

# アスファルト

第39巻 第191号 平成9年4月発行

# 191

## 特集・アスファルトの利用技術

特集にあたって

河野 宏

第1節 アスファルト

1

第1章 天然アスファルトと石油アスファルト

土居 貞幸・高木 清美

室賀五郎・東 国夫・江口 英顕 1

第2章 アスファルト乳剤

(社)日本アスファルト乳剤協会 34

第3章 ゴム、熱可塑性エラストマー、熱可塑性樹脂入り

舗装用改質アスファルト 日本改質アスファルト協会 53

## ＜新刊書紹介＞

阪神・淡路大震災調査報告書、「第1巻 橋梁」 川島一彦 69

総目次 第187号～第190号（平成8年度） 70

＜統計資料＞石油アスファルト需給統計資料 72

## ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会  
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

## 第9回論文賞論文募集

主催 (社)日本アスファルト協会

アスファルトは、道路舗装材料や建築防水用などの公共資材を初めとしてインクの原料・産業廃棄物の固化等の広い範囲に利用され、各分野における重要性はますます高まっています。

このため、アスファルトの利用・製造・品質・流通等の技術的進歩改善を目指した技術についての論文を広く募集いたします。

### [応募要項]

#### ●テーマ

「アスファルトの利用・製造・品質・流通」に関するもの

アスファルト利用技術、アスファルトの製造技術、アスファルト品質技術（改質アスファルトを含む）、アスファルトを用いた舗装技術、アスファルトを用いた防水技術等

#### ●応募条件

- (1) 論文は20,000字程度（図表、写真等を含む）とし、A4版用紙に1ページ40行、1行45字で取りまとめる。（ワープロ可）
- (2) 提出に際して論文要旨（300字以内）を添付する。
- (3) 応募論文は返却しない。
- (4) 入選論文の著作権は、当協会に帰属する。

#### ●応募資格

資格は問わない

#### ●賞金

|      |       |        |    |
|------|-------|--------|----|
| 入選1席 | ..... | 賞金30万円 | 1編 |
| 入選2席 | ..... | 賞金10万円 | 2編 |
| 佳作   | ..... | 賞金5万円  | 4編 |

#### ●締切り

平成9年12月31日（水）必着

#### ●発表

アスファルト誌第196号（平成10年7月）にて発表

#### ●選考委員

##### 委員長

多田 宏行 (財)道路保全技術センター理事長

##### 委員

阿部 順政 日本大学理工学部土木工学科教授

飯島 尚 積水樹脂(株) 技術担当常任顧問

河野 宏 (社)土木学会専務理事

千葉 博敏 グリーンコンサルタント(株)  
取締役社長

南雲 貞夫 (株)ガイアートクマガイ  
常務取締役 技術研究所長

長谷川 宏 日本石油(株) 中央技術研究所  
トライボロジー研究室主管研究員

真柴 和昌 パシフィック石油商事(株)  
取締役社長

森永 教夫 建設省河川局河川環境課  
都市河川室長

#### ●送り先

〒105 東京都港区虎の門1-21-8 秀和第3虎ノ門ビル

社団法人 日本アスファルト協会

TEL 03-3502-3956

FAX 03-3502-3376

## 特 集 に あ た つ て

河 野 宏  
編集委員会委員長  
(社)土木学会専務理事)

現在、アスファルトの用途は、世界的に見ても、道路用が圧倒的に多い。しかし、歴史的にみると、アスファルトは装飾品や塗料あるいは接着剤として使用されはじめたようである。エジプトのナイル川やインダス川流域にあったアスファルト鉱床を開発したのは古代バビロニア人（現在のイラクのユーフラテス川流域に住んでいた）とされている。彼らは像の接着、アスファルトそのものを削って造った像やアスファルトマスチックを用いて煉瓦を接着させた床を遺している。またインドではアスファルトマスチックで防水された水浴プールなども発見されている。

アスファルトが道路舗装として初めて用いられたのは、バビロン市の街路である。ここでは、煉瓦とアスファルトで築造し、その上に光沢のある粉状の物質を散布して舗装道路としたことが歴史家の間で認められている。

我が国でもアスファルトは、諸外国と同じように、土器や石棺などの接着用として縄文前期の終わり頃より使われはじめた。この種の出土品は秋田を中心とした産地周辺だけでなく関東地域から北海道地域にある遺跡などで発見されている。また、北海道の南茅部町の縄文後期の遺跡からはアスファルト加工工房跡とみられる箇所も出土しており、ここではアスファルトが非常に重要な商品であったことが伺われる。さらに江戸末期には、外国には例がないが、油煙の原料として用いられている。しかし道路に使われだしたのは明治時代、文明開花以後のことである。

このように、アスファルトはかなり古い時代から延々と使われてきたが、これはあくまで天然アスファルトであって、本格的にかつ多量に使用されるようになったのは石油が精製され、石油アスファルトが製造されるようになってからのことである。

石油アスファルトは、非常に安価で大量に生産が可能であり、取り扱いも容易（加熱することによって流体となる）などといった利点があり、このためアスファルト需要量は飛躍的に増大してきた。平成8年度の需要量は600万トンであるが、アスファルト協会が設立された昭和32年の需要量は24万トンにすぎず、40年間に実に25倍の成長を成し遂げたことになる。

今回、アスファルト協会が40周年を迎えるにあたってアスファルトの利用技術についての特集を企画した。この特集がこれまでの利用技術の再認識と今後の技術開発の出発点につながれば幸いである。

本書が関係各位に活用されることを心から希望するとともに、アスファルト協会の益々の発展を切に願うものである。

# 第1節 アスファルト

## 第1章 天然アスファルトと石油アスファルト

### 1. アスファルトの種類

アスファルトには、図-1.1.1に示されているように天然に産出する天然アスファルトと石油精製工程を経て製造される石油アスファルトの二種類がある。

天然アスファルトには、産出される状態によって三つに分類されているが、さらに高軟化点の天然炭化水素樹脂のアスファルタイト（学術名：ユインタイト）についても天然アスファルトとして含めている。このアスファルタイトは、さらに三つに分類される。

また、石油アスファルトは製法上からストレートアスファルトとプローンアスファルトの二つに分類され、ストレートとプローンはさらに三つに分類される。

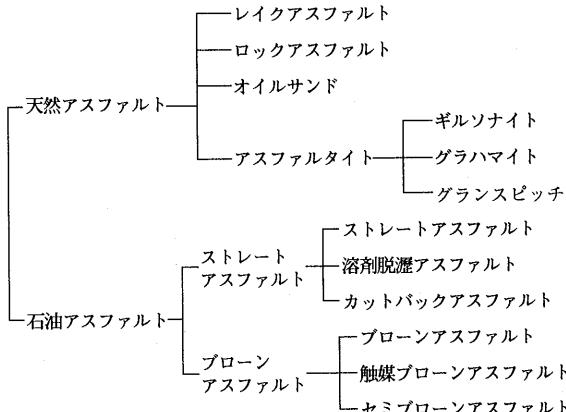


図-1.1.1 アスファルトの種類

### 2. 天然アスファルト

天然アスファルトは、産出状態によって常温で液体のものから固体ないしは石や砂などに染み込んでいるものなど様々な形態をとっている。したがって、製造方法もそのままの状態で使用するものや精製をして使用するものまである。ここでは、わが国に輸入されている世界的有名なトリニダッド・レイク・アスファルトおよびギルソナイトそしてわが国の天然アスファルトについて現在では採取されていないものも含めて紹介する。また、各製品の代表的な組成と性状を表-1.1.1に示す。

#### 2.1 トリニダッド・レイク・アスファルト<sup>1)2)</sup>

中米カリブ海の西インド諸島の最南端に位置するトリニダッド・トバコには、ピッチレイクといわれる天然アスファルトの湖があり、ここで精製される製品を「トリニダッド・レイク・アスファルト」または「エピューレ」と呼ばれている。

この湖は、直径約600m、面積38万m<sup>2</sup>で大部分は歩ける程度の硬さがあるものの、池や水路があるために表面は完全に乾いていることはない。現在のアスファルト池の状況は、写真-1.1.1のような逆円錐状に堆積しており、埋蔵量は約1,000万tと推定されている。

##### (1) 製造

写真-1.1.2に示されたクローラ・トラクターにより

表-1.1.1 天然アスファルトの組成と性状

|            |             | トリニダッド    | ギルソナイト    | 土瀝青       | ロックアスファルト |
|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 組成分析<br>W% | アスファルト分     | 53.0-55.0 | 50-65     | 46.6-56.1 | 13-24     |
|            | 樹脂分         |           | 35-45     |           |           |
|            | 鉱物質分        | 36.0-37.0 |           | 36.7-41.3 | 68-83     |
|            | 油分          |           | 1-5       |           |           |
|            | その他分        | 9.0-10.0  |           | 2.6-16.7  | 4-8       |
| 代表的性状      | 針入度         | 1-4       | 0         | -         |           |
|            | 軟化点 °C      | 93.0-98.0 | 146-200   | 163-185   |           |
|            | 伸度(25°C) cm | 1.0-1.8   | -         |           |           |
|            | 引火点 °C      | 257       | 315       |           |           |
|            | 灰分 %        | 27.2      | 0.5       |           |           |
|            | 水分 %        | 29.0      | 0.5       |           |           |
|            | 硫黄分 %       | 6.16      | 0.3       | 1.42-2.59 |           |
|            | 比重          | 1.40-1.42 | 1.04-1.06 | 1.24-1.49 | 1.43      |

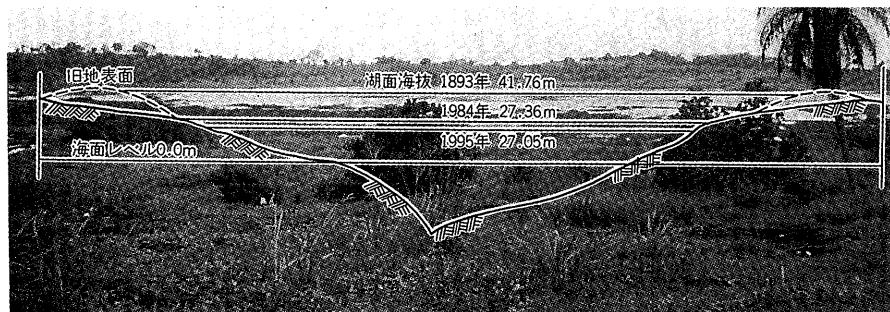


写真-1.1.1 ピッチレイク全景と断面図

採取された後、トラックでレイク岸にある専用トロッコに移された後、精製工場まで運ばれ溶融タンクへ投入される。(写真-1.1.3参照)

採取された原鉱アスファルトは、ビチューメン・鉱物質・水およびガスをほぼ1/3づつ含む均質なエマルジョンであるため、蒸気コイルの巻かれた容器(底には蒸気を流す一連の孔あきパイプを付けてアスファルトを攪拌する構造になっている。)にいれ、蒸気コイルに約160°Cの蒸気を通すと徐々に融けて水分が蒸発する。そして約16時間後には攪拌装置によって攪拌を開始し、

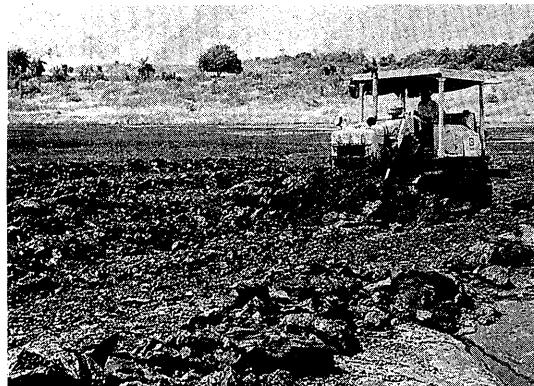


写真-1.1.2 原鉱アスファルトの採掘状況

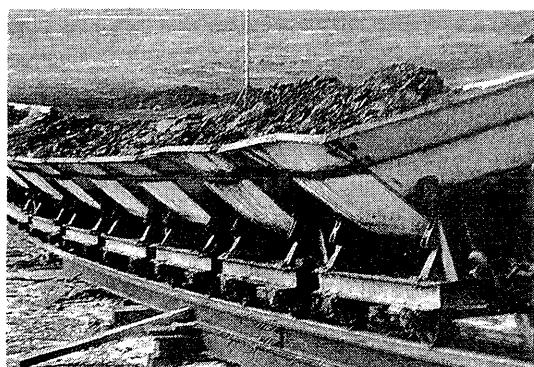


写真-1.1.3 精製工場までのトロッコによる運搬

溶融を促進すると共にアスファルト中の鉱物質を沈澱しないようにする。約18時間後に攪拌を止め、少し間をおいてからタンク底部よりアスファルトを出し、細かいスクリーンを通して異物を除去したのち、ファイバードラムに流し込む。これを仮置きし、冷却後に沈下した不足分を補充して製品とする。(写真-1.1.4参照)

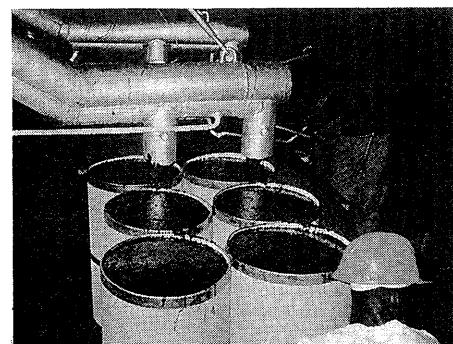


写真-1.1.4 ファイバードラムへの流し込み

## (2) 性状・構造

トリニティッド・レイク・アスファルトの特徴的なことは鉱物質を含んでいることである。このような親和性に富む微粒鉱物質のハニカム構造は、アスファルトとの接触面積が球状粒子の場合に比べ大きくなるので特性を引き出しているものと考えられる。

鉱物質の粒度分布と組成を表-1.1.2に、また現在考えられている構造モデルを図-1.1.2に示す。(写真-1.1.5参照)

表-1.1.2 鉱物質の粒度分布と組成

| 粒度分布 (%)  | 組成 (%) |        |    |
|-----------|--------|--------|----|
| 10ミクロン未満  | 44     | 石英     | 40 |
| 10~60ミクロン | 39     | イライト   | 45 |
| 60ミクロン以上  | 17     | カオリナイト | 15 |
|           |        | 100    |    |
|           |        | 100    |    |

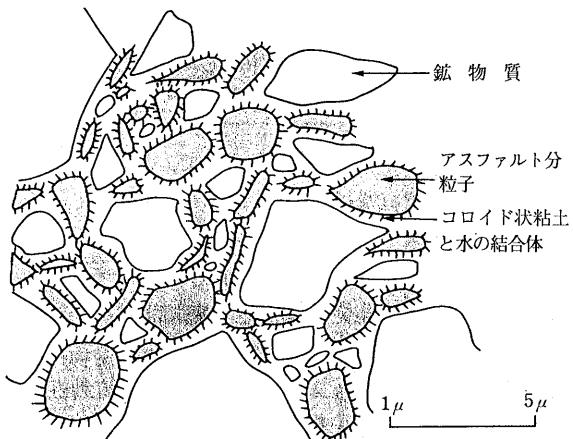


図-1.1.2 トリニダッド・レイク・アスファルトの構造モデル

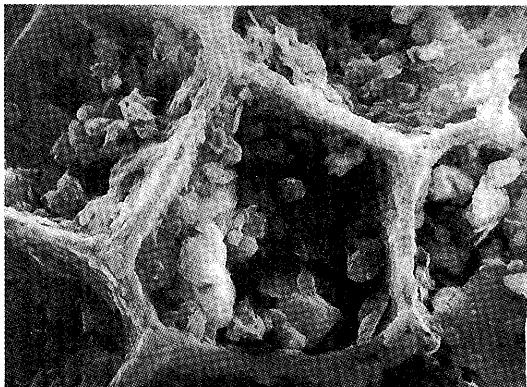


写真-1.1.5 トリニダッド・レイク・アスファルトの顕微鏡写真

### (3) 製品出荷

製品は、紙製の段ボールのドラム（ファイバードラム）に入れて出荷しているが、ファイバードラムの切取り作業や小割りする作業が伴うことから、作業の簡素化を狙って直接ブレンドタンクへ投入できるようなプラスチック袋に入ったものも製品化されようとしている。（写真-1.1.6, 1.1.7参照）

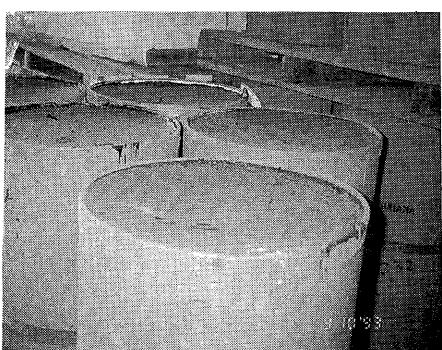


写真-1.1.6 ファイバードラム

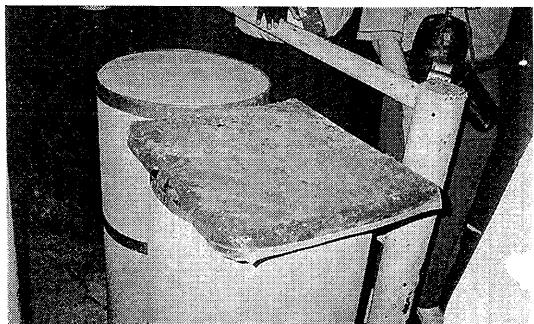


写真-1.1.7 トリニダッド・レイク・アスファルトプラスチックバッグの試作品

### (4) 需要・用途

わが国では明治15年頃より天然アスファルトが輸入されていた記録があるが、これは大蔵省の統計上で天然アスファルトの分類にタルおよびピッチが含まれているためである。したがって、トリニダッド・レイク・アスファルトが日本に入った正確な時期を捜すことは不可能であるが、大正の中頃より使用されていた記録がある。最近では、表-1.1.3に示された量が輸入されており、主な用途としてはストレートアスファルトとブレンドして道路用に使われているものが最も多く、わが国でも本四架橋の下層部分や耐摩耗性・すべり抵抗性・安定性などの特性を生かして山岳道路や寒冷地の道路、交差点付近の道路などに利用されている。

表-1.1.3 トリニダッド・レイク・アスファルトの輸入量

（単位：t）

| 平成4年 | 平成5年  | 平成6年 | 平成7年 | 平成8年 |
|------|-------|------|------|------|
| 816  | 1,718 | 872  | 468  | 680  |

出所・日本貿易月報

### 2.2 ギルソナイト<sup>3)4)</sup>

アメリカのユタ州東部には、学芸名をユインタイトという一般的にはギルソナイトの名称で知られている天然アスファルトの一種であるアスファルタイトが産出する。

ギルソナイトは、黒曜石に似たつやのある黒色の物質で鉱物質を含まず単体のまま産出し、主に地層の割れ目、とくに垂直のすきま鉱脈中に存在し、重合あるいは縮合作用を起こして石炭のような硬い固体となつており、その軟化点はきわめて高い。なお、ギルソナイトはギルソナイト社の商標名であるため、それ以外の会社の製品は別の名称で販売されており、日本ではアスファルトタムという名称で販売されているものもある。

## (1) 製 造

写真-1.1.8に示された鉱脈から採取された原鉱(写真-1.1.9参照)は、水分含有量の多いものは乾燥され、それ以外のものはバイブレーティング・スクリーンで振り分けられてから碎岩機にかけ再度バイブレーティング・スクリーンで石を取り除き、最後にエアー・セパレーターで鉱石と不純物の比重差を利用してスクリーンにかかる細かい不純物を取り除き粒度調整が行われた後、用途に合わせてバルクや包装されて出荷される。(図-1.1.4、写真-1.1.10参照)

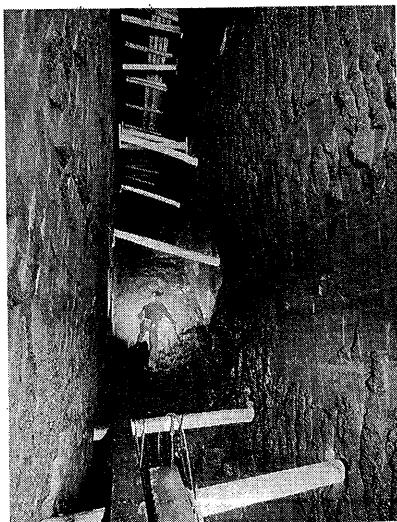


写真-1.1.8 鉱脈



写真-1.1.9 原鉱

## (2) 需要・用途

わが国には明治28年頃より輸入されるようになり、戦争中を除いては常時輸入されていた。最近は、表-1.1.4に示された量が輸入されており、おもに顔料の分散性を良くすることから印刷インキ(新聞のインク・グラビアインキなど)や塗料に、また鋳物の生砂型の添加材などに使用されている。

表-1.1.4 ギルソナイトの輸入量  
(単位: t)

| 平成4年  | 平成5年  | 平成6年  | 平成7年  | 平成8年  |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2,461 | 2,222 | 2,803 | 2,451 | 1,942 |

出所・日本貿易月報

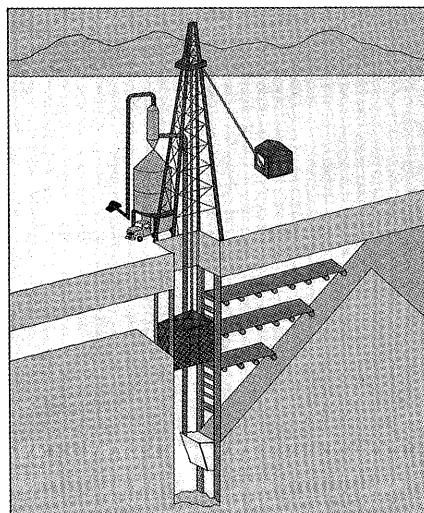


図-1.1.3 採取場概観

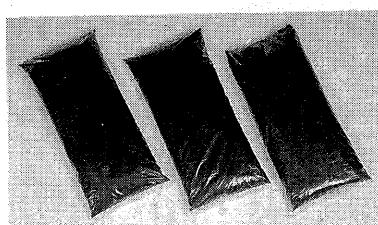


写真-1.1.10 袋詰製品

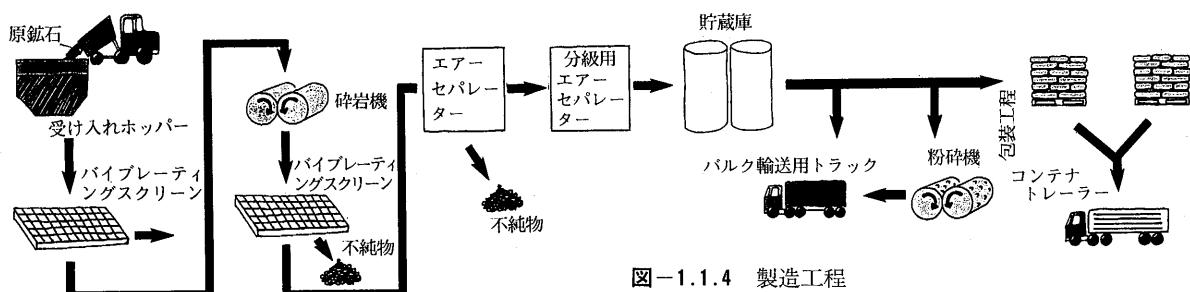


図-1.1.4 製造工程

## 2.3 わが国の天然アスファルト

わが国の天然アスファルトは、現在でも採取しているオイルサンドと現在では採算性や埋蔵量の点から採取されなくなった土瀝青（当時呼ばれていた）とロックアスファルトがある。

### 2.3.1 オイルサンド

オイルサンドは秋田県本荘市周辺の山で写真-1.1.11に示されたような層をなして存在している。山からはブルドーザによって掘り出されたものを一旦野積みして、トラックによって工場へ運ばれる。

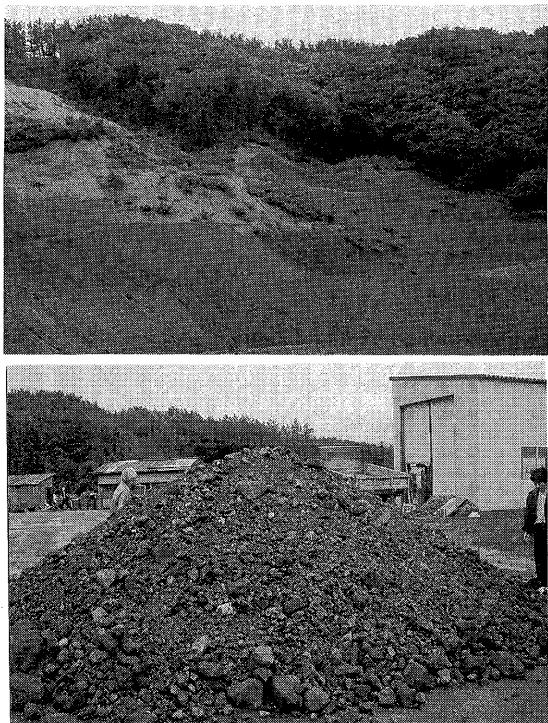


写真-1.1.11 オイルサンド鉱脈とオイルサンド

#### (1) 製造・用途

工場まで運ばれオイルサンドは、自然乾燥をさせたのち機械に入れて粒度調整を行い袋詰めにされて出荷している。

オイルサンドには、①強力な表面排水性がある。②弾力性に富み疲労感がない。③保温性が強く霜害、雪害がない。④降雨に強く、雑草が生えない。⑤施工が容易で、防音、防塵、絶縁性、防腐力に優れているといった特色があることから、主に運動場やテニスコートといったスポーツ関連施設や一般公園の園路や一般家庭用道路などに利用されている。また、使用に際しては、単独で使用することはほとんどなく、他の土と混合して使用される。

わが国で採取されているオイルサンドの一般性状を表-1.1.5に示す。

表-1.1.5 オイルサンドの一般性状

|      |                |
|------|----------------|
| オイル分 | 0.5 ~ 6 %      |
| 臭 気  | 無 臭            |
| 粒 径  | 最大粒径は 5 mm で複粒 |

### 2.3.2 土瀝青<sup>5)6)7)</sup>

土瀝青は、秋田県昭和町周辺で主に採取されていたが、これ以外にも山形県でも大正4年~10年頃まで採取されていた記録がある。

土瀝青は、原鉱の所在箇所および母層の種類により山株（丘陵の斜面より取れることからこの名前が付いている。洪積層の砂礫および沖積層の土壤中に浸潤した原油の軽い部分が蒸発して固化したもので木葉、樹木や草根などが混じっている）と沼株または野地株（沼地や田んぼまたは山間の低地に取れることからこの名前が付いている。多くは泥炭層中に生成するもので、黒色の半固体もしくは固体をしており木葉、樹木や草根などが混じっている）の二種類に分けられ、用途別には図-1.1.5に示したような三種類に分類されていた。主な性状を表-1.1.6に示す。（写真-1.1.12, 1.1.13 参照）

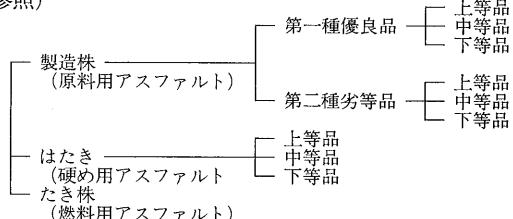


図-1.1.5 土瀝青の種類

### 表-1.1.6 天然アスファルトの主な性状

（単位：%）

| 項目       |     | 二流化炭素溶解分 | 有機夾雜物 | 鉱物夾雜物 |
|----------|-----|----------|-------|-------|
| 製造株      | 第 一 | 上等品      | 87.41 | 9.51  |
|          | 中等品 | 50.81    | 12.04 | 38.15 |
|          | 下等品 | 70.17    | 15.32 | 14.51 |
| 製造株      | 第 二 | 上等品      | 45.29 | 12.14 |
|          | 中等品 | 40.87    | 15.03 | 44.11 |
|          | たき株 | 30.52    | 11.03 | 58.45 |
| はたき      | 第 一 | 上等品      | 58.67 | 13.22 |
|          | 中等品 | 53.82    | 10.41 | 36.17 |
|          | 下等品 | 40.71    | 16.52 | 42.77 |
| 精製アスファルト | 硬 質 | 46.61    | 16.67 | 36.72 |
|          | 軟 質 | 56.08    | 12.78 | 31.14 |
|          | 液 体 | 99.23    | 0.57  | 0.20  |



写真-1.1.12 土器に入った天然アスファルト

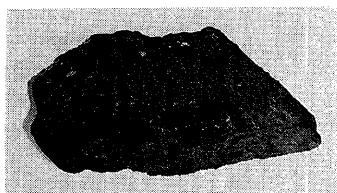


写真-1.1.13 精製された土瀝青

製造株……アスファルト精製の原料となるもので、さらに二種類に分かれていた。第一種の上等品は夾雜物が少なく堅いものであるが、釜の中に入れると簡単に溶解した。しかし量は余り取れなかった。この第一種の劣等品を一般に原料として用いていた。また第二種のものはかなり夾雜物を多く含んだもので、なかなか溶融しない上に炭化し易いために瀝油または第一種を加えるので、出来上がった製品は柔らかく変形しやすいものであった。

はたき……粘土質土壤中に浸潤して完全に蒸発したもので硬く、比較的多くの瀝青分を有している。主に破碎し、細粉にして精製されたアスファルトに適量まぜて製品の形を整えるのに使用された。

たき株……夾雜物が多く瀝青分も若干しか入っていないかったために原料としては使用できず、もっぱら、燃料用として使用された。発熱効率は余りよくないが、徐々に燃えて、余り温度変化がなかったので、アスファルトの精製には向いていたのではないかと推察される。

#### (1) 製 造

天然アスファルト原鉱は、そのままでは多くの不純物や水分を含んでいるためまず天日乾燥をさせ、その

あとで図-1.1.6に示したような「長さ3尺5寸(106cm)、幅3尺(91cm)、深さ1尺2寸(36cm)の半円筒型の鋳鉄製釜2台を前後に並べた後部の釜に入れる。余熱により更に乾燥させてから原鉱を前部の釜に移す。この釜ではたき株を燃料として焚き、加熱溶融させる。この時、局部過熱を避け、溶融を早くさせるために絶えず攪拌する。溶融して流動性があれば、液面に浮いた草根本等の有機夾雜物および釜底に沈んだ土塊・砂礫等の無機不純物を1分5厘目以下の金網でくさい取る。加熱を続けて所定の溶融点に達したところで加熱

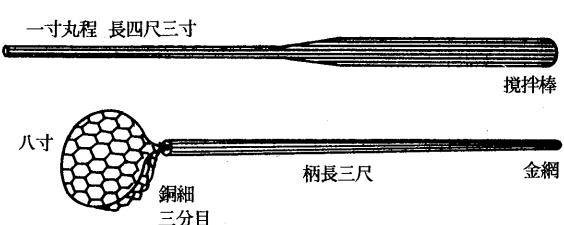
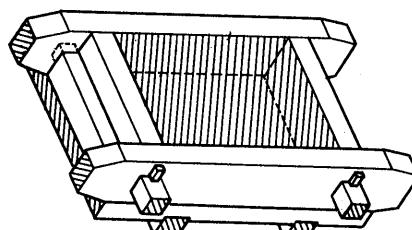
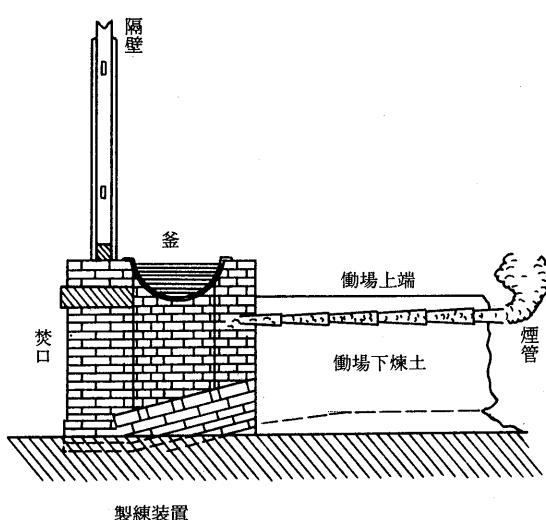


図-1.1.6 天然アスファルト精練道具

表-1.1.7 土瀝青生産量の推移

| 年         | 秋田    | 年               | 秋田    | 山形  | 計     |
|-----------|-------|-----------------|-------|-----|-------|
| 明治        |       | 大正              |       |     |       |
| 36年(1903) | 356   | 3年(1914)        | 1,849 | —   | 1,849 |
| 37年(1904) | 544   | 4年(1915)        | 1,717 | 38  | 1,755 |
| 38年(1905) | 103   | 5年(1916)        | 1,316 | 120 | 1,436 |
| 39年(1906) | 386   | 6年(1917)        | 1,862 | 40  | 1,902 |
| 40年(1907) | 584   | 7年(1918)        | 458   | 3   | 461   |
| 41年(1908) | 2,404 | 8年(1919)        | 652   | 18  | 670   |
| 42年(1909) | 4,186 | 9年(1920)        | 413   | 18  | 431   |
| 43年(1910) | 2,979 | 10年(1921)       | 339   | 26  | 365   |
| 44年(1911) | 1,261 | 11年(1922)       | 280   | —   | 280   |
| 45年(1912) | 2,906 | 大正12年～昭和20年採取なし |       |     |       |
| (大正元年)    |       | 昭和              |       |     |       |
| 2年(1913)  | 2,260 | 21年(1946)       | 3,800 | —   | 3,800 |

を止め、放冷し適当な温度まで下げ、木製の型枠に流し込み一定の形状に冷却固化させる。固化した後、木製型枠を取り去り製品とするが、縦1尺7寸(36cm)、横1尺(30cm)、高さ6寸5分(20cm)の形をし、目方は普通品で13貫500匁(50.6kg)あり、「萬代石」と呼ばれていた。

この萬代石は、つぎの三つの製品が造られていた。  
普通品……二流化炭素可溶性瀝青分40～50%を含有したもので、普通品位の原鉱を使用し溶解したものを1分5厘目(36cm)の金網に通して製造したもので、主に家の土間や通路等の舗装に使われた。なお、当時に天然アスファルトを販売していた中外アスファルトでは45%以下のものにNo.3、45%以上にはBBという商標を付けていた。

精製品……二流化炭素可溶性瀝青分50～60%を含有したもので、普通品位の原鉱に適当量の優良原鉱を混ぜ、溶解したものを1分目(36cm)の金網に通して製造したもので、主に橋の床面や衝撃の強い場所、または変電所の床、地下室の工事に使われた。

純良品……二流化炭素可溶性瀝青分60～95%を含有したもので、優良な原鉱を使用し溶解したものを5厘目(36cm)の金網に通して製造したもので、主に防水工事用の壁や耐酸性の床、アスファルト工芸品に使われた。

## (2) 需要

統計としては、明治7年に0.6t掘り出された記録があるが、13年になると約800tと急激に需要を伸ばし14年～24年頃までは約1000t台で推移していた。その後、理由は不明であるが11年間の空白期を経て、明治36年より再び採取されるようになり、順調に需要量を伸ばしたもの明治42年の約4200tを最高にその後は低下をたどり大正11年を最後に採算性や石油アスファルトの台頭もあり採取されなくなった。その後、終戦の昭和21年～23年にかけて石油アスファルトの代替として採取されたこともあるが、石油の復興とともに再び姿を消した。しかし、現在でも秋田県昭和町で土瀝青が露出している場所もあり、秋から冬にかけての時期に見ることができる。(表-1.1.7参照)

## (3) 用途

江戸時代の末期頃より明治の中頃までは油煙の原料として使用されていたが、天然アスファルトの精製法が外国から紹介されたことを契機に建物の防水・防湿および舗床、貯水池などに使われ、明治の末期頃から道路にも本格的に使用されるようになった。

### 2.3.3 ロックアスファルト<sup>8)</sup>

ロックアスファルトは、終戦時のアスファルト不足時代に新潟県中蒲原郡金津の丘陵地帯と秋田県山本郡富根村の奥羽本線富根駅から南に3.5kmのところで相次いで鉱区が発見された。このロックアスファルトは、欧米の石灰系のものと異なり砂岩系である。

### (1) 製造

ロックアスファルトは、日本鋪道株式会社によって発見されたもので、同社の出版物に「原石は、軟らかい部分は砂状であったが、大きなものは30～35cm程度の塊であったので、これを特別に設計された一次、二次のクラッシャにより、ほぼ2.5mm以下の粉末状に破碎して使用した」と製造法が書かれている。

### (2) 需要・用途

昭和23～25年の3年間にわたって生産されていたようだ、最盛期であった23年度が約4800t、24年度は約2400t、25年度には1000tにまで落ち込み、26年の1月以降の生産量は不明となっており、おそらくは採取されなくなったものと思われる。

国産のロックアスファルト中に含まれている瀝青量だけでは粗骨材との結合力が足りないために、適量の瀝青材料を加えて道路用に用いられた。

### 3. 石油アスファルト

#### 3.1 製造

石油アスファルトは原油の精製により得られるもので、製造方法で分類すると蒸留法によるストレートアスファルト、空気酸化法によるブローンアスファルト、沈殿分離法による溶剤脱離アスファルトの3種類に大別することができる。原油からこれら石油アスファルトまでの生産工程を図-1.1.7に示す<sup>9)</sup>。以下に個々の製造方法の概要について報告する。

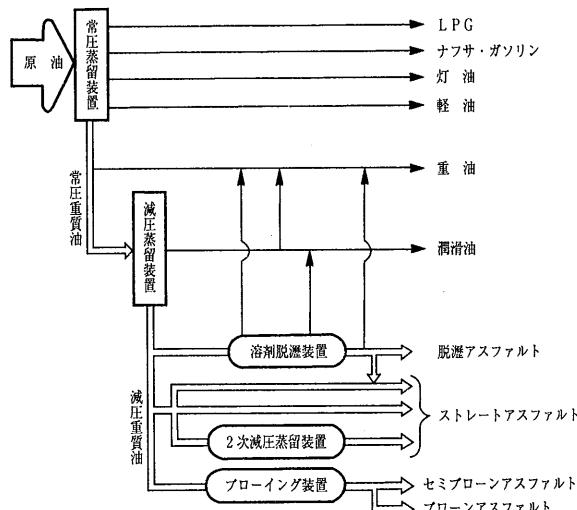


図-1.1.7 アスファルトの生産工程

##### 3.1.1 ストレートアスファルト

###### (1) 原油

ストレートアスファルト製造用の原油としては、アスファルト分の比較的多い混合基あるいはナフテン基原油から製造される。わが国でのアスファルト製造は

大正初期に始まり、昭和16年の第2次世界大戦が開始されるまでカリフォルニア原油、メキシコ原油などのナフテン基原油を中心に、国産原油、米国テキサス原油などの混合基原油からも製造された。戦後、昭和24年に製油所の操業再開および原油輸入が許可され、中東原油が輸入されるようになった。

最近ではアスファルト製造用原油として、主にアラビアンヘビー、アラビアンミディアム、カフジ、クウェート、イラニアンヘビーなど中東系の重質あるいは中質の混合基原油が多く用いられ、その他マヤ原油などナフテン基原油も使用されている。ストレートアスファルト製造用原油として代表的なアラビアンヘビー、カフジ、クウェート、イラニアンヘビー原油の輸入状況を表-1.1.8に示すが、これら4原油の全輸入量に占める割合は、ここ数年13%前後で推移している。

###### (2) 製造装置の変遷

大正2年に中外アスファルト(株)が、秋田豊川産原油からのアスファルトの製造に成功した。この当時は原油を単蒸留することにより製造されていたが、昭和2年にわが国で初めて真空(減圧)蒸留法による装置が日本石油(株)新潟製油所および小倉石油(株)東京製油所に建設された。この装置は、水平円筒型直火蒸留釜をもつ単独(回分)式の蒸留装置で、シェルツ式とよばれ概略図を図-1.1.8に示す<sup>10)</sup>。原油を蒸留釜に張り込み、370°C位までの加熱、並びに5mmHg程度までの減圧により蒸留し、目標針入度の釜残油を得る。

昭和3年から数年の間に各社で建設されたのが、ヘックマン式真空蒸留装置である。ヘックマン式には単独式と連続式があり、連続式の概略図を図-1.1.9に示す<sup>10)</sup>。この装置は蒸留釜が4基あり、第1の釜に入った原油が過熱蒸気で加熱されるとともに減圧下で蒸留さ

表-1.1.8 主なアスファルト製造用原油の輸入状況

(単位: 10<sup>3</sup>kl, %)

| 年度<br>項目 | 原油名    |     | アラビアンヘビー |     | イラニアンヘビー |     | クウェート |     | カフジ    |      | 小計      |       | 総輸入量 |     |
|----------|--------|-----|----------|-----|----------|-----|-------|-----|--------|------|---------|-------|------|-----|
|          | 数量     | 構成比 | 数量       | 構成比 | 数量       | 構成比 | 数量    | 構成比 | 数量     | 構成比  | 数量      | 構成比   | 数量   | 構成比 |
| 平成元      | 4,736  | 2.2 | 9,143    | 4.3 | 10,318   | 4.9 | 7,966 | 3.8 | 32,163 | 15.3 | 210,891 | 100.0 |      |     |
| 2        | 8,209  | 3.4 | 9,787    | 4.1 | 4,522    | 1.9 | 6,417 | 2.7 | 28,935 | 12.1 | 238,480 | 100.0 |      |     |
| 3        | 10,877 | 4.6 | 8,756    | 3.7 | 2,095    | 0.9 | 5,033 | 2.1 | 26,761 | 11.2 | 238,646 | 100.0 |      |     |
| 4        | 6,535  | 2.6 | 8,643    | 3.4 | 10,002   | 3.9 | 7,550 | 3.0 | 32,730 | 12.8 | 255,668 | 100.0 |      |     |
| 5        | 7,716  | 3.0 | 11,741   | 4.6 | 10,930   | 4.3 | 7,115 | 2.8 | 37,502 | 14.6 | 256,445 | 100.0 |      |     |
| 6        | 6,015  | 2.2 | 12,773   | 4.7 | 10,218   | 3.7 | 7,654 | 2.8 | 36,660 | 13.4 | 273,686 | 100.0 |      |     |
| 7        | 4,835  | 1.8 | 9,649    | 3.6 | 12,878   | 4.9 | 8,854 | 3.3 | 36,216 | 13.6 | 265,526 | 100.0 |      |     |

出所：通商産業省「エネルギー生産・需給統計月報」

(注) 1. 構成比は総輸入量に対する100分比です。

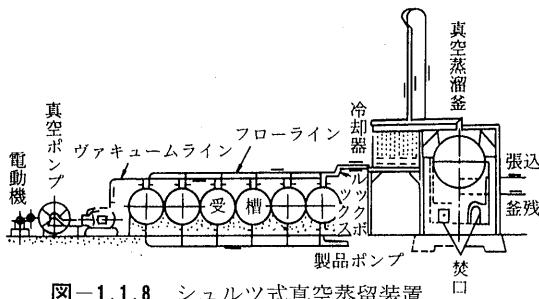


図-1.1.8 シュルツ式真空蒸留装置

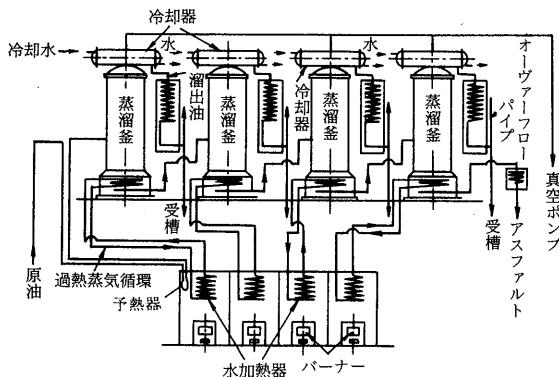


図-1.1.9 ヘックマン式真空蒸留装置

れ、釜残油が第2の釜に入り、同様に順次蒸留され、最終釜の釜残油がアスファルトとなる。

さらに、昭和5年にフォスター式、昭和7年にケロッグ式のパイプスチルが建設され、加熱炉のパイプ中を原料油が短時間で通過するため、シュルツ式やヘックマン式よりも効率的である。

