1～3 月    | 204  | 1,171 | (119.9)      | 0   | 1,375 | 1,089 | (119.3)      | 0   | 1,089 | 287  | 1,376 |
| 52年度下期   | 227  | 2,504 | (122.1)      | 0   | 2,731 | 2,445 | (118.8)      | 0   | 2,445 | 287  | 2,732 |
| 52 年 度   | 256  | 4,788 | (115.3)      | 0   | 5,044 | 4,765 | (116.2)      | 0   | 4,765 | 287  | 5,052 |
| 53. 4 月  | 287  | 508   | (117.3)      | 0   | 795   | 483   | (111.0)      | 0   | 483   | 312  | 795   |
| 5 月      | 312  | 469   | (129.2)      | 0   | 781   | 415   | (121.7)      | 0   | 415   | 365  | 780   |
| 6 月      | 365  | 333   | (109.5)      | 0   | 698   | 395   | (116.9)      | 0   | 395   | 304  | 699   |
| 4～6 月    | 287  | 1,310 | (119.1)      | 0   | 1,597 | 1,293 | (116.1)      | 0   | 1,293 | 304  | 1,597 |
| 53. 7 月  | 304  | 477   | (109.9)      | 0   | 781   | 489   | (117.8)      | 0   | 489   | 292  | 781   |
| 8 月      | 292  | 439   | (121.9)      | 0   | 731   | 427   | (115.4)      | 0   | 427   | 304  | 731   |
| 9 月      | 304  | 435   | (111.5)      | 0   | 739   | 427   | (101.4)      | 0   | 427   | 312  | 739   |
| 7～9 月    | 304  | 1,351 | (114.1)      | 0   | 1,655 | 1,343 | (111.4)      | 0   | 1,343 | 312  | 1,655 |
| 53年度上期   | 287  | 2,661 | (116.5)      | 0   | 2,948 | 2,636 | (113.6)      | 0   | 2,636 | 312  | 2,948 |
| 10月      | 312  | 496   | (113.2)      | 0   | 808   | 459   | (101.8)      | 0   | 459   | 348  | 807   |