クマン式と比べて加熱時間が短縮化されるとともに、原油を常圧蒸留した釜残油（常圧残油）を減圧蒸留装置の原料油として使用するようになった。

現在でもこの方式が基本となっているが、減圧蒸留装置の工程は留出油の用途により、潤滑油原料用と接触分解・間接脱硫原料油用（減圧軽油）の2種類の方式があり、それぞれ図-1.1.10、図-1.1.11に概要を示す<sup>11)</sup>。潤滑油原料用の装置のほとんどが昭和40年以前に建設されているのに対して、接触分解・間接脱硫原料油用の装置は昭和43年以降急増するとともに、1基あたりの処理能力も大幅に増大し、後者の処理能力の合計は全体の約90%を占めている。しかし、いずれの方式によっても、原油およびフラッシュ温度が同一条件であれば、ほぼ同じ品質のアスファルトが得られる。

### (3) 原油による性状比較

主な中東原油4種類の他、アスファルトの製造に適さないパラフィン基原油である南方原油、中国原油各1種類の常圧残油、減圧残油の性状をそれぞれ表-1.1.9、表-1.1.10に示す<sup>12)</sup>。常圧残油と減圧残油の性状の差は、油種によらずほぼ同様の傾向を示している。原油に対する得率をみると、ミナス、大慶は中東系と比較して高く、重質といえるが比重は小さい。これは飽和分、即ち飽和炭化水素が多いことによる。中東系は比較的硫黄、金属分が多い。組成では、中東系は芳香族分が多く、カフジはアスファルテンが多い。また

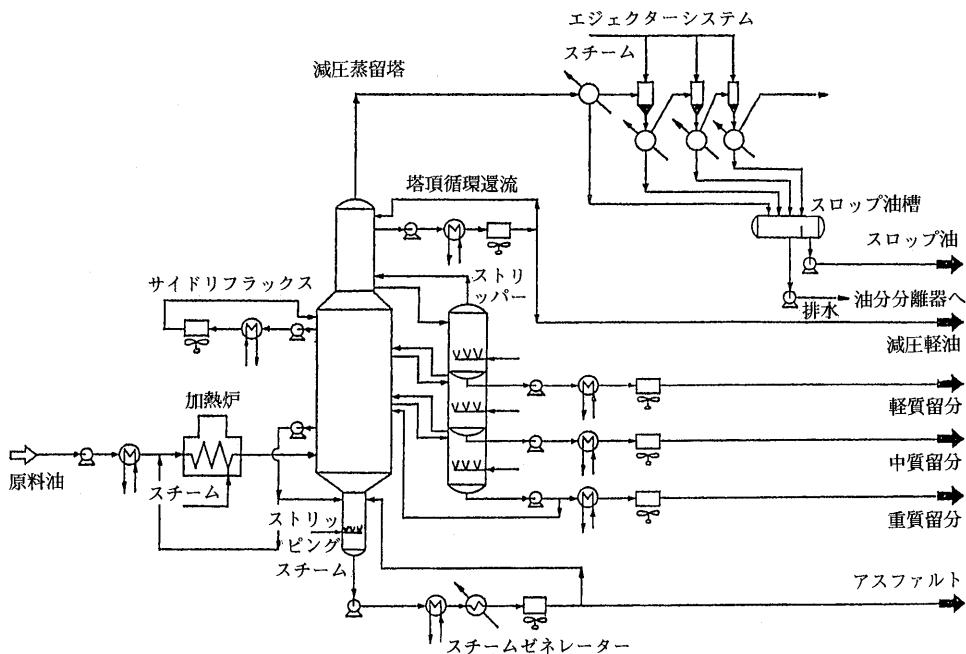


図-1.1.10 減圧蒸留法（潤滑油原料用）工程図

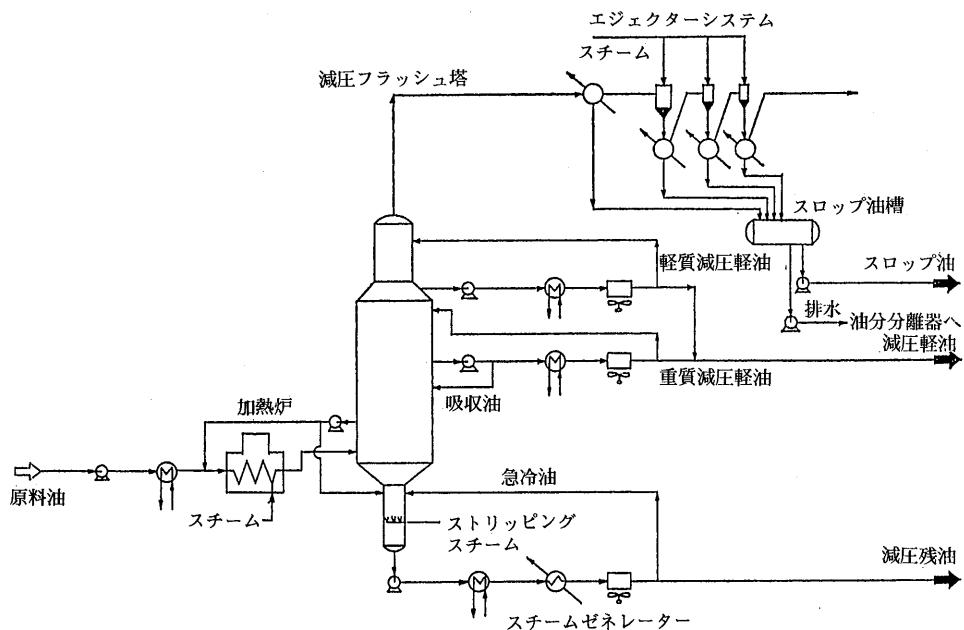


図-1.1.11 減圧蒸留法（分解原料油・間接脱硫原料油用）工程図

表-1.1.9 常圧残油の性状

|                          | アラビアンライト | クウェート  | カフジ    | イラニアンヘビー | ミナス    | 大慶     |
|--------------------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 対原油收率, wt %              | 52.5     | 56.7   | 55.2   | 55.1     | 63.9   | 73.4   |
| 比重 (15/4°C)              | 0.9521   | 0.9643 | 0.9821 | 0.9594   | 0.9171 | 0.9086 |
| A P I 度                  | 17.04    | 15.15  | 12.49  | 15.90    | 22.71  | 24.15  |
| 粘度, cSt 50 °C            | 160.2    | 404.6  | 1344   | 353.7    |        | 139.5  |
| 流動点                      | 15.0     | 17.5   | 17.5   | 22.5     | 47.5   | 45.0   |
| 残留炭素分, wt %              | 8.23     | 10.18  | 13.73  | 9.60     | 4.57   | 4.35   |
| 分子量                      | 463      | 524    | 567    | 503      | 491    | 563    |
| 元素分析                     |          |        |        |          |        |        |
| C, wt %                  | 85.19    | 84.38  | 84.02  | 85.27    | 87.10  | 86.56  |
| H, wt %                  | 11.19    | 10.99  | 10.57  | 11.04    | 12.64  | 12.63  |
| N, wt %                  | 0.05     | 0.11   | 0.16   | 0.28     | 0.37   | 0.28   |
| S, wt %                  | 3.10     | 4.04   | 4.33   | 2.67     | 0.12   | 0.13   |
| V, ppm                   | 29.1     | 55.0   | 97.3   | 126.0    | 1.1    | 0.4    |
| Ni, ppm                  | 7.6      | 15.3   | 31.3   | 39.6     | 14.0   | 4.8    |
| H/C                      | 1.57     | 1.55   | 1.50   | 1.54     | 1.73   | 1.74   |
| 組成分析, wt %               |          |        |        |          |        |        |
| 飽和分                      | 36.3     | 32.0   | 26.8   | 36.4     | 65.4   | 61.4   |
| 芳香族分                     | 47.2     | 48.3   | 48.4   | 44.4     | 20.5   | 22.1   |
| レジン                      | 11.1     | 12.6   | 11.3   | 12.3     | 7.4    | 16.4   |
| アスファルテン(C <sub>5</sub> ) | 5.4      | 7.1    | 13.5   | 6.9      | 6.7    | 0.1    |
| アスファルテン(C <sub>7</sub> ) | 2.9      | 3.4    | 8.4    | 3.4      | 1.0    | 0.05   |

表-1.1.10 減圧残油の性状

|                          | アラビアンライト | クウェート  | カフジ    | イラニアンヘビー | ミナス    | 大慶     |
|--------------------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 対原油收率, wt %              | 25.8     | 31.3   | 33.9   | 28.9     | 30.2   | 43.8   |
| 比重 (15/4°C)              | 1.0031   | 1.0148 | 1.0305 | 1.0110   | 0.9539 | 0.9334 |
| A P I 度                  | 9.48     | 7.85   | 5.73   | 8.38     | 16.75  | 20.02  |
| 残留炭素分, wt %              | 18.16    | 18.8   | 22.48  | 18.50    | 9.93   | 7.60   |
| 分子量                      | 797      | 910    | 975    | 849      | 879    | 1008   |
| 元素分析                     |          |        |        |          |        |        |
| C, wt %                  | 85.10    | 83.97  | 84.13  | 84.80    | 87.13  | 87.17  |
| H, wt %                  | 10.30    | 10.12  | 9.84   | 10.24    | 12.04  | 12.31  |
| N, wt %                  | 0.22     | 0.31   | 0.36   | 0.49     | 0.47   | 0.37   |
| S, wt %                  | 3.93     | 5.05   | 5.40   | 3.45     | 0.16   | 0.17   |
| V, ppm                   | 62.2     | 95.3   | 153.2  | 234.2    | 1.6    | 0.8    |
| Ni, ppm                  | 16.4     | 27.3   | 48.6   | 73.7     | 31.1   | 7.9    |
| H/C                      | 1.44     | 1.44   | 1.39   | 1.44     | 1.65   | 1.68   |
| 組成分析, wt %               |          |        |        |          |        |        |
| 飽和分                      | 21.0     | 15.7   | 13.3   | 19.6     | 46.8   | 46.3   |
| 芳香族分                     | 54.7     | 55.6   | 50.8   | 50.5     | 28.8   | 30.8   |
| レジン                      | 13.2     | 14.8   | 13.3   | 16.6     | 12.2   | 22.6   |
| アスファルテン(C <sub>s</sub> ) | 11.1     | 13.9   | 22.6   | 13.3     | 12.2   | 0.3    |
| アスファルテン(C <sub>v</sub> ) | 5.8      | 6.1    | 13.6   | 6.9      | 1.8    | 0.1    |

中東系で比較すると、イラニアンヘビーは硫黄分が少ないが金属分が多く、また比較的軽質なアラビアンライトと同程度に飽和分が多い。

このような性状の違いがアスファルトの物性あるいは品質に微妙に影響している。なお、これらの結果については、原油の採取時期、蒸留条件等によって変動するので注意を要する。

#### (4) 原油から製品までの製造プロセス

図-1.1.7の生産工程に沿って、原油から製品であるストレートアスファルトまでの製造プロセスを概説する。一般に、250~350°Cに加熱した原油を常圧蒸留装置に張り込み、LPG、ナフサ・ガソリン、灯油、軽油など比較的の低沸点の留分を留出させ、塔底部に残った常圧残油を得る。常圧残油は加熱炉で350~420°Cに加熱され減圧蒸留装置に送られる。減圧蒸留では、原料である常圧残油が分解しない温度で蒸留させるために、1.3~13kPa (10~100mmHg) に減圧し、高沸点留分の沸点を下げて蒸留される。減圧軽油や潤滑油留分を留出させ、残った塔底油が減圧残油である。減圧残油は、アスファルト、重油基材として使用されるほか、溶剤脱済装置あるいは分解装置等の原料となる。

ストレートアスファルト製品の針入度の範囲としては、40~100、150~200がほとんどを占める。減圧残油からこれらの製品を製造するためには、針入度を調製する必要があり、以下に示すように3種類の方法があるが、①あるいは②の方法が一般的である。

##### ① 原油あるいは減圧蒸留条件の調整

原油を選択することにより、また減圧蒸留装置のフラッシュ温度等の蒸留条件を調整することにより、目標とする針入度グレードの減圧残油を製造し、そのまま製品となる。

##### ② 減圧残油のブレンド

高針入度と低針入度の2種類の減圧残油をブレンドする方法で、両者のブレンド比を調整することにより目標とする針入度のアスファルトを得る。同一原油からの減圧残油をブレンドする場合、得られるアスファルトの針入度 (M) は次式で求めることができる。

$$M = 0.94 (P_s \times S + P_h \times H)$$

ここで、Sは高針入度減圧残油の、Hは低針入度減圧残油の針入度であり、P<sub>s</sub>、P<sub>h</sub>はそれらの質量%である。

##### ③ 減圧残油と他の基材のブレンド

減圧残油と減圧残油以外の基材をブレンドする方法で、減圧残油に対して比較的低針入度の溶剤脱瀝アスファルト、あるいは軟質の減圧留出油をブレンドすることにより、それぞれ減圧残油よりも低針入度、高針入度のアスファルトを得る。なお、舗装用アスファルトとして一般的に使用される針入度100以下のストレートアスファルトの製造に、減圧留出油がブレンドされることはない。

### 3.1.2 ブローンアスファルト

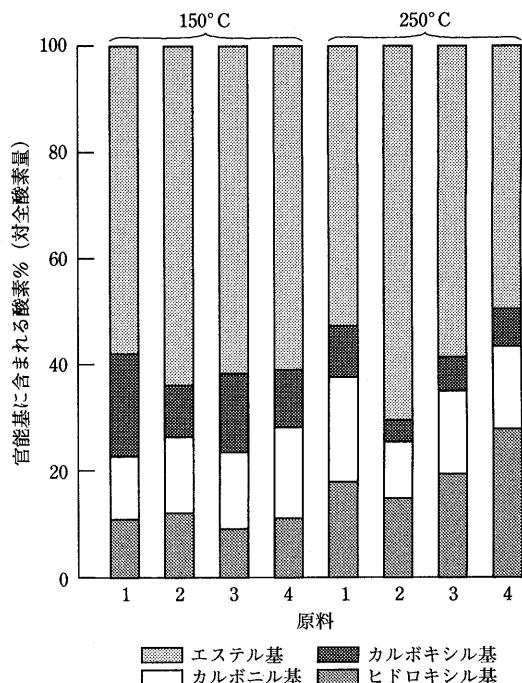
#### (1) ブローイング反応

200~300°Cに加熱した原料アスファルトに空気を吹き込こむことにより、酸化、脱水素、重結合などの反応が起こる。このブローイング反応は61~72kcal/g・molO<sub>2</sub>の発熱を伴う<sup>13)</sup>。反応が進むにつれて高分子化し、化学的構造、組成が変化するとともに、物的には針入度の低下、軟化点の上昇、粘度の増加等の変化により、ストレートアスファルトと比べて、感温性が小さく耐熱性に優れたブローンアスファルトが得られる。このブローンアスファルトの特性は、反応温度、空気吹き込み量等の反応条件、原料油性状等により変動する。

ブローイング反応機構については多くの研究があるが、十分な解明には至っていない。アスファルトと結合する酸素の形態については、J.M.Goppelら<sup>14)</sup>によると図-1.1.12に示すように、原油によって若干傾向は異なるが、約60%がエステル基で残り40%がカルボキシル基、カルボニル基、ヒドロキシル基となっている。また反応温度の上昇とともに脱水素反応が著しくなり、エステル基の減少、炭素-炭素結合の増加により高分子化が進むと報告している。

また、ブローイングによる化学構造の変化について西沢ら<sup>15)</sup>は、中東系ストレートアスファルトを用いたブローン前後のアスファルテンの平均構造を図-1.1.13のように推定し、ストレートアスファルトが芳香環12環からなるクラスターを5つものに対し、ブローイング後ではクラスターの数は不变で芳香環が8環に小さくなるとし、これは重合反応等により高分子化するが低分子の芳香族成分も生成するため、平均構造としては小さくなったと考察している。

一方、ブローイングによる組成の変化については、田中ら<sup>16)</sup>によると図-1.1.14に示すように、中東系減圧残油を反応温度300°Cでブローイングすると芳香族分の減少とアスファルテン分の増大が顕著であり、飽和分とレジンは大きな変化がみられない。同図には、回転



1 : 中東 2 : ベネズエラ 3 : インドネシア 4 : オランダ  
図-1.1.12 原料別ブローンアスファルト中の酸素含有基の分布

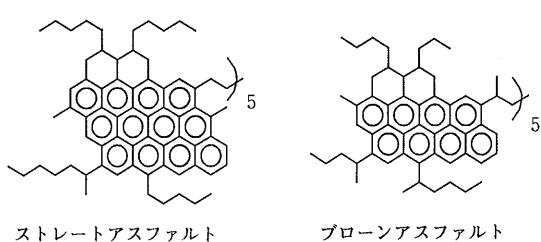


図-1.1.13 アスファルテンの平均構造モデル

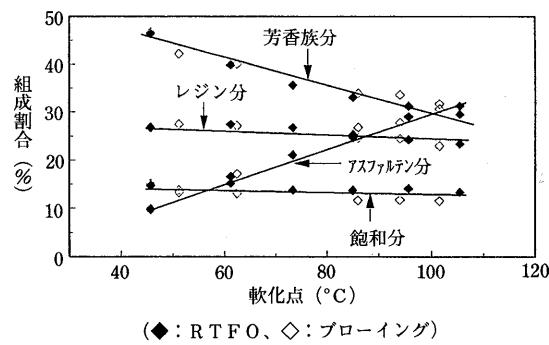


図-1.1.14 加熱酸化における組成変化

薄膜 (RTFO) による反応温度200°Cでの加熱酸化の結果も示すが、同様の挙動である。さらに、芳香族分とレジン分を単独で加熱酸化し、芳香族分→レジン、レ

ジン→アスファルテンの変化量が同程度であることから、レジンの変化量が小さいと報告している。

## (2) ブローイング装置

ブローンアスファルトの歴史は古く、1894年にF.X. Byerley<sup>17)</sup>が米国特許を取得し、商業生産を開始したことに始まる。わが国では大正11年に日本石油㈱秋田製油所に建設されたのが最初である。当時のブローイング装置は横型円筒式の回分式であった。しかし、熱効率や空気との接触効率が良好でないため改良が加えられ、昭和30年頃から縦型で加熱炉が分離された反応塔が用いられるようになり、さらに回分式以外にも連続式の装置も現れた。

**図-1.1.15、図-1.1.16**に回分式と連続式の工程図を示す<sup>11)</sup>。回分式の場合、加熱された1バッチ分の原料を反応塔（コンバーター）に張り込み、下部から空気を吹き込み反応を起こさせる。なお、反応塔上部の気相部には反応によって生成される軽質炭化水素、水、二酸化炭素の他、未反応の酸素が含まれており、自然発火を防ぐためスチーム等が吹き込まれる。ブロイ

ング反応が進行し所定の軟化点まで達した後に製品として全量抜き出される。1バッチ毎に原料およびブロイイング条件を変化させることができるために、多くの品種を生産するのに適する。一方、連続式の場合、回分式と異なり原料の張り込みと製品の抜き出しが連続的に行われ、一定の原料、反応条件で処理量が増大するため、特定の品種を大量に生産するのに適している。

## (3) 原料および製造方法

ブローンアスファルトとしては、JIS K 2207で規定されるブローンアスファルトと防水工事用アスファルトがあり、各4種類に分類され規格性状も異なる。したがって、原料および製造方法もブローンアスファルトの種類によって若干変化する。

原料アスファルトとしては、一般的に軟質の減圧残油、もしくは重質減圧残油に減圧留出油、潤滑油留分等を配合したものが使用される。また、感温性を小さくし低温性状をよくするため、ブローイング時に触媒として五酸化りん、ポリりん酸などのりん化合物を添加した触媒ブローンアスファルトもある。さらに、近

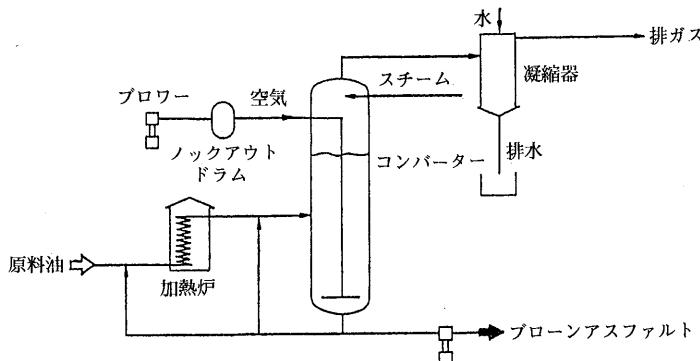


図-1.1.15 回分式（縦型）アスファルトブローイング法工程図

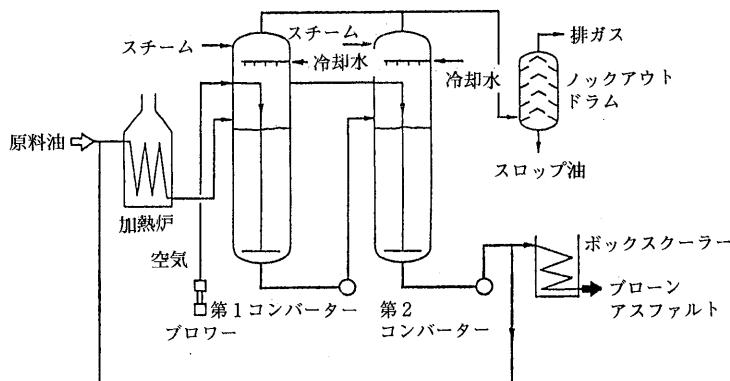


図-1.1.16 連続式アスファルトブローイング法工程図

年における防水工事用アスファルトの傾向として、環境面を考慮し、加熱溶融したときの発煙、臭気を抑えた低煙低臭性ブローンアスファルトがある。これは、発煙、臭気の成分である軽質炭化水素、硫黄化合物の発生を低減させるため、作業時の溶融温度を50°C程度低下させた低温溶解型のもの、また煙、臭気を発生するりん系の触媒を使用せず硫黄含有量の少ない原料を使用したもののが開発されている。

#### (4) セミブローンアスファルト

セミブローンアスファルトは、重交通道路におけるわだち掘れ対策として日本アスファルト協会が中心となって研究開発されたもので、試験施工等の結果から60°C粘度が $1,000 \pm 200 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ に規定されAC-100ともよばれている。

製造方法としては、前記ブローンアスファルトと同様の装置で製造できるが、セミブローンアスファルトの規格に適合するように原料油の粘度、基材を調整する必要がある。なお、セミブローンアスファルトの製造上あるいは取り扱い上の留意点として、60°C粘度の規格範囲が軟化点では約2°Cの幅であり非常に狭く、さらにブローンアスファルトと比べてブローイングの度合いが小さいことから不安定な成分が含まれているため、タンクでの加熱貯蔵中に空気との接触による酸

化が原因で粘度が変化しやすく、通常窒素シールなどにより安定化させている。

#### 3.1.3 溶剤脱瀝アスファルト

##### (1) 溶剤脱瀝法と装置

溶剤脱瀝法は、高分子量炭化水素に対する溶解力の小さい液状の低分子量炭化水素を溶剤として、減圧残油からアスファルテンやレジンに富む溶剤脱瀝アスファルトが沈殿分離され、高粘度の潤滑油原料に適した硫黄、金属分の少ない脱瀝油を得ることを目的としている。溶剤としては、プロパン、ブタン、ペンタンなどが用いられるが、溶剤の分子量が小さいほどアスファルトの分離性が良くなるが重質の油分も沈殿する。一方、分子量が大きくなるとアスファルトの分離が悪く、脱瀝油中にアスファルテン、レジンが混入する。一般には、プロパン、あるいはプロパンとブタンの混合溶剤が使用される。

プロパンを溶剤として用いるプロパン脱瀝法は、主にExxon R&Eの研究により発達した方法で、初期の抽出装置の方式はミキサーセトラー式であったが、最近は回転円盤塔など効率のよい向流接触式が用いられている。図-1.1.17にプロパン脱瀝装置のフローの一例を示す<sup>18)</sup>。原料減圧残油が塔頂部に供給され、塔底部からのプロパンと向流接触することにより、塔底部から

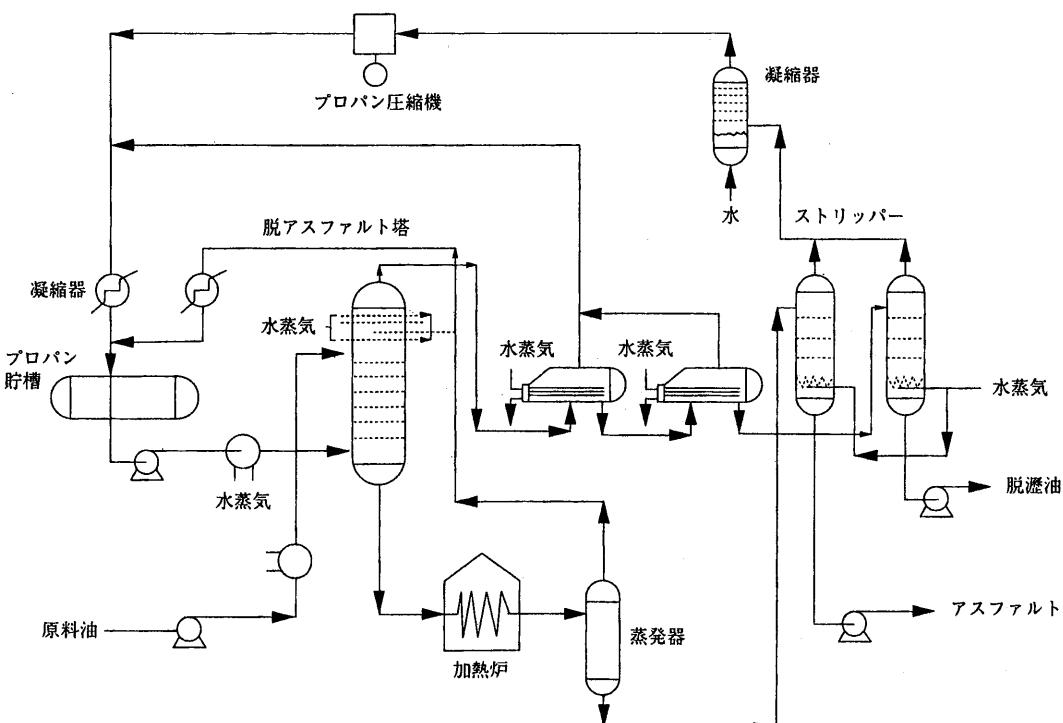


図-1.1.17 プロパン脱瀝装置系統図

アスファルト分が抜き出される。運転条件として、溶剤比は原料油の400～800%，温度は塔頂部で65～85℃、塔底部で40～55℃である。

## (2) 溶剤脱瀝アスファルトの性状

クウェート原油から得られた減圧残油をプロパン、ブタンおよびペンタンにより溶剤脱瀝した後の溶剤脱瀝アスファルトの性状および組成を表-1.1.11に示す<sup>12)</sup>。プロパンを溶剤にした場合、減圧残油中の飽和分が選択的に溶解抽出され、ブタン、ペンタンと分子量が大きくなると芳香族分、レジンも抽出される。従って、溶剤脱瀝アスファルト中にはアスファルテンなどの重質成分が増加するため、軟化点が上昇し、針入度が低下する。

溶剤脱瀝アスファルトは、そのままでは針入度が小さい（硬い）ため前述のように減圧残油にブレンドし、ストレートアスファルト製品としている。

表-1.1.11 溶剤脱瀝によるアスファルト組成の変化

|                     | 減圧残油 | プロパン<br>脱れき<br>アスファルト | n-ブタン<br>脱れき<br>アスファルト | n-ペンタン<br>脱れき<br>アスファルト |
|---------------------|------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 針入度 (25℃)<br>1/10mm | 202  | 21                    | 1                      | 1                       |
| 軟化点 ℃<br>組成分析 w%    | 38.2 | 59.0                  | 90.5                   | 137.0                   |
| 飽和分                 | 16.9 | 5.0                   | 8.6                    | 6.7                     |
| 芳香族分                | 52.8 | 56.0                  | 27.7                   | 9.8                     |
| レジン                 | 24.0 | 30.2                  | 26.6                   | 6.2                     |
| アスファルテン             | 6.3  | 8.8                   | 37.1                   | 77.3                    |

## 3.2 規格

### 3.2.1 はじめに

アスファルトは燃料や原料としての用途ももちろんあるが、舗装用や防水用の材料として使用されるという点で、石油製品の中では特殊な製品と言える。ここでは、舗装用および防水用アスファルト規格を中心に述べるが、これらの用途に使用されるものの内でも、アスファルト乳剤やセミブローンアスファルト以外の改質アスファルト等については、別途記載されることになっているので言及しない。また、アスファルト規格項目の意義や試験法に関して、できるだけ分かり易くまとめた。

さらに、SHRPのアスファルト仕様については、本誌にもこれまで再三紹介<sup>19～23)</sup>されているが、今後のアスファルト規格の方向性に大きな影響を及ぼす可能性が

あり、その重要さを考慮して重ねて掲載した。

外国のアスファルト規格については触れないが、これまで本誌においても何回か掲載<sup>24～32)</sup>されてきたアメリカやヨーロッパの規格のほかに、アジア各国の規格の動向も、国際的なアスファルトの流通が今後益々盛んになる可能性を考えると重要となろう。この点からいっても、規格の統一ということが必要となってくるはずで、SHRP仕様はこのような要請を満たす可能性を示唆するものと思う。

なお、引用文献については、過去に本誌に掲載されたものを主として載せた。

### 3.2.2 アスファルト規格の変遷

現在のアスファルトに関する日本工業規格（JIS）は、JIS K 2207-1996「石油アスファルト」である。この規格は、1956年（昭和31年）に制定された。これをさらに遡れば1932年制定の日本標準規格第173号（JES第173号）に至るわけであるが、JIS K 2207制定以前の経緯については、他<sup>25,31,33～38)</sup>を参照願う。

JIS K 2207は、その後1960年、1969年、1980年、1990年および1996年に改正が行われている。1960年の改正では、ストレートアスファルト60～80などに対して、伸度に基づく甲、乙の区分が設けられたが、1969年の改正でこれは廃止された経緯がある。1980年には、以下に要点を示すように、大幅な改正が行われた。

・1971年に制定された防水工事用アスファルト規格（JIS A 6011）を包含し、従来のストレートアスファルト、ブローンアスファルトに加えて、防水工事用アスファルト規格を含む現在の形となった。

・日本道路協会規格との整合性が図られ、ストレートアスファルト40～60、60～80、80～100について、薄膜加熱質量変化率、薄膜加熱針入度変化率（その後変化率を残留率と改称）、蒸発後の針入度比が加えられ、ストレートアスファルト全種類について比重が規定された。

・従来別規格として存在していた、各規格項目に対する試験方法規格および試験器規格が、品質規格と共にJIS K 2207の中に一つにまとめられ、規格の利用勝手が大幅に改善された。

ついで、1990年の改正で比重が密度に変更され、アスファルトの温度に対する容量換算項目が設けられている。昨年（1996年）11月の改正では、アスファルトの溶剤可溶分の溶剤が三塩化エタンからトルエンに改められた。これは三塩化エタンがオゾン層破壊特定物質に指定され、今後使用が禁止されるためである。ま

た、国際単位系(SI)導入の最終段階へ移行した。ただし、従来単位によるものも参考値として残っている。

一方、日本道路協会は、舗装用途に限定したアスファルト規格の必要性を感じていた事と考えられるが、1950年(昭和25年)に刊行した「アスファルト舗装要綱」中にアメリカのAsphalt Instituteの規定を紹介し、さらに1957年舗装用ストレートアスファルトについて、同協会規格を制定している。その後、1967年、1972年(暫定規格として制定)、1978年の改正を経て、上述したように1980年のJIS改正によって、舗装要綱記載の日本道路協会規格舗装用アスファルト(ストレートアスファルト40~60, 60~80, 80~100, 100~120)規格は、JISと一致したものとなった。

### 3.2.3 ストレートアスファルト、ブローンアスファルト、防水工事用アスファルトの品質規格

前述したように、現在の石油アスファルト規格JIS K 2207は、品質規格、試験法規格、試験器規格を包含したものとなっており、品質規格としてはこれら3種類のアスファルトが規定されている。

表-1.1.12にストレートアスファルト、表-1.1.13にブローンアスファルトの品質規格を示す。

ストレートアスファルトの規格は、針入度によって、0~300の範囲を10段階に分類されている。ストレートアスファルトの最大の用途は道路舗装用であり、舗装用としての需要は針入度60~80のものがほぼ70%を占める。

ブローンアスファルトの規格も、やはり針入度によって分類されており、0~40の範囲を5段階に分けられている。規格項目は7項目であり、ストレートアスファルトには無い針入度指数が導入されている。現在、ブローンアスファルトの需要は10~20と20~30が大部分を占めている。

防水工事用アスファルトの規格は、表-1.1.14に示すように針入度指数に基づいて1種~4種に分けられているが、需要は3種を中心としている。

一方、日本道路協会規格にセミブローンアスファルトの品質規格(表-1.1.15)がある。これは舗装の耐流動性を高めるために開発されたもので、60°C粘度を

表-1.1.12 ストレートアスファルトJIS規格

| 項目<br>種類 | 針入度<br>(25°C)       | 軟化点<br>°C     | 伸 度          |              | 三塩化<br>エタン<br>可溶分<br>質量% | 引火点<br>°C | 薄膜加熱               |                   | 蒸 発                |                     | 針入度<br>指 数 | 密度<br>(15°C)<br>g/cm³ |
|----------|---------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|-----------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------|-----------------------|
|          |                     |               | (15°C)<br>cm | (25°C)<br>cm |                          |           | 質 量<br>変化率<br>質量 % | 針 入 度<br>残留率<br>% | 質 量<br>変化率<br>質量 % | 後 の 针<br>入 度 比<br>% |            |                       |
| 0~10     | 0以上<br>10以下         | 55.0以上        | —            | —            | 99.0以上                   | 260以上     | —                  | —                 | 0.3以下              | —                   | —          | 1.000以上               |
| 10~20    | 10を超<br>え<br>20以下   |               | —            | 5以上          |                          |           | —                  | —                 | —                  | —                   | —          |                       |
| 20~40    | 20を超<br>え<br>40以下   |               | —            | 50以上         |                          |           | —                  | —                 | —                  | —                   | —          |                       |
| 40~60    | 40を超<br>え<br>60以下   | 47.0~<br>55.0 | 10以上         | —            | 100以上                    | 0.6以下     | 58以上               | —                 | 110以下              | —                   | —          | —                     |
| 60~80    | 60を超<br>え<br>80以下   | 44.0~<br>52.0 | —            | —            |                          |           | 55以上               | —                 | —                  | —                   | —          |                       |
| 80~100   | 80を超<br>え<br>100以下  | 42.0~<br>50.0 | —            | —            |                          |           | 50以上               | —                 | —                  | —                   | —          |                       |
| 100~120  | 100を超<br>え<br>120以下 | 40.0~<br>50.0 | —            | —            |                          |           | —                  | —                 | —                  | —                   | —          |                       |
| 120~150  | 120を超<br>え<br>150以下 | 38.0~<br>48.0 | —            | —            |                          |           | —                  | —                 | 0.5以下              | —                   | —          |                       |
| 150~200  | 150を超<br>え<br>200以下 | 30.0~<br>45.0 | —            | —            | 240以上                    | 210以上     | —                  | —                 | 1.0以下              | —                   | —          | —                     |
| 200~300  | 200を超<br>え<br>300以下 | —             | —            | —            |                          |           | —                  | —                 | —                  | —                   | —          |                       |

表-1.1.13 プローンアスファルトの品質規格

| 項目<br>種類 | 針入度<br>(25°C) | 軟化点<br>°C | 伸度<br>(25°C)<br>cm | 三塩化<br>エタン<br>可溶分<br>% | 引火点<br>°C | 蒸発<br>質量<br>変化率<br>%             | 針入度<br>指數 |
|----------|---------------|-----------|--------------------|------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| 0~5      | 0以上 5以下       | 130.0以上   | 0以上<br>98.5<br>以上  | 210<br>以上              | 0.5<br>以下 | 3.0以上<br>3.5以上<br>2.5以上<br>1.0以上 | 3.0以上     |
| 5~10     | 5を越え10以下      | 110.0以上   |                    |                        |           |                                  | 3.5以上     |
| 10~20    | 10を越え20以下     | 90.0以上    |                    |                        |           |                                  | 2.5以上     |
| 20~30    | 20を越え30以下     | 80.0以上    |                    |                        |           |                                  |           |
| 30~40    | 30を越え40以下     | 65.0以上    |                    |                        |           |                                  | 1.0以上     |

表-1.1.14 防水工事用アスファルトの品質規格

| 項目<br>種類 | 軟化点<br>°C | 針入度<br>(25°C) | 針入度<br>指數 | 蒸発<br>質量<br>変化率<br>% | 引火点<br>°C | 三塩化<br>エタン<br>可溶分<br>% | フラー<br>ス<br>ゼイ化<br>点<br>°C | だれ<br>長さ<br>mm | 加熱安定性<br>フラー<br>ス<br>ゼイ化点差<br>°C |
|----------|-----------|---------------|-----------|----------------------|-----------|------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|
| 1種       | 85以上      | 25以上<br>45以下  | 3.5以上     | 1以下                  | 250<br>以上 | 98<br>以上               | -5<br>以下                   | —              | 5以下                              |
| 2種       | 90以上      | 20以上<br>40以下  | 4.0以上     | 1以下                  | 270<br>以上 | 98<br>以上               | -10<br>以下                  | —              |                                  |
| 3種       | 100以上     | 20以上<br>40以下  | 5.0以上     | 1以下                  | 280<br>以上 | 95<br>以上               | -15<br>以下                  | 8<br>以下        |                                  |
| 4種       | 95以上      | 30以上<br>50以下  | 6.0以上     | 1以下                  | 280<br>以上 | 92<br>以上               | -20<br>以下                  | 8<br>以下        |                                  |

表-1.1.15 セミプローンアスファルト(AC-100)の品質規格

(日本道路協会)

| 項目                   | 規 格 値                    |
|----------------------|--------------------------|
| 粘度(60°C) poise(Pa·s) | 10,000±2,000 (1,000±200) |
| 粘度(180°C) cSt(mm²/s) | 200以下 (200以下)            |
| 薄膜加熱質量変化率 %          | 0.6以下                    |
| 針入度(25°C) 1/10mm     | 40以上                     |
| 三塩化エタン可溶分 %          | 99.0以上                   |
| 引火点 °C               | 260以上                    |
| 密度(15°C) g/cm³       | 1.000以上                  |
| 粘度比(60°C, 薄膜加熱後/加熱前) | 5.0以下                    |

(注) 180°Cの粘度のほか、140°C、160°Cにおける動粘度を試験表に付記すること。

10,000±2,000poise (1,000±200Pa·s)と、ストレートアスファルト60~80に比較して5倍程度高めている。セミプローンアスファルト開発については、詳しい資料<sup>39)</sup>がある。

なお、JIS K 2207には各規格試験に対して、試験結

果の数値の丸め方と試験精度が規定されている。例えば、針入度については整数に、軟化点については0.5°C単位に丸めることになっている。数値の丸め方はJIS K 8401「数値の丸め方」に従い、報告桁数は品質規格表の数値の桁数に合わせることが必要である。また、試験精度が規定されている試験項目とその精度許容差は、表-1.1.16に示す通りである。試験結果は、試験の精度を考慮に入れてとり扱うべきであることは言うまでもない。

### 3.2.4 アスファルト規格項目の解説

JIS K 2207の各規格項目および補足として、アスファルトの特徴を理解する上で重要と考えられる組成分析と中国で重要視されているワックス含有量について、試験の意義および試験法の概要を以下にまとめる。なお、英語名は当該JIS英語版に依った。

#### ① 針入度 (penetration)

アスファルトの硬さを表し、アスファルトを分類するときの基準として用いられている。一定の温度において標準針に一定の荷重を一定時間載荷し、試料表面からの針の垂直方向への貫入距離を測ってアス

表-1.1.16 アスファルト試験項目の精度規定 (JIS K 2207による)

| 試験項目       | 精度               |                            |                            |
|------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
|            | 適用試験結果範囲         | 繰返し精度許容差                   | 再現精度許容差                    |
| 針入度        | 50未満             | 1                          | 4                          |
|            | 50以上、300以下       | 平均値の3%                     | 平均値の8%                     |
| 軟化点        | 80°C以下           | 1.0°C                      | 4.0°C                      |
|            | 80°Cを越えるもの       | 2.0°C                      | 8.0°C                      |
| トルエン可溶分    | 99.00質量%以上について規定 | 0.10質量%                    | 0.50質量%                    |
| 引火点        | 区分なし             | 8°C                        | 16°C                       |
| 薄膜加熱針入度残留率 | 区分なし             | 4.0%                       | 12.0%                      |
| 薄膜加熱質量変化率  | 0.4質量%未満         | 0.04質量%                    | 0.16質量%                    |
|            | 0.4質量%以上         | 平均値の8%                     | 平均値の40%                    |
| 蒸発質量変化率    | 0.50質量%以下        | 0.10質量%                    | 0.20質量%                    |
|            | 0.50を越え1.0質量%以上  | 0.20質量%                    | 0.40質量%                    |
|            | 1.0質量%を越えるもの     | 0.30質量%または平均値の10%のいずれか大きい方 | 0.60質量%または平均値の20%のいずれか大きい方 |
| 密度         | 区分なし             | 0.003 g/cm³                | 0.007 g/cm³                |
| 高温動粘度      | 区分なし             | 平均値の1.8%                   | 平均値の8.8%                   |
| フラー式脆化点    | 区分なし             | 2°C                        | 規定なし                       |

備考 繰返し精度許容差とは、同一試験室において、同一人が同一試験器で、日又は時間を使って同一試料を2回試験したときの許容差。

再現精度許容差とは、異なる2試験室において、別人が別の試験器で同一試料をそれぞれ1回ずつ試験して求めた2個の試験結果の許容差。

アスファルトの相対的な硬さの尺度としている。JISでは、温度25°C、荷重100g、載荷時間5secとして、針の貫入深さを1/10mm単位で表した数値を針入度としている。

### ② 軟化点 (softening point)

アスファルトが軟化する温度を表す。試料を規定のリング状型枠に充填し、水浴またはグリセリン浴中で水平にセットし、リング中央に直径9.525mmの鋼球(3.5g)を置いて、浴温を毎分5°Cで上昇させ、球を包み込んで落下する試料が環台の底板に触れた時の温度を軟化点とする。

### ③ 伸度 (ductility)

アスファルトの延性を表す。試料を左右に分割可能な型枠の中に入れ、一定温度の水槽中で型枠を左右に分割して移動させながら試料を延伸していく、糸状となった試料が切断した時の長さをcm単位で表して伸度とする。JISでは、測定温度は種類によって15°C

または25°Cとし、延伸速度は毎分5cmと規定している。伸度が大きければ、ひずみに対する追随性が大きいことは予想されるが、舗装材料として用いた場合の工学的根拠については明確にされていない。