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 10月確報

(2)工業用ストレートアスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ

(3)四捨五入のため月報と一致しない場合がある

＜石油アスファルト需給統計資料＞〔需給統計資料その２〕

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千ｔ）

| 項目<br>年月 | 内 需 量        |     |       |                    |       | 構 成 比        |     |      |                    |       | 対 前 年 度 比    |       |       |                    |       |
|----------|--------------|-----|-------|--------------------|-------|--------------|-----|------|--------------------|-------|--------------|-------|-------|--------------------|-------|
|          | ストレート・アスファルト |     |       | ブロー<br>ンアス<br>ファルト | 合 計   | ストレート・アスファルト |     |      | ブロー<br>ンアス<br>ファルト | 合 計   | ストレート・アスファルト |       |       | ブロー<br>ンアス<br>ファルト | 合 計   |
|          | 一般用          | 工業用 | 計     |                    |       | 一般用          | 工業用 | 計    |                    |       | 一般用          | 工業用   | 計     |                    |       |
| 48 年 度   | 4,648        | 148 | 4,796 | 350                | 5,146 | 90.3         | 2.9 | 93.2 | 6.8                | 100.0 | 106.9        | 308.3 | 109.1 | 111.1              | 109.2 |
| 49 年 度   | 4,209        | 136 | 4,345 | 241                | 4,586 | 91.8         | 3.0 | 94.8 | 5.2                | 100.0 | 90.6         | 91.9  | 90.6  | 68.9               | 89.1  |
| 50 年 度   | 3,576        | 189 | 3,765 | 251                | 4,016 | 89.0         | 4.7 | 93.7 | 6.3                | 100.0 | 85.0         | 139.0 | 86.7  | 104.1              | 87.6  |
| 51年度上期   | 1,825        | 93  | 1,918 | 124                | 2,042 | 89.4         | 4.6 | 93.9 | 6.1                | 100.0 | 97.6         | 120.8 | 98.5  | 110.7              | 99.2  |
| 51年度下期   | 1,802        | 116 | 1,918 | 140                | 2,058 | 87.6         | 5.6 | 93.2 | 6.8                | 100.0 | 105.6        | 103.6 | 105.5 | 100.7              | 105.2 |
| 51 年 度   | 3,627        | 209 | 3,836 | 264                | 4,100 | 88.5         | 5.1 | 93.6 | 6.4                | 100.0 | 101.4        | 110.6 | 101.9 | 105.2              | 102.1 |
| 52. 4 月  | 394          | 20  | 414   | 21                 | 435   | 90.6         | 4.6 | 95.2 | 4.8                | 100.0 | 118.0        | 142.9 | 119.0 | 100.0              | 117.9 |
| 5 月      | 306          | 14  | 320   | 21                 | 341   | 89.7         | 4.1 | 93.8 | 6.2                | 100.0 | 118.1        | 107.7 | 117.6 | 110.5              | 117.2 |
| 6 月      | 301          | 15  | 316   | 22                 | 338   | 89.1         | 4.4 | 93.5 | 6.5                | 100.0 | 106.4        | 125.0 | 107.1 | 110.0              | 107.3 |
| 4～6 月    | 1,001        | 49  | 1,050 | 64                 | 1,114 | 89.9         | 4.4 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 114.3        | 125.6 | 114.8 | 106.7              | 114.3 |
| 52. 7 月  | 368          | 25  | 393   | 22                 | 415   | 88.7         | 6.0 | 94.7 | 5.3                | 100.0 | 107.6        | 131.6 | 108.9 | 100.0              | 108.4 |
| 8 月      | 330          | 19  | 349   | 21                 | 370   | 89.2         | 5.1 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 115.0        | 105.6 | 114.4 | 105.0              | 113.8 |
| 9 月      | 377          | 20  | 397   | 24                 | 421   | 89.5         | 4.8 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 117.8        | 117.6 | 117.8 | 109.1              | 117.3 |
| 7～9 月    | 1,075        | 64  | 1,139 | 67                 | 1,206 | 89.1         | 5.3 | 94.4 | 5.6                | 100.0 | 113.3        | 118.5 | 113.6 | 104.7              | 113.0 |
| 52年度上期   | 2,076        | 113 | 2,189 | 131                | 2,320 | 89.5         | 4.9 | 94.4 | 5.6                | 100.0 | 113.8        | 121.5 | 114.1 | 105.6              | 113.6 |