### ④ トルエン可溶分 (soluble content of asphalt materials in toluene)

アスファルトの純度を表す。試料をトルエンに溶かし、グラスファイバー製フィルタでろ過する。フィルタ上の不溶分をトルエンで洗浄した後、乾燥、秤量し、この値から可溶分の割合を計算する。通常、石油アスファルトの可溶分が規格を外れることはまずない。

### ⑤ 引火点 (flash point)

アスファルトを規定条件で加熱していく、火種を接近させたとき、試料表面に蒸発して存在する炭化水素蒸気に引火する最低温度。クリープランド開放式試験器で測定する。

- ⑥ 薄膜加熱質量変化率及び薄膜加熱後の針入度残留率 (mass variation percentage by thin-film heating and penetration residual percentage after thin-film heating)

アスファルトの薄膜状での加熱による酸化劣化傾向を評価するもので、膜厚3.2mmの試料を163℃の恒温空気槽中で5時間加熱する。薄膜加熱質量変化率は加熱による試料の質量変化量を測定し、加熱前試料の質量に対する百分率(変化率)で表す。また薄膜加熱後の針入度残留率は、加熱後の試料の針入度の原針入度に対する百分率で表す。163℃、5時間という加熱条件は、舗装用アスファルトが合材プラントで骨材と混合され舗装現場で施工されるまでに受けたる熱履歴を想定して決められている。

- ⑦ 蒸発質量変化率 (evaporation mass variation percentage)

本試験はアスファルトの加熱貯蔵時の安定性を評価するもので、試料を163℃の恒温空気槽中で5時間加熱し、加熱前後の質量の変化率で表す。試験は50gの試料を針入度カップに入れて行う。

- ⑧ 蒸発後の針入度比(penetration ratio after evaporation)

加熱貯蔵中のアスファルトの分離傾向を評価する。蒸発質量変化率測定と同様に163℃で5時間加熱した試料2個に対し、一方は均一にかき混ぜ、他方はかき混ぜず試験後そのままの状態で針入度を測定し、それぞれの針入度をP<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>としたとき、P<sub>2</sub>/P<sub>1</sub>×100を蒸発後の針入度比(%)とする。

- ⑨ 針入度指数 (penetration index)

アスファルトの感温性を表すもので、PIが大きければ感温性が小さいと見なされる。アスファルトの針入度Pと温度Tとの間に次の関係があるとして、  
 $\log P = AT + K$

実験の結果次式が導かれた。

$$A = d\log P / dT = (20 - PI) / \{50 \cdot (10 + PI)\}$$

また、軟化点における針入度を800と仮定して、

$$\begin{aligned} A &= (\log 800 - \log P) / (Ts - 25) \\ &= (20 - PI) / \{50 \cdot (10 + PI)\} \end{aligned}$$

ここで、Pは25℃の針入度、Tsは軟化点。

これから、PI = 30 / (1 + 50A) - 10

したがって、PIは25℃の針入度と軟化点から計算できる。

一般に、アスファルトのタイプをPIの値によって、次のように分けることができると言われている。

≤ -2 : ピッチタイプ

-2 ~ +2 : ゾルタイプ

≥ +2 : ゲルタイプ

- ⑩ 密度 (density)

1cm<sup>3</sup>当たりの質量(g)を表す値で、ハバード比重瓶を用いて試料の体積を求め、質量/体積を密度とする。試料の体積は、比重瓶の質量M<sub>0</sub>、比重瓶を蒸留水で満たしたときの質量M<sub>c</sub>、比重瓶にアスファルトを一部採取したときの質量m<sub>M</sub>、このときアスファルト試料以外の空間を蒸留水で満たしたときの質量m<sub>F</sub>を秤量して求めた{(M<sub>c</sub>-M<sub>0</sub>)-(m<sub>F</sub>-m<sub>M</sub>)}を水の密度で割って算出する。

- ⑪ セイボルトフロール秒 (saybolt-furol second)

規定の各温度において、規定量の試料が試験器の細孔を流下するのに要する時間(秒)で、アスファルトの相対的な粘性を表す。セイボルトフロール秒と動粘度の間には、概略次のような関係がある。

$$a = 2.12 \times b$$

ここに、aは動粘度(mm<sup>2</sup>/s)、bはセイボルトフロール秒(s)。

- ⑫ 動粘度 (kinematic viscosity)

絶対粘度を密度で割った値。測定はガラス製毛管式粘度計を用いて行う。

- ⑬ フラースゼイ化点 (Fraass brittle point)

アスファルトの低温における可とう性を表す。20×40mmの鋼薄板に約0.5mmの厚さに塗布された試料が規定の条件下で冷却され、かつ曲げられたとき試料に亀裂が入る最初の温度。温度は毎分1℃の速度で冷却し、鋼薄板の曲げ戻し操作を1℃ごとに亀裂の発生を認めるまで繰り返す。フラースゼイ化点は、ASTMには試験法規格がない。(IP 80およびDIN 52012にある) IP規格では、breaking pointとなっている。

- ⑭ だれ長さ (suspending flow length)

アスファルトの高温における流動抵抗を表し、規定の形状の型枠に流し込んだ試料を規定の条件で垂直に懸垂したときに試料がだれる長さ(mm)、試験温度70℃、試験時間5時間。

- ⑮ 加熱安定性 (heating stability)

アスファルトの加熱溶融時における熱安定性を表し、試料を規定の条件で加熱し、加熱前後のフラースゼイ化点の差で表す。試料量2kg、試験温度300℃、試験時間5時間。

- ⑯ 組成分析 (component analysis)

アスファルトのような分子種の複雑な混合物に対し

ては、余り細かく組成を分析することは実際的でない。組成分析法としては古くから種々の方法が提案されているが、最近ではほとんどの場合、石油学会規格JPI-5S-22-83「アスファルトのカラムクロマトグラフィーによる組成分析法」によって行われている。本法は試料中の各成分の溶剤に対する溶解性とゲル吸着剤にたいする吸着性の差によって、アスファルテン、レジン、芳香族分、飽和分の4成分に分離する方法である。

#### ⑯ ワックス含有量 (wax content)

平生アスファルトのワックス量が問題となることは少ないが、中国では、自国の原油から製造されるアスファルトがワックス含有量が多く、これが舗装のひび割れの原因となることから、ワックス規格を重視している。

主なワックスの測定方法には、分解蒸留法 (DIN 52015) と吸着・抽出法がある。前者の方法は、アスファルトを常圧で加熱蒸留し、留出油をエチルエーテル／エチルアルコール混合溶媒に溶解し、-20°Cに冷却して、析出してくるパラフィン分をろ別定量する。この方法は熱分解を伴うので加熱条件により測定値がばらつき易いと考えられる。

吸着・抽出法は、アスファルトを活性白土と混合し、パラフィン系溶剤でソックスレー抽出する。抽出液を冷却し、ワックスを析出させ、ろ別して定量する。

#### 3.2.5 SHRPの仕様

SHRPとは、Strategic Highway Research Program の頭文字を取ったもので、アメリカにおいて、1987年から5箇年計画で成された道路に関する集中的研究プログラムをいい、日本では「新道路研究計画」と言われることもある。

SHRPの主な研究成果の一つに、SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavements) と称する、アスファルトおよびアスファルト混合物に関する規格、試験法、デザイン等に関する成果があり、アスファルトに対しては、表-1.1.17<sup>40)</sup>に示す仕様を作成した。その意図するところは、従来の針入度や軟化点、伸度などと言った性状に比較して、より物理的意味の明確な粘弹性理論に基づいた性状で、舗装用アスファルトを規定しようというものである。また、使用される環境（主として温度条件）を考慮して、舗装の設計がなされるべきとの考えを徹底し、舗装の最高設計温度と最低設計温度から試験温度を定め、その温度における性状が規格値を満足することを規定している。

そのため表-1.1.17は、表-1.1.12のような従来我々が見慣れている規格とは、表現がだいぶ異なっていて、表に示されている数字は試験条件としての温度である。これはSHRP仕様が、設計温度範囲によって、アスファルトを分類していることの表現でもある。

また、供用性重視の考え方から原アスファルトについての規定と共に、供用中の劣化をシミュレートした促進劣化試験後の性状を規定している。

さらにSHRP仕様では、粘弹性に関する試験器および試験法を定めているが、これらについては冒頭の文献等を参照願う。

##### (1) アスファルトの分類

SHRP仕様では、アスファルトをパフォーマンスグレード (PG) として7日平均舗装最高設計温度によって、PG52、PG58、PG64、PG70の4グレードに分け、さらにそれぞれの中で舗装最低設計温度によって6°Cきざみで4~7に分類して、全体を21グレードとしている。

各グレードは、例えばPG<sub>58-34</sub>のように表記し、7日平均舗装最高設計温度58°C、舗装最低設計温度-34°Cのアスファルトを表す。

##### (2) 原アスファルトに対する規定

原アスファルトに対する規定としては、引火点135°Cにおける高温粘度、最高設計温度におけるG\*/sinδの値がある。引火点と135°C高温粘度は、各グレード一律にそれぞれ230°C以上、3Pa·s以下。ブルックフィールド粘度計によって測定する135°C粘度は、ポンピングの容易性を考慮して採用している。DSR (ダイナミックシェアレオメータ)で測定するG\*/sinδについては、耐流動性を考慮して、各グレードにおける最高設計温度における下限値を1.0kPaとしている。

G\*/sinδは、複素弾性率G\*をひずみと応力の位相のずれであるδ(位相角)の正弦値で除したものである。G\*は変形に対する抵抗の大きさと考えられ、またδは試料の粘性要素に関連し、δが大きくなればアスファルトの粘性的性質が大きくなる。したがって定性的に考えても、G\*/sinδが大きければ変形(流動)に対する抵抗が大きいであろうことは理解できよう。なお、G\*/sinδは粘弹性論で損失コンプライアンスと呼ばれるsinδ/G\*の逆数に相当する。

以上のほかに報告として物理硬化指数hがある。(hについては表-1.1.17の注d参照)

##### (3) RTFOT (回転薄膜加熱試験) 後の規定

アスファルトは、骨材と混合してから舗装されるま

表-1.1.17 SHRP バインダ仕様

| パフォーマンスグレード (PG)   | PG52       |           |      |      |      |      |      | PG58 |      |      |      |      | PG64 |      |      |      |      | PG70 |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|------|------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | -10        | -16       | -22  | -28  | -34  | -40  | -46  | -16  | -22  | -28  | -34  | -40  | -16  | -22  | -28  | -34  | -40  | -10  | -16                    | -22  | -28  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7日間平均最高舗装体温度 (℃) <sup>a</sup>  | <52        |           |      |      |      |      |      | <58  |      |      |      |      | <64  |      |      |      |      | <70  |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最低舗装共用温度 (℃) <sup>a</sup>  | >-10       | >-16      | >-22 | >-28 | >-34 | >-40 | >-46 | >-16 | >-22 | >-28 | >-34 | >-40 | >-16 | >-22 | >-28 | >-34 | >-40 | >-10 | >-16                   | >-22 | >-28 |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| オリジナル アスファルト   |            |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 引火点 最小温度 (℃)   | ASTM 092   | 230 ℃ 以上  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 高温粘度 <sup>b</sup><br>最大粘度≤3Pa·s<br>測定温度(℃)                                   | ASTM D4402 | 135       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ダイナミックシェア <sup>c</sup><br>$G^*/\sin \delta \geq 1.0 \text{ kPa}$<br>測定温度 (℃) | SHRP B-003 | 52        |      |      |      | 58   |      |      |      | 64   |      |      |      | 70   |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 物理硬化指数 <sup>d</sup> h  |            | レポート      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RTFOT アスファルト (AASHTO T 240, ASTM D 2872)                                     |            |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 質量損失量 (%)  | ASTM 02872 | 1.00 % 以下 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ダイナミックシェア<br>$G^*/\sin \delta \geq 2.2 \text{ kPa}$<br>測定温度 (℃)              | SHRP B-002 | 52        |      |      |      | 58   |      |      |      | 64   |      |      |      | 70   |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| PAV アスファルト (SHRP B-005)  |            |           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| PAV 劣化温度 (℃)   |            | 90        |      |      |      |      |      |      | 100  |      |      |      |      | 100  |      |      |      |      | 100/(110) <sup>e</sup> |      |      |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ダイナミックシェア<br>$G^* \cdot \sin \delta \leq 5,000 \text{ kPa}$<br>測定温度 (℃)      | SHRP B-003 | 25        | 22   | 19   | 16   | 13   | 10   | 7    | 25   | 22   | 19   | 16   | 13   | 28   | 25   | 22   | 19   | 16   | 34                     | 31   | 28   | 25  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| クリープスティフネス <sup>f</sup><br>$S$ 値≤300,000kPa<br>$m$ 値≥0.30<br>測定温度 (℃)        | SHRP B-002 | 0         | -6   | -12  | -18  | -24  | -30  | -36  | -6   | -12  | -18  | -24  | -30  | -6   | -12  | -18  | -24  | -30  | 0                      | -8   | -12  | -18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ダイレクトテンション <sup>f</sup><br>破断ひずみ≥1.0%<br>測定温度 (℃)                            | SHRP B-006 | 0         | -6   | -12  | -18  | -24  | -30  | -36  | -6   | -12  | -18  | -24  | -30  | -6   | -12  | -18  | -24  | -30  | 0                      | -8   | -12  | -18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

a : 舗装体温度は、SUPERPAVE ソフトウェアの演算式を使って気温から演算するか、制定機関で規定する。

b : 製造元で、バインダーを全てに運用できる安全基準に適合するような温度で、十分に管送でき混合できることが保証できるようになれば、この条件は削除される可能性がある。

c : ストレートアスファルトの製造品質をコントロールするために、アスファルトがニュートン液体（一般的に55℃以上）である試験温度における、オリジナルアスファルトの粘度測定は、ダイナミックシェアの  $G^*/\sin \delta$  値を測定する代わりに、キャビラリーもしくは回転粘度計を使用してもよい。d : 物理硬化指数 h は、物理的硬化を説明するもので、 $h = (S_{24}/S_1)^{m1/m24}$  で計算する。（ここに 1 と 24 は 1 時間及び 24 時間タンク内においてアスファルトを示す。）コンディショニングおよび試験は、設定試験温度で行う。値は計算してレポートする。S は、60秒間荷重後のクリープスティフネス値で、m は60秒間荷重後の  $\log S$  対  $\log$  時間の傾きである。

e : PAV エージング温度は、砂漠気候の110℃を除いて、100℃である。

f : クリープスティフネス値が、300,000kPa 以下なら、ダイレクトテンション試験は必要ない。クリープスティフネス値が、300,000から600,000kPa の間なら、ダイレクトテンションのひずみ応力要求値は、クリープスティフネス要求値の代わりに使用できる。 $m$  の要求値は、いずれの場合も必要となる。

での間加熱状態におかれる。この間の加熱条件をシミュレートしたのがRTFOTである。この加熱条件は、空気中、163°Cで85分間である。RTFOT後の試料に対しては、質量損失率およびG\*/sinδを規定している。質量損失率は、各グレード共1.00%以下、G\*/sinδは各グレードの最高設計温度における下限値を2.2kPaとしている。

ところで、表-1.1.15に示すセミプローンアスファルトには、粘度比が5.0以下という規定がある。これは薄膜加熱試験前後で、アスファルトの60°C粘度が5倍を越えて増加してはいけないことを規定している。このような規格に慣れた目から見ると、原アスファルトのG\*/sinδの下限値を1.0kPaとし、RTFOT後のアスファルトのG\*/sinδの値と同じく下限値で2.2kPaと規定していることは、一見奇異に感じる。すなわち、加熱による硬化劣化の少ないアスファルトの場合は、原アスファルト規格をクリアーしても、RTFOT後にG\*/sinδ値が2.2kPaを越えない可能性が想定されるからである。しかし、ここでSHRP仕様に記載されている数値は試験温度であることを考える必要がある。すなわちSHRPでは、最高設計温度に対して、原およびRTFOT後両試料のG\*/sinδ値が規定値を満足する事を要求しているわけである。

#### (4) PAV試験（加圧促進劣化試験）後の規定

PAVはアスファルトの促進劣化装置で、RTFOT終了後の試料をさらに空气中、圧力2.07MPa、温度90ないし100°C（砂漠地域では110°C）の条件で20時間処理する。これによって供用期間5～10年のアスファルトの劣化をシミュレートできるといわれる。

PAV処理後のアスファルト性状は、平均供用温度付近の規定温度におけるG\*sinδの上限を5,000kPa、最低設計温度より10°C高い温度におけるクリープスティフネスの上限を300,000kPaおよび引張破断ひずみ率の下限を1.0%と規定している。G\*sinδは耐疲労クラック性、クリープスティフネスおよび破断ひずみ率は耐低温クラック性に関するものである。G\*sinδは、粘弾性論において損失弾性率と呼ばれるものである。

このほかにm値として、クリープ試験で得られた温度tとスティフネスSの関係の勾配(dlogs/dlogt)が0.3以上としている。なお、表-1.1.17の注fに見られるように、破断ひずみ率測定はクリープスティフネスが条件を満たさないときのみ実施する。

以上、SHRPの仕様を概観したが、実際の測定例については、文献<sup>23)</sup>等を参照願う。

SHRPの仕様は供用性に重点を置き、原アスファルトの性状に加えて、促進劣化試験後の性状を粘弾性の特性値によって規定している所に特徴がある。これらの特性値に関する試験は、コンピュータの使用によって、速度的にも精度的にも飛躍的に向上したため、アスファルトの品質管理への適用が可能になった。

今後は、改質アスファルトの需要が増加し、アスファルトの性状の幅が広がるであろうし、さらに、海外も考慮すると使用条件も広がるであろう。はじめに述べたように、SHRP仕様はこれらを包括して、アスファルトを一元管理できる規格の方向を目指す一つの試みとも言えよう。

### 3.3 需 給

#### 3.3.1 はじめに

今日の取り巻く経済情勢は目まぐるしく変化している、日本経済はバブル経済の崩壊から確固たる回復の兆しも見えず混迷状態にあり、財政面では消費税の引き上げ、一連の行政改革、また、今年度もさらに規制緩和推進計画の再改定も予定されている。今日までにもすでに各産業界において規制緩和が実施されており、石油業界においても平成8年4月に特定石油製品輸入暫定措置法いわゆる『特石法』の廃止を受け、自由競争下のもと新たな業界構造と秩序を求めて再スタートを切った変革期である。アスファルトも石油連産品である以上、業界の構造変化にも注視せざるを得ないと考えられます。

現在、わが国の石油アスファルトのほとんどがストレートアスファルトであって、需要構造も、その約70%が道路舗装用に使われている。それは、国の公共事業投資規模、特に道路整備と密接にかかわっており、数次にわたる道路整備五箇年計画（平成9年度は第11次五箇年計画の最終年度）によって大きく支えられてきた。本文では、道路用以外の工業用・燃焼用も含め

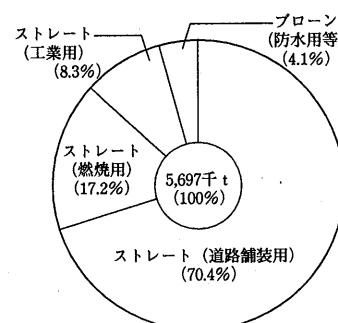


図-1.1.18 アスファルトの販売実績

今までの推移と需給動向について見ていくこととした  
い。

### 3.3.2 アスファルト需給の変遷

アスファルトは、天然に産出する天然アスファルトと人工的に得られる石油アスファルトがあるが、現在わが国でアスファルトといえば一般的に石油アスファルトのことを言う。したがって、ここでは石油アスファルトの需給の推移について述べる。

#### (1) 石油アスファルトの供給

石油アスファルトは、表-1.1.18に示されているようすに大正3年に秋田・新津の国産原油を使用して製造され始め、その後生産は順調に増加していったが、需要の増加とともに国産原油からの生産が追いつかず、米国から大正8年に1,000トンを越える石油アスファルトが輸入(それ以前から輸入はあったものの1,000トンを越えるような輸入はなかった)された。輸入は、大

表-1.1.18 アスファルト供給量の推移

| 項目<br>年(西暦) | 供給(t)     |          |          |        | 輸入      | 計      |         |  |
|-------------|-----------|----------|----------|--------|---------|--------|---------|--|
|             | 国内        |          |          | 小計     |         |        |         |  |
|             | 天然アスファルト  | 人工アスファルト | 石油アスファルト |        |         |        |         |  |
| 土瀬青         | ロックアスファルト |          |          |        |         |        |         |  |
| 大正2年(1913)  | 2,260     | —        | —        | —      | 2,260   | 478    | 2,738   |  |
| 3年(1914)    | 1,849     | —        | —        | 157    | 2,006   | 535    | 2,541   |  |
| 4年(1915)    | 1,755     | —        | —        | 221    | 1,976   | 305    | 2,281   |  |
| 5年(1916)    | 1,436     | —        | —        | 866    | 2,302   | 790    | 3,092   |  |
| 6年(1917)    | 1,902     | —        | —        | 1,970  | 3,872   | 657    | 4,529   |  |
| 7年(1918)    | 461       | —        | —        | 2,539  | 3,000   | 894    | 3,894   |  |
| 8年(1919)    | 670       | —        | —        | 6,004  | 6,674   | 1,124  | 7,798   |  |
| 9年(1920)    | 431       | —        | —        | 6,500  | 6,931   | 2,922  | 9,853   |  |
| 10年(1921)   | 365       | —        | —        | 6,574  | 6,939   | 3,965  | 10,904  |  |
| 10年(1922)   | 280       | —        | —        | 6,389  | 6,669   | 12,408 | 19,077  |  |
| 11年(1923)   | —         | —        | —        | 6,454  | 6,454   | 8,485  | 14,939  |  |
| 12年(1924)   | —         | —        | —        | 8,681  | 8,681   | 11,589 | 20,270  |  |
| 13年(1925)   | —         | —        | —        | 8,773  | 8,773   | 7,784  | 16,557  |  |
| 昭和1年(1926)  | —         | —        | —        | 14,162 | 14,162  | 14,142 | 28,304  |  |
| 2年(1927)    | —         | —        | —        | 13,153 | 13,153  | 17,375 | 30,528  |  |
| 3年(1928)    | —         | —        | —        | 22,410 | 22,410  | 17,190 | 39,600  |  |
| 4年(1929)    | —         | —        | —        | 31,079 | 31,079  | 20,338 | 51,417  |  |
| 5年(1930)    | —         | —        | —        | 26,909 | 26,909  | 12,362 | 39,271  |  |
| 6年(1931)    | —         | —        | —        | 44,980 | 44,980  | 10,958 | 55,938  |  |
| 7年(1932)    | —         | —        | —        | 52,420 | 52,420  | 8,905  | 61,325  |  |
| 8年(1933)    | —         | —        | —        | 75,714 | 75,714  | 3,038  | 78,752  |  |
| 9年(1934)    | —         | —        | —        | 45,988 | 45,988  | 4,082  | 50,070  |  |
| 10年(1935)   | —         | —        | —        | 84,992 | 84,992  | 6,247  | 91,239  |  |
| 11年(1936)   | —         | —        | —        | 74,004 | 74,004  | 6,421  | 80,425  |  |
| 12年(1937)   | —         | —        | —        | 90,063 | 90,063  | 6,798  | 96,861  |  |
| 13年(1938)   | —         | —        | —        | 80,464 | 80,464  | 5,556  | 86,020  |  |
| 14年(1939)   | —         | —        | —        | 89,300 | 89,300  | 2,294  | 91,594  |  |
| 15年(1940)   | —         | —        | —        | 86,020 | 86,020  | 2,038  | 88,058  |  |
| 16年(1941)   | —         | —        | —        | 73,096 | 73,096  | 10,153 | 83,249  |  |
| 17年(1942)   | —         | —        | —        | 53,938 | 53,938  | 50     | 53,988  |  |
| 18年(1943)   | —         | —        | —        | 35,847 | 35,847  | 1      | 35,848  |  |
| 19年(1944)   | —         | —        | —        | 32,332 | 32,332  | —      | 32,332  |  |
| 20年(1945)   | —         | —        | —        | 11,095 | 11,095  | —      | 11,095  |  |
| 21年(1946)   | 3,800     | —        | —        | 9,800  | 13,600  | —      | 13,600  |  |
| 22年(1947)   | 2,100     | —        | 3,230    | 15,234 | 20,564  | —      | 20,564  |  |
| 23年(1948)   | 800       | 3,885    | 2,029    | 17,444 | 24,158  | 1,754  | 25,912  |  |
| 24年(1949)   | —         | 3,230    | 1,271    | 25,526 | 30,027  | 24,384 | 54,411  |  |
| 25年(1950)   | —         | 1,750    | 177      | 98,713 | 100,640 | 1,241  | 101,881 |  |

正9年の道路法の施行に伴って輸入税が撤廃（将来の道路整備を進めていく上で必要となる石油アスファルトの供給不安や国産の石油アスファルトに比べ輸入品の石油アスファルトが優れているとの風潮もあった）されたことから徐々に増加するようになり、大正11年には12,000トン、昭和4年には約2万トンに達するようになった。しかし、輸入原油からも石油アスファルトが製造されるようになったことや昭和7年6月に行われた関税改正によりアスファルトが再び課税されたことから輸入量は減少することになった。

その後、アスファルトの生産は石油精製が隆盛になるとともにその生産量を増加させていったが、需要が追いつかず過剰ぎみとなりアジア方面への輸出をするようになった。しかし、戦争が激化してくるとともにアスファルトドラム資材の入手難やアスファルト自体も徐々に供給が困難となり、瀝青配給組合のもとに、1. 軍需、2. 官需、3. 民需といったような重点配給方式や道路舗装において使用するアスファルトの量を少しでもへらす工夫、天然アスファルトの採取（土瀝青およびロックアスファルト）、人工アスファルト（石油廃酸に石灰を加えて中和し、含まれている硫酸分を石膏のような形状に精製したもの）の製造、アスファルトの品種もストレートアスファルトが針入度30／60、プローンアスファルトが針入度20／30の一品種に制限されるといったことも行われたようである。

戦後は、石油精製業の立ち直りとともに石油アスファルトも徐々に生産を増加するようになり、これまでの道路用や建築防水用以外に工業用や燃焼用への用途が拡大したことによって供給も最近では約600万トンのアスファルトが、中東系の重質油から生産されている。（表-1.1.19参照）

表-1.1.19 石油アスファルト生産量の推移

|       | ストレートアスファルト | プローンアスファルト | 計         |
|-------|-------------|------------|-----------|
| 平成4年度 | 5,848,403   | 272,864    | 6,121,267 |
| 平成5年度 | 5,867,788   | 251,072    | 6,118,860 |
| 平成6年度 | 5,789,237   | 235,173    | 6,024,410 |
| 平成7年度 | 5,832,538   | 190,350    | 5,989,926 |
| 平成8年度 | 5,789,237   | 235,173    | 6,024,410 |

## (2) 石油アスファルトの需要

石油アスファルト需要は、舗床・道路や防水などに使用されているものの、用途別に分けた統計がないた

め正確なところは不明であるが、昭和9年頃の用途別数量として道路用43,000トン（乳剤原料用が26,000トンと加熱混合用よりも多くなっていた）、防水工事用25,000トン、その他8,500トン、輸出8,500トンという記述も残っているので、ほぼ現在と同じような用途に使われていたものと考えられる。しかしながら、このような用途別のデータも断片的にしかないことから、ここでは用途別に統計が取られるようになった昭和30年代以降について記述していくこととする。

### 1) ストレートアスファルト

#### ① 道路整備五箇年計画のスタート

第二次大戦後、経済復興とともに太平洋岸製油所の操業が再開され、増加するエネルギー需要は中東原油を主とした石油へ向かい、次々と製油設備が増設され伸びていくアスファルト需要を賄うことには大きな支障はなかった。昭和25年（1950年）アスファルト収率が高い原油の輸入比率が高かったためか、一時は供給過剰になることも予想されたが、同年6月に勃発した朝鮮戦争が、日本経済にとっても好影響を与え、アスファルト需要も伸びたことによって需給バランス上では吸収された。その後も本格的な経済の立て直しには、産業の復興を押し進める上からも道路整備の促進が要望されるようになり、昭和29年（1954年）第1次道路整備五箇年計画がスタートした。第1次道路整備五箇年計画スタート当時の昭和30年代前半は『岩戸景気』とも呼ばれ、日本経済の成長はめざましくアスファルト需要も図-1.1.19にみられるように本格的な伸長をみせるようになってきた。

#### ② 工業用アスファルトの出現

第1次道路整備五箇年計画がスタートし、特に道路用アスファルト需要は年率20%を超える伸び率で推移し、石油精製各社は需要を賄うため設備を増強していく。しかし、昭和40年代に入り、経済の高度成長の結果、人口の都市部への集中、重化学工業の特定地域への集中化が進み、亜硫酸ガスなどによる大気汚染の公害問題が深刻化し、石油精製各社は低硫黄重油の供給を確保するため、重油のブレンド材として利用してきた硫黄分の高いアスファルト留分の使用が難しくなり、アスファルトが多量に出回る可能性が出てきた。そのため、新しい需要の拡大策として昭和47年（1972年）に鉄鋼業界において製鉄用コークスバインダーとしてストレートアスファルトが使われるようになった。同年の道路用需要の更なる伸び（前年3,881千トンに対し、4,344千トンと増えた）、工業用アスファルトとし

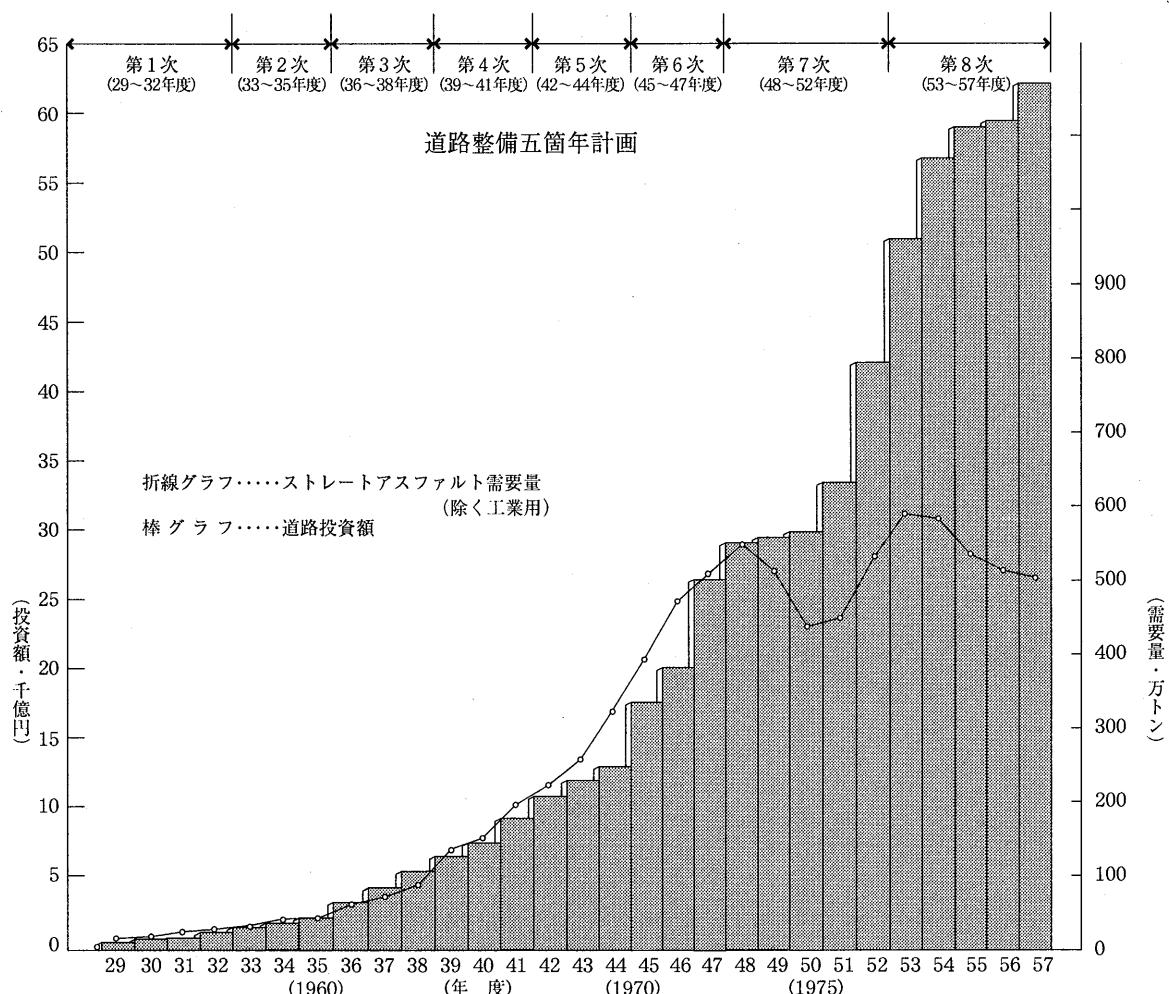


図-1.1.19 道路投資額と道路用アスファルト需要量の推移

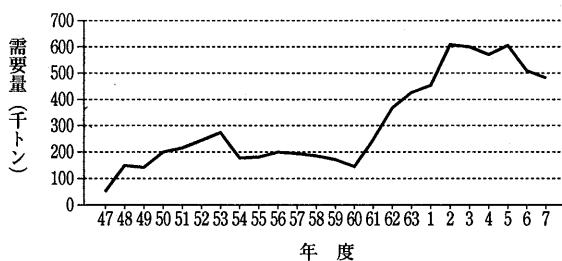


図-1.1.20 工業用アスファルト需要量の推移

ての新規需要（同年の需要量は49千トン）があり、結果的に供給過剰とはならず、逆に供給不足を引き起こし同年51千トン、翌年の昭和48年も引き続き33千トンとアスファルト史上最大の大量輸入が行われた。工業用アスファルトの需要は着々と増え続け、昭和53年（1978年）には264千トンに達した。その後、鉄鋼業界の不況とともに漸減し、昭和60年（1985年）には139千トンとほぼ昭和49年度並の水準まで減少したが、相前後する

よう分解用・ガス化原料用としての新しい用途が開け需要は再び伸び、平成2年度は史上最高の606千トン、次いで平成5年度も602千トンの需要があった。現在は年間500千トン前後の需要量で推移しており、直近の平成7年度は476千トンと若干減少傾向にあった。工業用アスファルトの需要動向については、需要家側の稼働状況や代替品の動向によって変動する。（図-1.1.20参照）

### ③ 最需要期から二度にわたる石油ショックへ

道路用アスファルトは戦後の経済復興、その後の高度経済成長期を通じて、昭和48年（1973年）史上最大の需要量4,654千トンにまで達した。しかし、同時期、第4次中東戦争に端を発した第一次石油ショックによって、原油価格が高騰し、わが国も急激な物価上昇と物不足という厳しい経済情勢におかれた。

政府としても石油ショック後のインフレ対策として

取らざるを得なかった総需要抑制策と景気の停滞などの影響を受けてアスファルト需要も減少方向に向かった。その結果、道路用アスファルトは2年後の昭和50年（1975年）には1,000千トン強も減少し、3,566千トンになり、わずか2年たらずで昭和46年度（1971年）とほぼ同じ程度にまで落ち込んでしまった。景気の回復を狙って昭和52年（1977年）公共事業拡大策として道路投資額を大幅に増額させた結果、道路用アスファルトは昭和52年度に4,242千トンまで回復し、昭和53年度は過去最高であった昭和48年度に匹敵する4,639千トンにまで需要が拡大した。一方、急激に増えた需要に対し、供給が追い付かなくなり供給確保が深刻化し対策を立てる上で、資源エネルギー庁に於いて臨時アスファルト需給対策会議を設けるほどにアスファルト需給は逼迫した。

わずか5年間のなかで約1,000千トンも上下動した激動期であった。公共性の高い道路用アスファルト需要は、その時代の経済情勢の変化によって大きく変動することがいえる。

一時は需要も回復したかに見えたが、昭和53年12月イラン政変を契機とした第二次石油危機が発生したことによって、原油価格は1バーレル30ドルを超えるといった原油価格の高騰は世界の石油事情を大きく変貌させた。日本経済においても戦後最長といわれる長い不況に突入し、財政事情の悪化から公共事業の抑制策がとられるようになり、昭和53年を境に道路用アスファルトの需要は再び減少の一途をたどった。

2年後にはイラン・イラク戦争の勃発等、景気回復の兆しは見えず、政府は年度予算のゼロシーリング・マイナスシーリングと呼ばれるような緊縮財政を取らざるを得ない状況にまで追いつめられていった。

#### ④ 燃焼用アスファルトの出現

二度の石油ショックを経て、各産業界は省エネルギーの徹底、代替エネルギーへの転換を強力に進めていくなかで、化成品メーカーを中心とした企業において、従来より主要燃料として使っていたC重油の代替品としてストレートアスファルトが昭和56年より使われるようになって年々需要は増加の一途をたどり、昭和61年には1,238千トンとわずか5年間で300倍という驚異的な伸びを見せた。その後は、代替品への切り替えにより需要は減少傾向をたどったが、平成7年度は978千トンにまで再び増加している。需要家側の燃焼用アスファルトの用途は主に、ボイラ用燃料として使用されるため、常に代替燃料との採算性の比較対象品とさ

れ、今後の需要見通しとしては、ボイラ等の新增設がない限り、石炭等を中心とした代替燃料と比較されることが需要減の要因であることは過言ではないであろう。しかし、一方ではこの燃焼用アスファルトの出現によって、需給構造の変化への対策の一つとして、昭和53年を境に、道路事業費は伸びているものの、舗装事業費はほぼ横ばいとなる予算構成への変革、さらに再生合材の使用等の影響を受けシリ貧減を続けていた道路用アスファルトの需要減を賄うこととなったのは言うまでもない。（図-1.1.21参照）

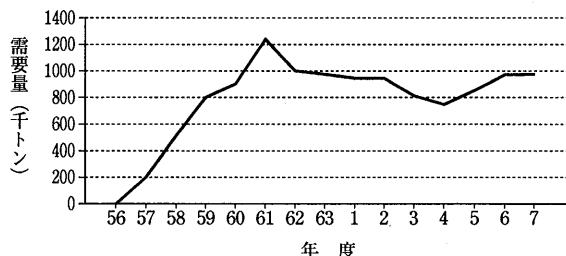
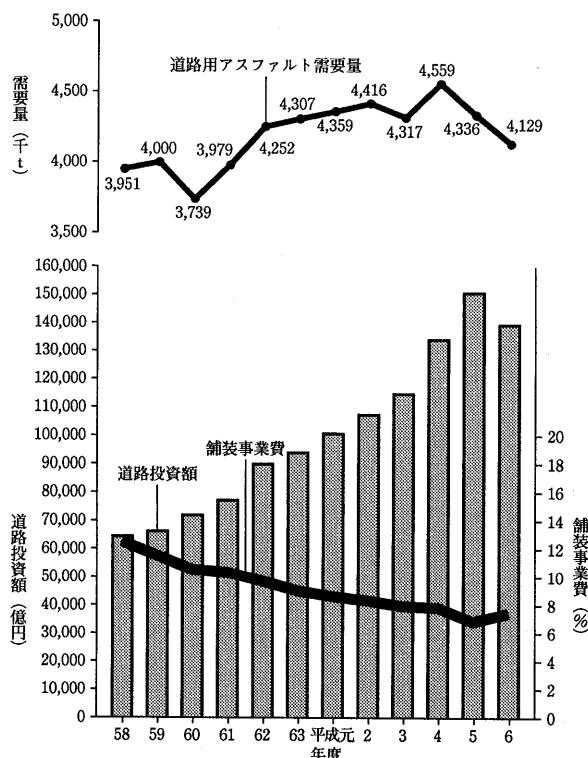


図-1.1.21 燃焼用アスファルト需要量の推移

#### ⑤ 近 年

昭和60年代に入ると景気は回復の兆しを見せはじめ、政府も内需拡大策を取るようになり、これに支えられて図-1.1.22に示されているように道路用アスファルト



出所：道路統計年報、石油アスファルト統計月報

図-1.1.22 道路投資額と舗装事業費と道路用アスファルト需要量の推移

トの需要も伸び続けた。同時に『バブル経済』と称された時期にもあたり、平成2年度には石油アスファルトの内需量合計が6,205千トン（道路用4,416千トン・工業用606千トン・燃焼用929千トン・ローンアスファルト254千トン）という史上最大の需要量を記録した。また、道路用においては民間需要が好調であること、さらに、景気浮揚のために補正予算も組み込まれたことから、平成4年度の道路用アスファルト需要量は史上最高であった昭和48年度の需要量に匹敵する4,559千トンにまで伸びた。しかし、その後は、近年盛んになってきた資源の再利用を推し進めるという流れから、再生合材の使用が増えていることの影響も受け、また、平成5年度になると『バブル経済』の崩壊から、好調であった民間工事による需要も低迷し、再び減少を続けている。平成7年度は阪神大震災の被害による復興需要があったため辛うじて4,011千トンを保ったが、平成8年度も減少傾向は続き概ね4,000千トン前後と想定されている。内需量合計でも平成2年度をピークとし減少の一途をたどっており、平成7年度では5,696千トン、平成2年度と比較すると約500千トン減少した結果となっている。

一方、海外に目を向けてみると、東南アジア地域の経済成長は目覚ましく伸び、アスファルト需要量も年々増加している。わが国からも需要を販賣すべく、台湾・中国・タイを中心とした東南アジア諸国への輸出が増

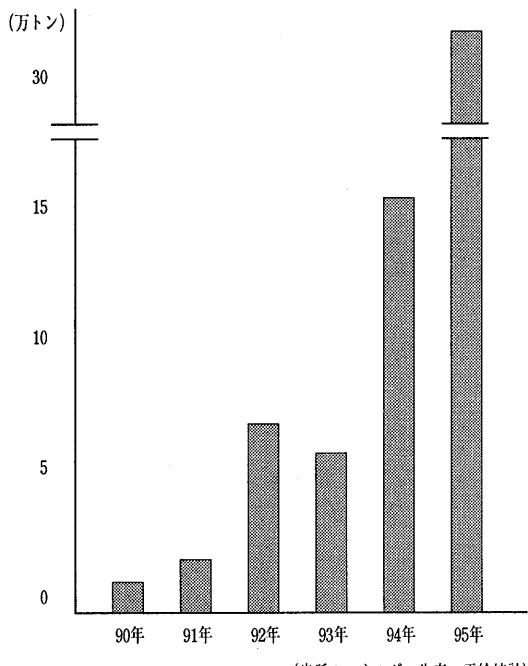


図-1.1.23 石油アスファルトの輸出量の推移

えできている。過去、昭和30年代後半から昭和40年代前半には年間100千トン前後の輸出実績があったものの、その後は増加する国内の需要を賄わざるを得なく僅かな数量に留まっていた。平成2年からは東南アジア地域への供給が増え、平成7年度は343千トンにまで達した。東南アジア諸国の道路舗装率は日本に比べると低い国々が多いこと、また実質国内総生産（GDP成長率）では、それぞれ日本の高度成長期の伸び率を上回っている、これらを材料に考えれば需要は充分に見込まれる。一方、供給は現在のところ国産品で賄いきれない国々が多く、シンガポールからの供給が大部分を占めているが、韓国・日本にも頼らざるを得ないのが実情である。但し、現在タイで建設されている新規製油所の稼働による供給があれば、東南アジア地域の需給バランスにも変化が有り得る。

今後の見通しとしては、輸出である以上、為替相場も加味した価格動向の行方。現状では出荷港、荷揚港の設備上からも大型船舶を使えないというアスファルト独特の事情によるフレート負担、等々の条件が増減の要因となり得るであろう。（図-1.1.23、表-1.1.20～1.1.22参照）

表-1.1.20 アジア諸国の道路整備状況の推移

(単位：km, %)

| 国名              | 1985年   |      | 1990年                |      | 1994年                |      |
|-----------------|---------|------|----------------------|------|----------------------|------|
|                 | 道路総延長   | 舗装率  | 道路総延長                | 舗装率  | 道路総延長                | 舗装率  |
| 韓国              | 32,264  | 49.8 | 56,715               | 71.5 | 76,833               | 77.8 |
| シンガポール          | 2,644   | 94.3 | 2,798                | 97.3 | 2,943                | 97.2 |
| 台湾              | 19,857  | 83.6 | 19,860               | 86.2 | 20,159 <sup>a</sup>  | 87.2 |
| インドネシア          | 205,030 | 61.5 | 244,164 <sup>a</sup> |      | 231,306              | 57.6 |
| タイ <sup>b</sup> | 43,158  |      | 52,339 <sup>c</sup>  | 88.4 | 57,000               | 90.0 |
| ベトナム            |         |      |                      |      | 106,000 <sup>d</sup> | 11.4 |
| 中国              | 942,400 | 20.7 | 1,028,348            | 26.8 | 1,083,461            | 30.2 |

出所：IRF（国際道路連盟）統計資料及び現地調査時の聴取内容による。

\*注：1) 1993年の数値である。  
2) 1991年の数値である。  
3) 国道及び主要幹線のみの数値である。この他に地方道が約2万kmある。  
4) 現地調査時の数値（1995年）である。

表-1.1.21 アジア諸国の実質GDP成長率

(単位：前年比%)

| 国名     | 93年  | 94年  | 95年  | 96年見通し |     |
|--------|------|------|------|--------|-----|
|        |      |      |      | 政府     | ADB |
| 韓国     | 5.8  | 8.4  | 9.0  | 7.4    | 7.5 |
| 台湾     | 6.3  | 6.5  | 5.1  | 6.2    | 6.4 |
| 中国     | 13.4 | 11.8 | 10.2 | 8.0    | 8.0 |
| インドネシア | 6.5  | 7.5  | 8.1  | 7.1    | 7.8 |
| ベトナム   | 8.1  | 8.8  | 9.5  | 9.5    | 9.8 |
| マレーシア  | 8.3  | 9.2  | 9.5  | 8.5    | 8.5 |
| タイ     | 8.3  | 8.8  | 8.6  | 8.3    | 8.3 |

(出所：アジア経済1996)

表-1.1.22 アジア諸国のアスファルト需給の現状と予測

(単位:千トン)

| 国名      | 1994年 |                   | 2000年             | 需要増     |
|---------|-------|-------------------|-------------------|---------|
|         | 生産    | 需要 <sup>(a)</sup> | 需要 <sup>(b)</sup> | (b)-(a) |
| 韓国      | 1,490 | > 1,340           | 1,780             | 440     |
| シンガポール  | 1,000 | > 50              | 50                | 0       |
| 台湾      | 660   | 700               | 800               | 100     |
| インドネシア  | 330   | < 1,470           | 1,970             | 500     |
| タイ      | 310   | < 510             | 1,180             | 670     |
| ベトナム    | —     | 100               | 300               | 200     |
| フィリピン   | —     | 80                | 700               | 620     |
| ミャンマー   | —     | 20                | 30                | 10      |
| 中国      | 3,320 | 3,450             | 5,000             | 1,550   |
| 合計      | 7,310 | 7,720             | 11,810            | 4,090   |
| (参考) 日本 | 6,079 | > 5,927           |                   |         |

注) 2000年の需要はアジアアスファルト事情調査委員会で推計したものである。

## 2) ブローンアスファルト

主に建築防水用に使われているブローンアスファルトは、高度経済成長期の建設需要に支えられ順調に増加し、昭和48年度には353千トンを記録したものの第1次石油ショック後の昭和49年には243千トンにまで急落した。その後、堅調な建設需要に支えられて需要は回復し、昭和54年度には343千トンにまで回復した。しかし、近年の高層建築がブローンアスファルトを使用する屋上などの面積増加に余り結びつかないことや加熱施工で熟練を要するアスファルト防水よりも常温で簡単に施工できるシート防水の増加などにより需要も漸減傾向となり平成7年度は232千トンに留まっている。

また、これまでの用途以外に昭和58年には、道路の流動防止対策としてセミブローンアスファルトがアスファルト協会によって開発され、最近では年間約2万トンの需要がある。(図-1.1.24参照)

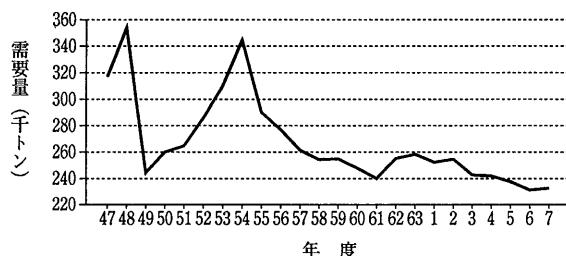


図-1.1.24 ブローンアスファルト需要量の推移

### 3.3.3 今後の展望

#### (1) 需要

アスファルト需要の主要な部分を占める道路用は、

道路整備がある程度充実してきたことから、これからは量的拡大から質的向上に重点がおかれて、今後の道路工事も新設から維持補修工事へと移り変わっていく。都市との調和として景観を重視した舗装、および、急速なモータリゼーションの発達に伴う走行車輛の増加と大型化によって道路の耐久性も必要となり、従来のストレートアスファルトのみならず舗装材料も多様化していく。さらに、再生資源の利用を目的として、再生合材の積極的な使用が増えてくるであろう。道路整備に投入される予算においても、昭和50年代後半からは道路事業費の伸び率に対して、舗装事業費の伸び率は抑えられており、厳しい財政事情からも当面は制約されるであろう。さらに消費税5%へのアップによる舗装材料調達資金の負担増も楽観視できない。以上のことから道路用アスファルトの需要見通しは、横ばいもしくは減少傾向で推移するものと考えられる。

また、工業用・燃焼用アスファルトについては、代替品との競合はあるものの、新たな設備改造による負担増などを考慮すると需要はほぼ現状通りで推移するものと考えられる。

ブローンアスファルトは、建設用・道路用以外の用途への代替品使用の影響如何で増減するが、ここ数年の傾向を見る限り、ほぼ横這い傾向で推移するものと考えられる。

#### (2) 供給

石油ショック後、各産業界は石油代替エネルギーへの転換を謀ったことによって、石油製品の需要構造はB・C重油は減少し、ガソリン・灯油・軽油等のいわゆる白油が伸びてきている。量的変化にのみならず価格体系も白油の方が高値市況である。石油精製各社は白油の需要に対応するため、また、当然乍ら採算性を追求した生産構造へと移しつつ、重質油の分解装置をはじめとする二次装置の増強新設を実施している。白油増産設備の投入によって原油選択の幅も拡がり、アスファルト留分は従来のようなC重油・潤滑油の副産物としてではなく、必要最小限の生産を行う目的生産物へと位置づけられてくる。さらに電力事業の規制緩和から石油精製会社による売電事業(Independent Power Producer)への参画意思が強く、実施されると発電設備はアスファルト及び重質油を燃料とし、製油所内で新規需要として消費されることになる。このような状況を勘案するとよほどのことがない限り、供給過剰にはなり得なく、むしろタイト化に進むと考えられる。

しかしながら、公共性の高いアスファルトの供給を無視するわけにはいかず、安定供給を維持することは石油精製側の責務でもある。そのためには市場での適正価格の形成が必要不可欠であり、精製側にも魅力のある石油製品にする必要がある。

最後に石油アスファルトの生産を促進するため、平成9年度の税制改革大綱において石油アスファルト等に対する関税・石油税の還付制度が制定されつつある。本件実施の趣旨は、アスファルトの安定した供給を図り、国内石油精製企業に対して石油アスファルト等の生産インセンティブを与えるため本措置を導入するものである。本措置の導入により、石油精製過程において生ずる残査油について、相対的にみて、石油アスファルト等の製造に供されることが促進される一方、中間留分を加えて重油製造に供されることが抑制されることが目的とされている。

### 3.4 流通

#### 3.4.1 流通経路

##### (1) 商流

現在のアスファルトの商流経路は、図-1.1.25の様に最終需要家に行着くまで、幾つかの中間業者を経由する商流が多く多段階・複雑なものとなっている。中には、加工・改良され様々な付加価値をつけて需要家に配送されるものもある。

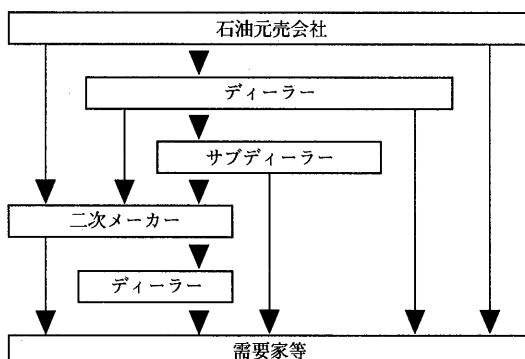


図-1.1.25 アスファルトの商流

##### (2) 物流

アスファルトの物流経路としては、図-1.1.26の通り大きく2つに分類する事ができる。

一つは、生産工場（製油所）から各油槽所へバルクで海上輸送され、需要家に陸上輸送によって配送されるものと、生産工場から直接需要家へ配送されている。

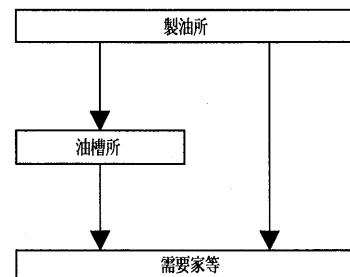


図-1.1.26 アスファルトの物流

#### 3.4.2 輸送方法

アスファルトの輸送方法は、今までに著しい変革をとげてきた。その大きな理由としては、需要の増大と市場競争の結果に起きた輸送コスト削減努力によるものである。

その昔、アスファルトが防水剤、接着剤として使用されていた時代は、固体物として取扱われ運搬されていたが、石油アスファルトが道路建設資材として優秀性が認められるようになってからは、需要の伸びと企業の近代化に見合うようにアスファルトの輸送方法も近代化してきた。過去、昭和35年頃迄はほとんどのアスファルトは、パック（ドラム詰及び紙袋詰）の荷姿で出荷され、貯蔵も大変であった。

しかし、昭和36年頃からバラ（液状）の出荷が開始され、ここからアスファルトローリーや輸送用鉄道タンク車が稼働し始めたこととなった。当初は、保温も何もないタンクをトラックの上に乗せて運んでいたため、製油所より遠方は、出荷不可能であった。しかしタンク車からじかにローリーに移し変える方法や、アスファルトタンカーやタンク車を使い油槽所（二次基地）に配送し、ここからローリーでユーザーへ配送する方法等により、飛躍的に配送地域が広がった。

もちろんこの間タンカーやローリー自体の保温技術も進歩し、生産場所からの長距離配送も可能となった。

こうした時代の流れと共に現在、主に使われている輸送方法としては、海上輸送によるタンカーを使用する場合と陸上輸送によるローリー車を使用する場合に分けられる。

現在も一部パック詰めによるトラック輸送もあるが、大別すると下記の2つの輸送手段に分ける事ができる。

##### (1) 海上輸送

タンカーについては、現在アスファルト専用タンカーは33隻あり、積載量については、表-1.1.23の通りである。このうちの大半が1,000t積クラスとなってい

る事が表-1.1.23からわかる。

こうしたアスファルトタンカーの1,000 t型への集中は、二次基地である油槽所のタンク容量や荷役設備、製造工場の状況、輸送距離、需要等を総合的に考慮した場合の最適船型であるという結果だと考えられる。

海上輸送で使用されるアスファルトタンカーは、特殊タンカーでありアスファルトの性質上、高温を保って輸送しなければならないため、図-1.1.27のような二重で魔法瓶の様な構造になっている。

表-1.1.23 アスファルトタンカー隻数

| 隻屯数             | 隻数 |
|-----------------|----|
| ~ 999 t         | 4  |
| 1,000 ~ 1,499 t | 26 |
| 1,500 t以上       | 3  |
| 合計              | 33 |

## (2) 陸上輸送

次に陸上輸送については、製造工場及び油槽所から需要家への輸送のほとんどがローリー車での配達となっている。現在、アスファルト専用ローリーの保有状況は、表-1.1.24の通りである。

陸上輸送で使用されるアスファルトローリーも、タンカー同様、特殊な構造となっている。(図-1.1.28)

これらのアスファルトタンカーやローリーは、特殊であるためにアスファルト以外には使用できず、平準化された月需要でない等の原因により通常のタンカーやローリーに比べ非常に回転数が低くなっている。そのためコストの中に占める流通経費も通常の油に比べ割高になっている。

表-1.1.24 アスファルトタンクローリー保有台数

| 通産局名 | 用途別台数 |       | 合計    |
|------|-------|-------|-------|
|      | 自家用   | 営業用   |       |
| 北海道  | 4     | 136   | 140   |
| 東北   | 16    | 185   | 201   |
| 関東   | 100   | 411   | 511   |
| 中部   | 29    | 249   | 278   |
| 近畿   | 48    | 66    | 114   |
| 中国   | 27    | 93    | 120   |
| 四国   | 2     | 42    | 44    |
| 九州   | 31    | 98    | 129   |
| 沖縄   | 8     | 4     | 12    |
| 合計   | 265   | 1,284 | 1,549 |

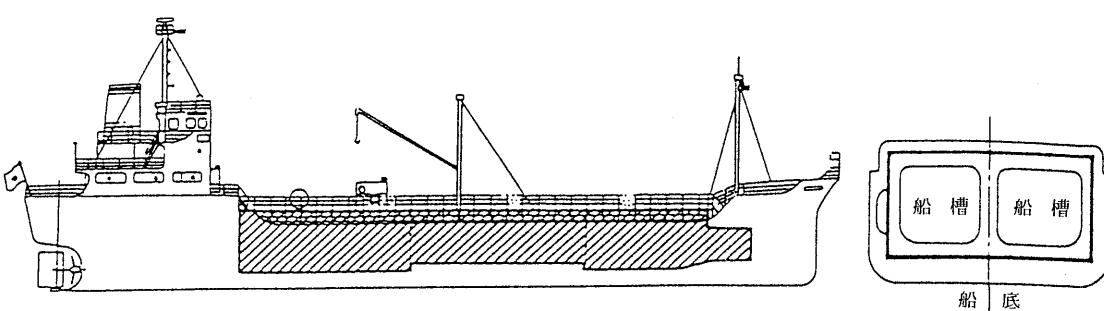


図-1.1.27 アスファルトタンカーの構造（一例）

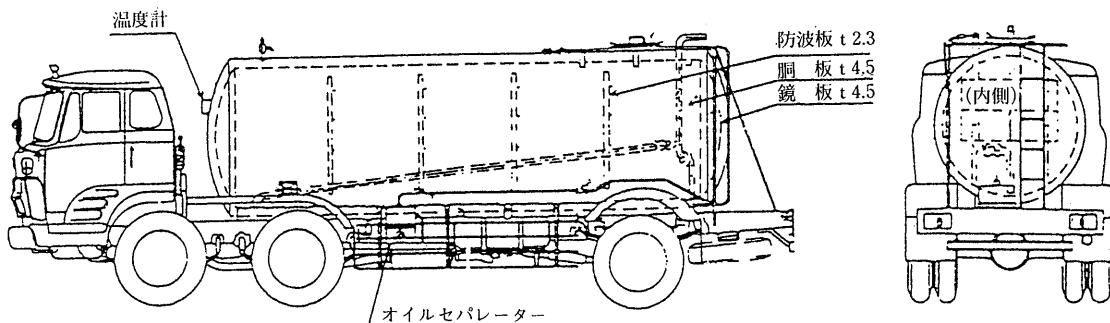


図-1.1.28 アスファルトローリーの構造（一例）

### (3) その他

その他の輸送方法としては、離島向けにコンテナやドラム缶で運ばれているものと、ブローンアスファルトの約1/3は写真-1.1.14に示したような紙袋で需要家に届けられている。



写真-1.1.14 ブローンアスファルトの袋詰

### 3.4.3 生産場所及び油槽所

平成9年1月1日現在のアスファルト生産場所分布図を、図-1.1.29に、アスファルト油槽所を図-1.1.30に、通産局別の製油所及び油槽所のアスファルタンク容量を表-1.1.25に示した。

図-1.1.29に示されているように石油精製工場の立地は、エネルギーの大消費地に近いことと原油のほとんどを海外から輸入している事が大きな要因になって、太平洋沿岸及び瀬戸内沿岸の大工業地域に集中している。この事が、図-1.1.30に示した油槽所を必要とする原因となっている。しかし、油槽所の数自体も減少傾向に有り、流通コストの改善が言われている現在、業務提携等によりいっそうの合理化を図る必要性がある。

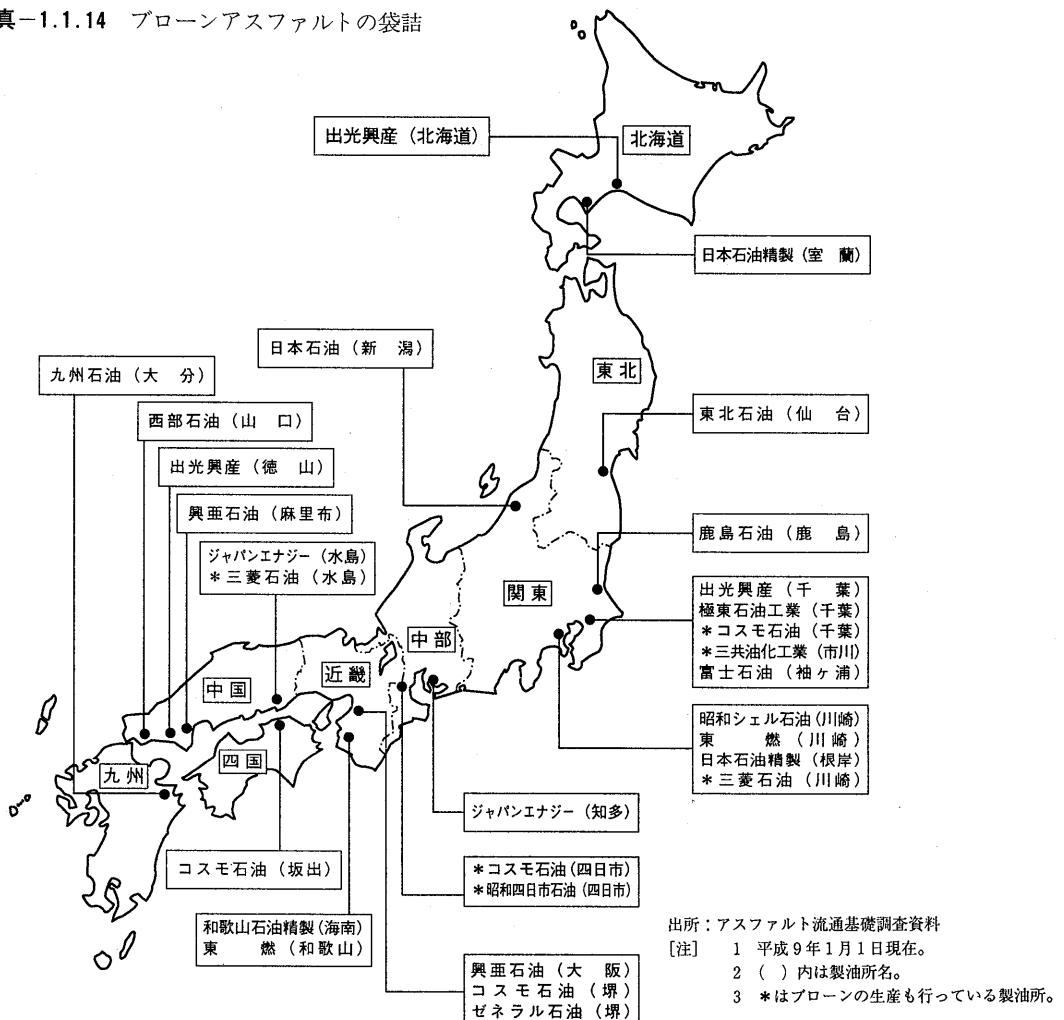


図-1.1.29 石油アスファルト生産場所分布図

表-1.1.25 通産局別、製油所・油槽所アスファルトタンク容量

| 通産局 | 北海道    | 東 北    | 関 東     | 中 部     | 近 畿    | 中 国    | 四 国    | 九 州    | 沖 縄   | 計       |
|-----|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 製油所 | 32,000 | 17,500 | 157,758 | 93,840  | 54,460 | 77,200 | 12,000 | 5,500  | 1,500 | 451,758 |
| 油槽所 | 34,137 | 30,800 | 26,073  | 12,760  | 24,872 | 5,980  | 7,770  | 38,774 | 6,150 | 187,316 |
| 合 計 | 66,137 | 48,300 | 183,831 | 106,600 | 79,332 | 83,180 | 19,770 | 44,274 | 7,650 | 639,074 |

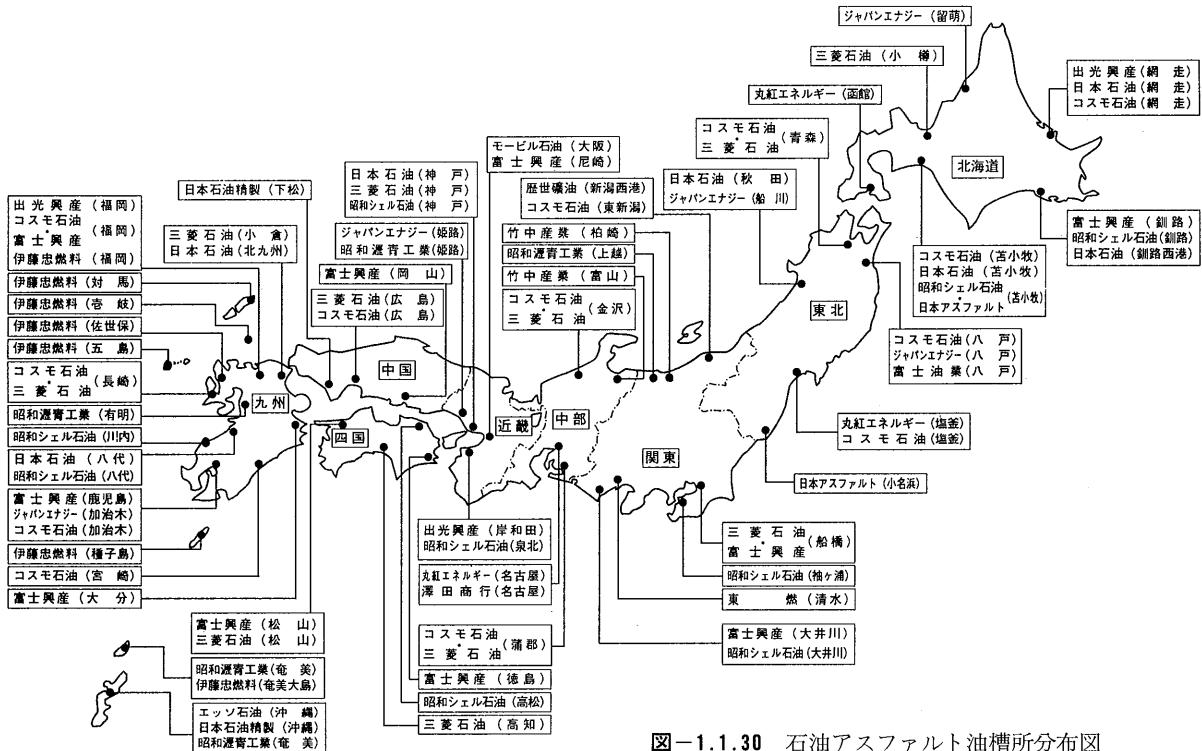


図-1.1.30 石油アスファルト油槽所分布図

#### 3.4.4 今後の課題

今後のアスファルト流通設備については、アスファルト需要が道路整備が充実してくるとともに新設から維持補修工事へと転換することや再生合材の積極的な利用、機能や景観を配慮した道路整備にともなう舗装材料の多様化などによって余り大きな伸びは期待できなくなっていること。また、公共工事費の縮減に向けて工事費や資材費の見直しなどの取組が行われようとしていることから、流通の合理化や流通経費縮減に向けた取組が求められてくる。

アスファルト業界としても、このような状況に積極的に取り組んでいく必要があるものの、下記に記したように独自に検討が可能なものと需要家である官公庁や合材業界に検討をお願いしなければならないものがあるので、アスファルト業界全体で取り組んでいくことが望まれる。

アスファルト業界が独自に取り組めるものとしては、  
①アスファルトタンカーの大型化と効率的な運行。

タンカーの大型化やこれまで行ってきたアスファルトタンカーの共同運行をより積極的に推進し交錯輸送を極力無くしていくことが流通経費縮減に寄与する。

##### ②油槽所の共同利用の推進。

これまで一部のメーカー間では行われていたが油槽所の共同利用や共同運行によって、油槽所の統廃合を実現し流通の合理化がすすめば流通経費縮減に寄与する。

需要家である官公庁や合材業界に検討をお願いするものとしては、

##### ①工事の平準化の積極的な推進。

アスファルトの需要の大部分が公共工事であるために安定供給が求められ、そのために最大需要期の需要に合わせた流通設備を持っているが、工事が平準化することによって流通設備を合理化することが可能となり流通経費縮減にも寄与する。

##### ②都道府県ごとのアスファルト需要予測の公表。

需要予測の公表は、効率的な生産や配送が可能となり流通設備の合理化や流通経費縮減にも寄与する。

③官公庁間において同一地域での規格の統一。

同一地域において官公庁間で規格の不統一があれば貯蔵施設の増強や流通コスト増につながりかねず、技術的に不必要的品種は増やさない方向で調整をお願いしたい。

④合材業界におけるアスファルト貯蔵施設の増強。

欧米並（1基50～60tが2～3基）に貯蔵施設が増強すれば、アスファルトローリーの大型化や朝1番納入といったような時間指定が無くなり、出荷時間の分散化が行われれば効率よい配送が可能となり、アスファルトローリー台数の削減や流通経費縮減にも寄与する。

また、合材業界においても計画的な発注ができる仮発注による当日キャンセルといった事態の解消にもつながる。

——参考文献——

- 1) TLAおよび欧州舗装視察調査報告書, TLAおよび欧州舗装視察調査団, 1995.8
- 2) 日本におけるトリニティ・アスファルトの利用, 三菱商事㈱・東亜貿易㈱
- 3) ギルソナイト, ㈱トーメン, ㈱トーメンケミカル
- 4) NORTH AMERICAN ASPHALTUM ZECO SERIES, ㈱トーメン
- 5) 入来重彦:日本産アスファルトに就て, 工業化学雑誌, 第9編, 第105号, 1906.11
- 6) 阿部千春, 繩文時代のアスファルト, アスファルト, Vol.38, No.185, 1995, P37
- 7) アスファルトの歴史, アスファルト, Vol.30, No.154, 1987, P40
- 8) 日本鋪道50年史, 日本鋪道㈱, 1985
- 9) 久下晴巳:ブレンドによるアスファルトの製造, アスファルト, Vol.33, No.164, 1990, P61
- 10) 山本研一:石油及び天然ガス, 共立社, 1941
- 11) 石油学会編:新石油精製プロセス, 幸書房, 1984
- 12) 小口勝也, 若林孟茂, 中山哲男, 中村悦郎:各種原油の常圧残油および減圧残油の性状, 石油学会誌, Vol.24, No.4, 1981, P260
- 13) Smith D.B., Schweyer H.E.:Hydrocarbon Proces. Vol.46 (1), 167 (1967)
- 14) Goppel, J.M., Knotnerus, J.:Proc. 4th World pet-rol. Congr. Sect. III/G, Paper 2.
- 15) 西沢 亨, 田中晴也, 川付正明:ブローンアスファルトの化学特性に関する研究, 石油学会第26回石油・石油化学討論会要旨集, 1996, P145
- 16) 田中晴也, 川付正明:各種ストレートアスファルトの物性と化学特性に関する一考察, 第21回日本道路会議論文集, 1995, P230
- 17) U.S. 524,130,1884
- 18) 日本石油編:石油便覧, 燃料油脂新聞社, 1994
- 19) 片脇清士, アスファルト, Vol.34, No.170, 1992, P34
- 20) 板垣和芳, アスファルト, Vol.36, No.177, 1993, P63
- 21) 神谷恵三, アスファルト, Vol.37, No.181, 1994, P28
- 22) 新田弘之, アスファルト, Vol.39, No.190, 1997, P3
- 23) 塚越 徹, アスファルト, Vol.39, No.190, 1997, P10
- 24) アスファルト, Vol.2, No.9, 1959, P22
- 25) アスファルト, Vol.15, No.86, 1972, P9
- 26) 林 誠之, アスファルト, Vol.19, No.107, 1976, P15
- 27) 荒井孝雄, アスファルト, Vol.19, No.109, 1976, P6
- 28) 竹下 洋, アスファルト, Vol.20, No.110, 1977, P26
- 29) 井町弘光, アスファルト, Vol.27, No.142, 1985, P37
- 30) 牛尾俊介, アスファルト, Vol.31, No.157, 1988, P9
- 31) 牛尾俊介, アスファルト, Vol.37, No.181, 1994, P8
- 32) 青木秀樹, アスファルト, Vol.39, No.190, 1997, P19
- 33) 岸 文雄, アスファルト, Vol.3, No.16, 1960, P5
- 34) 岸 文雄, アスファルト, Vol.9, No.48, 1966, P12
- 35) 真柴和昌, アスファルト, Vol.23, No.125, 1980, P6
- 36) 関根幸生, アスファルト, Vol.26, No.137, 1983, P14
- 37) 白神健児, 土居貞幸, アスファルト, Vol.29, No.148, 1986, P3
- 38) 片脇清士, アスファルト, Vol.37, No.181, 1994, P1
- 39) 日本アスファルト協会, “重交通道路の舗装用アスファルト「セミブローンアスファルト」の開発” (1984)
- 40) 片脇清士, 新田弘之, 佐々木巖, 中村俊行, 久保和幸, 土木技術資料, Vol.35, No.9, 1993, P28
- 41) アスファルト, No.183, 1994
- 42) 日本アスファルト協会, 日本のアスファルト事情 (1996年版)
- 43) 日本石油, 石油便覧
- 44) 石油連盟, 関税・石油税還付制度検討
- 45) 日本アスファルト協会, アスファルト流通基礎調査資料, 1996

## 第2章 アスファルト乳剤

### 1. はじめに

アスファルト乳剤は、我が国においては大正の末期から使用され、70年以上の歴史をもつ舗装材料である。

戦前においては東京市を始め市街地の舗装に活躍し、戦後はカチオン乳剤や路上安定処理工法、いわゆるスタビライザ工法などの新技術の開発もあって、防塵処理や簡易舗装へと大量に使用され、我が国の経済発展に貢献してきた。

しかし乳剤生産量は、昭和45年の71万トンをピークに年々減少し、昭和55年には30万トン台になり、以後は30万トン強の横這いとなっている。

減少の理由としては、第一に全国の市町村道で施工されていたスタビライザ工法が、舗装率の向上とともににより高品質を求めるニーズに合わなくなってしまったことである。第二の理由は各自治体が失業対策事業として行っていたアスファルト乳剤舗装を主とした直営施工班方式が、日本経済の発展によりその意味を失い、加熱アスファルト混合物を主とする請負方式に代わっていったためである。

### 2. アスファルト乳剤の歴史

#### 2.1 起 源

アスファルト乳剤は1906（明治39年）に米国のカルマンが特許を得、1909（明治42年）にはドイツのレンホールド・ウォルマンが防塵、防水用に製造したという記録がある。

道路用材料として市場に出たのは1915（大正4年）頃、コールドスプレーと呼ばれて、イギリスで砂利道の瀝青路面処理に用いられて以来と考えられる。

#### 2.2 乳剤舗装の幕開け

大正12年の関東大震災は広域な被害をもたらした。その後復興計画には土地区画整理、道路拡張に重点が置かれ、我が国で初めて舗装事業が大きくクローズアップされたのである。

大正15年に入って東京市は、従来のアスファルトコンクリートのいわゆる高級舗装では費用がかかり過ぎることから、乳剤の研究を開始した。

また一方では、1909年（明治42年）ドイツで発明されその後改良を加え、英・独の特許製品となった舗装用乳剤ビチュマルスを、業者が試験的に輸入し校庭などの舗装を行い、昭和2年には内務省土木試験所が、

輸入されたビチュマルスを使って道路での試験舗装を行っている。

これが乳剤舗装の試験・研究の始まりで、また我が国に乳剤舗装を導入した最初であり、簡易舗装の草分けとなった。



写真-1.2.1 如露型撒布器で乳剤撒布



写真-1.2.2 フルイで目漬し碎石撒布

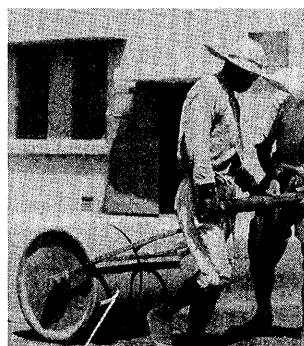


写真-1.2.3 手引きローラ

### 2.3 我が国初の乳剤製造

昭和2年に東京市は、乳剤の製造法を完成させ、昭和3年には道路課試験所直営の乳剤工場を設置して、我が国初の製造を開始した。

東京市が乳剤舗装に着手したとき、乳剤業者は採算を度外視して全国的に無償で試験舗装を行い、東京市と一体となって乳剤舗装の普及に努めた。小さな町では、試験舗装だけで全長が舗装されるという効果により、乳剤は全国を風靡した。

一方、業界では過当競争を抑制し、業界の健全な発展を計ろうとする機運が次第に高まり、昭和10年頃には「瀝青乳剤連合会」が結成された。

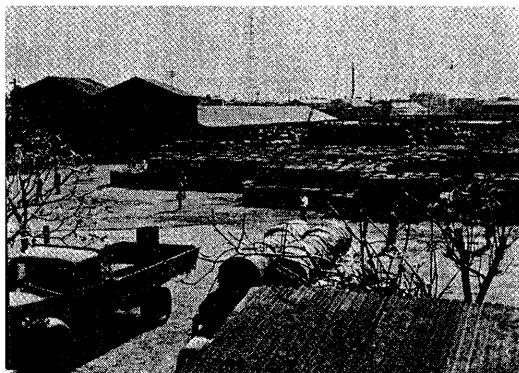


写真-1.2.4 東京瀝青混合所小台工場構内の一部

表-1.2.1 東京市の乳剤規格（昭和3年～26年頃まで）

|                |   |
|----------------|---|
| 比粘度 (25°C)     | 2~8   |
| 安定度<br>(低温安定度) | 0°Cにおいて4時間冷却したる後25°Cにおいて24時間静置す。この操作を2回反覆施行し乳化状態に変化なきもの48以上 |
| 蒸溜残留物量 %       | 48以上  |
| 針入度 (25°C)     | 90以上  |
| 伸張度 (25°C)     | 100厘以上  |
| 二硫化炭素可溶成分 %    | 98以上  |

### 2.4 太平洋戦争の勃発

昭和15年、米国による日米通商条約の失効以来原油の輸入が全面的にストップし、乳剤の原料であるアスファルトの入手が困難になり、民間企業に対する石油の供給は、厳しい統制下に置かれた。

この石油配給統制規則は、乳剤をはじめ石油二次加工製品の製造を禁止する内容が含まれていたのである。

法人格の組合を結成するようにとの商工省の指導により昭和16年3月、「日本瀝青乳剤工業組合」が結成された。同年7月に、米国はわが国の在来資産の凍結を計り経済封鎖を行った（ABCD経済封鎖）ことから、石油の輸入は途絶え、日米関係はますます悪化の一途をたどり、遂にこの年の12月8日、わが国は米英両国に宣戦布告、太平洋戦争が勃発した。

石油不足により、わずかな国産の原油を極端に精製してガソリンを絞り出すため、アスファルトの品質は粗悪になり、そのままでは舗装材料としても使用できない状態であった。この時期のアスファルト乳剤の生産は、原料の価格高、数量減という状況下に置かれた。その代用品として、土瀝青、タール、硫酸ピッチ、パルプ廃液などの利用が考えられ一部使用された。

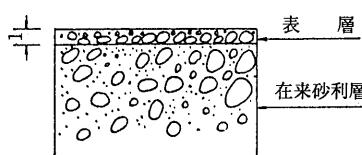
### 2.5 戦後の復興と道路整備

昭和20年8月15日わが国はポツダム宣言を受諾、無条件降伏により太平洋戦争は終結した。戦争末期における度重なる米軍の爆撃により主要都市は焦土と化し、国土は荒れ、道路の荒廃は目を覆うばかりであった。

技術者をはじめ労力、資材の不足それに財政の逼迫により道路の維持整備は放置されたままの状態で、これが戦災復興のための建設資材や原料輸送の大きな妨げになっていた。

連合軍は、日本本土各地への進駐が本格化するにつれ、占領政策の円滑な運営を図るためにまず道路の改良、舗装の新設および維持修繕に着手した。この道路工事は駐留軍関係の需要として優先されたわけではあるが、荒廃を極めたわが国の道路の復興に及ぼした効果は大

塗瀝砂利道舗装



塗瀝碎石舗装

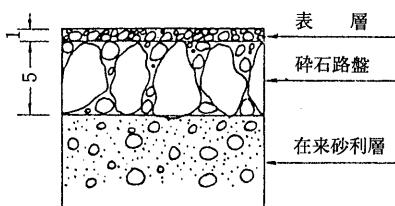


図-1.2.1 東京市の標準車道簡易舗装構造（昭和13年頃）

きかった。

## 2.6 日本アスファルト乳剤協会新生

昭和16年に発足した日本瀝青乳剤工業統制組合は、昭和21年にGHQの指令により、解散を命じられたが、その後、国内の乳剤メーカーが製造を開始し始めたことから、翌年の昭和22年2月に業界の親睦団体として、同組合を母体とした「日本アスファルト乳剤工業会」が結成された。

しかし、その直後の同年4月に独占禁止法が公布され、そのとき発足した公正取引委員会による審査の結果、規約、内容等を改め、同年12月1日、日本アスファルト乳剤協会として新生した。

同年6月3日には社団法人日本道路協会が発足した。昭和20年11月1日に設立された日本道路建設業協会を皮切りに、業界諸団体が設立、新発足したことは戦後の道路復興、業界再建推進の原動力となり、業界の活性化を大いに促した。

また、日本経済再建復興は即道路復興にあるとの認識により、昭和23年11月GHQ（連合軍総司令部）は、日本政府に対して道路の維持修繕五箇年計画を提出するよう指令した。（GHQ覚書）

このことがわが国の「道路法」の改正、道路整備再開の道を開いたのである。

## 2.7 高度成長時代への一步

朝鮮戦争は昭和25年6月25日に勃発した。この時期は我が国の経済が不況のどん底にあり、産業界は破綻寸前の窮地に追い込まれていた。この突然の動乱によって生じたいわゆる“特需景気”は戦後の低迷ムードを一掃し、我が国経済復興の追い風となった。

またこの年、国は国土の荒廃を復興すべくこれを失業者対策により推進するという、いわゆる「失業事業」を地方自治体に指示した。全国の都市で一斉に実施されたこの事業は道路整備に重点が置かれ、なかでもアスファルト乳剤による道路整備事業が主流であった。一日の日当が240円であったことから、作業員は“ニコヨン”と呼ばれた。

乳剤舗装工事は、常温で使用しそれほど高度の技術を要せず、また効果もすぐ表れるということから、東京から次第に全国各地へと広がっていったのである。

アスファルト乳剤舗装は從来から浸透式工法が一般的であり、失業事業を含めほとんどの道路舗装はこの方式で行われてきた。しかし事業が推進されるにつれ、より均一で安定した舗装が求められるようになり、製造業者は混合用乳剤の研究を始めた。



写真-1.2.5 失業事業による乳剤浸透式舗装風景

## 2.8 乳剤受難の時代

特需景気により活気づいたわが国の経済は、朝鮮動乱により生じた反動不況の波を受けながらも、昭和30年代を迎える格的な成長発展の時代へ踏み出した。

一方昭和31年に入り、エジプトがスuez運河の国有化を宣言したことから、これまで同運河を支配してきたイギリス、フランス両国との間に国際紛争（第2次中東戦争）が生じ、世界石油市場に深刻な影響を与えた。わが国においてもタンカー不足、石油備蓄の未整備のためアスファルト、特にアニオングリセリン系アスファルトの供給は円滑性を欠き、乳剤製造業界に先行き不安感をもたらした。その間、業界は安定供給を求める石油業界への陳情を行いながら、片やパラフィン系アスファルトの乳化を研究するなどの努力を重ねた。

## 2.9 アスファルト乳剤のJIS制定

アスファルト乳剤の日本工業規格（JIS）の制定については、これまで業界各方面から強く要望されていたが、その主原料である石油アスファルトの規格が未制定であったため、アスファルト乳剤の規格も制定をみるに至らなかった。

しかし、昭和31年7月17日に石油アスファルトの規格がJIS K 2207として制定されたのにともない、日本工業標準調査会化学部会に乳剤専門委員が設置され、東京都の規格や米国のFederal Specificationなどを参考し、昭和31年8月3日から32年2月に至る6回の審議を経て、同年6月28日にJIS K 2208-1957として制定された（表-1.2.2）。

種類は用途によって分類されており、浸透用と混合用とに2大別し、さらにそれぞれを5種および3種、計8種に分けている。浸透用にはPenetrating Emulsionに因んでPE、また混合用にはMixing EmulsionからMEとなっている。

石油アスファルト乳剤はこれまで、アスファルト乳剤と通称されていたが、この規格が対象とするものは

表-1.2.2 石油アスファルト乳剤規格表 (K 2208-1957)

日本工業規格 JIS  
石油アスファルト乳剤 K 2208-1957

**1. 適用範囲** この規格は主として舗装に用いる石油アスファルト乳剤(以下乳剤といふ)について規定する。

**2. 種類** 乳剤はその用途によって表1のとおりわける。

表1 種類

| 種類        | 用途               |
|-----------|------------------|
| PE-1<br>A | 一般浸透用            |
| PE-2      | 冬季浸透用            |
| PE-3      | プライムコート用         |
| PE-4      | タックコート用          |
| PE-5      | セメントコンクリート養生用    |
| ME-1      | 粗骨材混合用           |
| ME-2      | 粗細骨材混合用および細骨材混合用 |
| ME-3      | 土壤混合用            |

**3. 品質** 乳剤は石油アスファルトを適当な乳化剤を用いて水中に分散させたもので、表2の規定に合格しなければならない。

石油系アスファルト乳剤に限るという建前から、石油アスファルト乳剤とし、英訳名はFederal Specificationを参考にして、単にEmulsified Asphaltとされた。

工業標準化法第15条の日本工業規格は、制定の日から少なくとも3年を経過するごとに、規格の再審議を行う必要があるとの理由から昭和36年改正された(表-1.2.3)。

#### 2.10 カチオン乳剤の登場

米国では、これまでのアニオニン系乳剤に代わってカチオン系乳剤の研究が行われ、昭和32年には世界で初めてその製品化に成功した。昭和34年には、ソ連においても寒冷地における効果が認められ、アニオニン系乳剤の欠点が十分に補足されていることが実証された。