| 52. 10 月 | 406          | 19  | 425   | 26                 | 451   | 90.0         | 4.2 | 94.2 | 5.8                | 100.0 | 122.7        | 76.0  | 119.4 | 118.2              | 119.3 |
| 11 月     | 405          | 20  | 425   | 26                 | 451   | 89.8         | 4.4 | 94.2 | 5.8                | 100.0 | 113.4        | 117.6 | 113.6 | 108.3              | 113.3 |
| 12 月     | 407          | 22  | 429   | 25                 | 454   | 89.7         | 4.8 | 94.5 | 5.5                | 100.0 | 126.0        | 95.7  | 124.0 | 108.7              | 123.0 |
| 10～12 月  | 1,218        | 61  | 1,279 | 77                 | 1,356 | 89.8         | 4.5 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 120.5        | 93.8  | 118.9 | 111.6              | 118.4 |
| 53. 1 月  | 197          | 20  | 217   | 24                 | 241   | 81.7         | 8.3 | 90.0 | 10.0               | 100.0 | 108.2        | 117.6 | 109.0 | 109.1              | 109.0 |
| 2 月      | 259          | 19  | 278   | 28                 | 306   | 84.6         | 6.2 | 90.8 | 9.2                | 100.0 | 115.6        | 118.8 | 115.8 | 127.3              | 116.8 |
| 3 月      | 492          | 22  | 514   | 28                 | 542   | 90.8         | 4.1 | 94.8 | 5.2                | 100.0 | 127.8        | 122.2 | 127.5 | 103.7              | 126.0 |
| 1～3 月    | 948          | 61  | 1,009 | 80                 | 1,089 | 87.1         | 5.6 | 92.7 | 7.3                | 100.0 | 119.8        | 119.6 | 119.8 | 112.7              | 119.3 |
| 52年度下期   | 2,166        | 122 | 2,288 | 157                | 2,445 | 88.6         | 5.0 | 93.6 | 6.4                | 100.0 | 120.2        | 105.2 | 119.3 | 112.1              | 118.8 |
| 52 年 度   | 4,242        | 235 | 4,477 | 288                | 4,765 | 89.0         | 4.9 | 93.9 | 6.1                | 100.0 | 117.0        | 112.4 | 116.7 | 109.1              | 116.2 |
| 53. 4 月  | 431          | 28  | 459   | 24                 | 483   | 89.1         | 5.9 | 95.0 | 5.0                | 100.0 | 109.4        | 140.0 | 110.9 | 114.3              | 111.0 |
| 5 月      | 377          | 13  | 390   | 25                 | 415   | 90.8         | 3.2 | 94.0 | 6.0                | 100.0 | 123.2        | 92.9  | 121.9 | 119.0              | 121.7 |
| 6 月      | 349          | 22  | 371   | 24                 | 395   | 88.3         | 5.5 | 93.8 | 6.2                | 100.0 | 115.9        | 146.7 | 117.4 | 109.1              | 116.9 |
| 4～6 月    | 1,157        | 63  | 1,220 | 73                 | 1,293 | 89.4         | 4.9 | 94.3 | 5.7                | 100.0 | 115.6        | 128.6 | 116.2 | 114.1              | 116.1 |
| 53. 7 月  | 440          | 25  | 465   | 24                 | 489   | 90.1         | 5.0 | 95.1 | 4.9                | 100.0 | 119.6        | 100.0 | 118.3 | 109.1              | 117.8 |
| 8 月      | 382          | 22  | 404   | 23                 | 427   | 89.4         | 5.2 | 94.6 | 5.4                | 100.0 | 115.8        | 115.8 | 115.8 | 109.5              | 115.4 |
| 9 月      | 380          | 22  | 402   | 25                 | 427   | 89.0         | 5.1 | 94.1 | 5.9                | 100.0 | 100.8        | 110.0 | 101.3 | 104.2              | 101.4 |
| 7～9 月    | 1,202        | 69  | 1,271 | 72                 | 1,343 | 89.5         | 5.1 | 94.6 | 5.4                | 100.0 | 111.8        | 107.8 | 111.6 | 107.5              | 111.4 |
| 53年度上期   | 2,359        | 132 | 2,491 | 145                | 2,636 | 89.5         | 5.0 | 94.5 | 5.5                | 100.0 | 113.6        | 116.8 | 113.8 | 110.7              | 113.6 |
| 10 月     | 411          | 22  | 433   | 27                 | 460   | 89.3         | 4.8 | 94.1 | 5.9                | 100.0 | 101.2        | 115.8 | 101.9 | 103.8              | 102.0 |