カチオン系乳剤は、アスファルト粒子が+に帯電してほとんどの骨材に短時間内に付着し、降雨にも影響

| 項目                                  | 種類              | PE-1<br>A<br>B  | PE-2         | PE-3        | PE-4        | PE-5       | ME-1        | ME-2        | ME-3        |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 比粘度<br>(25°C)                       | 10以下            | 10以下            | 6以下          | 6以下         | 6以下         | 20以下       | 30以下        | 40以下        |             |
| フリーリンゴ留物 %<br>(1190 ml)             | 0.3以下           | 0.3以下           | 0.3以下        | 0.3以下       | 0.3以下       | 0.3以下      | 0.3以下       | 0.3以下       | 0.3以下       |
| 貯蔵安定度 %<br>(5日)                     | 5以下             | 5以下             | 10以下         | 10以下        | 10以下        | 5以下        | 5以下         | 5以下         | 5以下         |
| 分解時間 分                              | 40以下            | 40以下            | 30以下         | 30以下        | —           | —          | —           | —           | —           |
| 骨材破膜試験<br>(40°C, 5分)                | 合格              | 合格              | 合格           | 合格          | —           | 合格         | 合格          | —           | —           |
| 低温安定度<br>(-5°C)                     | (1)<br>合格       | (1)<br>合格       | (1)<br>合格    | (1)<br>合格   | (2)<br>—    | (1)<br>合格  | (1)<br>合格   | (1)<br>合格   | (1)<br>合格   |
| 粗骨材混合試験                             | —               | —               | —            | —           | —           | 合格         | —           | —           | —           |
| 細骨材混合試験                             | —               | —               | —            | —           | —           | —          | —           | 合格          | —           |
| セメント混合 %<br>試験残留物                   | —               | —               | —            | —           | —           | —          | —           | —           | 2以下         |
| 破壊度 %<br>(N/10CaCl <sub>2</sub> 溶液) | —               | —               | —            | —           | —           | —          | —           | —           | 2以下         |
| 蒸発残留物 %                             | 53以上            | 55以上            | 50以上         | 50以上        | 50以上        | 55以上       | 57以上        | 60以上        |             |
| 針入度<br>(25°C)                       | 100<br>~<br>160 | 140<br>~<br>200 | 150~<br>250  | 150~<br>300 | 100~<br>200 | 80~<br>150 | 100~<br>200 | 100~<br>200 | 100~<br>300 |
| 留物<br>伸度<br>(15°C)                  | 100<br>以上       | 100(3)<br>以上    | 100(3)<br>以上 | 100<br>以上   | 100<br>以上   | 80以上       | 80以上        | 80以上        | 80(3)<br>以上 |
| 四塩化炭素可溶分 %                          | 98以上            | 98以上            | 98以上         | 98以上        | 98以上        | 97以上       | 97以上        | 97以上        | 97以上        |

注(1) PE-1, PE-3, PE-4, ME-1, ME-2 および ME-3 の低温安定度の規定は受渡当事者の協定により省くことができる。

(2) PE-4 の粗骨材混合試験は受渡当事者の協定により省くことができる。

(3) PE-2, PE-3 および ME-3 の残留物の伸度は針入度 200 を越えるものについては 10°C において測定する。

されにくく、早期の交通開放が可能等の長所を有する画期的な新しい乳剤として注目されていた。

我が国においても外国の文献、資料をもとにカチオニン系乳剤の研究が行われ、多雨多湿のわが国の気象条件には適していることから、研究が成功すれば簡易舗装のみならず本格舗装の表層も含め中間層、路盤の常温混合など、乳剤の活用分野がさらに拡大されるものと期待された。このカチオニン系アスファルト乳剤の出現により、アスファルト乳剤需要増大の基盤が固まったと言える。

#### 2.11 路上混合式工法の普及

簡易舗装が、いわゆる現道舗装の名のもとに国の補助事業としての「特殊改良第四種事業」\*が実施されるようになったのは、第4次道路整備五箇年計画が発足した昭和39年のことであった。

表-1.2.3 乳剤JIS規格数値表 (旧規格から改正された数値を摘記)

| 種類               | PE-1                 |                      | PE-2       |            | PE-3       |            | PE-4       |           | PE-5      |            | ME-1      |            | ME-2      |            | ME-3       |            |
|------------------|----------------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|
|                  | 項目                   | 比較                   | 旧          | 改正         | 旧          | 改正         | 旧          | 改正        | 旧         | 改正         | 旧         | 改正         | 旧         | 改正         | 旧          | 改正         |
| エンゲラー度<br>(25°C) | 10<br>以下             | 10<br>以下             | 10<br>以下   | 10<br>以下   | 6<br>以下    | 8<br>以下    | 6<br>以下    | 8<br>以下   | 6<br>以下   | 8<br>以下    | 20<br>以下  | 30<br>以下   | 30<br>以下  | 30<br>以下   | 40<br>以下   | 30<br>以下   |
| 蒸発残留物<br>(%)     | 53<br>以上             | 55<br>以上             | 55<br>以上   | 55<br>以上   | 50<br>以上   | 53<br>以上   | 50<br>以上   | 53<br>以上  | 50<br>以上  | 53<br>以上   | 55<br>以上  | 57<br>以上   | 57<br>以上  | 57<br>以上   | 60<br>以上   | 57<br>以上   |
| 残留物針入度<br>(25°C) | A<br>100<br>~<br>160 | B<br>140<br>~<br>200 | 150<br>250 | 150<br>300 | 150<br>300 | 100<br>200 | 100<br>150 | 80<br>150 | 80<br>150 | 100<br>200 | 80<br>200 | 100<br>200 | 80<br>200 | 100<br>200 | 100<br>300 | 100<br>300 |

#### \* 「特殊改良第四種事業」

道路整備5箇年計画の改良計画に含まれない車道幅員3.5m以上の未改良区間の現道についての簡易舗装

それまで各地で施工されていた防塵処理工法は、瀝青材による表面処理または、2.5~3.0cm厚の浸透式マカダムによるものが大半を占めていたが、交通量の増加等により、耐用期間がより長くなる工法を採用するようになってきた。そのため、従来の表面処理や浸透式マカダムの他に、瀝青材を用いた安定処理が利用され始めた。

路盤の安定処理の目的は、とりあえず砂利道の塵埃による被害を解消するため防塵処理として施工し、その後の維持により将来簡易舗装にまで発展させるための、ステージコンストラクションとして利用することであり、施工が安易なことがこの工法の普及した要因である。

#### 2.12 スラブ軌道用A乳剤の研究開始

昭和30年のはじめに開通した長大トンネルである北陸トンネルにおいて、当時の日本国有鉄道としては初めて直結コンクリート軌道が採用された。これは底盤コンクリートに直接レールを締結するもので、従来のバラスト軌道と比較して維持がほとんど必要でなく、省力化ということでは優れていたが、振動、騒音がひどく、その改良が課題となっていた。昭和39年に鉄道技術研究所からセメントモルタルにアスファルト乳剤を混合する(CAモルタル)ことにより、振動、騒音がかなり軽減できるのではないかというアイデアが出され、昭和40年からスラブ軌道用A乳剤の研究が始まった。

スラブ軌道は、従来のような定期的な軌道保守作業を必要とするバラスト軌道と異なり、メンテナンスフリーを目標として開発された新しい構造の軌道で、いろいろある形式のうちのA型スラブ軌道に使用される乳剤が「A乳剤」である。

各所での試験施工を重ね、昭和45年新幹線での採用が決まり、当時は東海道新幹線の部分であった帆坂トンネル、神戸トンネル、中井高架、柳井高架の各工事への納入が始まった。

#### 2.13 乳剤の黄金時代

昭和39年~48年頃にかけては、カチオン乳剤の登場に加え、国が打ち出した“現道舗装による簡易舗装”によって舗装率の促進を図る「特殊改良第四種事業」により、乳剤は飛躍的に増加し、したがって表面処理のための浸透用乳剤もそれに伴って増加していった。

生活道路の整備など全国的に高まる舗装化への需要に対応するため、各社とも簡便な補修用材等の新製品開発や改良に積極的に取り組む一方、昭和40年頃より、これまであまり馴染みが少なかった道路用以外の乳剤需要(スラブ軌道用乳剤、テニスコート用カラー乳剤等)の開拓を目指して研究、試験施工などを重ねてきたわけであるが、ここにきてそれらが一齊に製品化され採用され始めたのである。乳剤業界にとって正に黄金の時代と言える。

#### 2.14 乳剤の低迷期を迎える

昭和39年より簡易舗装が国の補助事業として推進され、加えてカチオン乳剤の出現により、急速に乳剤は全国的に普及した。しかし舗装が更に強度を求められ段々と高級化するにつれ、加熱プラントも相次いで設置されていった。したがって、とりあえず埃のたたない道路をという時代には重宝がられた乳剤も、昭和45年の生産量71万tをピークに年々減少の一途を辿り、ついに昭和55年には30万t台にまで落ち込んだ。以後は30万t強の横ばい低迷状態が現在にまで至っているのである。

### 3. アスファルト乳剤の化学

#### 3.1 アスファルト乳剤とは

アスファルト乳剤とは、基本的にはアスファルト、水、乳化剤により構成されたもので、溶け合わない2種類以上の材料が組み合わさったものである。写真はアスファルト乳剤を顕微鏡で見たもので、水中にアスファルトの粒子が分散していることがわかる(写真-1.2.6)。

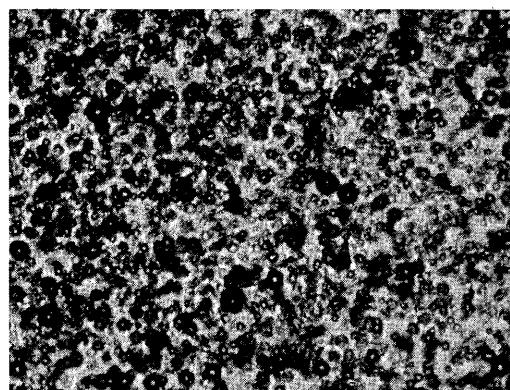


写真-1.2.6 アスファルト乳剤の顕微鏡写真

#### 3.2 アスファルトを乳剤にする理由

石油アスファルトは石油精製のときに得られる瀝青

材料で、常温では粘稠性が大きい半個体の材料のため、このままでは使用できない。そこでアスファルトを使用する手段として三つの方法がとられている。

- ① 加熱して粘性を小さくする。
- ② 溶剤を混合して粘性を小さくする。
- ③ 乳剤にして粘性を小さくする。

①の方法は最も一般的に行われているもので、加熱アスファルト混合物はこの手法により製造されている。この方法は原理的には簡単であるが、特別な加熱装置が必要となる。熱いうちに作業をし、冷えると強度が発現する。しかし混合物の場合は骨材まで加熱する必要があり、それだけ余分にエネルギーを必要とする。

②の方法は溶剤が蒸発すると強度がでてくる。しかし最近は大気汚染や防災上の観点から、使用される機会が少なくなっている。

③の方法は、アスファルトを乳化すると粘性が大幅に小さくなることを利用したもので、アスファルト乳剤は常温でも撒布や混合して使用することができる。使用後、アスファルトが水と分離すると粘結性が生じ、強度がでてくる。アスファルトと水の分離は、水の蒸発や骨材との反応、場合によっては分解促進剤を使用することにより生じる。

### 3.3 乳化剤とその働き

乳化剤の概念を図-1.2.2に示す。乳化剤は同じ分子の中に、水に近い親水性の部分と、油に近い親油性の部分がある。ここでは仮に親水性の部分を「頭」、親油性の部分を「尾」と呼ぶことにすると、このような乳化剤が入っている水（乳化液）とアスファルトを混合すると、図-1.2.3に示すように乳化剤は頭を水側に向

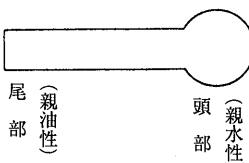


図-1.2.2  
乳化剤分子の概念図

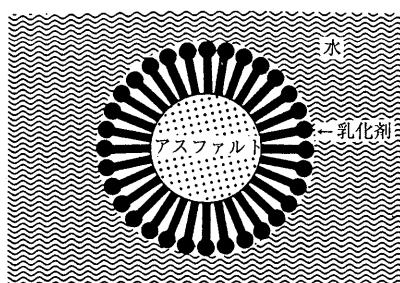


図-1.2.3 アスファルト乳剤中において乳化剤がアスファルト粒子に配向している様子

け、尾をアスファルト側に向けて規則正しくアスファルト粒子表面上に配列するといわれている。この乳化剤の膜がアスファルト粒子同士の融合を防げ、乳剤がアスファルトと水に分離するのを防ぐ。

一方化学合成した乳化剤ではなくて、ある種のクレー（普通はペントナイト）を乳化剤の代わりにして、アスファルト乳剤を作ることが出来る。これは粘土鉱物に対する水とアスファルトの接触角が異なるため、図-1.2.4のように鉱物粉がアスファルト粒子の周囲を取り巻き、アスファルト粒子の融合を防ぐためといわれている。

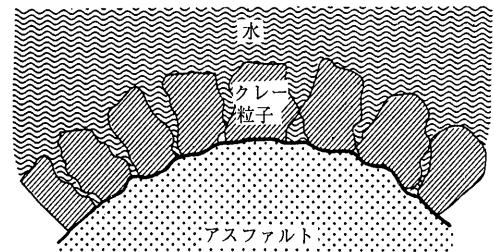


図-1.2.4 クレー乳剤の概念図

### 3.4 アスファルト乳剤の成分

#### (1) アスファルト

アスファルト乳剤の主成分はストレートアスファルトで、乳剤の50~70%を占める。乳剤に使用されるアスファルトは、一般に針入度が80~200のものを使用しているが、気候や使用条件によって、より固いまたはより柔らかいアスファルトを使用する場合もある。

アスファルトは数種の成分からなるコロイド構造で、その主なものはアスファルテンとマルテンであり、アスファルテンの物性はこれらの成分の化学的性質、割合、およびそれら相互の関係に依存している。アスファルトはアスファルトに硬さを、マルテンは粘着性と展性を与えると考えられている。

#### (2) 水

アスファルト乳剤で2番目に多い成分は水であり、乳剤の性状に及ぼす水の影響は少なくない。水は化学反応の媒体ともなり、また無機質その他アスファルト乳剤の製造に影響を与える物質を含んでいることがある。したがって製造する水は水道水が望ましく、井戸水等を使用するときは事前に乳剤に悪影響を与える物質が含まれていないことを確認しておく必要がある。

#### (3) 乳化剤の種類

アスファルト乳剤の性状は、乳化剤に大きく依存し、使用する乳化剤の種類により、乳剤はカチオン系、ア

ニオン系、ノニオン系のいずれかとなる。

### 1) カチオン系乳化剤

アスファルト乳剤に使用するカチオン系乳化剤の大部分は、牛脂や椰子油を原料とした脂肪酸誘導体のアミン（ジアミン、トリアミン、イミダゾリン等）の塩酸または酢酸塩である。そのためカチオン系乳剤は酸性である場合が多い。塩酸を使用した場合はPH 2前後、酢酸を使用した場合はPH 5前後となる。

もう一つの代表的なカチオン系乳剤は、脂肪族4級アンモニウム塩である（図-1.2.5）。これはもともと水溶性の塩であるため酸を添加する必要はない。しかし価格が高いため特別の用途の場合に使用される。

### 2) アニオン系乳化剤

アニオン系乳化剤としては、脂肪酸、高級アルコール硫酸エステル、アルキルベンゼンスルфон酸のアルカリ金属塩がよく使用される（図-1.2.6）。またトルオイル、リグニン、ロジンといった木材製品の副産物のカルボン酸またはスルfonyl酸のアルカリ金属塩も乳化剤あるいは乳化助剤としてよく使われている。またこのとき、乳化性を高めるために水酸化カリウムまたは水酸化ナトリウムを少量加えるため、乳剤はPH12~13のアルカリ性を示す。

### 3) ノニオン系乳化剤

ノニオン系乳化剤は親油性であるアルキル基に親水性であるエチレンオキサイドを付加したものである。アスファルト乳剤に使用する乳化剤のアルキル基としてはノニルフェニル基、エチレンオキサイドの付加モル数が50~80位のものがよく使われている。

酸やアルカリを使用しないので中性に近く、イオンの影響を受けにくいので、セメントその他の材料と混合しても分離しにくい（図-1.2.7）。

### 3.5 アスファルト乳剤の種類とその特徴

アスファルト乳剤の分類は、欧米では乳剤の分離性により分類しているが、我が国では電荷の違いおよび浸透用、混合用といった用途の違いで分類している。

電荷の違いによるアスファルト乳剤の特徴は次のとおりである。

#### (1) カチオン系アスファルト乳剤

現在道路用に使用されている大部分の乳剤がカチオン系乳剤である。カチオン系乳化剤は乳化性が優れていて、中近東産の原油から製造されるアスファルトからでも安定性の良い乳剤を作ることができる。

さらにカチオン系乳剤は乳剤のときは安定である一方、使用後は速やかに分解して骨材の回りにアスファルトの被膜をつくる。このため水が蒸発しなくても分解・硬化し、降雨により流出しにくいなど、舗装材料として適している。

#### (2) アニオン系アスファルト乳剤

骨材やフィラーと混合してマスチックを作るとき、カチオン系乳剤では長時間の保存が出来にくいなどの点があり、そのようなときにアニオン系乳剤が使用される。

またアニオン系乳剤は多価金属イオンやその他の化学物質により分解されやすいので、これをを利用して急硬性スラリーシールや防水材用乳剤として使用されている。

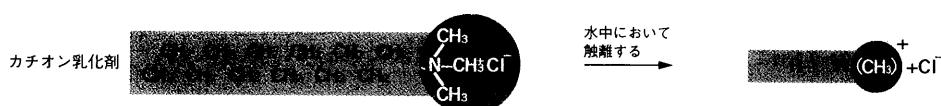


図-1.2.5 脂肪族4級アンモニウム塩の構式図



図-1.2.6 アルキルスルfonyl酸塩の構式図

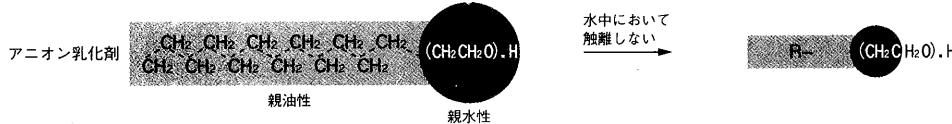


図-1.2.7 ノニオン乳化剤の構式図

乳剤は一般にPH 9～13のアルカリ性である。

### (3) ノニオン系アスファルト乳剤

電気的に中性であり化学的にも安定であるため、セメント混合用乳剤として使用されている。また各種の材料と混同して使用する工業用や農業用乳剤として適している。

## 3.6 乳剤の安定性

乳剤の安定性は、次の3つの種類に分けられる。

### (1) 貯蔵安定性

乳剤を貯蔵しておくと、アスファルト粒子が沈殿して上部と下部で濃度差ができる。このとき下部は粘度が増加しクリーム状になるので、クリーミング現象という。この時点では攪拌することにより、アスファルト粒子は分散して乳剤は均一となり、使用することが出来る。

乳剤をさらに貯蔵しておくと、アスファルト粒子が合一してアスファルト化が進み、乳剤は攪拌しても元に戻らず使用することができない。

貯蔵安定性はアスファルトの比重、アスファルト粒子の大きさ、乳化液の粘度、乳化剤の性質などに関係する。

### (2) 機械的安定性

乳剤を移送するときポンプを使用するが、そのとき機械的な攪拌、圧縮等の作用を受ける。そのような機械的な作用を受けても渾の発生や粘度の変化などが生じないのが機械的に安定な乳剤である。市販されている乳剤は、通常の機械的な作用ではほとんど影響を受けない。

機械的な安定性は、乳化剤の性質やアスファルト粒子の大きさに関係する。

### (3) 骨材混合安定性

混合用乳剤と骨材を混合するとき、乳剤が骨材を十分被覆することが必要である。この乳剤が骨材を被覆する能力を混合安定性という。これは、機械的安定性に加えて骨材からの溶出物質に対する化学的安定性、骨材に水が吸収されたときの安定性など多くの因子の影響を受ける。骨材混合安定性は乳剤の性質だけでなく、骨材の粒度、石質、含水比、混合時間、気温などに関係する。

## 3.7 分離・硬化性

アスファルト乳剤は、混合や散布の作業が終わった後は、分解硬化して速やかにアスファルトに戻る必要がある。これは使用前には乳剤が安定でなければならぬという条件と相反することであり、ここに乳剤の

製造と使用に関する重要なノウハウがある。

乳剤が分解する要因としては次のことが考えられる。

### (1) 水の蒸発

まず乳剤中の水は空気中に蒸発することにより凝集し、クリーミングを生じる。次にアスファルト粒子間の隙間を水が通って蒸発していくとき、毛管圧が粒子を合一させるように働き、アスファルトの連続相ができる。アスファルトの連続相の中に取り込まれた水は徐々に蒸発して乳剤が硬化し、バインダとして強度が出てくる。

最終的にバインダ中の水が完全になくなつたとき、常温舗装はその本来持つている強度を発現する。

### (2) 接触分解

これは骨材と乳剤の接触によって起こるもので、骨材の状態で異なり凹凸の多いもの、多孔質のものほど早く、付着水の多いものほど遅くなる。

### (3) 化学的作用による分解

骨材から溶出するある種の成分や、大気中の炭酸ガスなどのために起こるもので、場合によってはこのような物質を添加し、分解を促進させることもある。

### (4) 電気的な作用による分解

骨材表面の電荷とアスファルト粒子の電荷の相互作用により分解する。

実際の分解機構は、上の要因が組み合わされて生じるものと考えられる。

アスファルト乳剤が分解して接着するまでの過程は、乳剤と骨材の種類により異なる。

## 4. アスファルト乳剤の使用法

### 4.1 種類・規格

日本におけるアスファルト乳剤の種類は、次の3つに分類できる。

① 日本工業規格JIS K 2208

② (社)日本アスファルト乳剤協会規格JEAAS

③ ①および②で規定されていない乳剤（例えば鉄道軌道用乳剤）

このほかにアスファルト舗装要綱に「(社)日本道路協会規格」があるが、これはJIS K2208のPK, MK, MNの規格を準用している。

乳剤の記号の最初のアルファベットは浸透用(Penetration), 混合用(Mixing)の区別を示したものであり、2番目のアルファベットはカチオニック(Kationic), アニオニック(Anionic)の別を示している。またJEAASのPKRのRはゴム入りを、T, Sはタック

コート用、シールコート用の区別を示し、PK-PのPは高浸透性を、PK-HのHは高濃度を、MK-CのCはカットバックを意味している。

#### 4.2 乳剤の選定

道路用に使用する乳剤は、カチオン系およびノニオン系乳剤を使用する。ノニオン系はセメントとの混合性が良いためセメント・アスファルト乳剤混合物用として使用し、それ以外の用途ではカチオン系乳剤を使用する。

各種の乳剤工法とそれに使用する乳剤の種類を表-1.2.4に示す。

スラリーシールは日本での実績が少ないため、特別な規格は規定していない。

混合式乳剤舗装には、中央プラント方式、路上混合式工法、セメントと併用した路上再生路盤工法等各種の工法があり、また季節やその地域における条件が異なるため、乳剤の選定は乳剤メーカーと事前に十分打合せるのがよい。

##### 4.2.1 プライムコート

プライムコートは路盤（瀝青安定処理路盤を除く）を仕上げたのち、速やかに所定量の瀝青材料を均一に撒布して養生する。プライムコートの目的は次のとおりである。

- ① 路盤表面に浸透し、その部分を安定させる。
- ② 降雨による路盤の洗掘または表面の浸水などを防止する。
- ③ 路盤からの水分の毛管上昇を遮断する。
- ④ 路盤とその上に施工するアスファルト混合物とのなじみを良くする。

プライムコートには通常アスファルト乳剤(PK-3)を用いる。他に路盤への浸透性を高めた、高浸透用プライムコート専用乳剤(PK-P)がある。PK-Pは撒布後1~2時間で車輪に付着しなくなる。施工状況に応じて使用するとよい。

##### (1) 施工及び施工上の留意点

- ① PK-3の散布量は1~2l/m<sup>2</sup>が、PK-Pの散布量は0.8~1.5l/m<sup>2</sup>が標準である。
- ② プライムコートを施工したのち瀝青材料が十分浸透し、水がなくなるまで養生してから上層を舗設する。
- ③ 寒冷期などにおいては、養生時間を短縮するため加温して散布するとよい。
- ④ 上層を施工する前にやむをえず交通開放する場合には、瀝青材料が車輪に付着するのを防止するため砂（通常100m<sup>3</sup>当たり0.2~0.5m<sup>3</sup>）を散布するとよい。なお余剰の砂は上層の施工前に掃きとる。
- ⑤ 瀝青材料が路盤に浸透せず厚い被膜を作ったり養生が不十分な場合には、上層施工時にブリッジングを起こしたり、層の間でずれて上層にひび割れを生ずることがあるので注意する。

##### 4.2.2 タックコート

タックコートは、舗設する混合物層とその下層の瀝青安定処理、中間層、基層との付着および継目部や構造物との付着をよくするために行う。タックコートには通常アスファルト乳剤PK-4を用いる。しかし開粒度アスファルト混合物や改質アスファルト混合物を使用する場合などにおいて、層間接着力をとくに高める

表-1.2.4 各種乳剤工法とそれに使用する乳剤の種類

|                     | J I S        |      |      |       |      |      |       |      | J E A A S |                      |                      |      |
|---------------------|--------------|------|------|-------|------|------|-------|------|-----------|----------------------|----------------------|------|
|                     | PK-1<br>PK-2 | PK-3 | PK-4 | MK-1  | MK-2 | MK-3 | MN-1  | PK-P | PK-H      | PKR-T(1)<br>PKR-T(2) | PKR-S(1)<br>PKR-S(2) | MK-C |
| プライムコート             |              | ○    |      |       |      |      |       | ○    |           |                      |                      |      |
| タックコート              |              |      | ○    |       |      |      |       |      |           | ○                    |                      |      |
| チップシール              | ○            |      |      |       |      |      |       |      | ○         |                      | ○                    |      |
| 縫層工法                | ○            |      |      |       |      |      |       |      | ○         |                      | ○                    |      |
| スラリーシール・マイクロサーフェシング |              |      |      | ○     | ○    | ○    |       |      |           |                      |                      |      |
| 常温混合物               |              |      |      | ○     | ○    | ○    |       |      |           |                      |                      | ○    |
| セメント・アスファルト混合物      |              |      |      |       |      | ○    | ○     |      |           |                      |                      |      |
| 浸透式工法               | ○            |      |      |       |      |      |       |      | ○         |                      | ○                    |      |
| 使用方式別               | 散 布 式        |      |      | 混 合 式 |      |      | 散 布 式 |      |           | 混 合 式                |                      |      |

必要がある場合には、ゴム入りアスファルト乳剤PKR-Tを用いることもある。なお、PKR-Tには1と2のタイプがあり、それぞれ温暖期用と寒冷期用として使い分けを行う。

#### (1) 施工および施工上の留意点

- ① PK-4, PKR-Tとも散布量は一般に0.3~0.6 l/m<sup>2</sup>が標準である。
- ② 施工において所定量を均一に散布する。
- ③ セメントコンクリート版の表面に施工する場合、コンクリート表面は瀝青材料を吸収しにくいので特に過剰散布にならないよう注意しなければならない。
- ④ タックコート施工後、水分がなくなってから上層を施工する。
- ⑤ 寒冷期の施工や急速施工の場合、瀝青材料散布後の養生時間を短縮するために加温して散布する方法、ロードヒータにより加熱する方法および所定の散布量を2回に分けて散布する方法などをとることがある。
- ⑥ 既設舗装上にオーバーレイを行う場合は、事前に既設路面の清掃を入念に行う。

#### 4.2.3 チップシール

チップシールにはシールコートとアーマーコートがあり、路面の状態や交通の状況によって舗装の寿命を延ばすために行う予防的処置である。シールコートは既設舗装面に瀝青材料および骨材を1層づつに散布する工法で、アーマーコートはシールコートを2層以上重ねて施工する工法である。チップシールを施工する目的は次の通りである。

- ① 路面の水密性を高めて耐水性を向上させる。
- ② 既設舗装の老化を防止する。
- ③ 路面を改良して若返らせる。
- ④ 耐摩耗性を向上させる。
- ⑤ 小さいひび割れの目をふさぎ、耐久性を増す。

この工法に使用する瀝青材料として、アスファルト乳

剤、カットバックアスファルト、ストレートアスファルトがあるが、施工の難易性から見て近年はアスファルト乳剤を用いるのが一般的である。

#### (1) 標準使用量および使用材料

チップシールに用いるアスファルト乳剤や骨材の種類ならびにこれらの使用量は気象条件、交通量、路線状況、舗装表面の状態などに応じて適宜選択することが必要である。

各種乳剤のうち、PK-1, 2は比較的交通量の少ない個所に、PKR-S(1), (2)は比較的交通量の多い個所に、そしてPK-Hは勾配がある個所や分解を特に早めたいときに使用するのが一般的である。使用する骨材は硬質で、できるだけ細粒分やダストの混入していないものを使用する（表-1.2.5）。

#### (2) 施工および施工上の留意点

- ① 施工に先だってポットホール、大きいひびわれ、レベリング等を適切に処理し平坦な表面にする。
- ② 施工前に路面の清掃を入念に行う。特に路肩部は注意して行う。
- ③ アスファルト乳剤の散布は、規定量をむらなく均一に散布する。そのため整備されたディストリビュータを使用する。
- ④ 骨材はアスファルト乳剤散布後できるだけ速やかに規定量を均一に散布する。骨材を必要以上に多く撒くと、付着を阻害したり交通開放後の飛散が多くなり、処理層を傷めることがある。
- ⑤ 骨材が付着しにくい寒冷地やダストの多い骨材の使用、交通量の多い場所での施工などでは、あらかじめ骨材を加熱するか、またはプレコートして用いるとよい。
- ⑥ 転圧にはタイヤローラを使用することが望ましい。

#### (3) 適用個所

一般にはA交通以下の交通量の道路に使用することが望ましい。しかし欧米ではかなりの重交通の個所に

表-1.2.5 シールコート、アーマーコート剤の標準材料使用量

| アスファルト乳剤の種類 |                | PK-1, PK-2KD, PKR-S(1) PKR-(2) |         |         | PK-H    |         |         |
|-------------|----------------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 層 数         |                | 1                              | 2       | 3       | 1       | 2       | 3       |
| 瀝 青 材 料     | l              |                                |         | 80~100  |         |         | 80~100  |
| 碎 石 20~13mm | m <sup>3</sup> |                                |         | 1.8     |         |         | 1.8     |
| 瀝 青 材 料     | l              |                                | 80~100  | 170~190 | 110~130 | 80~100  | 130~150 |
| 碎 石 13~5 mm | m <sup>3</sup> |                                | 1.0     | 0.8     | 0.9     | 1.0     | 0.8     |
| 瀝 青 材 料     | l              | 80~100                         | 120~140 | 120~140 |         | 100~120 | 100~120 |
| 碎 石 5~2.5mm | m <sup>3</sup> | 0.5                            | 0.6     | 0.6     |         | 0.6     | 0.6     |

も使用されている。

#### 4.2.4 補層工法

既設舗装上にオーバーレイを行うとき、その既設舗装にひびわれが発生している個所にそのまま行った場合、リフレクションクラックが新しい表層に比較的早い時期に発生することが知られている。このひびわれの再発を抑制するために施工するのが補層工法である。

補層工法は、既設舗装の上に2～3層の浸透式（アーマーコート）工法による表面処理を行い、応力緩和層を構築した後に通常のアスファルト混合物を舗設することにより、新しいオーバーレイ層へのリフレクションクラックの発生を抑制または遅延させる工法である。

この工法の特徴は次の通りである。

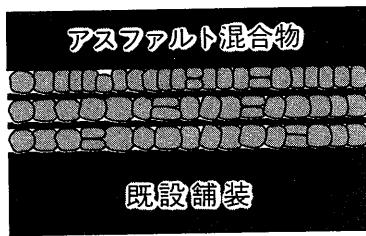
- ① 比較的薄層でリフレクションクラックの抑制効果が得られる。
- ② 不透水層を形成し下層からの水分の上昇を防止する。
- ③ 施工が簡単である。
- ④ 工事費が比較的安価である。
- ⑤ オーバーレイ時に補層を施すことで、より経済的な効果が得られる。

##### (1) 標準使用量および使用材料

標準使用量と標準的な適用個所は次のとおりである。

##### 1) 3層式の場合 (図-1.2.8)

この工法はC交通以下の路線に適用する。しかしC



交通の場合は、既設舗装面の状態を十分考慮のうえ適用する。

##### 2) 2層式の場合 (図-1.2.9)

この工法は、L交通やひびわれの少ないA、B交通の路線に適用する。

##### 3) 使用するアスファルト乳剤

この工法に適用できるアスファルト乳剤には、PK-1, 2, PKR-S(1), (2)およびPK-Hがある。

PK-1, 2；このアスファルト乳剤は一般的な浸透式工法で使用されており、この工法ではA交通以下で比較的平坦な個所で使用する。

PKR-S(1), (2)；このアスファルト乳剤は握着力と粘着力を増強してあるので、この工法の適用個所全てに使用できる。特にB交通以上の個所やひびわれの多い個所でその効力を発揮する。

PK-H；このアスファルト乳剤は、瀝青残留量を増し、付着性をよくしたタイプであるので、特に勾配のある個所や分解を早めたい季節や個所でその効果を発揮する。使用量は標準仕様より10%減とする。

##### (2) 適用個所

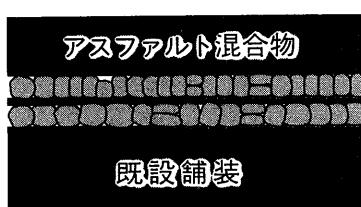
本工法の適用範囲は、路盤が支持力を失っていないC交通までの路線とする。C交通に適用する場合は補層を3層とし、B交通以下の場合は2層とするのが一般的である。

(100 m<sup>2</sup>当たり)

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| オーバーレイ   |                          |
| 碎石 7号    | (0.5～0.6m <sup>3</sup> ) |
| アスファルト乳剤 | (80～100ℓ)                |
| 碎石 6号    | (0.8～1.0m <sup>3</sup> ) |
| アスファルト乳剤 | (120～140ℓ)               |
| 碎石 5号    | (1.8～2.0m <sup>3</sup> ) |
| アスファルト乳剤 | (80～100ℓ)                |

図-1.2.8 3層式の一例 (100m<sup>2</sup>当たりの標準仕様)

(100 m<sup>2</sup>当たり)



|          |                          |
|----------|--------------------------|
| オーバーレイ   |                          |
| 碎石 7号    | (0.5～0.6m <sup>3</sup> ) |
| アスファルト乳剤 | (90～100ℓ)                |
| 碎石 6号    | (1.0～1.2m <sup>3</sup> ) |
| アスファルト乳剤 | (120～130ℓ)               |

図-1.2.9 2層式の一例 (100m<sup>2</sup>当たりの標準仕様)

#### 4.2.5 スラリーシールおよびマイクロサーフェシング

スラリーシール、マイクロサーフェシングを行う目的は次のとおりである。

- ① ひびわれた路面上に保護層として設け、耐水性にして破壊を遅延させる。
- ② 凹凸化した路面の不陸整生を行う。
- ③ 荒れた路面に適用して老化舗装面の若返りを図る。
- ④ つるつるになった路面に適用して、滑り止めの性能を付与する。

さらにマイクロサーフェシングは、スラリーシールよりも耐久性に富み、しかも厚く施工できることから、摩耗やわだち掘れを起こした路面の修繕などにも用いられている。

スラリーシールおよびマイクロサーフェシングとも、基本的には骨材とアスファルト乳剤および水からなるスラリー状混合物を路面上に薄く敷きならす工法である。

両者の違いは、前者は細骨材（スクリーニングス）と通常の混合用アスファルト乳剤を用い、5mm以下で施工するのに対して、後者はポリマー改質アスファルトをベースとした高濃度乳剤を使用すること、骨材としてスクリーニングスのほか10~2.5mmの粗骨材（碎石）も使用し、より厚く（3~15mm）施工する。

##### (1) スラリーシール

###### 1) 混合物の特徴

スラリーシールはスクリーニングスなどの細骨材とアスファルト乳剤（MK-2, 3またはMK-2, 3）および水と混ぜてスラリー状混合物とし、その流動性を利用して、スプレッダーボックスを用いて路面に敷きならす。遅硬性（SSタイプ/Slow Setting）、速硬性（QSタイプ/Quick Setting）があり、後者は硬化速進のためポルトランドセメントが添加される。

###### 2) 骨材粒度と配合

骨材粒度は表-1.2.6に示すものなどがある。また、

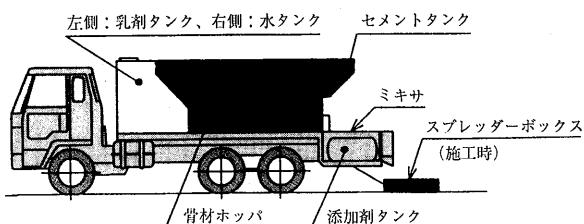


図-1.2.10 スラリーマシンの外観図

配合の一例を表-1.2.7に示す。

表-1.2.6 スラリーシール用骨材粒度の一例

| ふるい目   | ふるい通過百分率 (%)       |                  |
|--------|--------------------|------------------|
|        | 簡易舗装要綱<br>(S.54年版) | 国際スラリー<br>協会・標準型 |
| 4.75mm |                    | 98~100           |
| 2.36   | 100                | 65~90            |
| 1.18   | 55~85              | 45~70            |
| 600 μm | 35~60              | 30~50            |
| 300    | 20~45              | 18~30            |
| 150    | 10~30              | 10~21            |
| 75     | 5~15               | 5~15             |

表-1.2.7 スラリーシール配合の一例

| 材料                   | タイプ   |     | QS型   |
|----------------------|-------|-----|-------|
|                      | SS型   | QS型 |       |
| スクリーニングス             | 90    | 80  | 100   |
| 石 粉                  | 10    | 20  |       |
| セ メ ン ト              | —     | —   | 1~2.5 |
| アスファルト乳剤<br>(MK-2,3) | 15~22 | 17  | 20    |
| 水                    | 10~15 | 6   | 14~18 |

### 3) 施工

スラリーシールは一般的にはスラリーマシンが用いられる。スラリーマシンの外観図を図-1.2.10に示す。

スラリーマシンはトラック車載型で、骨材貯蔵供給装置、アスファルト乳剤タンク、水タンクおよびそれらの供給装置、フィラーおよびセメント供給装置、ミキサおよびスプレッダーボックスからなる。ミキサおよびスプレッダーボックスの構造の一例を図-1.2.11に示す。

##### (2) マイクロサーフェシング

###### 1) 特徴

マイクロサーフェシングは、基本的にはスラリー

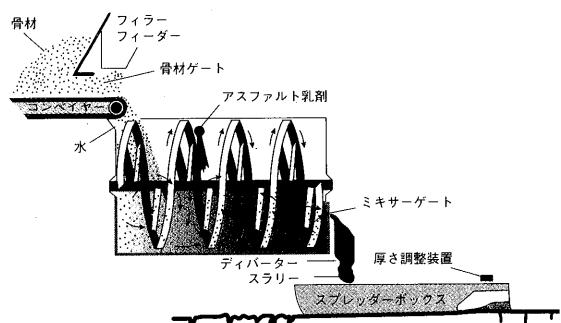


図-1.2.11 ミキサおよびスプレッダーボックス

シールと同じである。ただし、碎石を用いており、施工厚が厚くなること、ポリマー改質アスファルト乳剤を用いてシール層の耐久性を高めていること、硬化時間調整剤を用いて混合され、一般に速硬性である等の違いがある。

### 2) 骨材粒度

骨材粒度の例を表-1.2.8に示す。

表-1.2.8 マイクロサーフェシング骨材粒度の例

| ふるい目              | タイプI   | タイプII  | タイプIII |
|-------------------|--------|--------|--------|
| 9.50mm            |        | 100    | 100    |
| 4.75              | 100    | 90~100 | 70~90  |
| 2.36              | 90~100 | 65~90  | 45~70  |
| 1.18              | 65~90  | 45~70  | 28~50  |
| 600 $\mu\text{m}$ | 40~65  | 30~50  | 19~34  |
| 300               | 25~42  | 18~30  | 12~25  |
| 150               | 15~30  | 10~21  | 7~18   |
| 75                | 10~20  | 5~15   | 5~15   |

### 3) 施工

施工はマイクロサーフェシング専用に改良されたスラリーマシンが使用され、施工される。

スラリーマシンとそのスプレッダボックスをそれぞれ写真-1.2.7および1.2.8に示す。



写真-1.2.7 スラリーマシン

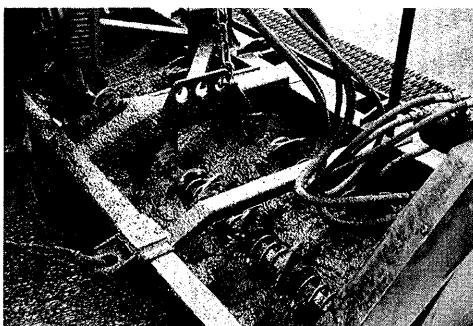


写真-1.2.8 スプレッダボックス

なお、わだち掘れを起こした路面の場合は、図-1.2.12に示すように2層式マイクロサーフェシングが行なわれる。

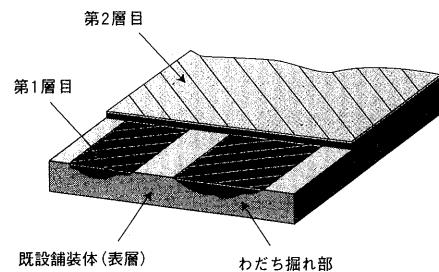


図-1.2.12 二層式マイクロサーフェシング



写真-1.2.9 施工中

### 4.2.6 常温混合物

(1) セメント・アスファルト乳剤(CAE)を使用した路上再生路盤工法

路上再生路盤は、古いアスファルト混合物層とその下の路盤（一般に粒状材）の一部を使って、新しい路盤を構築するもので、アスコン層を専門機械を使って細かく砕き、これにセメントまたはセメント+アスファルト乳剤を散布し、それを路上で攪拌・混合しながら再生するものである。概要を図-1.2.13に示す。

アスコン層を砕いて用いるため、比較的アスファルトコンクリート層の薄い舗装に適しており、交通量の少ない道路に適用されることが多い。

セメントのみを用いる場合は路盤が剛性化して、リフレクションクラックが出ることがある。因みに、アスファルト舗装要綱(平成4年版)では、このCAE路盤工法の等値換算係数が0.65となっており、その妥当性は追跡調査で確認されている。

#### 1) 工法の特徴

本工法は次のような特徴を有している。

①季節舗装を再利用するので廃材処理の必要があま

りなく、残土処分、路盤材料の搬入が少なくてすむ。

②添加材を加えることにより、路盤の支持力と耐久性が向上する。

③路盤の嵩上げを最小限にできる。

④現位置処理のため工期が短縮できる。

## 2) 材料と標準使用量

結合材のうち、セメントは普通ポルトランドセメント、アスファルト乳剤はノニオン系乳剤（日本道路協会規格/JIS K 2208-1993）が使用される。

CAE混合物の配合設計は、施工予定個所から既設アスファルト混合物層と粒状路盤層からそれぞれ材料を採取し、セメント量とアスファルト乳剤量を決定する。

アスファルト乳剤混合物の配合設計は、与えられた材料で所要の品質、ワーカビリティー、フィニシャビリティーをもち、硬化が比較的早く、かつ最も経済的な混合物が得られるように行なわなければならない。