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 10月確報

(2)工業用ストレートアスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ

(3)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社名              | 住所                     | 電話             |
|-----------------|------------------------|----------------|
| 〔メーカー〕          |                        |                |
| アジア石油株式会社       | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1  | 03 (506) 5649  |
| 大協石油株式会社        | (104) 東京都中央区八重州5-1-1   | 03 (274) 5211  |
| エッソスタンダード石油株式会社 | (107) 東京都港区赤坂5-3-3     | 03 (584) 6211  |
| 富士興産株式会社        | (100) 東京都千代田区永田町2-4-3  | 03 (580) 3571  |
| 富士興産アスファルト株式会社  | (100) 東京都千代田区永田町2-4-3  | 03 (580) 0721  |
| 富士石油株式会社        | (100) 東京都千代田区大手町1-2-3  | 03 (211) 6531  |
| 出光興産株式会社        | (100) 東京都千代田区丸の内3-1-1  | 03 (213) 3111  |
| 鹿島石油株式会社        | (102) 東京都千代田区紀尾井町3     | 03 (265) 0411  |
| 興亜石油株式会社        | (100) 東京都千代田区大手町2-6-2  | 03 (270) 7651  |
| 共同石油株式会社        | (100) 東京都千代田区永田町2-11-2 | 03 (580) 3711  |
| 極東石油工業株式会社      | (100) 東京都千代田区大手町1-7-2  | 03 (270) 0841  |
| 丸善石油株式会社        | (100) 東京都千代田区大手町1-5-3  | 03 (213) 6111  |
| 三菱石油株式会社        | (105) 東京都港区虎ノ門1-2-4    | 03 (501) 3311  |
| モービル石油株式会社      | (100) 東京都千代田区大手町1-7-2  | 03 (244) 4359  |
| 日本鉱業株式会社        | (107) 東京都港区虎ノ門2-10-1   | 03 (582) 2111  |
| 日本石油株式会社        | (105) 東京都港区西新橋1-3-12   | 03 (502) 1111  |
| 日本石油精製株式会社      | (105) 東京都港区西新橋1-3-12   | 03 (502) 1111  |
| 三共油化工業株式会社      | (100) 東京都千代田区丸の内1-4-2  | 03 (284) 1911  |
| 西部石油株式会社        | (100) 東京都千代田区丸の内1-2-1  | 03 (216) 6781  |
| シェル石油株式会社       | (100) 東京都千代田区霞が関3-2-5  | 03 (580) 0111  |
| 昭和石油株式会社        | (100) 東京都千代田区丸の内2-7-3  | 03 (231) 0311  |
| 昭和四日市石油株式会社     | (100) 東京都千代田区有楽町1-11   | 03 (211) 1411  |
| 東亜燃料工業株式会社      | (100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1  | 03 (213) 2211  |
| 東北石油株式会社        | (983) 宮城県仙台市中野字高松238   | 02236 (5) 8141 |

〔ディーラー〕

● 北海道

|                |                         |                |    |
|----------------|-------------------------|----------------|----|
| アサヒレキセイ(株)札幌支店 | (060) 札幌市中央区大通西10-4     | 011 (281) 3906 | 大協 |
| 中西瀝青(株)札幌出張所   | (060) 札幌市中央区北2条西2       | 011 (231) 2895 | 日石 |
| (株)南部商会札幌出張所   | (060) 札幌市中央区北2条西2-15    | 011 (231) 7587 | 日石 |
| 株式会社ロード資材      | (060) 札幌市中央区北1条西10-1-11 | 011 (281) 3976 | 丸善 |
| (株)沢田商行 北海道出張所 | (060) 札幌市中央区北2条西3       | 011 (221) 5861 | 丸善 |
| 東光商事(株)札幌営業所   | (060) 札幌市中央区南大通り西7      | 011 (261) 7957 | 三石 |
| (株)トアス札幌営業所    | (060) 札幌市中央区北2条西2       | 011 (281) 2361 | 共石 |

社団法人 日本アスファルト協会 会 員

| 社 名                   | 住 所                         | 電 話                    |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| 葛 井 石 油 株 式 会 社       | (060) 札幌市中央区北5条西21-411      | 011 (643) 6 1 1 1 丸 善  |
| ● 東 北                 |                             |                        |
| アサヒレキセイ(株)仙台支店        | (980) 宮城県仙台市中央3-3-3         | 0222 (66) 1 1 0 1 大 協  |
| 株式会社 亀 井 商 店          | (980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18    | 0222 (64) 6 0 7 7 日 石  |
| 宮 城 石 油 販 売 株 式 会 社   | (980) 宮城県仙台市東7番丁102         | 0222 (57) 1 2 3 1 三 石  |
| 中 西 瀝 青 (株) 仙 台 営 業 所 | (980) 宮城県仙台市中央2-1-30        | 0222 (23) 4 8 6 6 日 石  |
| (株) 南 部 商 会 仙 台 出 張 所 | (980) 宮城県仙台市中央2-1-17        | 0222 (23) 1 0 1 1 日 石  |
| 有限会社 男 鹿 興 業 社        | (010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178 | 01852 (4) 3293 共 石     |
| 菱 油 販 売 (株) 仙 台 支 店   | (980) 宮城県仙台市国分町3-1-1        | 0222 (25) 1 4 9 1 三 石  |
| 正 興 産 業 (株) 仙 台 営 業 所 | (980) 宮城県仙台市国分町3-3-3        | 0222 (63) 0 6 7 9 三 石  |
| 竹 中 産 業 (株) 新 潟 営 業 所 | (950) 新潟市東大通1-4-2           | 0252 (46) 2 7 7 0 シェル  |
| 常 盤 商 事 (株) 仙 台 支 店   | (980) 宮城県仙台市上杉1-8-19        | 0222 (24) 1 1 5 1 三 石  |
| ● 関 東                 |                             |                        |
| アサヒレキセイ株式会社           | (104) 東京都中央区八丁堀3-3-5        | 03 (551) 8 0 1 1 大 協   |
| アスファルト産業株式会社          | (104) 東京都中央区八丁堀4-4-13       | 03 (553) 3 0 0 1 シェル   |
| 富 士 鉱 油 株 式 会 社       | (105) 東京都港区新橋4-26-5         | 03 (432) 2 8 9 1 丸 善   |
| 富 士 石 油 販 売 株 式 会 社   | (103) 東京都中央区日本橋2-13-12      | 03 (274) 2 0 6 1 共 石   |
| 富 士 油 業 (株) 東 京 支 店   | (106) 東京都港区西麻布1-8-7         | 03 (478) 3 5 0 1 富士アス  |
| 伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社     | (160) 東京都新宿区新宿3-4-7         | 03 (347) 3 9 6 1 共 石   |
| 関東アスファルト株式会社          | (336) 浦和市岸町4-26-19          | 0488 (22) 0 1 6 1 シェル  |
| 株式会社 木 畑 商 会          | (104) 東京都中央区八丁堀4-2-2        | 03 (552) 3 1 9 1 共 石   |
| 国 光 商 事 株 式 会 社       | (165) 東京都中野区東中野1-7-1        | 03 (363) 8 2 3 1 出 光   |
| 極 東 資 材 株 式 会 社       | (105) 東京都港区新橋2-3-5          | 03 (504) 1 5 2 8 三 石   |
| 丸 紅 石 油 株 式 会 社       | (102) 東京都千代田区九段北1-13-5      | 03 (230) 1 1 5 2 モービル  |
| 三 菱 商 事 株 式 会 社       | (100) 東京都千代田区丸の内2-6-3       | 03 (210) 6 2 9 0 三 石   |
| 三井物産石油販売株式会社          | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1       | 03 (504) 2 2 7 1 極 東 石 |
| 中 西 瀝 青 株 式 会 社       | (103) 東京都中央区八重洲1-2-1        | 03 (272) 3 4 7 1 日 石   |
| 株式会社 南 部 商 会          | (107) 東京都港区南青山1-1-1         | 03 (475) 1 5 3 1 日 石   |