配合設計において、過去の実施例があればそれを使用し、実施例のない場合には、アスファルト乳剤の量は計算式で求めるか、あるいは観察によって求めてよい。

## 3) 施工および施工上の留意点

①施工に先立ち、地下埋設物、横断管渠等の確認を行ない、その他路側構造物、マンホール、路肩軟弱箇所等の有無を確かめ、必要に応じた処置をとる。

②セメントは一定面積当たりの所要のセメント量を計算し、舗装面に均一に散布する。

③既設舗装の破碎混合は、含水調整用の水とアスファルト乳剤を添加し同時に混合する。破碎された既設アスファルト混合物の最大粒径が概ね50mm以

下となるように注意し、それ以上のものは人力で取り除く。

④破碎混合後は、速やかにタイヤローラを用いて所定の密度が得られるまで十分に締め固める。

路盤厚が20cmを越える場合は、振動ローラも用いる。

⑤締め固め後、雨水の浸透防止や乾燥防止のため速やかにシールコートを行なう。

## 4) 適用個所

本工法は当面B交通以下への適用を原則とするが、C交通にも一部適用されている。

### (2) スタビライザ工法

スタビライザ工法は、ロードスタビライザを用いて路上の骨材にアスファルト乳剤を混合し、簡易舗装の上層路盤の安定処理に、また高級な防塵処理として利用されている瀝青安定処理工法の一つである。

本工法で路盤を強化し、その上に表層を設けることが一般的であるが、表層をすぐには設けずに安定所理想の上にシールコートやアーマーコートを施しただけで交通開放し、将来に表層を設けるためのステージコンストラクションとして使用することもできる。

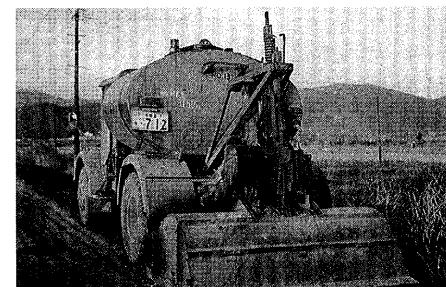


写真-1.2.10 ロードスタビライザによる土壤安定処理

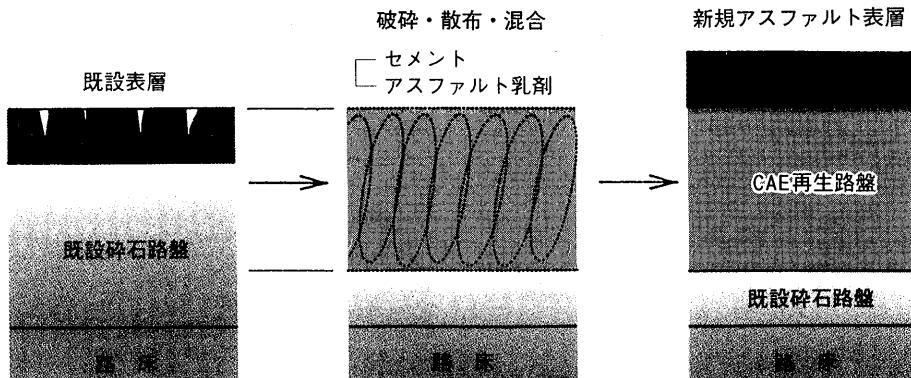


図-1.2.13 CAE再生路盤工法の概要

### 1) 工法の特徴

- スタビライザ工法の特徴は次のとおりである。
- ①他の工法では処理できない安い地方産の骨材を利用できる。
  - ②プラント混合方式に比べ、路上混合のため機動力に富み、施工速度が早く経済的である。
  - ③いったん交通開放して道路として使用後、この層を上層路盤に転用し上に加熱混合物を施工する等いわゆるステージコンストラクションの適用が可能である。

### 2) 配合

スタビライザ工法に使用する骨材は、最大粒径30mm以下のクラッシャーラン、碎石、鉄鋼スラグ、砂、砂利道の発生材などで非塑性のものを使用するが、処理層を安定にして、強固にするために使用骨材はできるだけ均一なものを使用する。使用骨材は表-1.2.9に示す粒度範囲のものを使用する。

表-1.2.9 スタビライザ工法標準配合

| 標準仕工厚cm | 5~10              |
|---------|-------------------|
| 粒度      | ふるい目              |
|         | 37.5mm            |
|         | 31.5              |
|         | 19                |
|         | 13.2              |
|         | 4.75              |
|         | 2.36              |
|         | 600 $\mu\text{m}$ |
|         | 300               |
|         | 150               |
|         | 75 $\mu\text{m}$  |
| 標準乳剤量%  | 5~8               |

### 3) 施工

- ①砂利道をグレーダで軽く不陸修正し、マカダムローラで転圧する。
- ②クラッシャーランC-30を7cm、粒度を補足する場合その上に砂を3cm厚程度に敷きならす。
- ③ロードスタビライザで1回空練りを行なった後、約11l/ $\text{m}^2$ のアスファルト乳剤を2回に分けて添加、混合する。
- ④混合後タイヤローラで十分転圧し、グレーダで不陸修正しながらマカダムローラで仕上げ転圧を行なう。

- ⑤アスファルト乳剤を1l/ $\text{m}^2$ 散布し砂を撒いて交通開放する。

- ⑥2~3日後に施工する。

### (3) プラント混合

常温混合用プラントで骨材とアスファルト乳剤を混合して乳剤混合物を製造し、加熱混合物と同様な方法で施工するものである。

プラント混合には中央プラント方式と移動プラント方式がある。中央プラント方式は固定した低地式プラントを使用して混合物を製造するもので、製造装置が簡単で骨材粒度、含水等のより精度の高い品質管理ができる。一方、移動プラントは現場で混合してすぐ舗設するため骨材を運搬する必要がなく、急硬性の乳剤を使用できる。そのため舗設後に強度の発現が遅いという乳剤舗装の欠点を改善できるが、日本では中央プラントが使用され、移動プラントは現在までのところほとんど使用実績がない。常温混合は主として簡易舗装に使用されてきたが、平成4年に改訂されたアスファルト舗装要綱では、セメント・瀝青処理がプラント混合物を含んでおり、今後より重交通道路への適用が期待される。

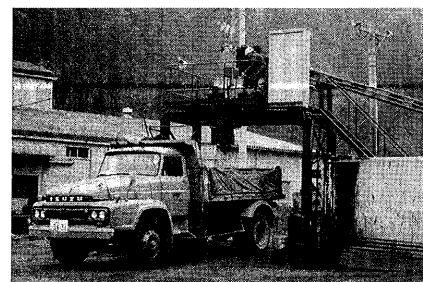


写真-1.2.11 中央混合式乳剤処理プラント

### 1) 特徴

本工法の特徴は次のとおりである。

- ①乳剤は粘度の低い液状のため常温で混合、敷きならし、転圧ができる。また濡れた骨材でも使用できることため、消費エネルギーが少なくてすむ。
- ②骨材と混合は簡単なプラントで容易にできる。
- ③路上混合と比較して、骨材の粒度管理、含水量の管理を正確に行なうことができる。
- ④引火などの危険がない。

### 2) 使用材料と標準使用量

アスファルト乳剤はMK-1, 2, 3, を使用する。混合物の配合は粗粒度配合が好ましく、表-1.2.10に標

準的な配合を示す。粗粒度配合の他に、密粒度配合、開粒度配合も使用される。常温混合は主として簡易舗装の表層に使用され、その厚さは5cmを標準とする。

表-1.2.10 プラント混合における標準的な配合

| 材 料  | 配合割合% |
|------|-------|
| 5号碎石 | 31    |
| 6号碎石 | 23    |
| 7号碎石 | 16    |
| 粗目砂  | 30    |
| 乳 剤  | 7.5   |

### 3) 施工

- ①混合はパグミル型ミキサか連続ミキサを使用する。この時、骨材含水量の管理が、混合物の品質に大きく影響する。
- ②舗設に先立ち路盤の点検、転圧、プライムコートを実施しておく。敷きならしはフィニッシャ等で行なうが、その余盛厚さは仕上がり厚さの30%増しとするとよい。
- ③転圧はタイヤローラ、マカダムローラで行ない、それが終了したら直ちにシールコートを行なう。

### 4) 適用箇所

現在の常温混合物は簡易舗装の表層に使用する。

#### 4.2.7 OGEM工法

OGEM工法(Open Grade Asphalt Emulsion Mixes)は常温混合式工法の一種であり、開粒度配合の骨材を使用するのが特徴である。とくに高度な舗装技術を必要としない。作業の容易な工法で加熱混合物に準じて使用できる。

乳剤舗装では開粒度配合を使用すると利点が多いので、欧米では常温混合式工法の主力がOGEM工法である。

##### (1) 本工法の特徴

本工法の特徴は次のとおりである。

- ①常温式工法であるため、混合費に占めるプラント経費が安価であり、さらに施工方法が簡単である。
- ②骨材の加熱、バインダーの加熱等の必要のない省エネルギー工法である。
- ③常温工法であるため火気を一切使用しないため、環境汚染、火傷の危険がない。
- ④耐久性があり、国内外の報告でも5年以上経過しても良好な供用性を保持していることが認められている。

⑤表面排水に優れ、すべり抵抗性も大きい。

⑥乳剤にMK-Cを使用するため、混合物は貯蔵することができ、必要に応じて使用することができる。

##### (2) 使用材料および標準配合設計

OGEM工法は、2.36mmふるい通過率0~20%, 75μmふるい通過率が0~2%の開粒度骨材にアスファルト乳剤を4.5~6.5%添加混合する常温混合物である。本工法に使用する骨材の粒度範囲を表-1.2.11に示す。

表-1.2.11 OGEMの粒度範囲

| ふるい目   | I型     | II型    | III型    |
|--------|--------|--------|---------|
| 40 mm  | 100    |        |         |
| 30     | 90~100 |        |         |
| 26.5   |        | 100    |         |
| 19     | 40~80  | 90~100 | 100     |
| 13.2   | 30~70  | 40~80  | 85~100  |
| 4.75   | 10~40  | 10~40  | 10~40   |
| 2.36   | 0~20   | 0~20   | 0~20    |
| 75 μm  | 0~2    | 0~2    | 0~2     |
| 乳剤量(%) |        |        | 4.5~6.5 |

### 1) 骨材

使用骨材は碎石を利用し、均等質かる清浄で耐久性のある材料を使用する。またOGEMの粒度は、混合物の締固め後の空隙率20~30%になるようにする。

### 2) アスファルト乳剤

アスファルト乳剤はMK-Cを使用する。乳剤量はP式によって算出する。

$$P = (0.06a + 0.126b + 0.2c) \times 0.9$$

ここで

p ; 混合物全量に対するアスファルト乳剤量

a ; 2.36mmふるいに残留する部分の重量百分率 (%)

b ; 2.36mmふるいを通過し、75μmふるいに残留する部分の重量百分率 (%)



写真-1.2.12 施工後の状態

c ; 75μmふるいを通過する部分の重量百分率 (%)

#### 4.2.8 浸透式工法

本工法は、マカダム式安定処理工法において、その骨材安定材にアスファルト乳剤を使用し、アスファルトの粘着力を付与させる工法である。

この工法はアーマーコートと類似しているが、舗装厚が3~4cmと厚く、施工も4~5層と多層構造を有している。

この浸透式工法は、混合式工法に比べプラントまたはミキサ等の設備が不備であり、比較的簡単な機械で施工できる。

##### (1) 本工法の特徴

本工法の特徴は次のとおりである。

①混合設備の必要がなく、工費は一般的安価であるが、施工後しばらくの期間は手当を必要とすることがある。

②施工が、簡単であり、施工を正確に実施すれば、相当耐久性のある舗装体が得られる。

③施工は人力に頼る部分が多く、機械化施工にはあまり適していない。

##### (2) 骨材

簡易舗装の表層用として用いる骨材は、その地方で容易にかつ安価に入手できる骨材を利用し、その粒度・品質に応じて適切に用いることが望ましい。しかし骨材粒度および品質は表層性状に大きな影響を与えるので、規格に合格するものを使用すべきである。碎石の規格はJIS A 5001に定められている。

##### (3) アスファルト乳剤

アスファルト乳剤はPK-1, 2を使用するが、交通量

の多い箇所や坂道ではPKR-S(1), またはPK-Hを使用する。

アスファルト乳剤の粘度は、施工上重要な因子である。浸透式工法の場合、粘度は骨材間への浸透性に関係してくる。この粘度は温度が低くなるにしたがって高くなってくるので、気温についても考慮の必要がある。一般にエンジニア一度は3~4が適当とされている。

アスファルト乳剤をディストリビュータにより散布し、直ちに骨材を一様に散布し、ほうき等で掃きならしてローラ転圧を行なう。

#### 4.2.9 小面積の維持修繕

小面積の維持修繕とは緊急性を必要とした場合や修繕の応急処置として、簡易な方法で行なうものであり、破損の進行防止および舗装の供用性を維持しようとするものである。

またポットホールや段差等、小規模な破損が原因で発生する振動や騒音、水はねに対する苦情や車両の走行安全性が損なわれる恐れがある場合も、苦情の緩和等を目的として小規模補修は緊急的に行なわれる。

小面積の破損にはポットホールやひびわれ、段差等種々の形態があり、これらの補修にあたっては破損に対応した適切な材料を使用する必要がある。このような小面積の補修材料としては、貯蔵可能で簡易な器具によって施工できる常温材料がよく用いられる。

常温材料としてはアスファルト乳剤を用いたものや反応性ポリマー、樹脂エマルジョンを用いたものなどがある。

##### (1) 維持修繕材料

以下にアスファルト乳剤を用いた補修材料を示す。

###### 1) 密粒度アスファルト乳剤混合物

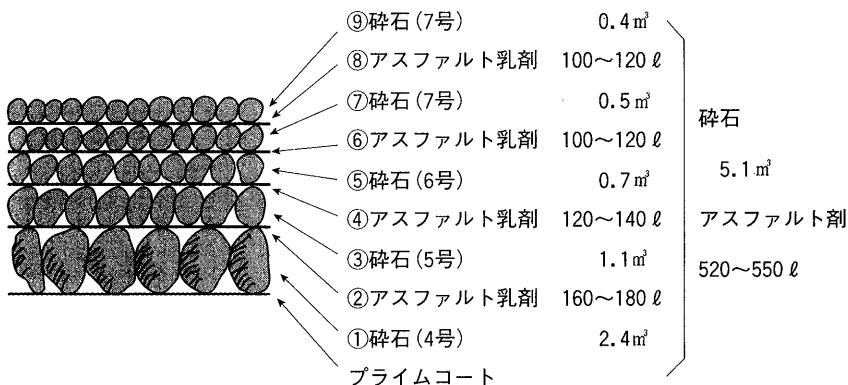


図-1.2.14 アスファルト乳剤による浸透式工法の設計例 (3cmの場合 100m<sup>2</sup>当たり)

この混合物は中央プラント方式で作られることが多い。粒度は一般的に密粒度に近い配合にするために、粗骨材、砂、フィラー等と混合用のアスファルト乳剤を混合するもので、骨材としては現地産の材料も用いられる。

この混合物の用途としては、交通量のあまり多くない路線における小面積のオーバーレイや、ポットホールの穴埋め等に用いられる。また、この混合物は混合後ただちに舗設しなくてもよく、貯蔵することが可能にある。したがって、貯蔵用として袋詰めされたものもある。

### 2) スラリー状常温混合物

所定料の骨材とアスファルト乳剤がパック化されており、現場にて袋の中で両者を混合してスラリー状の常温混合物とするものである。粒度としてはいくつかの種類のものがあり、補修箇所の深さ等の形状にあわせて使い分けるものである。

この混合物はスラリー状となるため、こて等で敷きならすもので、薄層で施工でき、また施工後すみやかに硬化反応するため、交通開放が早期にできる特徴を有する。

用途としては段差修正やマンホール回りの補修、ポットホール等の穴埋めに用いる。



写真-1.2.13 スラリー状常温混合物の施工

### 3) 常温注入材料

アスファルト乳剤を用いた常温型の注入材料で、アスファルト乳剤を主体とした主剤と硬化剤を混合後注入するものである。用途としては主として縦断、横断のひびわれや亀甲ひびわれの注入材として用いられる。

以上の材料の他に、ひびわれや摩耗が発生した小面積の箇所に散布式表面処理による補修も行なわれている。この方法は主として散布式表面処理によって行なわれた舗装の補修に用いられる。

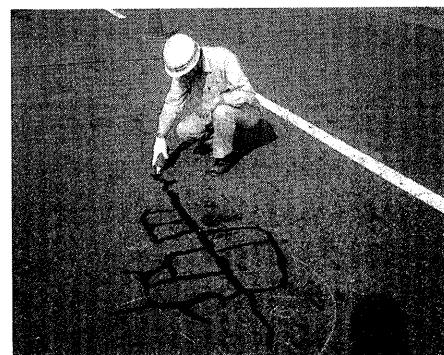


写真-1.2.14 ひびわれへの注入

### 4.2.10 道路以外の用途

アスファルト乳剤はセメントをはじめとして、ポリマー・エマルジョンや各種の添加剤と混合できる特性を持っているために、舗装以外の広い分野に使用されている。

舗装以外としては、土木用、工業用など多岐に渡っている。

#### (1) 土木用

土木用としては、耐水性を利用して土木防水・水利構造物用材料、混和性を利用して種子・肥料を混和させ植生用材料として使用されている。近年では、アスファルト乳剤とセメント、樹脂、ラテックスとの組合せで、遮水壁、トンネル内壁、廃棄物処分場からの溶

表-1.2.12 アスファルト乳剤の土木用用途（舗装外）

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| 緑化・環境整備 | 植生材料                  |
|         | 植林材料                  |
|         | 防・除草材料                |
|         | レクリエーション施設材料          |
|         | ゴミ捨て場等の防塵遮水材料         |
|         | 産業廃棄物の無害化処理材料         |
|         | 砂防<br>その他             |
| 水利・防水   | グム・貯水池・溜池等の防水・止水材料    |
|         | 農業・工事用排水路材料           |
|         | 集水用材料（離島等の貯水池の集水層）    |
|         | トンネル・地下構造物の防水材料       |
|         | アスファルトフェーシング表面の老化防止材料 |
| 鉄道      | 被膜・保護の簡易防水材料          |
|         | その他                   |
|         | スラブ軌道用材料              |
|         | てん充道床用材料              |
| その他の    | 舗装軌道                  |
|         | プラットホームのすべり止め用材料      |
|         | その他                   |
|         | トンネル・地下構造物等の空洞充填材料    |
|         | 石油タンク基礎法面のフェーシング材料    |
|         | マンホール等の段差修正材料         |
| その他     | 上下水道、ガス工事の復旧材料        |
|         | 工場、倉庫、屋内駐車場の床材料       |
|         | その他                   |

出防止などの分野にも使用される例も報告されている。

### 1) スラブ軌道用材料としての応用

これは新幹線のスラブ軌道において、スラブと床版の間にアスファルト乳剤とセメントと砂よりなるCAモルタルを充填するもので、主として車両通行時の衝撃緩和のために用いられるものである。

CAモルタルはアスファルトのたわみ性とセメントの剛性の双方をバランスよく兼ね備えた複合材料である。

なおCAモルタルは、アスファルト乳剤とセメントの配合により、塑性から粘弾性領域まで任意の力学性状が得られ、流动性も調整が容易であり、狭い注入口を通して流し込み可能であることなどの特徴を有している。

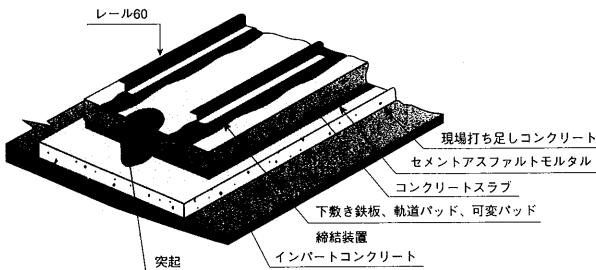


図-1.2.15 スラブ軌道A型

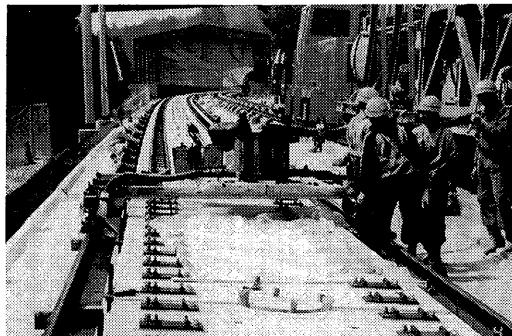


写真-1.2.15 セメントアスファルトモルタルの施工状況

### 2) レクレーション施設材料

昭和35年に全天候型テニスコートに関する技術が日本にもたらされた。その時使用した材料は前もって工場でアスファルト乳剤をバインダとして碎砂、石粉、顔料などを混合してスラリー状にしたものであった。その後テニスの普及とともにアクリル樹脂、ポリウレタン、人工芝など各種の材料が開発され使用されるようになつたが、アスファルト乳剤系テニスコートはひびわれにくい等他の材料にない長所があり、現在でも

使用されている。

一方、競輪場の走路の表面処理材として、アスファルト乳剤系のスラリー状混合物が使用されている。アスファルト乳剤系の材料は着色しても黒っぽい等の欠点はあるが、適度に柔らかく選手が転倒しても怪我をしにくいくこと、多少のヘーグラックができる暑くなると消えてしまうなどのため、現在でもほとんどの競輪場で採用されている。

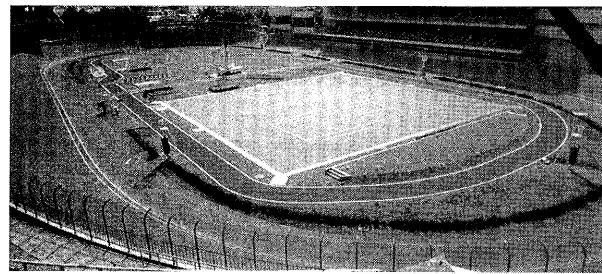


写真-1.2.16 競輪場（テニスコート併設）

### 3) その他

アスファルト乳剤は防水材として使用されることがある。この場合、高濃度のゴム入りアスファルト乳剤が用いられている。この方法はゴムアス乳剤と硬化液を同時に吹きつけ、防水する面で瞬間に固結させて防水層を形成させる瞬間固結型防水工法である。

そのほか、石油タンク基礎、法面保護、ダムフェーリング材としても使用されている。

### (2) 建設資材、その他のアスファルト乳剤応用

アスファルト乳剤は種々の特性を持ち、他の有機材料に比較して安価であることから、幅広く中間材料あるいは基礎材料として用いられており、建築資材や自動車の防音材等、用途、使用形態は多岐に渡っている。そのため、それぞれの目的に応じた性能が要求され、これに基づいてアスファルト乳剤が製造されるので、JIS、JEAASでは特に規定は定められていない。

舗装用と比較して少量多品種であること、ノウハウが多いことなどの点で、その実情は明らかにされていない。

### — 参考文献 —

- 1) (社)日本アスファルト乳剤協会：アスファルト乳剤技術の変遷、あすふあるとにゅうざい、No.119～No.122、1995
- 2) (社)日本アスファルト乳剤協会編：アスファルト乳剤～一般的な性質とその応用～、1996。

# 第3章 ゴム、熱可塑性エラストマー、 熱可塑性樹脂入り舗装用改質アスファルト

## 1. はじめに

改質アスファルトは、昭和63年度版のアスファルト舗装要綱で、一般材料として扱われるようになって以降、出荷量は年々増加し、当時の約14万トンから7年後の1995（平成7）年には約24万トンにまで増加している（当協会集計、セミブローンアスファルトは除く）。これは、舗装用アスファルト全体出荷量の約6%にすぎないものの、主に表層用アスファルトとして利用されることを考慮すれば、一般材料として広く認知され、定着してきたといふことができる。

しかしながら、これらの改質アスファルトの性能を十分に発揮させるためには、その性質や使用方法を理解したうえで、正しく利用していく必要がある。本報は、その主旨も含めて、改質アスファルトの需要動向とその変遷、改質アスファルトの種類と改質添加材の種類、改質アスファルトの製造法、使用法およびその効果などについて、有機高分子系に属するゴム、熱可塑性エラストマー、熱可塑性樹脂を使用した舗装用改質アスファルトを主体に述べることとする。

## 2. 改質アスファルトの需要動向

図-1.3.1に、集計を開始した1968（昭和43）年度から1995（平成7）年度までの出荷量の推移をグラフで示した。

1979（昭和54）年度までは急速に増大し約14.5万トンに達している。内容的には、90%強が当時のゴム入りアスファルト（現在の改質I型）で、樹脂入りは10%に満たないものであった。またタイプ別には、プラントミックスが60%弱を占めている。

1980（昭和55）年度からは、全体量が減少し低迷の様相を示している。この年度には大幅な予算削減があったこと、また翌1981（昭和56）年度に始まり、1990（平成2）年度まで続いたゼロシーリングがあったことが要因の一つとして挙げられる。

1990（平成2）年度からは、ほぼ直線的に増加しているが、その動きはプレミックスタイプ改質II型の台頭によるものであり、改質I型の総量は横ばい、改質I型が主体のプラントミックスタイプは減少のパターンを示し、プレミックスタイプの量が逆転している。

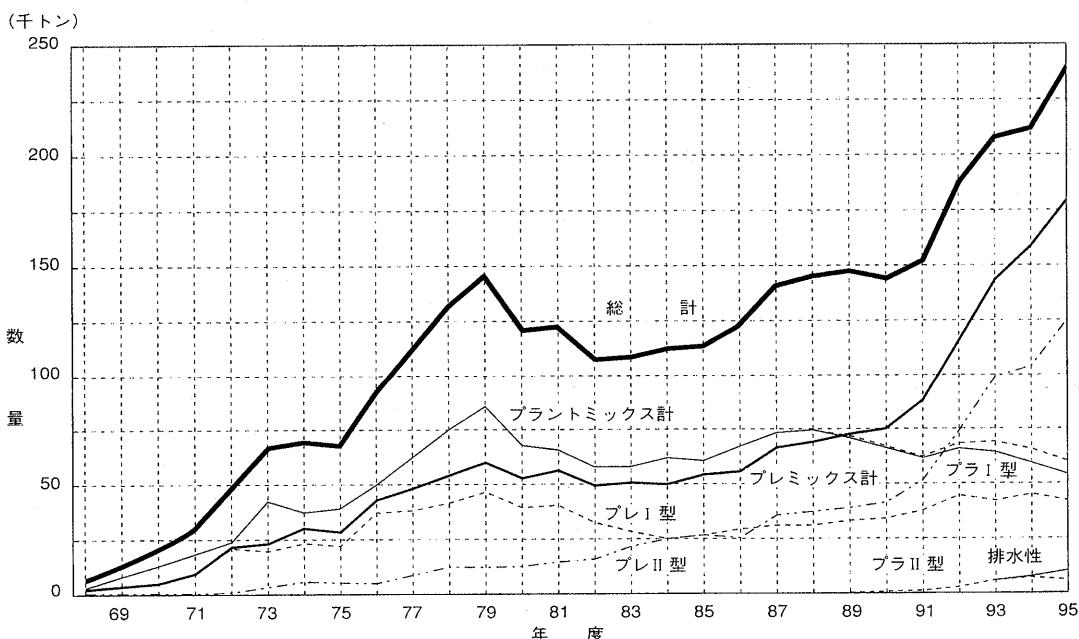


図-1.3.1 改質アスファルト出荷量の推移

図-1.3.2に1995(平成7)年度の地域別出荷量を、

図-1.3.3には地域別出荷量の推移を示した。

1995(平成7)年度の全体量は24万トン弱(対前年106%)、その内訳は、改質I型が38%、II型が55%、排水性用(高粘度改質アスファルト)は約4%であり、タイプ別には、プレミックスが75%、プラントミックスが25%である。

地域別にみると、関東地区が全体の30%、改質II型では45%を占めている。このII型の増加が前述の改質アスファルト全体の出荷量の増加に大きく寄与している。全体量では、東北、中部、中国地区と続くが、交通事情にかんがみて上位が予想される近畿地区は9%弱で6位にある。この傾向は従来からのものであり、大阪府での吸油性改質材OR-60の採用や同地区でのセミブローンアスファルトの使用比率が高いことに起因

するものと思われる。

以上ここに提示した出荷量は、当協会会員の申告量を集計したものであるが、提示していない数値を紹介すると、同類のもので1.5万トン程度が見込まれ、排水性用については2,790トンが確認されている。また、セミブローンアスファルトは約2.2万トン(対前年98%)である。

### 3. 舗装用改質アスファルトの変遷

道路舗装用改質アスファルトが利用されるようになった経緯、またこれに関わる改質材・改質アスファルトの研究開発の変遷とわが国の主たる道路関連事項を表-1.3.1に示す。

道路舗装用改質アスファルトの歴史は、1897年にフランスでアスファルトにゴムの添加が試みられたのが

| 近畿  |        |          |        |
|-----|--------|----------|--------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型  | 9,56   | 3,560    | 4,516  |
| II型 | 13,731 | 72       | 13,803 |
| 排水性 | 2,283  | 3        | 2,286  |
| その他 | 279    | 0        | 279    |
| 小計  | 17,249 | 3,635    | 20,884 |

| 全 国 |         |          |             |
|-----|---------|----------|-------------|
| 種類  | プレミックス  | プラントミックス | 合計(構成比)     |
| I型  | 37,244  | 53,755   | 90,999(38)  |
| II型 | 125,984 | 6,306    | 132,290(55) |
| 排水性 | 10,101  | 42       | 10,143(4)   |
| その他 | 5,131   | 0        | 5,131(2)    |
| 計   | 178,460 | 60,103   | 238,563     |

| 中 国 |        |          |        |
|-----|--------|----------|--------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型  | 5,852  | 7,855    | 13,707 |
| II型 | 9,665  | 985      | 10,650 |
| 排水性 | 820    | 4        | 824    |
| その他 | 107    | 0        | 107    |
| 小計  | 16,444 | 8,844    | 25,288 |

| 四 国 |        |          |       |
|-----|--------|----------|-------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計    |
| I型  | 366    | 1,865    | 2,231 |
| II型 | 2,570  | 580      | 3,150 |
| 排水性 | 174    | 0        | 174   |
| その他 | 59     | 0        | 59    |
| 小計  | 3,169  | 2,445    | 5,614 |

| 九 州(含 沖縄) |        |          |        |
|-----------|--------|----------|--------|
| 種類        | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型        | 11,940 | 5,175    | 17,115 |
| II型       | 3,782  | 5        | 3,787  |
| 排水性       | 803    | 1        | 804    |
| その他       | 178    | 0        | 178    |
| 小計        | 16,703 | 5,181    | 21,884 |

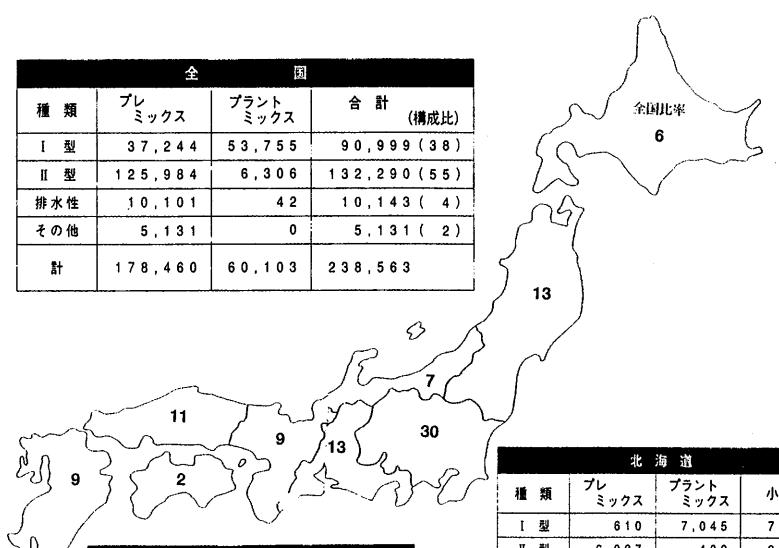
| 北 陸 |        |          |        |
|-----|--------|----------|--------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型  | 1,825  | 9,525    | 11,350 |
| II型 | 3,022  | 2,850    | 5,872  |
| 排水性 | 86     | 3        | 89     |
| その他 | 84     | 0        | 84     |
| 小計  | 5,017  | 12,378   | 17,395 |

| 北海道 |        |          |        |
|-----|--------|----------|--------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型  | 610    | 7,045    | 7,655  |
| II型 | 8,027  | 402      | 8,429  |
| 排水性 | 157    | 11       | 168    |
| その他 | 218    | 0        | 218    |
| 小計  | 7,012  | 7,458    | 14,470 |

| 東 北 |        |          |        |
|-----|--------|----------|--------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型  | 5,785  | 11,450   | 17,235 |
| II型 | 11,775 | 382      | 12,157 |
| 排水性 | 903    | 13       | 916    |
| その他 | 336    | 0        | 336    |
| 小計  | 18,799 | 11,845   | 30,644 |

| 関 東 |        |          |        |
|-----|--------|----------|--------|
| 種類  | プレミックス | プラントミックス | 小計     |
| I型  | 3,908  | 4,160    | 8,068  |
| II型 | 58,021 | 904      | 58,925 |
| 排水性 | 3,510  | 4        | 3,514  |
| その他 | 1,513  | 0        | 1,513  |
| 小計  | 66,952 | 5,068    | 72,020 |

図-1.3.2 1995年度改質アスファルト出荷量



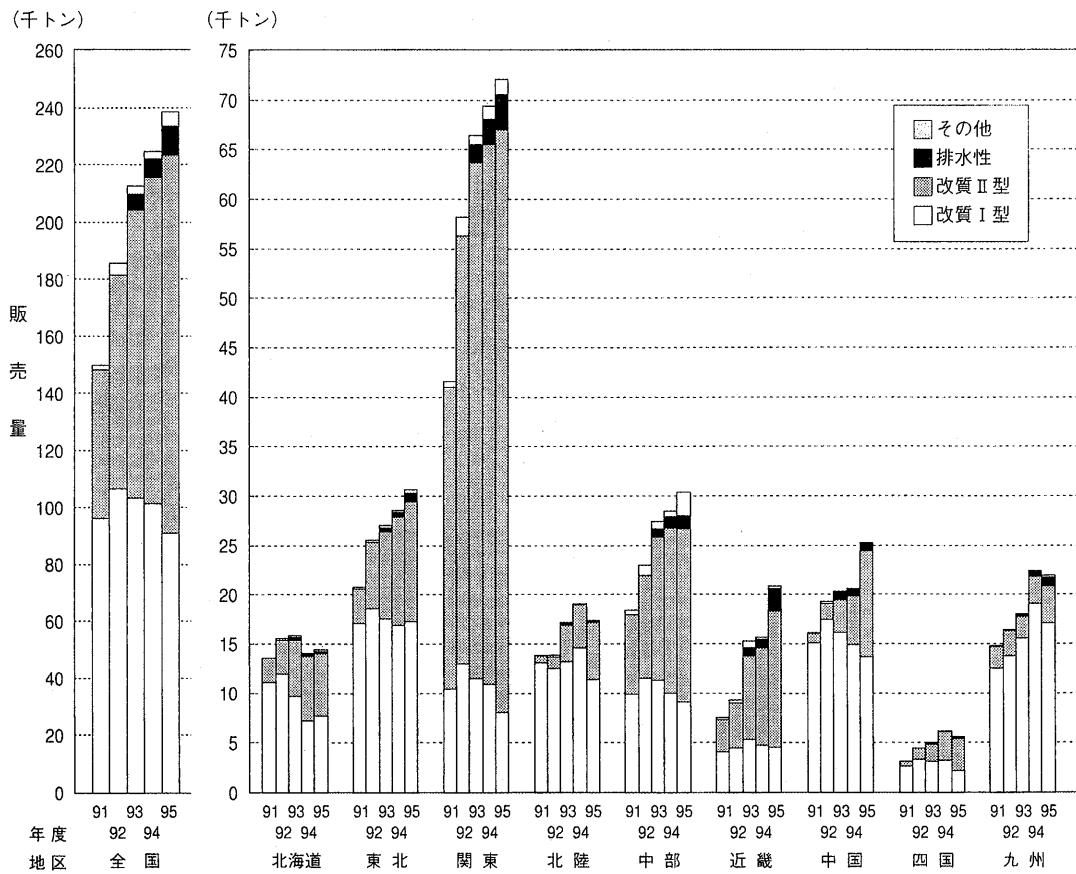


図-1.3.3 地域別改質アスファルト出荷量の推移

始まりといわれている。その後、1930（昭和5）年に英國が着手し、以後フランス、オランダでも同様な検討が開始され、1947（昭和22）年には米国で合成ゴムラテックス入りアスファルトの試験施工が実施されている。わが国では、昭和27（1952）年に東京都での天然ゴム粉末、神戸市での滑ゴムを用いた試みを皮切りに、北海道開発局では天然ゴム粉末による試験施工が国道36号で行われている。

わが国の改質アスファルトのその後は、表-1.3.1に示すように、5期に大別される。

昭和20年代の後半から昭和30年代の前半にかけての第1期は、改質アスファルト研究の初期段階であり、舗装の荒れ、ひびわれへの対応が主であった。

昭和30年代の後半の第2期は、混合物の飛散抵抗性、積雪寒冷地でのタイヤチェーンによる摩耗わだち掘れ対策を行っている。

昭和40年代の第3期は、本格的なモータリゼーションの時代を迎え、交通量の増加や交通荷重の増大に起因する流動わだち掘れ抑制対策を用いた固いアスファ

ルトがひびわれを助長する結果となり、その対応が注目された。

昭和50年代から昭和60年代にかけての第4期は、流動わだち掘れ、スパイクタイヤによる摩耗わだち、ひびわれの破損3大現象が問題となり、改質アスファルトを用いた本格的な試験舗装が実施され、アスファルト舗装要綱では一般材料として認知されていった。

平成年代に入った第5期は、舗装の機能に応じた改質アスファルトの標準化、試験法の確立、混合物の再生利用、あるいは長寿命舗装へのバインダーの検討が進められ今日に至る。

#### 4. 改質アスファルト・改質添加材の種類

##### 4.1 改質アスファルトの種類

図-1.3.4に改質アスファルトの種類、主な用途、使い方（アスファルト合材プラントでの混合方式）を示す。

なお、ゴム、熱可塑性エラストマー、熱可塑性樹脂入りアスファルトについては、以前の分類では使用す

表-1.3.1 改質アスファルトの変遷と関連事項

|   |  |
|---|--|
| 1878 (明治11) 年   | 神田昌平橋を天然アスファルトで舗装  |
| 1897 (明治30) 年   | フランスでゴム添加の試み   |
| 1930 (昭和 5) 年   | 英国で改質材にゴムを試用、以後フランス、オランダでも検討   |
| 1947 (昭和22) 年   | 米国で合成ゴムラテックス入りアスファルトを試験施工  |
| 1950 (昭和25) 年   | 日本道路協会設立、日本アスファルト乳剤協会設立<br>アスファルト舗装要綱の前身道路工法叢書第6集刊行、日本石灰協会設立   |
| 第1期 研究着手および改質アスファルトを試用した小規模試験舗装による供用性の検討開始<br>現 象：舗装面の荒れ、ひび割れが多く発生し、対策としてバインダーに接着力、把握力が要求される。   |  |
| 1952 (昭和27) 年   | 東京都でNR粉末を試用、神戸市で屑ゴムを試用<br>第1回日本道路会議開催  |
| 1954 (昭和29) 年   | 北海道開発局でNR粉末をR36で試験舗装<br>第1次道路整備五箇年計画閣議決定   |
| 1955 (昭和30) 年   | 北大ゴム入りアスファルト混合物の本格的研究を開始   |
| 1957 (昭和32) 年   | 舗装用アスファルト規格制定、日本アスファルト協会設立   |
| 1958 (昭和33) 年   | 名神高速道路山科工事起工   |
| 1959 (昭和34) 年   | 第2次道路整備五箇年計画閣議決定   |
| 第2期 研究成果 (SBRラテックス、NRラテックス) とこれを使用した積雪寒冷地での試験施工、改質アスファルトの販売、規格設定<br>現 象：積雪寒冷地のタイヤチェーンによる摩耗わだち、すべり対策の開粒度タイプ舗装の骨材飛散などの破損が起こり、把握力の強いバインダーが要求される。   |  |
| 1960 (昭和35) 年   | NR／アスファルトマスター・バッチを商品化  |
| 1961 (昭和36) 年   | NR入りアスファルトの市販を開始、メーカー規格設定  |
| 1962 (昭和37) 年   | アスファルト舗装要綱発刊、第3次道路整備五箇年計画策定<br>IISRPアスファルト舗装へのゴム利用の積極的研究を開始  |
| 1965 (昭和40) 年   | 国道1号線全線舗装完了<br>札幌市で輸入SBRラテックスでの試験施工実施 (プラントミックスタイプ)<br>第4次道路整備五箇年計画閣議決定、名神高速道路全線開通   |
| 1966 (昭和41) 年   | 北海道開発局輸入SBRラテックス入りをR36で試験施工<br>アスファルト改質用国産SBRラテックスの市販を開始<br>道路維持修繕要綱発刊、日本スラグ協会設立   |
| 第3期 技術研究成果による建設省、北海道開発局による供用性の検討のため、本格的試験舗装の実施、合成ゴムラテックス利用技術確立の研究、セミプローブンの研究、樹脂入りアスファルトの販売<br>現 象：本格的モータリゼーションによって全国的に流动わだちが発生し、固いアスファルトが使用されたが、結果としてひび割れなどの発生が起こり、韧性の改良効果のある樹脂系改質材が注目される |  |
| 1967 (昭和42) 年   | 北海道開発局国産SBRラテックス使用混合物製造方式を実用化  |
| 1968 (昭和43) 年   | アスファルト舗装要綱改訂、第5次道路整備五箇年計画策定<br>FHWAの提案によりユタ州でSBRラテックスで試験舗装   |
| 1969 (昭和44) 年   | IISRP（極東部会）ゴムアスファルト研究会を発足  |
| 1970 (昭和45) 年   | 建設省道路局千葉県でSBRラテックスを使用して試験舗装  |
| 1971 (昭和46) 年   | IISRP初のゴムアスファルト舗装国際会議を開催、東名高速道路全線開通<br>樹脂系アスファルト改質剤の市販を開始<br>北海道開発局特定箇所へのゴム入りアスファルト使用を認定   |
| 1972 (昭和47) 年   | 東京都ゴム入りアスファルトの大規模試験舗装開始<br>樹脂入りアスファルトの市販を開始、メーカー規格設定   |
| 1973 (昭和48) 年   | アスファルトコンクリート廃材産業廃棄物に指定、第6次道路整備五箇年計画策定<br>舗装用アスファルト規格改訂   |
| 1975 (昭和50) 年   | 第7次道路整備五箇年計画策定<br>IISRP「プラント混合用SBRラテックス」小冊子発刊<br>アスファルト舗装要綱修正：ゴム入りアスファルトの標準的性状をプレミックスとプラントミックスに分けて設定<br>重交通用舗装アスファルトとしてセミプローブンの研究開始<br>アスファルト混合所便覧発行 |

**第4期 改質アスファルト（ゴム入りアスファルト）舗装の本格的技術向上のため、土研・土研センター・ゴムアス協会が共同研究（昭和56～62年）、研究成果の実用化のための本格的試験舗装の実施、またアスファルト舗装要綱で改質アスファルトが一般材料として認定される**

**現象：流動わだち掘れ、摩耗、ひび割れの3現象が多くの舗装の供用性能低下の要因として問題となり、早急な対応バインダーの開発が切望される。**

|             |   |
|-------------|---|
| 1978（昭和53）年 | “ゴムアスファルト懇話会”発足<br>アスファルト舗装要綱改訂：ゴム入りアスファルト、樹脂入りアスファルト、AC-140を特殊材料として採用<br>第8次道路整備五箇年計画策定  |
| 1979（昭和54）年 | “ゴムアスファルト懇話会”名称を“日本ゴムアスファルト協会”に変更<br>舗装材料団体技術連絡会発足  |
| 1980（昭和55）年 | 日加科学技術協議で寒冷地舗装を課題とすることを採択（=PICA）  |
| 1981（昭和56）年 | 協会パンフレット「ゴム入りアスファルト舗装」発行<br>「耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトの開発」の名称で、土研・土研センター・ゴムアス協会が共同研究を開始  |
| 1982（昭和57）年 | 共同研究継続<br>第1回PICA開催、中央自動車道全線開通  |
| 1983（昭和58）年 | 共同研究継続、プレミックスタイプゴム入りアスファルト“筑波1号”を開発<br>第9次道路整備五箇年計画策定、中国自動車道全線開通  |
| 1984（昭和59）年 | “筑波1号”土研で現場施工実施<br>第2回PICA開催、舗装廃材再生利用技術指針（案）発行  |
| 1985（昭和60）年 | “筑波1号”的実用化をめざし、「耐摩耗・耐流動性能を有するゴム入りアスファルトの実用化に関する研究」の名称で、土研・土研センター・ゴムアス協会の共同研究を再開   |
| 1986（昭和61）年 | 共同研究継続、道路開発資金借入、“筑波1号”試験舗装18箇所  |
| 1987（昭和62）年 | 共同研究継続、“筑波1号”試験舗装1箇所<br>第3回PICA開催、SHRP計画スタート、路上再生路盤工法技術指針（案）発行  |
| 1988（昭和63）年 | 共同研究終了、“筑波1号”調査委員会設置<br>アスファルト舗装要綱修正：改質アスファルトを一般材料とし、ゴム入り（I型）と樹脂入り（II型）アスファルトのプレミックスとプラントミックスを一本化した標準的性状を設定、セミプローンアスファルト（AC-100）も一般材料となる<br>舗装試験法便覧発行、路上表層再生工法技術指針（案）発行、第10次道路整備五箇年計画策定 |

**第5期 舗装の各種機能に対する改質アスファルトの基準化、改質アスファルト・混合物の試験法の確立、改質アスファルト混合物の再生利用および長寿命舗装へのバインダーの研究**

**現象：改質アスファルトの選定基準と作業標準の設定、試験方法の検討、改質II型をより高品質にした改質バインダー、再生使用を考慮したバインダーの検討が望まれる**

|            |   |
|------------|---|
| 1989（平成元）年 | “筑波1号”的供用性解析  |
| 1990（平成2）年 | 改質アスファルトの選定基準および作業標準（案）作成<br>東京都の「改質アスファルト混合物管理方法の研究」への協力   |
| 1991（平成3）年 | 第4回PICA開催、スパイクタイヤ粉じん発生の防止に関する法律公布<br>東京都の「改質アスファルト混合物の品質調査」へ協力<br>「改質アスファルトの再生混合物への影響の検討」の混合物研究を日本大学へ委託                               |
| 1992（平成4）年 | 再生資源の利用の促進に関する法律公布<br>“日本ゴムアスファルト協会”的名称を“日本改質アスファルト協会”へ変更<br>“筑波1号”舗装施工2箇所  |
| 1993（平成5）年 | 東京都の「改質アスファルト混合物の再生に関する性状調査」へ協力、日本大学へ委託継続<br>「改質アスファルトを用いた混合物の設計と施工の手引き」発行（日本アスファルト協会）<br>アスファルト舗装要綱改訂、プラント再生舗装技術指針発行<br>日本大学への研究委託継続 |
| 1994（平成6）年 | 省土研 SHRP SUPERPAVEのバインダーの評価開始<br>第11次道路整備5箇年計画策定、道路技術五箇年計画策定、第5回PICA開催<br>アスファルト混合物事前審査制度関東地建管内で試行開始<br>PL（製造物責任）法公布、関西空港開港、環境基本計画策定  |
| 1995（平成7）年 | 「ゴム・熱可塑性エラストマー入り改質アスファルトポケットガイド」発行<br>舗装施工管理技術者資格試験スタート（（財）道路保全技術センター認定）<br>PL法施工、国道43号線訴訟最高裁判決、道路環境技術開発三箇年計画策定                       |

| 種類                       | 主な用途          | 使い方                 |
|--------------------------|---------------|---------------------|
| セミプローンアスファルト             | 耐流動           | プレミックス              |
| 硬質アスファルト                 | 鋼床版用          | プラントミックス            |
| 改質アスファルトI型               | すべり止め、耐摩耗、耐流動 | プレミックス、プラントミックス     |
| 改質アスファルトII型              | 耐流動、耐摩耗、すべり止め | プレミックス、プラントミックス     |
| 超重交通用改質アスファルト            | 耐久性舗装用        | プレミックス、プラントミックス     |
| 橋面舗装用改質アスファルトI型          | 鋼床版用          | プレミックス              |
| 付着性改善改質アスファルト            | コンクリート床版用     | プレミックス、プラントミックス     |
| 高粘度改質アスファルト              | 排水・透水性、低騒音舗装用 | プレミックス、プラントミックス     |
| 再生改質アスファルト               | 再生混合物用        | プレミックス、プラントミックス     |
| (ゴム・熱可塑性エラストマー・熱可塑性樹脂入り) |               |                     |
| (硬化性樹脂使用系)               | 硬化性アスファルト     | 鋼床版用、耐流動用<br>プレミックス |

図-1.3.4 改質アスファルトの種類、主な用途と使い方

る改質添加材の種類分類であったが、今回は現状に合わせた用途分類とした。これは、アスファルト舗装要綱が材料の種類によらず性状（使用目的）区分となつたこと、改質材もゴムと樹脂との区別がしにくくなつたこと、また改質添加材も単独だけではなく複数使用することもあることなどから用途分類することにした。

#### ① セミプローンアスファルト

セミプローンアスファルトは、ストレートアスファルトをブローイング改質して60℃粘度を高め、耐流動用に開発されたもので、使い方としてはプレミックスタイプに属する。

#### ② 硬質アスファルト

硬質アスファルトは、天然アスファルトを用いたグースアスファルトをいい、主として鋼床版橋面舗装用で、プラントミックスタイプである。

#### ③ 改質アスファルトI型

改質アスファルトI型は、II型とともにアスファルト舗装要綱で一般材料として位置づけされており、低温伸度、タフネス・テナシティの増加が特徴であり、すべり止め、耐摩耗、地域によっては耐流動を目的に適用される。

#### ④ 改質アスファルトII型

改質アスファルトII型は、ゴム的な性質と樹脂的な性質を合わせもっていることから幅広い改質効果が期待でき、耐流動、耐摩耗、すべり止めなどに広く適用される。

#### ⑤ 超重交通用改質アスファルト

超重交通用改質アスファルトは、アスファルト

混合物にした場合の耐流動効果として、動的安定度が5,000回/mm以上で、ひびわれ抵抗性を有するものをいい（当協会規格）、車両の大型化に対する耐流動性を改善させたものである。

#### ⑥ 橋面舗装用改質アスファルトI型

橋面舗装用改質アスファルトI型は、鋼床版橋面用で、本州四国連絡橋公団：橋面舗装基準（案）で規定するものをいう。

#### ⑦ 付着性改善改質アスファルト

付着性改善改質アスファルトは、はく離防止効果と耐流動効果を有するコンクリート橋面舗装用をいい（当協会規格）、低温でのたわみ性・ひびわれ抵抗性に着目した品質設計となっている。

#### ⑧ 高粘度改質アスファルト

高粘度改質アスファルトは、60℃粘度が20,000 Pa·s (200,000 Poise) 以上のものをいい（当協会規格）、骨材飛散抵抗性、耐候性（バインダー膜厚）、はく離抵抗性、さらに耐流動性などを重視する排水舗装用、低騒音舗装用に適用される。

#### ⑨ 再生改質アスファルト

再生改質アスファルトは、再生骨材を混合して、新材の改質II型混合物と同等の混合物性状を確保することを目標に、耐流動、耐ひびわれ、劣化アスファルトとの相溶性などに注目して開発されているものである<sup>1)</sup>。

#### ⑩ 硬化性アスファルト

硬化性アスファルトは、化学的変化を利用したもので、鋼床版用や耐流動性用に実用化されたプラ

ントミックスタイプである。  
なお、③～⑨の使い方には、プレミックスタイプと  
プラントミックスタイプがある。

#### 4.2 改質添加材の種類

有機高分子系（ポリマー系ともいう）改質アスファルトに使用される一般的な改質添加材の種類を図-1.3.5に示した。

##### ① ゴム系

ゴムとは、室温において小さい力を加えると伸びるが、力を除くとすみやかに元に戻る性質、すなわちゴム弾性を示す高分子物質をいい、天然ゴム（NR）と合成ゴムとがあり、合成ゴムのなかにはSBR、CRなどがある。改質添加材として使われるものの形状には、ラテックスと呼ばれるエマルジョンタイプとクラム状固体物とがあるが、最近ではラテックスが一般的で、プラントミックスタイプ改質I型、II型が主流である。また橋面舗装、特に、鋼床版用にも使用されている。

##### ② 熱可塑性エラストマー

熱可塑性エラストマーとは、高温では軟化して可塑性（力を加えると変形するが、力を取り除いても元の形に戻らなくなる性質をいい、熱によって変形することを熱可塑性という）を示し、任意の形に整形できるが、常温ではゴム弾性を示す高分子物質をいい、改質添加材としてはSBS、SIS、SEBSが一般的である。形状は、ペレット、クラム、あるいは粉末状固体物で、プレミックスタイプのはほとんどの種類に用いられている。

##### ③ 熱可塑性樹脂

熱可塑性樹脂とは、加熱によって軟化し可塑性

をもつようになる高分子物質で、通称プラスチクスの大部分を占める。代表的なものは、EVA、EEA、PE、石油樹脂である。プラントミックス、プレミックスの耐流動用の材料として使用されている。

以上述べた同種のものでも、分子量の大小、結合の違い、共重合（コポリマー）の場合の単量体（モノマー）あるいはブロック比率の違いなどがあること、さらに熱可塑エラストマーと熱可塑性樹脂との区別がつけがたいものがあることを付記する。

##### ④ 熱硬化性樹脂

熱硬化性樹脂とは、熱または触媒などで化学反応が起こり、硬い三次元網状構造をもった高分子となるもので、エポキシ系やポリウレタン系がこれに属し、硬化性アスファルトの材料である。

#### 5. 改質添加材の使い方と改質アスファルト製造方法

改質添加材の使い方には、プラントミックスタイプとプレミックスタイプとがあり、それぞれの方法の概略を図-1.3.6に、またそれぞれの取扱いの際の留意事項を表-1.3.2に示す。

##### 5.1 プ雷ミックスタイプ

改質アスファルトの製造は、あらかじめ選定したストレートアスファルトに改質材を、場合によって助剤を、添加・混合することに始まる。その手段として、

(a) 当初は固体の改質材・助剤とアスファルトをバンパリーミキサあるいはロールで混練りするマスター・バッチ法があつたが、現在当該用途での適用

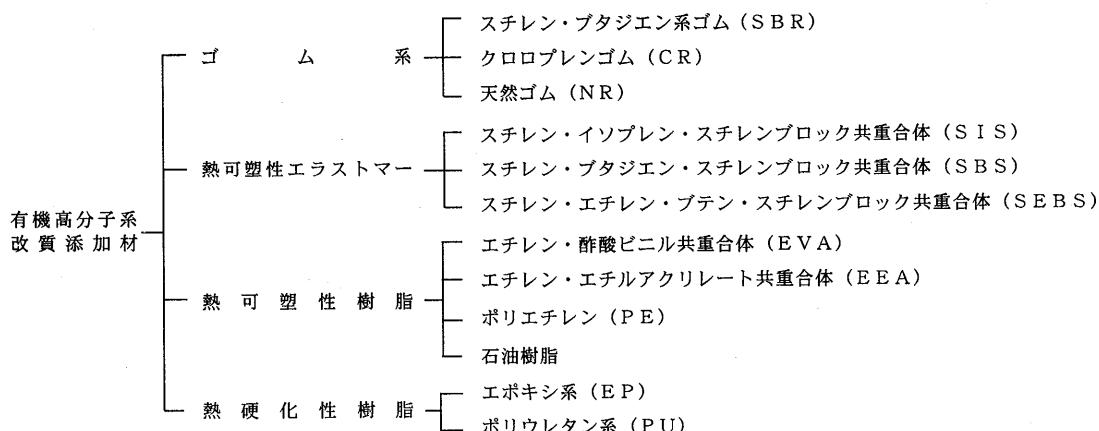


図-1.3.5 一般的な有機高分子系改質添加材の種類

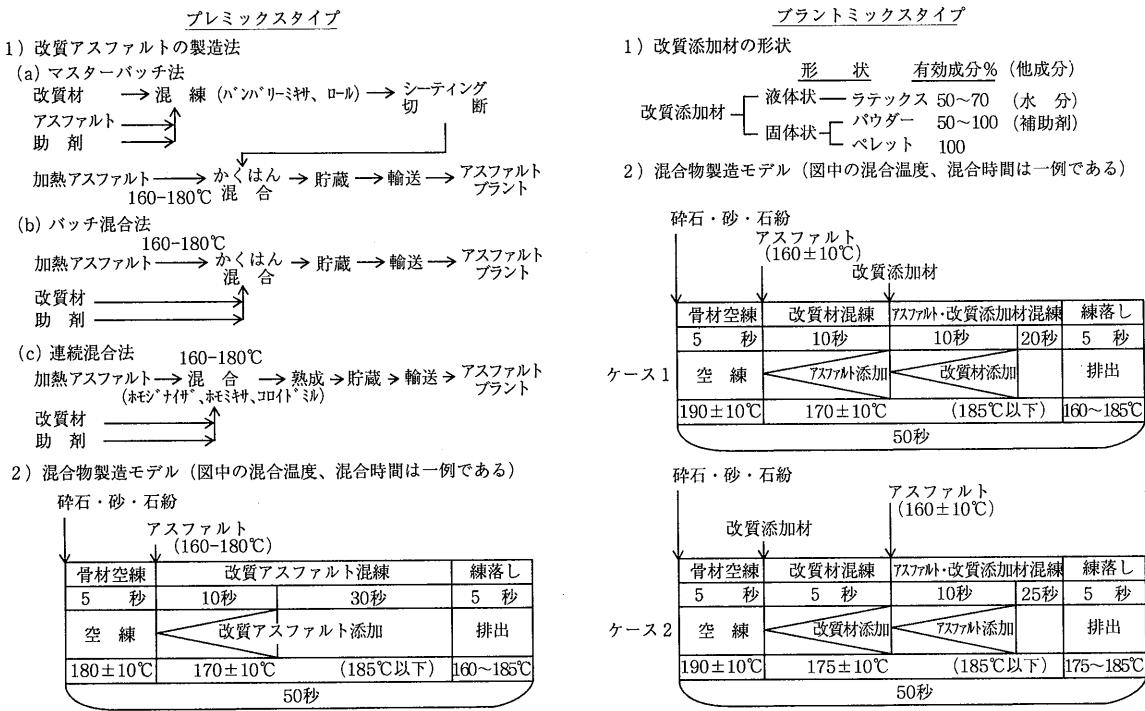


図-1.3.6 プレミックスタイプとプラントミックスタイプの概略

はないものと思われる。

- (b) その後一般的になってきたのが、所定の温度に加熱したアスファルトをかくはんしながら所定量の改質材を添加して融解・分散させるバッチ混合方式であり、現在も採用されている。
- (c) さらに最近になって採用してきた方式に、ホモジナイザ、ホモキサ、あるいはコロイドミルでペレットあるいはクラム状の改質材を強制的に砕き、融解・分散性を促進させて生産性の向上に寄与し、また広い範囲の改質材の使用を可能にする連続混合法がある。

合材プラントのミキサへの投入方法は、ストレートアスファルトと同一であるが、混合温度は10~20°C高めに、また混合時間は0~5秒長めに設定する必要がある。

製品を取り扱う上での要点は、異種材料の混入の防止、粘性が高いことと混合分散物であることからの温度の管理と分離の防止である。

## 5.2 プラントミックスタイプ

合材プラントのミキサに直接投入添加することが基本であり、改質材の投入は専用の投入機(ポンプなど)の使用、あるいはバッチ毎の人力投入となる。

改質材形状は液体か固体で、有効成分は50~100%で

あり、ラテックスの場合には冬季貯蔵中の凍結防止が必要である。ミキサへの投入時期は、

①アスファルトが投入されたウェットの状態の、骨材の表面がアスファルトで被覆された時期とするケース(ラテックスの場合はすべて)

②骨材が投入されたドライの時期とするケースとなる。

また、混合温度はストレートアスファルト混合物より10~20°C高めに、混合時間は10秒前後長めに設定する必要がある。さらにラテックスの場合には、水分が含まれているため水分蒸発による温度低下への配慮また発生蒸気への注意が必要である。

## 6. 改質効果

改質アスファルトの多くは、ストレートアスファルトの軟化点、タフネス・テナシティ、60°C粘度、低温伸度の改善を目的としている。改質材を添加したときの改質効果は表-1.3.3に示すとおりである。

すなわち、ストレートアスファルトの軟化点を高め、感温性を低下させることにより混合物の変形抵抗が向上し、耐流動性効果が高まる。また、タフネス・テナシティの向上、フラークゼー化点を低下させることにより耐摩耗性、耐はく離性、耐ひびわれ性などが改善

表-1.3.2 改質アスファルト、改質添加材取扱いの際の留意事項

| 項目  | プレミックスタイプ  | プラントミックスタイプ   |
|-----|--|---|
| 受入け | <ul style="list-style-type: none"> <li>受入れタンクまたは専用ケットルを原則とする。</li> <li>受入れタンクまたは専用ケットに、それまで使用していた異種材料が存在しないように、ドレンから抜き出しておく。</li> <li>事情により、タンクローリー直結方式とする場合には、事前にメーカーと十分に協議する。</li> </ul> | <p>〔ラテックスの場合〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>受入れは、コンテナーかドラム缶で行う（必要により、タンクを準備して、ローリー納入も可能）。</li> <li>コンテナーやドラム缶置き場を確保する。</li> </ul>  |
| 貯蔵  | <ul style="list-style-type: none"> <li>高温での長時間の貯蔵は、熱劣化や分離が生じることがあり、メーカーの指示する貯蔵条件にしたがう。</li> </ul>  | <p>〔ラテックスの場合〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>直射日光にあてないように、また厳寒期には凍結させないように屋内保管またはシートでおおうなど配慮する。</li> <li>使用を中断するときには、密封・密栓をおこなう。</li> </ul> <p>〔固体状の場合〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋内の、高温とならない場所とし、できるだけ段積みはさける。</li> </ul> |

表-1.3.3 改質材による改質効果

| 要求性能  | 混合物物性                          | 改質アスファルト性状                       | 外的因子                        |
|-------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 耐流動   | 変形抵抗の向上                        | 軟化点の上昇<br>感温性的低下                 | 骨材の質、粒度<br>アスファルト量          |
| 耐摩耗   | すりへり抵抗の向上<br>脆さの改善<br>耐衝撃性的向上  | タフネス・テナシティの向上<br>せい化点の低下         | 骨材の質、粒度<br>アスファルト量          |
| 耐はく離  | はく離抵抗の向上<br>耐水性的向上             | タフネス・テナシティの向上<br>付着性的向上          | 骨材の質、粒度<br>水分               |
| 耐ひびわれ | たわみ性の付与<br>はく離抵抗の向上            | 伸縮性的向上<br>劣化の抑制<br>せい化点の低下       | 骨材の質、粒度<br>アスファルト量          |
| 耐すべり  | すべり抵抗の向上<br>ブリージングの防止          | 粘度の上昇<br>タフネス・テナシティの向上           | 骨材の表面形状・<br>質、粒度<br>アスファルト量 |
| 排水性   | 高空隙率の付与<br>骨材飛散の防止<br>変形抵抗性的付与 | 軟化点の上昇<br>粘度の上昇<br>タフネス・テナシティの向上 | 骨材の表面形状・<br>質、粒度<br>アスファルト量 |

される。このように改質アスファルトは、適用目的に応じて、アスファルトの物理的性状を改善すべく改質材が選択されている。

## 7. 改質アスファルトの使い方

改質アスファルトの使い方は、その目的や現象により対応の方法は異なってくるため、それを明確にしたうえで選択・使用する必要がある。図-1.3.7に、耐流動舗装、すべり止め舗装など代表的な舗装についての使い方のフローを示した。

このフロー図は、一般的なものであり、適用する地域や範囲で、すでに規定されていることがあり注意する必要がある。また、このフロー図は、表層、および基層に関するものであり、路盤を含む舗装構造、路床

や排水などの道路構造にも配慮する必要がある。

## 8. 評価試験法

改質アスファルトおよび混合物に特徴的な評価試験項目と試験方法の概略を図-1.3.8に示す。

これらのうちバインダーの性状として、高粘度改質アスファルトにみられるように、測定値が高くなっているなかで、タフネス・テナシティと60°C粘度に関しては、測定可能な上限にあること<sup>23)</sup>、ここには提示しなかった軟化点や伸度についても測定上の不具合が生じてきていることから、測定値の判断には注意する必要がある。測定法の見直しとともにこれに代わる試験法の提案が望まれている。

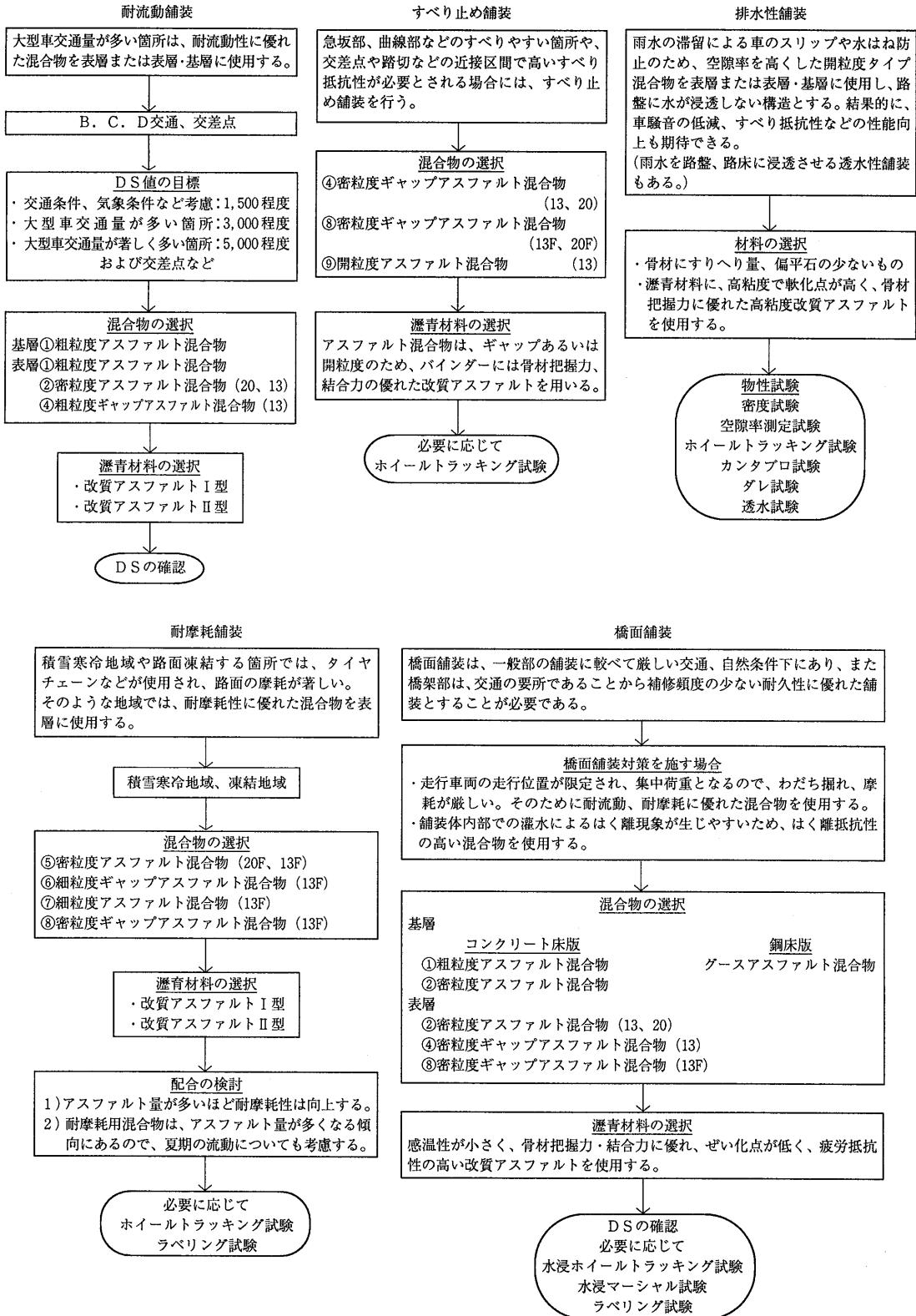


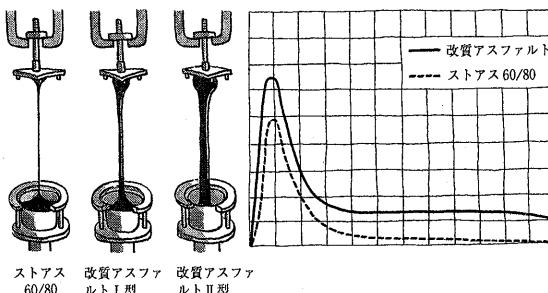
図-1.3.7 代表的な舗装への使い方フロー

### 【タフネス・テナシティ試験】

ゴム・熱可塑性エラストマーなどの改質アスファルトの性状試験の一環で、把握力（タフネス）と粘結力（テナシティ）を評価する試験。金属半球面をアスファルト試料中に埋め、引き抜くときに要する仕事量を記録紙に記録させ、単位面積あたりの記録紙の質量から求める。全体部分の質量をタフネス（N·mまたはkgf·cm）、後半部分の質量をテナシティ（N·mまたはkgf·cm）とする。

注意：泡がないこと、あるいは金属半球の表面清掃、埋め方に注意する。

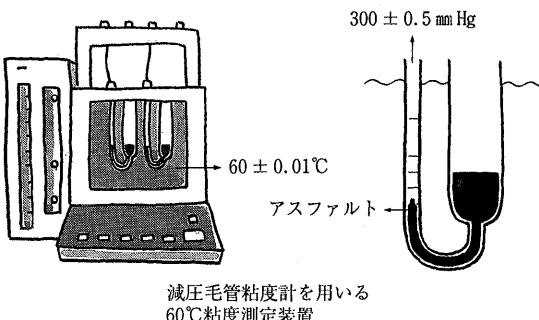
### タフネス・テナシティの試料比較



### 【60°C粘度試験】

減圧・毛細管粘度計を用いて測定される60°Cにおける粘度で、単位はPa·s、またはボアズ（Poise）であらわされる。60°C粘度を高めたアスファルトは、流動防止に効果的といわれ、耐流動性やアスファルトの劣化の程度の一つの目安と考えられている。改質アスファルトの中では、高粘度改質アスファルトや超重交通用改質アスファルトなどの規格項目に用いられている。

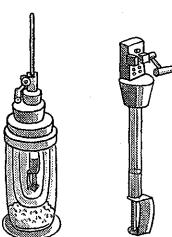
注意：定められた粘度範囲の粘度計を選択すること、粘度計にゴミや汚れがないことを確認する。



### 【フーラス脆化点試験】

ストレートアスファルトおよび改質アスファルトの低温における性状試験の一環。鋼板の表面に作製したアスファルト薄膜を曲げたとき亀裂の生じる最初の温度（℃）を求める。

注意：鋼板の状態、薄膜の作り方と厚さ、屈曲速度などが大きく影響するため、条件設定の確立が要求される。フーラス脆化点試験



### 【粗骨材のはく離抵抗性試験】

アスファルト被膜の骨材からのはく離に対する抵抗性を評価する試験。アスファルトで完全に被覆した骨材を、ガラス板に広げて、80°Cの水槽中に浸し、はく離状態を目視観察する静的はく離試験が一般的である。アスファルト被膜の骨材からのはく離面積を百分率（%）で評価する。

注意：はく離面積は目視によって評価するが、個人差が生じやすいため複数人によって評価する。

### 【ダレ試験】

排水性舗装用アスファルト混合物の最大バインダー量決定試験の一環。バインダー量を変化させたアスファルト混合物を一定温度の乾燥炉で所要時間加熱養生し、ダレまたは付着によって損失したバインダー質量を測定する。養生器具は、一般にバットを用いる。

ダレ量（%） =

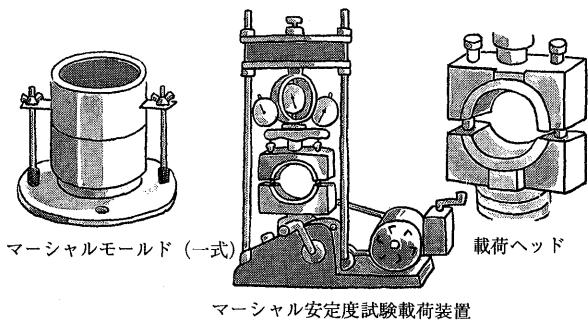
$$\frac{\text{受け皿に付着したアスファルトモルタルの質量}}{\text{試験前の供試体質量}} \times 100$$

注意：アスファルト混合物の養生温度は、使用バインダーの特性によって異なる。また、アスファルト混合物のバットへの敷均し厚さは均一にする。

### 【マーシャル安定度試験】

骨材とアスファルトの割合および配合量を決定するための試験。円筒形供試体（直径約100mm、厚さ約63mm）の側面を円弧形の2枚の載荷ヘッドではさみ、規定温度（60°C）、規定載荷速度により荷重を加え、供試体が破壊するまでに示す最大荷重（安定度 kg）とそれに対する変形量（フロー値 1/100cm）を測定する。骨材の最大粒径が25mm以下の加熱アスファルト混合物に適用される。

注意：供試体作製時に骨材分離が生じないよう、また締固め温度管理に注意し、供試体を載荷ヘッドへセットする際に異物の噛み込みがないよう確認する。



マーシャル安定度試験載荷装置

### 【水浸マーシャル試験】

水浸マーシャル試験は、アスファルト混合物のはく離現象に対する抵抗性を、水浸後の安定度の低下によって評価する。60°Cの恒温水槽中に、通常48時間水浸後、マーシャル安定度を測定する。

残留安定度（%） =

$$\frac{60^\circ\text{C}, 48\text{時間水浸後のマーシャル安定度(kg)}}{\text{標準マーシャル安定度 (kg)}} \times 100$$

図-1.3.8 改質アスファルト・混合物に特徴的な試験方法の概略

### 【カンタブロ試験】

排水性舗装用アスファルト混合物の骨材を安定に保持しうる最小バインダー量の決定試験法の一種。バインダー量を変化させたマーシャル安定度試験の供試体をロサンゼルス試験機（粗骨材のすりへり試験法に規定する機械）を用いて、鋼球を使用しないでドラムを300回転させ、試験後の損失量を測定する。

損失率 (%) =

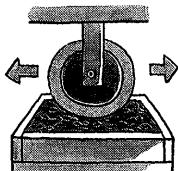
$$\frac{\text{試験前の供試体質量(g)} - \text{試験後の供試体質量(g)}}{\text{試験前の供試体質量(g)}} \times 100$$

注意：試験終了ごとに、試験機内の飛散した骨材を完全に除去する。また、試験後の供試体質量の測定は、供試体空隙に入りこんだ細粒分を取り除いて行う。

### 【ホイールトラッキング試験 (WT=Wheel Tracking Test)】

アスファルト混合物の耐流動性を評価する試験。所定の寸法の供試体上を載荷した小型のゴム車輪を規定の温度(60°C)，規定の速度で繰り返し往復走行させ、単位時間あたりの変形量から動的安定度 (DS 回/mm) を求める。

注意：供試体の作製方法、試験温度、ゴム硬度、接地荷重などが試験結果に大きく影響する。標準混合物による定期的な確認試験が望まれる。また、値が6,000(回/mm)にも達すると信頼性にも問題があり判定や値の取扱いには慎重を要する。



ホイールトラッキング試験

### 【水浸ホイールトラッキング試験】

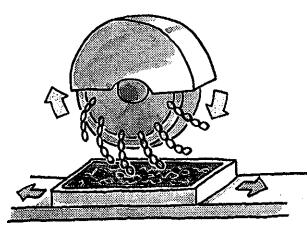
アスファルト混合物の水に対する耐久性を評価する試験。ホイールトラッキング試験を水浸状態で行い、加熱アスファルト混合物の水の作用条件下でのく離状況を測定する。一般的なホイールトラッキング試験機にトラバース機構、水浸機構を必要とするほか、接地圧、走行速度、距離などの走行試験条件が相応して規定される。

### 【ラベリング試験】

アスファルト混合物などタイヤチェーンによる摩耗、飛散に対する抵抗性を評価する試験。タイヤチェーンをつけた車輪を、所定の寸法の供試体上で回転させ、所定温度一定時間に摩耗した供試体の断面積(すりへり量cm<sup>2</sup>)を測定する。

注意：供試体の作製方法、

チェーンの摩耗程度  
や供試体への当り具合などが大きく影響するほか、試験設定条件に左右されるため、標準供試体による補正を行うことが望ましい。



ラベリング試験機

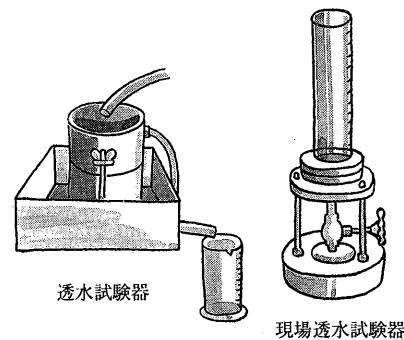
### 【透水性アスファルト混合物の透水試験】

透水性アスファルト混合物の透水性を評価する試験。室内で主に配合設計に通用する透水試験と現場において管理試験として行う現場透水試験がある。

室内での透水試験は、上端に越流口をもった円筒に直径約10cmの円柱状の供試体(マーシャル安定度試験供試体を利用できる)を入れ密着させ、円筒の上端から注水し、一定の水位を保ちながら、一定時間内の透水量を測定するものである。

現場透水試験は、透水試験器を舗装面に密着させて、試験器の透明アクリル製円筒に満たした水を、規定の位置より400ml流下させる時間を測定するもので、測定した時間(秒)から15秒当りの流下した水量を算出し透水量(ml/15s)とする。

注意：現場透水試験において、新設直後の路面は撥水することがあるので水洗してから試験を行う。



### 【改質アスファルトの取扱い】

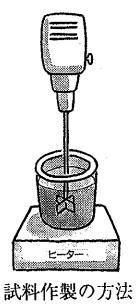
アスファルト混合物の各試験に改質アスファルトを用いる場合は、以下のように取り扱う。

#### プレミックスタイプの場合

- 1) 加熱溶解温度は180°Cを越えないようにする。過加熱は改質アスファルトの熱劣化や性状の変質をまねき、試験の結果に悪影響を与えるので注意する。
- 2) 加熱は事前に乾燥機の中で行うのが望ましい。ガスコンロで加熱溶解する場合は、加熱用のセラミック付き金網やサンドバスなどを用いて、直接加熱は避ける。
- 3) 改質アスファルトサンプルが18l缶の場合は、予定の試験毎に小分けしておき、繰り返し加熱は避ける。
- 4) 全量溶解を確認した後、十分にかきませて使用する。

#### プラントミックスタイプの場合

- 1) すでにアスファルトに添加されたものについては、プレミックスタイプの場合と同じ操作を行う。
- 2) オイルバス、あるいはセラミックス付き金網やサンドバスを付けた電熱器またはガスコンロでストレートアスファルトを溶融する。
- 3) かきませ機で、溶融したストレートアスファルトをかきませながら、所定の温度で、改質材を少しづつ加えたのち、ツップがなくなるまで続ける。



試料作製の方法

## 9. 改質アスファルトの品質規格

ゴム・熱可塑性エラストマー入りアスファルトの標準的性状・基準・規格を表-1.3.4に示す。

改質アスファルトI型、II型はアスファルト舗装要綱に規定する標準的性状、また橋面舗装用改質アスファルトI型は本四連絡橋公団の橋面舗装基準(案)に規定する規格である。

高粘度改質アスファルト、付着性改善改質アスファルト、および超重交通用改質アスファルトは、当協会規格として定めたものであり、いずれにも60°C粘度と薄膜加熱質量変化率を新しく規格項目とした取り入れ、軟化点、伸度(15°C)、タフネス・テナシティの値を改質I型、II型に比べ高く設定している。さらに付着性改善改質アスファルトについては、フラースゼイ化点

と粗骨材のはく離面積率を規格項目として採用した。しかしながら、図-1.3.4でリストアップした再生改質アスファルトについては規格設定にまでにはいたっていない。

なお、高粘度改質アスファルトについては、新しく発行された『排水性舗装技術指針(案)』に、同様の内容で、標準的性状として規定されていることを追記する。

## 10. 改質アスファルト混合物の取扱い方

改質アスファルト混合物の配合設計、製造・運搬、および舗設時の特定事項・留意事項について以下に述べる。また、混合物の配合設計、製造時のタイプ別事項については表-1.3.5にまとめた。

表-1.3.4 ゴム・熱可塑性エラストマー入りアスファルトの標準的性状・基準・規格

| 種類<br>項目                                  | アスファルト舗装要綱      |                 | 改質アスファルト<br>I型<br>II型 | 日本改質アスファルト協会<br>規格 |                         |                       |  |
|---|-----------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|--|
|   | 改質アスファルト        |                 |                       | 改質アスファルト<br>I型     | 高粘度<br>改質アスファルト         | 付着性改善<br>改質アスファルト     |  |
|   | I型              | II型             |                       |                    | 60~100                  | 40以上                  |  |
| 針入度(25°C)<br>1/10mm                       | 50以上            | 40以上            |                       | 60~100             | 40以上                    | 40以上                  |  |
| 軟化点<br>℃                                  | 50.0~60.0       | 56.0~70.0       |                       | 80~110             | 80.0以上                  | 68.0以上                |  |
| 伸度(7°C)<br>cm                             | 30以上            | —               |                       | —                  | —                       | —                     |  |
| 伸度(10°C)<br>cm                            | —               | —               |                       | 50以上               | —                       | —                     |  |
| 伸度(15°C)<br>cm                            | —               | 30以上            |                       | —                  | 50以上                    | 30以上                  |  |
| 引火点<br>℃                                  | 260以上           | 260以上           |                       | 280以上              | 260以上                   | 260以上                 |  |
| フラース脆化点<br>℃                              | —               | —               |                       | -12以下              | —                       | -12以下                 |  |
| 薄膜加熱質量変化率<br>%                            | —               | —               |                       | —                  | 0.6以下                   | 0.6以下                 |  |
| 薄膜加熱後針入度残留率<br>%                          | 55以上            | 65以上            |                       | —                  | 65以上                    | 65以上                  |  |
| 薄膜加熱後<br>蒸発量<br>%<br>(180°C ×<br>2.5時間)   | —               | —               |                       | 0.3以下              | —                       | —                     |  |
| 薄膜加熱後<br>残留針入度<br>%<br>(180°C ×<br>2.5時間) | —               | —               |                       | 65以上               | —                       | —                     |  |
| 薄膜加熱後<br>軟化点<br>%<br>(180°C ×<br>2.5時間)   | —               | —               |                       | 85~100             | —                       | —                     |  |
| タフネス(25°C)<br>(kgf·cm)                    | 4.9以上<br>(50以上) | 7.8以上<br>(80以上) |                       | 11.8以上<br>(120以上)  | 20.0以上<br>(200以上)       | 16.0以上<br>(160以上)     |  |
| テナシティ(25°C)<br>(kgf·cm)                   | 2.5以上<br>(25以上) | 3.9以上<br>(40以上) |                       | 9.8以上<br>(100以上)   | 15.0以上<br>(150以上)       | 8.0以上<br>(80以上)       |  |
| 灰分<br>%                                   | —               | —               |                       | 1.0以下              | —                       | —                     |  |
| 密度(15°C)<br>g/cm³                         | 試験表に付記          | 試験表に付記          |                       | —                  | 試験表に付記                  | 試験表に付記                |  |
| 比重(25°C/25°C)                             | —               | —               |                       | 1,000以上            | —                       | —                     |  |
| 60°C粘度<br>(Poise)                         | Pa·s<br>(—)     | —               |                       | 400以上<br>(4,000以上) | 20,000以上<br>(200,000以上) | 1,500以上<br>(15,000以上) |  |
| 粘度<br>160°C<br>200°C                      | sFs             | —               |                       | 500以下              | —                       | —                     |  |
| 粘度<br>200°C                               | sFs             | —               |                       | 200以下              | —                       | —                     |  |
| 最適混合温度<br>℃                               | 試験表に付記          | 試験表に付記          |                       | —                  | 試験表に付記                  | 試験表に付記                |  |
| 最適締固め温度<br>℃                              | 試験表に付記          | 試験表に付記          |                       | —                  | 試験表に付記                  | 試験表に付記                |  |
| 粗骨材のはく離面積率<br>%                           | —               | —               |                       | —                  | —                       | 5以下                   |  |

表-1.3.5 改質アスファルト混合物の配合設計、製造時の特定事項・留意事項

| 項目  | プレミックスタイプ                                 | プラントミックスタイプ  |
|---|---|--|
| 〔配合設計〕最適アスファルト量の決定  | ストレートアスファルトと同様の方法で決定する。                   | ストレートアスファルトの最適アスファルト量を基準とするが、添加量に関しては発注者の指示・指定がない場合にはメーカーの指示にしたがう。*  |
| 混合方法  | ストレートアスファルトと同様の方法で決定する。                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ストレートアスファルトで骨材を被覆後、改質材を添加し、さらに混合する。</li> <li>骨材に改質材を添加・混合し、ストレートアスファルトを加えてさらに混合する。</li> </ul> <p>2つケースがあり確認する。</p>                          |
| 混合締固め温度   | メーカーの指示による。                               | メーカーの指示による。  |
| * 添加量は、目的に合わせて決定されるが、決定量%には内添加（または内割=ストレートアスファルト+改質材（固形分）=100と、外添加（または外割=ストレートアスファルト100+改質材（固形分））とがあり、確認することが必要である。 |   |  |
| 〔製造〕事前準備  | ストックタンクおよび管内の異種材料を除去しておく。                 | <p>〔ラテックスの場合〕改質材添加装置の試運転を行い、所定の添加量となるようセッティングし、また改質添加材がミキサの中央部分に添加されるように添加ノズルを調製・固定する。</p>   |
| 混合方法・時間   | ストレートアスファルトと同様の方法で混合し、ウェットミキシング時間は35~50秒。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>骨材がストレートアスファルトで被覆された（黒変する）時期に改質材の添加を開始する。ウェットミキシング時間は通常40~50秒。</li> <li>骨材投入直後に改質材を添加・混合し、ストレートアスファルトを投入する。ウェットミキシング時間は通常35~50秒。</li> </ul> |
| 混合物の貯蔵  | できるだけホットストレージは行わない。必要であれば事前にメーカーと相談する。    |  |