| 日 東 石 油 販 売 株 式 会 社   | (104) 東京都中央区新川2-8-3         | 03 (551) 6 1 0 1 シェル   |
| 日 東 商 事 株 式 会 社       | (170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4        | 03 (915) 7 1 5 1 昭 石   |
| 瀝 青 販 売 株 式 会 社       | (103) 東京都中央区日本橋2-16-3       | 03 (271) 7 6 9 1 出 光   |
| 菱 東 石 油 販 売 株 式 会 社   | (101) 東京都千代田区外神田6-15-11     | 03 (833) 0 6 1 1 三 石   |
| 菱 洋 通 商 株 式 会 社       | (104) 東京都中央区銀座4-2-14        | 03 (564) 1 3 2 1 三 石   |
| 菱 油 販 売 株 式 会 社       | (160) 東京都新宿区西新宿1-20-2       | 03 (348) 6 2 4 1 三 石   |
| 三 德 商 事 (株) 東 京 営 業 所 | (101) 東京都千代田区岩本町1-3-7       | 03 (861) 5 4 5 5 昭 石   |
| 株式会社 沢 田 商 行          | (104) 東京都中央区入船町1-7-2        | 03 (551) 7 1 3 1 丸 善   |
| 新 日 本 商 事 株 式 会 社     | (101) 東京都千代田区神田錦町2-7        | 03 (294) 3 9 6 1 昭 石   |
| 昭和石油アスファルト株式会社        | (140) 東京都品川区南大井1-7-4        | 03 (761) 4 2 7 1 昭 石   |
| 住 商 石 油 株 式 会 社       | (160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1     | 03 (344) 6 3 1 1 出 光   |
| 大 洋 商 運 株 式 会 社       | (103) 東京都中央区日本橋本町3-7        | 03 (245) 1 6 3 2 三 石   |
| 竹 中 産 業 株 式 会 社       | (101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5       | 03 (251) 0 1 8 5 シェル   |
| 東 光 商 事 株 式 会 社       | (104) 東京都中央区京橋1-6           | 03 (274) 2 7 5 1 三 石   |
| 株式会社 トーアス             | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1       | 03 (501) 7 0 8 1 共 石   |
| 東京富士興産販売株式会社          | (105) 東京都港区虎ノ門1-13-4        | 03 (591) 3 4 0 1 富士アス  |
| 東京レキセイ株式会社            | (150) 東京都渋谷区恵比寿南2-3-15      | 03 (719) 0 3 4 5 富士アス  |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名                 | 住 所                      | 電 話                     |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| 東 生 商 事 株 式 会 社     | (150) 東京都渋谷区渋谷町2-19-18   | 03 (409) 3 8 0 1 三共・出光  |
| 東 新 瀝 青 株 式 会 社     | (103) 東京都中央区日本橋2-13-5    | 03 (273) 3 5 5 1 日 石    |
| 東 洋 国 際 石 油 株 式 会 社 | (104) 東京都中央区八丁堀3-3-5     | 03 (552) 8 1 5 1 大 協    |
| 東 和 産 業 株 式 会 社     | (170) 東京都豊島区巢鴨1-19-14    | 03 (944) 4 1 7 1 共 石    |
| 梅 本 石 油 株 式 会 社     | (162) 東京都新宿区新小川町2-10     | 03 (269) 7 5 4 1 丸 善    |
| 宇 野 建 材 株 式 会 社     | (241) 横浜市旭区笹野台168-4      | 045 (391) 6 1 8 1 三 石   |
| ユ ニ 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1    | 03 (503) 4 0 2 1 シェル    |
| 渡 辺 油 化 興 業 株 式 会 社 | (107) 東京都港区赤坂3-21-21     | 03 (582) 6 4 1 1 昭 石    |
| 横米アスファルト販売株式会社      | (220) 横浜市西区高島2-12-12     | 045 (441) 9 3 3 1 エ ッ ソ |
| ● 中 部               |                          |                         |
| アサヒレキセイ(株)名古屋支店     | (466) 名古屋市昭和区塩付通4-9      | 052 (851) 1 1 1 1 大 協   |
| 千 代 田 石 油 株 式 会 社   | (460) 名古屋市中区栄1-24-21     | 052 (201) 7 7 0 1 丸 善   |
| 丸 福 石 油             | (933) 富山県高岡市美幸町2-1-28    | 0766 ( 22) 2 8 6 0 シェル  |
| 松 村 物 産 株 式 会 社     | (920) 石川県金沢市広岡町ト25       | 0762 ( 21) 6 1 2 1 三 石  |
| 名古屋富士興産販売(株)        | (451) 名古屋市中区庭町2-38       | 052 (521) 9 3 9 1 富士アス  |
| 中西瀝青(株)名古屋営業所       | (460) 名古屋市中区錦町1-20-6     | 052 (211) 5 0 1 1 日 石   |
| 三徳商事(株)名古屋営業所       | (453) 名古屋市中村区則武1-10-6    | 052 (452) 2 7 8 1 昭 石   |
| 株式会社 三 油 商 会        | (460) 名古屋市中区丸の内2-1-5     | 52 (231) 7 7 2 1 大 協    |
| 株式会社 沢 田 商 行        | (454) 名古屋市中川区富川町1-1      | 052 (361) 7 1 5 1 丸 善   |
| 新東亜交易(株)名古屋支店       | (450) 名古屋市中村区名駅3-28-12   | 052 (561) 3 5 1 4 三 石   |
| 静岡鉱油株式会社            | (424) 静岡県清水市袖師町1575      | 0543 ( 66) 1 1 9 5 モービル |
| 竹中産業(株)福井営業所        | (910) 福井市大手2-4-26        | 0776 ( 22) 1 5 6 5 シェル  |
| 株式会社 田 中 石 油 店      | (910) 福井市毛矢2-9-1         | 0776 ( 35) 1 7 2 1 昭 石  |
| ● 近 畿               |                          |                         |
| 赤馬瀝青工業株式会社          | (531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304 | 06 (374) 2 2 7 1 モービル   |
| アサヒレキセイ(株)大阪支店      | (550) 大阪市西区南堀江4-17-18    | 06 (538) 2 7 3 1 大 協    |
| 千 代 田 瀝 青 株 式 会 社   | (530) 大阪市北区東天満2-8-8      | 06 (358) 5 5 3 1 三 石    |
| 富士アスファルト販売株式会社      | (550) 大阪市西区京町堀3-20       | 06 (441) 5 1 5 9 富士アス   |
| 平 井 商 事 株 式 会 社     | (542) 大阪市南区長堀橋筋1-43      | 06 (252) 5 8 5 6 富士アス   |
| 関 西 舗 材 株 式 会 社     | (541) 大阪市東区横堀4-43        | 06 (271) 2 5 6 1 シェル    |
| 木 曾 通 産 (株) 大阪支店    | (550) 大阪市西区九条南4-11-12    | 06 (581) 7 2 1 6 大 協    |
| 北 坂 石 油 株 式 会 社     | (590) 大阪府堺市戒島町5丁32       | 0722 ( 32) 6 5 8 5 シェル  |
| 株式会社 松 宮 物 産        | (522) 滋賀県彦根市幸町32         | 07492 ( 3 ) 1 6 0 8 シェル |
| 丸 和 鉱 油 株 式 会 社     | (532) 大阪市淀川区塚本2-14-17    | 06 (301) 8 0 7 3 丸 善    |
| 三 菱 商 事 (株) 大阪支社    | (530) 大阪市北区堂島浜通1-15-1    | 06 (343) 1 1 1 1 三 石    |
| 中西瀝青(株)大阪営業所        | (532) 大阪市淀川区西中島3-18-21   | 06 (303) 0 2 0 1 日 石    |
| 大阪アスファルト株式会社        | (531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2      | 06 (372) 0 0 3 1 富士アス   |
| 株式会社 菱 芳 砒 産        | (671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140 | 0792 ( 39) 1 3 4 4 共 石  |
| 菱 油 販 売 (株) 大阪支店    | (550) 大阪市西区新町1-4-26      | 06 (534) 0 1 4 6 三 石    |
| 三 徳 商 事 株 式 会 社     | (532) 大阪市淀川区新高4-1-3      | 06 (394) 1 5 5 1 昭 石    |
| (株) 沢 田 商 行 大阪支店    | (542) 大阪市南区鰻谷西之町50       | 06 (251) 1 9 2 2 丸 善    |
| 正 興 産 業 株 式 会 社     | (662) 兵庫県西宮市久保町2-1       | 0793 ( 34) 3 3 2 3 三 石  |