10.1 混合物の配合設計・最適アスファルト量の決定  
混合温度は骨材の加熱温度で調整する。最適混合温度および最適締固め温度は、ストレートアスファルトではアスファルトの温度・粘度曲線をもとに決定するが、改質アスファルトでは製造温度、貯蔵温度から推奨される温度と施工実績を参考にして決定され、ストレートアスファルトより10~20°C高めに設定されていることが多い。

改質アスファルトの最適混合・締固め温度の決め方の一つに、マーシャル試験による方法がある。概要は次のとおりである。

温度を変えて突固めた改質アスファルト混合物の密度を、ストレートアスファルト混合物の最適締固め温度での密度で除した値を締固度（%）とし、この締固度と温度との関係図から、締固度が100%になるときの突固め温度を求めて締固め温度の下限値とし、この温度を基準に最適混合・締固め温度を決定する<sup>4)</sup>。

いずれにしても、混合時の最高温度はバインダーの劣化・変質をともなう可能性があるため185°Cとする。

## 10.2 混合物製造・運搬上の留意事項

1) 改質アスファルト混合物の製造は、アスファルト舗装要綱、アスファルト混合所便覧に準ずるが、改

質アスファルト混合物の製造条件はメーカー指示によるものとする。ただし、最終的には過去の経験、試験練りなどにより確認または決定してもよい。

- 改質アスファルト混合物の貯蔵は、舗設時の温度管理を考慮すると、基本的には避けることとする。
- 改質アスファルト混合物の運搬に際しては、十分な保温処置が必要である。長時間にわたる運搬や現場での待ち時間が長くなることが予想される場合には、混合物の上の帆布を二重にしたり、荷台に木樽をつけて保温に努めるなどの配慮が必要である。

## 10.3 舗設時の留意事項

### (1) 敷きならし、および締固め

改質アスファルト混合物の舗設は、通常のアスファルト混合物より高い温度で行う必要がある。舗設時の温度条件などについてはメーカー指示にしたがい、混合物製造者は、現場責任者に対して十分に説明しておく必要がある。

一般的に用いられる転圧機種は、初転圧は10~12tのロードローラ、二次転圧は8~12tのタイヤローラである。タイヤローラは、タイヤの清掃や噴霧装置を含めて十分に点検整備をしておく。タイヤローラへの混合物の付着防止のためには、水の噴霧は温度低下の

ため好ましくなく、スプレーなどで軽油か灯油、あるいは切削油乳剤やシリコーン系剥離防止剤を噴霧するのが効果的である。万一混合物が付着した場合には、すみやかに除去、清掃する。

### (2) 施工ジョイント

施工ジョイントは、ホットジョイントが望ましくホットジョイントができない場合はセミホットジョイントになるように計画を立てるか、コールドジョイント部にタックコートまたは整形目地材を施し、十分に締固め密着させることが必要である。

### (3) 交通開放

転圧終了後の交通開放は、舗装表面の温度がおおむね50°C以下となってから行うこととされている。ストレートアスファルト混合物より高い混合温度に設定してあるので、そのぶんだけ降温に時間を要する。表面だけでなく、内部温度にも注目して“初期わだち”的発生しないよう配慮が必要である。

以上改質アスファルト混合物の取扱い上の留意点について述べたが、混合物の温度管理が作業性、出来形および耐久性までも差配するといつても過言ではない。製造および作業時の注意はもとより、施工時期についても配慮すべきものと考える。

## 11. 流 通

改質アスファルト(=プレミックスタイプ)および改質添加材(=プラントミックスタイプ)のメーカー～ユーザーの流れを図-1.3.9、-1.3.10に示す。

プレミックスの場合の流れは図のごとくであるが、ユーザーであるプラントの次ユーザーの工程、あるいは天候に左右されることがあり、納期(方法)／製造(量)／品質(種類)の確保が重要な課題である。

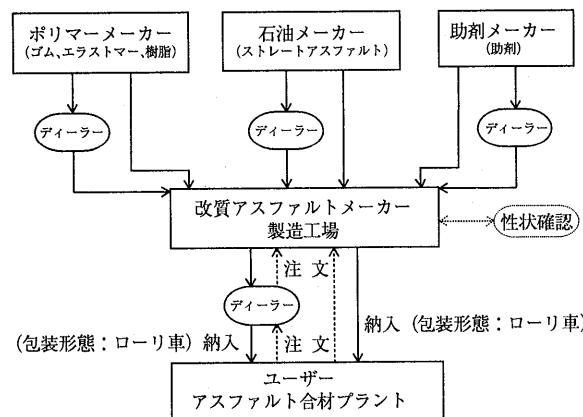


図-1.3.9 プレミックスタイプの流通

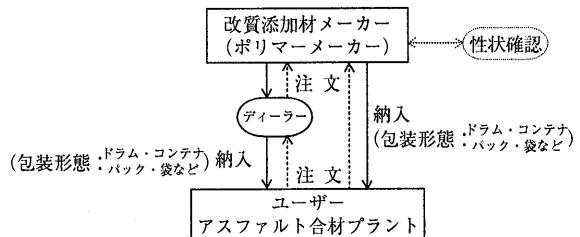


図-1.3.10 プラントミックスタイプの流通

プラントミックスの場合は、ユーザーであるプラントに改質材置場さえ確保しておけばよく、ある程度の受注体制はととのえられており、プレミックスほどの緊急性はない。

## 12. おわりに

わが国の改質アスファルトは、道路環境をとりまく交通条件や気象条件とともにさまざまなニーズに対応するかたちで発展してきた。今後、これまでのニーズのほかに、安全性や環境性を配慮した、より高度な機能をもつ舗装、メンテナンスフリーを理想とした長寿命舗装、省資源、自然保護のためのリサイクルなどの舗装技術に対応する改質アスファルトの開発が課題となるものと思われる。これらの課題に対して、単なる材料の開発にとどまらず、評価技術の開発、温度管理を始めとする施工技術への配慮が不可欠であると考えている。

## — 参考文献 —

- 1) アスファルト Vol.39 No.189, 1996 p.30~37
- 2) 改質アスファルト Vol.5 1995 p.4
- 3) 改質アスファルト Vol.6 1996 p.4
- 4) 改質アスファルト No.7 1996 p.14
- 5) アスファルト舗装要綱：(社)日本道路協会
- 6) アスファルト混合所便覧：(社)日本道路協会
- 7) 舗装試験法便覧：(社)日本道路協会
- 8) 舗装試験法便覧別冊(暫定試験方法)：(社)日本道路協会
- 9) 排水性舗装技術指針(案)：(社)日本道路協会
- 10) 本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)：本州四国連絡橋公団
- 11) 「改質アスファルトを用いた混合物の設計と施工の手引き」：(社)日本アスファルト協会
- 12) 「ゴム・熱可塑性エラストマー入り改質アスファルトポケットガイド」：日本改質アスファルト協会

— 執筆者一覧 —

(五十音順)

第1章 天然アスファルトと石油アスファルト

東 国夫 富士興産株式会社 業務部需給計画課係長

江口英顯 九州石油株式会社 販売本部直売部直売二グループ

高木清美 株式会社 コスモ総合研究所石油商品研究所燃料2グループグループリーダー

土居貞幸 社団法人 日本アスファルト協会参事

室賀五郎 三菱石油潤滑油部アスファルトグループ次長

第2章 アスファルト乳剤

社団法人 日本アスファルト乳剤協会

第3章 ゴム、熱可塑性エラストマー、熱可塑性樹脂入り舗装用改質アスファルト

日本改質アスファルト協会

重交通道路の舗装用アスファルト  
「セミプローンアスファルト」の開発

B5版・132ページ・実費頒価 3000円（送料実費）

当協会において、昭和50年の研究着手以来、鋭意検討されてきた重交通道路の舗装用アスファルトについての研究の集大成です。本レポートが、アスファルト舗装の耐流動対策の一助となれば幸いです。

| 目 次                       |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. 研究の概要                  | 4.4 高速曲げ試験                |
| 1.1 文献調査                  | 4.5 水浸マーシャル安定度試験          |
| 1.2 室内試験                  | 4.6 試験結果のまとめ              |
| 1.3 試験舗装                  | 4.7 品質規格の設定               |
| 1.4 研究成果                  | 5. 試験舗装による検討              |
| 2. 舗装の破損の原因と対策            | 5.1 概 説                   |
| 2.1 アスファルト舗装の破損の分類        | 5.2 実施要領                  |
| 2.2 ひびわれ (Cracking)       | 5.3 施工箇所と舗装構成             |
| 2.3 わだち掘れ (Rutting)       | 5.4 追跡調査の方法               |
| 3. セミプローンアスファルトの開発        | 5.5 使用アスファルトの性状           |
| 3.1 概 説                   | 5.6 アスファルト混合物の性状          |
| 3.2 市販ストレートアスファルトの60℃粘度調査 | 5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状    |
| 3.3 製造方法の比較               | 5.8 第3次試験舗装の供用性           |
| 3.4 セミプローンアスファルトの試作       | 5.9 アンケート調査               |
| 3.5 試作アスファルトの特徴           | 5.10 試験舗装のまとめ             |
| 3.6 60℃粘度と他の物理性状の関係       | 6. む す び                  |
| 3.7 薄膜加熱による性状変化           | 資料                        |
| 4. セミプローンアスファルトを用いた混合物の性状 | 1. セミプローンアスファルトの規格 (案)    |
| 4.1 概 説                   | 2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法      |
| 4.2 マーシャル安定度試験            | 2.2 60℃粘度試験の共通試験          |
| 4.3 ホイールトラッキング試験          | 3. 舗装用セミプローンアスファルトの舗装施工基準 |

## 阪神・淡路大震災調査報告書、「第1巻 橋梁」

川島一彦

東京工業大学工学部教授

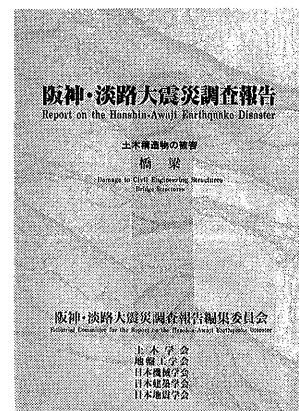
都市直下型地震の恐ろしさをさまざまと示した兵庫県南部地震が発生してからはや2年が経過した。「ゆさゆさ」から「ぐらぐら」へと教えられた従来の地震と異なり、まるで「ジェット機が墜落したと思った」とか、「ダンプトラックが突っ込んできたと思った」と一様に体験者が証言しているように、わずか8秒という短い間に集中的に地震力が放出された、すさまじい地震力をもたらした地震であった。しかし、その後の研究により、兵庫県南部地震は特別な地震というわけではなく、マグニチュード7.2としてごく普通の地震であったこと、したがって、わが国はどこでもこのような地震の発生に対する潜在的な危険性を持っていることが指摘されている。

本書は、土木・建築・地盤・機械・地震の5学会が総力をあげて被害の実態とその原因分析を行い、阪神・淡路大震災調査報告書（全15巻）として結果をとりまとめつつある「第1巻 橋梁」である。道路橋、鉄道橋のすべてにわたって同一の視点からできるだけ正確、かつ客観的に被害状況を後世に伝えることをねらってまとめられたものであり、被害状況を知る上でまたとない資料となっている。今後の新設橋の耐震設計や既設橋の耐震補強に際して、兵庫県南部地震では橋梁になにが起こったかを本書によりよく知っていただくことは、昨年末に改訂された道路橋示方書や現在改訂されつつある鉄道橋の耐震設計が何をめざしているかを知っていただくうえで格好の書と言えよう。

### 第1回配本「土木構造物の被害（橋梁）」

#### 第1章 橋梁

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1.1 総括           | ■ 体裁 A4判       |
| 1.2 柄橋の被害        | ■ 370ページ       |
| 1.3 ラーメン高架橋の被害   | ■ 定価 20,600円   |
| 1.4 アーチ系橋梁の被害    | (本体価格20,000円)  |
| 1.5 吊橋、斜張橋の被害    | ■ 会員特価 18,540円 |
| 1.6 その他の形式の橋梁の被害 | ■ 送料 600円      |



#### ●お問い合わせ先

発行所：土木学会・出版事業課

TEL 03-3355-3445 FAX 03-5379-2769

発売所：丸善(株)・出版事業部

TEL 03-3272-0521 FAX 03-3274-0551

## 総目次 第187号～第190号（平成8年度）

### アスファルトの研究 [品質・規格・試験など]

| 表題                             | 執筆者       | 号数  | ページ<br>P~P | 発行年月（西暦）        |
|--------------------------------|-----------|-----|------------|-----------------|
| <資料> 平成7年市販アスファルトの性状調査         | 技術委員会     | 189 | 68~71      | 平成 8. 10 (1996) |
| <第8回論文賞佳作> 防音材料におけるアスファルトの利用技術 | 脇阪三郎・多田悟士 | 190 | 60~70      | 平成 9. 1 (1997)  |

### アスファルト需給・統計関係の解析

| 表題   | 執筆者 | 号数  | ページ<br>P~P | 発行年月（西暦）       |
|--|-----|-----|------------|----------------|
| 主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況                             |     | 188 | 80         | 平成 8. 7 (1996) |
| (統計資料：石油アスファルト需給統計その1（総括表），同その2（内需，品種別表）毎号巻末に掲載） |     |     |            |                |

### 道路舗装・舗装用アスファルト

| 表題  | 執筆者   | 号数  | ページ<br>P~P   | 発行年月（西暦）        |
|---|---|-----|--|-----------------|
| 特集・橋面舗装<br>特集にあたって<br>橋面舗装の概要<br>首都高速道路公団における橋面舗装<br>阪神高速道路公団における橋面舗装<br>日本道路公団における橋面舗装<br><br>本州四国連絡橋公团における橋面舗装<br>関西国際空港における橋面舗装<br>東京都における橋面舗装<br>橋面舗装と鋼床板 | 藤田 實<br>池田 拓哉<br>川田 成彦・牧田 篤弘<br>袴田 文雄<br>七五三野 茂・酒井 健<br>小沢隆二<br>樋口 康三<br>角和夫<br>阿部忠行<br>佐々木道夫 | 187 | 1~2<br>3~7<br>8~13<br>14~18<br>19~23<br><br>24~28<br>29~35<br>36~43<br>44~53 | 平成 8. 4 (1996)  |
| 特集・舗装の維持修繕<br>特集にあたって<br>舗装の維持管理<br>北海道の国道における舗装の維持修繕<br>近畿地方建設局の舗装の維持修繕について<br>高速道路における舗装修繕の現状について<br>首都高速道路における舗装修繕<br>東京都における道路舗装の維持修繕の現状                  | 鈴木 克宗<br>久島 多昭<br>島下 良典<br>明石 雄・佐藤 正和<br>首都高速道路公団<br>竹田 敏憲                                    | 188 | 1~3<br>4~9<br>10~14<br>15~20<br>21~25<br>26~29<br>30~35                      | 平成 8. 7 (1996)  |
| 特集・特殊なバインダーを用いた舗装<br>特集にあたって<br>新材料などを用いた舗装と評価技術への期待<br>排水性舗装<br>橋面舗装用付着性改善改質アスファルト<br>超重交通用改質アスファルト<br><br>再生混合物用改質アスファルトの開発<br>カラー舗装                        | 中村 俊行<br>片脇 清士<br>久保 和幸<br>羽入 昭吉・田中正義<br>村田 雅人・遠藤 孝司<br>脇阪三郎<br>青木 秀樹・矢島 浩二<br>深田 芳           | 189 | 2~3<br>4~13<br>14~18<br>19~24<br>25~29<br><br>30~37<br>38~43                 | 平成 8. 10 (1996) |
| 第8回日本アスファルト協会論文賞発表<br><第8回論文賞入選第2席><br>アスファルト混合物用細骨材の粒形評価手法に関する研究   | 七五三野 茂・神谷恵三<br>竹田豪文   | 188 | 40~41<br>42~51   | 平成 8. 7 (1996)  |
| <第8回論文賞入選第2席> 改質アスファルトの再生   | 鈴木 黙・峰岸順一   | 189 | 49~58  | 平成 8. 10 (1996) |
| 特集・舗装用アスファルト技術に関する最近の状況<br>特集にあたって<br>SHRPバインダ試験の測定原理と背景<br>SUPERPAVEによるわが国のアスファルトの評価<br>ヨーロッパのアスファルト技術の現況<br>ストレートアスファルトの性状と最近の動向<br>改質アスファルトの最近の動向          | 坂本 浩行<br>新田 弘之<br>塚越 徹<br>長谷川 宏<br>青木 秀樹<br>日本改質アスファルト協会                                      | 190 | 1~2<br>3~9<br>10~18<br>19~23<br>24~29<br>30~37                               | 平成 9. 1 (1997)  |
| 座談会<br>アスファルト舗装技術～これまでの歩みと21世紀への展望～   | 司会 河野 宏   | 190 | 38~53  | 平成 9. 1 (1997)  |

## アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

| 表題   | 執筆者   | 号数  | ページ<br>P~P                    | 発行年月（西暦）        |
|--|---|-----|-------------------------------|-----------------|
| <アスファルト舗装技術研究グループ・第24回報告><br>第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議（その1）<br>パート1：概要と基調論文<br>パート2：舗装のリフレクションクラックに関する設計モデル<br>パート3：舗装のリフレクションクラックに関する評価方法 | 峰岸順一<br>小関裕二・鈴木秀輔<br>池田和則<br>黒田智・杉内正弘<br>水野卓哉・南沢輝雄      | 187 | 56<br>57~62<br>63~66<br>67~73 | 平成 8. 4 (1996)  |
| <アスファルト舗装技術研究グループ・第25回報告><br>第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議（その2）<br>パート4：舗装のリフレクションクラックに関する抑制対策<br>パート5：事例紹介                                    | 峰岸順一<br>関口英輔・村田信之<br>山脇宏成<br>北澤弘明・鈴木康豊<br>浜田幸二          | 188 | 55<br>56~63<br>64~72          | 平成 8. 7 (1996)  |
| <アスファルト舗装技術研究グループ・第26回報告><br>海外舗装文献検索システムについて<br>「海外舗装文献検索システム」の開発について   | 峰岸順一<br>吉村啓之・阿部長門<br>北沢弘明・鈴木康豊                          | 189 | 59<br>60~63                   | 平成 8. 10 (1996) |
| <アスファルト舗装技術研究グループ・第27回報告><br>Pavement Analysis and Design  | 峰岸順一<br>岡藤博国・阿部長門<br>伊藤達也・遠藤桂<br>小笠幸雄・金井利浩<br>増山幸衛・吉村啓之 | 190 | 71<br>72~82                   | 平成 9. 1 (1997)  |

## 用語の解説

| 表題                                      | 執筆者            | 号数  | ページ<br>P~P     | 発行年月（西暦）        |
|---|----------------|-----|----------------|-----------------|
| トータルコスト<br>工業用アスファルト                    | 小島逸平<br>(舗装関係) | 187 | 74~75<br>76~79 | 平成 8. 4 (1996)  |
| カンタプロ試験<br>コロイドとアスファルト乳剤                |                | 188 | 74~75<br>76~77 | 平成 8. 7 (1996)  |
| 騒音調査<br>マイクロサーフェッシング                    |                | 189 | 65~66<br>67    | 平成 8. 10 (1996) |
| トンネル内舗装<br>PAV (プレッシャーエージングペッセル、加圧劣化試験) |                | 190 | 83~84<br>85~87 | 平成 9. 1 (1997)  |

## 石油ミニ知識

| 表題      | 執筆者  | 号数  | ページ<br>P~P | 発行年月（西暦）       |
|---------|------|-----|------------|----------------|
| ～石油の備蓄～ | 室賀五郎 | 187 | 54~55      | 平成 8. 4 (1996) |
| ～環境問題～  | 長谷川宏 | 188 | 52~54      | 平成 8. 7 (1996) |

## その他一般 [協会事業活動・時事解説・随想など]

| 表題                    | 執筆者   | 号数  | ページ<br>P~P | 発行年月（西暦）        |
|-----------------------|-------|-----|------------|-----------------|
| 総目次 第183号～186号（平成7年度） | 編集委員会 | 187 | 80~81      | 平成 8. 4 (1996)  |
| インターネットと舗装工学（第1回）     | 姫野賢治  | 188 | 36~39      | 平成 8. 7 (1996)  |
| ＜新刊書紹介＞橋面舗装の設計と施工     | 阿部頼政  | 188 | 73         | 平成 8. 7 (1996)  |
| インターネットと舗装工学（第2回）     | 姫野賢治  | 189 | 44~48      | 平成 8. 10 (1996) |
| ＜新刊書紹介＞漫画で学ぶ舗装工学 基礎編  | 蒔田實   | 189 | 64         | 平成 8. 10 (1996) |
| インターネットと舗装工学（第3回）     | 姫野賢治  | 190 | 54~59      | 平成 9. 1 (1997)  |

## 〈石油アスファルト需給統計資料〉 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   |
| 60 年 度    | 240  | 5,029 | ( 96.1)    | 0   | 5,269 | 5,035 | ( 96.4)    | 0   | 5,035 | 215  | 5,250 |
| 61 年 度    | 215  | 5,744 | (114.2)    | 0   | 5,959 | 5,695 | (113.1)    | 0   | 5,696 | 235  | 5,931 |
| 62 年 度    | 235  | 5,892 | (102.6)    | 9   | 6,136 | 5,862 | (102.9)    | 0   | 5,862 | 274  | 6,136 |
| 63 年 度    | 274  | 5,904 | (100.2)    | 3   | 6,181 | 5,953 | (101.6)    | 1   | 5,954 | 219  | 6,173 |
| 元 年 度     | 219  | 6,066 | (102.7)    | 1   | 6,286 | 5,990 | (100.6)    | 4   | 5,994 | 276  | 6,270 |
| 2 年 度     | 276  | 6,277 | (103.5)    | 1   | 6,554 | 6,205 | (103.6)    | 8   | 6,213 | 310  | 6,523 |
| 3 年 度     | 310  | 5,973 | ( 95.2)    | 0   | 6,282 | 5,944 | ( 95.8)    | 19  | 5,963 | 313  | 6,276 |
| 4 年 度上期   | 313  | 2,969 | (104.4)    | 0   | 3,282 | 2,893 | (101.8)    | 59  | 2,952 | 326  | 3,278 |
| 4 年 度下期   | 326  | 3,152 | (100.7)    | 1   | 3,479 | 3,216 | (103.6)    | 17  | 3,233 | 244  | 3,477 |
| 4 年 度     | 313  | 6,121 | (102.5)    | 1   | 6,435 | 6,109 | (102.8)    | 76  | 6,185 | 244  | 6,429 |
| 5 年 度上期   | 244  | 2,910 | ( 98.0)    | 1   | 3,155 | 2,803 | ( 96.9)    | 26  | 2,829 | 329  | 3,158 |
| 5 年 度下期   | 329  | 3,209 | (101.8)    | 1   | 3,539 | 3,233 | (100.5)    | 79  | 3,312 | 238  | 3,550 |
| 5 年 度     | 244  | 6,119 | (100.0)    | 2   | 6,365 | 6,036 | ( 98.8)    | 105 | 6,141 | 238  | 6,379 |
| 6 年 度上期   | 238  | 2,954 | (101.5)    | 1   | 3,193 | 2,761 | ( 98.5)    | 60  | 2,821 | 377  | 3,198 |
| 6 年 度下期   | 377  | 3,070 | ( 95.7)    | 0   | 3,447 | 3,073 | ( 95.1)    | 112 | 3,185 | 272  | 3,457 |
| 6 年 度     | 238  | 6,024 | ( 98.4)    | 1   | 6,263 | 5,834 | ( 96.7)    | 172 | 6,006 | 272  | 6,278 |
| 4 ~ 6月    | 272  | 1,315 | ( 92.7)    | 0   | 1,587 | 1,246 | ( 92.8)    | 72  | 1,318 | 275  | 1,593 |
| 7 月       | 275  | 520   | ( 95.9)    | 0   | 795   | 435   | ( 81.8)    | 34  | 469   | 328  | 797   |
| 8 月       | 328  | 481   | ( 98.6)    | 0   | 809   | 450   | (107.1)    | 38  | 488   | 322  | 810   |
| 9 月       | 322  | 496   | ( 97.8)    | 0   | 818   | 489   | (104.9)    | 31  | 520   | 300  | 820   |
| 7 ~ 9月    | 275  | 1,497 | ( 97.4)    | 0   | 1,772 | 1,374 | ( 96.9)    | 103 | 1,477 | 300  | 1,777 |
| 7 年 度上期   | 272  | 2,813 | ( 95.2)    | 0   | 3,085 | 2,620 | ( 94.9)    | 175 | 2,795 | 300  | 3,095 |
| 10月       | 300  | 534   | (112.9)    | 0   | 834   | 513   | ( 98.7)    | 28  | 541   | 293  | 834   |
| 11月       | 293  | 568   | (101.8)    | 0   | 861   | 542   | ( 95.3)    | 33  | 575   | 289  | 864   |
| 12月       | 289  | 566   | (101.6)    | 0   | 855   | 558   | (104.1)    | 32  | 590   | 263  | 853   |
| 10~12月    | 300  | 1,668 | (105.0)    | 0   | 1,968 | 1,613 | ( 99.3)    | 93  | 1,706 | 263  | 1,969 |
| 8. 1月     | 263  | 425   | (104.7)    | 0   | 688   | 347   | ( 96.7)    | 27  | 374   | 316  | 690   |
| 2 月       | 316  | 465   | (112.0)    | 0   | 781   | 436   | (103.8)    | 23  | 459   | 323  | 782   |
| 3 月       | 323  | 653   | ( 98.8)    | 0   | 976   | 681   | (101.6)    | 26  | 707   | 271  | 978   |
| 1 ~ 3月    | 263  | 1,543 | (104.1)    | 0   | 1,806 | 1,464 | (101.0)    | 76  | 1,540 | 271  | 1,811 |
| 7 年 度下期   | 300  | 3,211 | (104.6)    | 0   | 3,511 | 3,077 | (100.1)    | 169 | 3,246 | 271  | 3,517 |
| 7 年 度     | 272  | 6,024 | (100.0)    | 0   | 6,296 | 5,697 | ( 97.7)    | 344 | 6,041 | 271  | 6,312 |
| 8. 4月     | 271  | 564   | ( 97.9)    | 0   | 835   | 496   | (103.1)    | 29  | 525   | 311  | 836   |
| 5 月       | 311  | 446   | (116.4)    | 0   | 757   | 422   | (122.3)    | 19  | 441   | 317  | 758   |
| 6 月       | 317  | 409   | (114.6)    | 0   | 726   | 381   | ( 90.7)    | 21  | 402   | 325  | 727   |
| 4 ~ 6月    | 271  | 1,419 | (107.9)    | 0   | 1,690 | 1,299 | (104.3)    | 69  | 1,368 | 325  | 1,693 |
| 7 月       | 325  | 482   | ( 92.7)    | 0   | 807   | 491   | (112.9)    | 22  | 513   | 297  | 810   |
| 8 月       | 297  | 524   | (108.9)    | 0   | 821   | 451   | (100.2)    | 39  | 490   | 333  | 823   |
| 9 月       | 333  | 518   | (104.4)    | 0   | 851   | 487   | ( 99.6)    | 28  | 515   | 338  | 853   |
| 7 ~ 9月    | 325  | 1,524 | (101.8)    | 0   | 1,849 | 1,429 | (104.0)    | 89  | 1,518 | 338  | 1,856 |
| 8 年度上期    | 271  | 2,943 | (104.6)    | 0   | 3,214 | 2,728 | (104.1)    | 158 | 2,886 | 338  | 3,224 |
| 10月       | 338  | 493   | ( 92.3)    | 0   | 831   | 518   | (101.0)    | 29  | 547   | 284  | 831   |
| 11月       | 284  | 559   | ( 98.4)    | 1   | 844   | 527   | ( 97.2)    | 33  | 560   | 287  | 847   |

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 8年11月確報  
(2) 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〉 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 度 | 内 需 量        |     |       |                    | 合 計 | 対 前 年 度 比    |       |       |                    | 合 計   |  |  |
|-----------|--------------|-----|-------|--------------------|-----|--------------|-------|-------|--------------------|-------|--|--|
|           | ストレート・アスファルト |     |       | プローン<br>アスフ<br>アルト |     | ストレート・アスファルト |       |       | プローン<br>アスフ<br>アルト |       |  |  |
|           | 道路用          | 工業用 | 燃焼用   |                    |     | 道路用          | 工業用   | 燃焼用   |                    |       |  |  |
| 60年度      | 3,739        | 139 | 911   | 4,789              | 246 | 5,035        | 93.5  | 85.8  | 113.2              | 96.4  |  |  |
| 61年度      | 3,979        | 241 | 1,238 | 5,458              | 237 | 5,695        | 106.4 | 173.4 | 135.9              | 114.0 |  |  |
| 62年度      | 4,252        | 360 | 995   | 5,607              | 255 | 5,862        | 106.9 | 149.4 | 80.4               | 102.7 |  |  |
| 63年度      | 4,307        | 421 | 967   | 5,695              | 258 | 5,953        | 101.3 | 117.3 | 97.2               | 101.6 |  |  |
| 元年度       | 4,360        | 447 | 932   | 5,739              | 251 | 5,990        | 101.2 | 106.2 | 96.3               | 100.8 |  |  |
| 2年度       | 4,416        | 606 | 929   | 5,951              | 254 | 6,205        | 101.3 | 135.6 | 99.7               | 103.7 |  |  |
| 3年度       | 4,317        | 590 | 796   | 5,703              | 241 | 5,944        | 97.8  | 97.4  | 85.7               | 95.8  |  |  |
| 4年度上期     | 2,153        | 253 | 372   | 2,778              | 115 | 2,893        | 103.0 | 94.4  | 100.0              | 101.8 |  |  |
| 4年度下期     | 2,406        | 315 | 369   | 3,090              | 126 | 3,216        | 108.1 | 97.5  | 87.0               | 103.9 |  |  |
| 4年度       | 4,559        | 568 | 741   | 5,868              | 241 | 6,109        | 105.6 | 96.3  | 93.1               | 102.9 |  |  |
| 5年度上期     | 2,022        | 265 | 404   | 2,691              | 112 | 2,803        | 93.9  | 104.7 | 108.6              | 96.9  |  |  |
| 5年度下期     | 2,315        | 336 | 456   | 3,107              | 126 | 3,233        | 96.2  | 106.7 | 123.6              | 100.6 |  |  |
| 5年度       | 4,337        | 601 | 860   | 5,798              | 238 | 6,036        | 95.1  | 105.8 | 116.1              | 98.8  |  |  |
| 6年度上期     | 1,939        | 257 | 455   | 2,651              | 110 | 2,761        | 95.9  | 97.0  | 112.6              | 98.5  |  |  |
| 6年度下期     | 2,190        | 249 | 513   | 2,952              | 121 | 3,073        | 94.6  | 74.1  | 112.5              | 95.0  |  |  |
| 6年度       | 4,129        | 506 | 968   | 5,603              | 231 | 5,834        | 95.2  | 84.2  | 112.6              | 96.6  |  |  |
| 4~6月      | 894          | 78  | 225   | 1,197              | 49  | 1,246        | 91.3  | 82.1  | 105.1              | 92.9  |  |  |
| 7月        | 304          | 49  | 66    | 419                | 16  | 435          | 84.9  | 62.8  | 85.7               | 81.7  |  |  |
| 8月        | 304          | 47  | 82    | 433                | 17  | 450          | 99.7  | 335.7 | 98.8               | 107.7 |  |  |
| 9月        | 337          | 38  | 95    | 470                | 19  | 489          | 114.2 | 53.5  | 117.3              | 105.1 |  |  |
| 7~9月      | 945          | 134 | 243   | 1,322              | 52  | 1,374        | 98.6  | 82.2  | 100.8              | 97.0  |  |  |
| 7年度上期     | 1,839        | 212 | 468   | 2,519              | 101 | 2,620        | 94.8  | 82.5  | 102.9              | 95.0  |  |  |
| 10月       | 353          | 51  | 87    | 491                | 22  | 513          | 95.4  | 89.5  | 120.8              | 98.6  |  |  |
| 11月       | 385          | 44  | 89    | 518                | 24  | 542          | 95.1  | 80.0  | 104.7              | 95.0  |  |  |
| 12月       | 392          | 50  | 96    | 538                | 20  | 558          | 100.5 | 151.5 | 102.1              | 104.3 |  |  |
| 10~12月    | 1,130        | 145 | 272   | 1,547              | 66  | 1,613        | 97.0  | 100.0 | 108.4              | 99.2  |  |  |
| 8. 1月     | 202          | 51  | 75    | 328                | 19  | 347          | 99.0  | 102.0 | 86.2               | 96.5  |  |  |
| 2月        | 295          | 42  | 77    | 414                | 22  | 436          | 99.3  | 280.0 | 86.5               | 103.2 |  |  |
| 3月        | 548          | 26  | 85    | 659                | 22  | 681          | 103.8 | 70.3  | 98.8               | 101.2 |  |  |
| 1~3月      | 1,045        | 119 | 237   | 1,401              | 63  | 1,464        | 101.8 | 115.5 | 90.5               | 100.6 |  |  |
| 7年度下期     | 2,175        | 264 | 509   | 2,948              | 129 | 3,077        | 107.7 | 106.0 | 99.2               | 99.9  |  |  |
| 7年度       | 4,014        | 476 | 977   | 5,467              | 230 | 5,697        | 97.2  | 94.1  | 100.9              | 97.6  |  |  |
| 8. 4月     | 387          | 13  | 80    | 480                | 16  | 496          | 113.5 | 35.1  | 93.0               | 103.4 |  |  |
| 5月        | 281          | 46  | 76    | 403                | 19  | 422          | 112.0 | 657.1 | 105.6              | 122.1 |  |  |
| 6月        | 253          | 38  | 73    | 364                | 17  | 381          | 83.5  | 115.2 | 109.0              | 90.3  |  |  |
| 4~6月      | 921          | 97  | 229   | 1,247              | 52  | 1,299        | 103.0 | 124.4 | 101.8              | 104.2 |  |  |
| 7月        | 342          | 48  | 83    | 473                | 18  | 491          | 112.5 | 98.0  | 125.8              | 112.9 |  |  |
| 8月        | 297          | 37  | 100   | 434                | 17  | 451          | 97.7  | 78.7  | 122.0              | 100.2 |  |  |
| 9月        | 323          | 49  | 96    | 468                | 19  | 487          | 95.8  | 128.9 | 101.1              | 99.6  |  |  |
| 7~9月      | 962          | 134 | 279   | 1,375              | 54  | 1,429        | 101.8 | 100.0 | 114.8              | 104.0 |  |  |
| 8年度上期     | 1,883        | 231 | 508   | 2,622              | 106 | 2,728        | 102.4 | 109.0 | 108.5              | 104.1 |  |  |
| 10月       | 360          | 53  | 84    | 497                | 21  | 518          | 102.0 | 103.9 | 96.6               | 101.2 |  |  |
| 11月       | 390          | 41  | 76    | 507                | 20  | 527          | 101.3 | 93.2  | 85.4               | 97.9  |  |  |
|           |              |     |       |                    |     |              |       |       | 83.3               | 97.2  |  |  |

- [注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 8年11月確報  
(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、プローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。  
(3) 道路用ストレート・アスファルト=内需量合計-(プローンアスファルト+燃焼用アスファルト+工業用ストレート・アスファルト)  
(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

# 排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引

A5版・26ページ・実費頒価 ￥300(送料実費)

申込先 (社) 日本アスファルト協会  
〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8  
秀和第3虎ノ門ビル7階

エポキシアスファルトは強度や骨材との付着性において優れた物性を有するので、これを使用した排水性舗装用混合物は、高粘度アスファルト等を使用した従来の排水性舗装用混合物より耐久性の向上、機能の持続性などが期待されるものである。

しかし、エポキシアスファルトは熱硬化性のエポキシ樹脂を含む反応性バインダであるため、使用にあたってはその機能が十分に発揮できるよう、混合物の製造や施工については細心の注意を払わなければならない。

本手引きは、このようなエポキシアスファルトをバインダとする排水性舗装の設計、施工、管理についてとりまとめたものであり、関係者必読の書としておすすめします。

## 目 次

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| 第1章 総 則        | 第5章 施 工                           |
| 1.1 概 説        | 5.1 施工計画                          |
| 1.2 適用にあたっての注意 | 5.2 製 造                           |
|                | 5.3 タックコート                        |
| 第2章 材 料        | 5.4 舗 設                           |
| 2.1 材 料        | 5.5 繼 目                           |
| 2.2 エポキシアスファルト |                                   |
| 2.3 骨 材        | 第6章 品質管理および検査                     |
| 2.4 その他の材料     |                                   |
| 第3章 配合設計       | 第7章 調 査                           |
| 第4章 試験練り       | 付録-1 エポキシ樹脂について                   |
|                | 付録-2 エポキシアスファルトの構成、混合方法、<br>代表的性状 |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社<br>名        | 住<br>所              | 電<br>話         |
|---------------|---------------------|----------------|
| <b>[メーカー]</b> |                     |                |
| 出光興産株式会社      | (100) 千代田区丸の内3-1-1  | 03 (3213) 3135 |
| エッソ石油株式会社     | (107) 港区赤坂5-3-3     | 03 (3585) 9438 |
| 鹿島石油株式会社      | (102) 千代田区紀尾井町3-6   | 03 (5276) 9556 |
| キグナス石油株式会社    | (104) 中央区八重洲2-8-1   | 03 (3276) 5211 |
| キグナス石油精製株式会社  | (210) 川崎市川崎区浮島町3-1  | 044 (288) 8445 |
| 九州石油株式会社      | (100) 千代田区内幸町2-1-1  | 03 (5512) 8606 |
| 極東石油工業株式会社    | (104) 中央区京橋1-8-7    | 03 (5250) 2681 |
| 興亜石油株式会社      | (108) 港区芝浦3-4-1     | 03 (5441) 2516 |
| コスモ石油株式会社     | (105) 港区芝浦1-1-1     | 03 (3798) 3874 |
| 三共油化工業株式会社    | (105) 港区新橋1-7-11    | 03 (5568) 6411 |
| 株式会社ジャパンエナジー  | (105) 港区虎ノ門2-10-1   | 03 (5573) 6000 |
| 昭和シェル石油株式会社   | (135) 港区台場2-3-2     | 03 (5531) 5765 |
| 昭和四日市石油株式会社   | (510) 四日市市塩浜町1      | 0593 (45) 2111 |
| 西部石油株式会社      | (105) 港区西新橋2-1-1    | 03 (5512) 3417 |
| ゼネラル石油株式会社    | (105) 港区海岸1-16-1    | 03 (5403) 3433 |
| 東燃株式会社        | (100) 千代田区一ツ橋1-1-1  | 03 (3286) 5111 |
| 東北石油株式会社      | (985) 仙台市宮城野区港5-1-1 | 022 (363) 1122 |
| 日本石油株式会社      | (105) 港区西新橋1-3-12   | 03 (3502) 1111 |
| 日本石油精製株式会社    | (105) 港区西新橋1-3-12   | 03 (3502) 1111 |
| 富士興産株式会社      | (100) 千代田区永田町2-4-3  | 03 (3580) 3571 |
| 富士石油株式会社      | (104) 中央区明石町8-1     | 03 (3547) 0011 |
| 三井石油株式会社      | (101) 千代田区霞が関3-3-2  | 03 (5512) 3605 |
| 三菱石油株式会社      | (108) 港区港南1-6-41    | 03 (3472) 7883 |
| モービル石油株式会社    | (100) 千代田区大手町1-7-2  | 03 (3244) 4691 |

**[ディーラー]**

● 北海道

|                   |                         |                |     |
|-------------------|-------------------------|----------------|-----|
| コスモアスファルト(株) 札幌支店 | (060) 札幌市中央区大通り西10-4    | 011 (281) 3906 | コスモ |
| 東光商事株式会社札幌営業所     | (060) 札幌市中央区南大通り西7-2    | 011 (241) 1561 | 三石  |
| 中西瀬青株式会社札幌営業所     | (060) 札幌市中央区北2条西2       | 011 (231) 2895 | 日石  |
| 株式会社南部商会札幌営業所     | (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 | コスモ |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社名                | 住所                           | 電話             |         |
|-------------------|------------------------------|----------------|---------|
| <b>● 東北</b>       |                              |                |         |
| 株式会社 男鹿興業社        | (010-05) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2 | 0185 (23) 3293 | J O M O |
| カメイ株式会社           | (980) 仙台市青葉区国分町3-1-18        | 022 (264) 6111 | 日 石     |
| コスマスアスファルト(株)仙台支店 | (980) 仙台市青葉区中央3-3-3          | 022 (266) 1101 | コスマ     |
| 正興産業株式会社仙台営業所     | (980) 仙台市青葉区国分町3-3-5         | 022 (263) 5951 | 三 石     |
| 竹中産業株式会社新潟営業所     | (950) 新潟市東大通1-4-2            | 025 (246) 2770 | 昭和シェル   |
| 常盤商事株式会社仙台支店      | (980) 仙台市青葉区錦町1-10-11        | 022 (224) 1151 | 三 石     |
| 中西瀝青株式会社仙台営業所     | (980) 仙台市青葉区中央2-1-30         | 022 (223) 4866 | 日 石     |
| 株式会社南部商会仙台営業所     | (980) 仙台市青葉区一番町1-1-31        | 022 (223) 1011 | 日 石     |
| ミヤセキ株式会社          | (983) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12        | 022 (257) 1231 | 三 石     |
| 菱油販売株式会社仙台支店      | (981) 仙台市青葉区中山4-25-34        | 022 (277) 6633 | 三 石     |
| <b>● 関東</b>       |                              |                |         |
| 朝日産業株式会社          | (103) 中央区日本橋茅場町2-7-9         | 03 (3669) 7878 | コスマ     |
| 株式会社 アスカ          | (104) 中央区八丁堀4-11-2           | 03 (3553) 3001 | 出 光     |
| 伊藤忠商事株式会社         | (107) 港区北青山2-5-1             | 03 (3497) 6548 | 九 石     |
| 伊藤忠燃料株式会社         | (153) 目黒区目黒1-24-12           | 03 (5436) 8211 | J O M O |
| 梅本石油株式会社          | (162) 新宿区揚場町2-24             | 03 (3269) 7541 | コスマ     |
| エムシー・エネルギー株式会社    | (100) 千代田区内幸町1-2-2           | 03 (5251) 0961 | 三 石     |
| 株式会社木畑商会          | (104) 中央区八丁堀4-2-2            | 03 (3552) 3191 | J O M O |
| 共立石油株式会社          | (107) 港区元赤坂1-7-8             | 03 (3796) 6640 | J O M O |
| 株式会社ケイエム商運        | (103) 中央区八重洲1-8-5            | 03 (3245) 1626 | 三 石     |
| コスマスアスファルト株式会社    | (104) 中央区八丁堀3-3-5            | 03 (3551) 8011 | コスマ     |
| 国光商事株式会社          | (164) 中野区東中野1-7-1            | 03 (3363) 8231 | 出 光     |
| 株式会社澤田商行関東支店      | (104) 中央区入船町1-7-2            | 03 (3551) 7131 | コスマ     |
| 三徳商事株式会社東京支店      | (101) 千代田区神田紺屋町11            | 03 (3254) 9291 | 昭和シェル   |
| 新日本商事株式会社         | (170) 豊島区南大塚3-32-10          | 03 (5391) 4870 | 昭