| (株) シェル石油大阪発売所      | (530) 大阪市北区堂島浜通1-25-1    | 06 (343) 0 4 4 1 シェル    |
| 梅 本 石 油 (株) 大阪営業所   | (550) 大阪市西区新町1-12-23     | 06 (351) 9 0 6 4 丸 善    |
| 山 文 商 事 株 式 会 社     | (550) 大阪市西区土佐堀通1-13      | 06 (443) 1 1 3 1 日 石    |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名            | 住 所                     | 電 話                      |
|----------------|-------------------------|--------------------------|
| 横田瀝青興業株式会社     | (672) 姫路市飾磨区南細江995      | 0792 ( 33 ) 0 5 5 5 共 石  |
| アサヒレキセイ(株)広島支店 | (730) 広島市田中町5-9         | 0822 ( 44 ) 6 2 6 2 大 協  |
| 富士商株式会社        | (756) 山口県小野田市稲荷町6539    | 08368 ( 3 ) 3 2 1 0 シェル  |
| 中国富士アスファルト株式会社 | (711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051 | 0864 ( 73 ) 0 3 5 0 富士アス |
| ● 四 国 ・ 九 州    |                         |                          |
| アサヒレキセイ(株)九州支店 | (810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52    | 092 ( 77 ) 7 4 3 6 大 協   |
| 畑 礦 油 株 式 会 社  | (804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40   | 093 (871) 3 6 2 5 丸 善    |
| 平和石油(株)高松支店    | (760) 高松市番町5-6-26       | 0878 ( 31 ) 7 2 5 5 シェル  |
| 今別府産業株式会社      | (890) 鹿児島市新栄町15-7       | 0992 ( 56 ) 4 1 1 1 共 石  |
| 入交産業株式会社       | (780) 高知市大川筋1-1-1       | 0888 ( 22 ) 2 1 4 1 シェル  |
| 伊藤忠燃料(株)福岡支店   | (812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8   | 092 (444) 8 3 5 3 共 石    |
| 株式会社 カ ン タ     | (892) 鹿児島市住吉町1-3        | 0992 ( 24 ) 5 1 1 1 シェル  |
| 丸 菱 株 式 会 社    | (812) 福岡市博多区博多駅前1-9-3   | 092 ( 43 ) 7 5 6 1 シェル   |
| 中西瀝青(株)福岡出張所   | (810) 福岡市中央区天神4-1-18    | 092 (771) 6 8 8 1 日 石    |
| (株)南部商会福岡出張所   | (810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5     | 092 (721) 4 8 3 8 日 石    |
| 西岡商事株式会社       | (764) 香川県多度津町新町125-2    | 08773 ( 2 ) 3 4 3 5 三 石  |
| 菱油販売(株)九州支店    | (805) 北九州市八幡東区山王1-17-11 | 093 (661) 4 8 6 8 三 石    |
| 三協商事株式会社       | (770) 徳島市万代町5-8         | 0886 ( 53 ) 5 1 3 1 富士アス |
| 三陽アスファルト株式会社   | (815) 福岡市南区上盤瀬町55       | 092 (541) 7 6 1 5 富士アス   |
| (株)シェル石油徳島発売所  | (770) 徳島市中州町1-10        | 0886 ( 22 ) 0 2 0 1 シェル  |

☆編集委員☆

|       |      |       |
|-------|------|-------|
| 阿部頼政  | 南雲貞夫 | 真柴和昌  |
| 石動谷英二 | 萩原 浩 | 武藤喜一郎 |
| 加藤兼次郎 | 藤井治芳 |       |
| 多田宏行  | 松野三朗 |       |

☆編集幹事☆

|      |      |      |
|------|------|------|
| 阿部忠行 | 岡村 真 | 戸田 透 |
| 荒井孝雄 | 酒井敏雄 | 野末俊男 |
| 安崎 裕 | 真山治信 | 林 誠之 |
| 太田健二 | 関根幸生 |      |

アスファルト 第118号

昭和54年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 広業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 22 No. 118 JANUARY 1979

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION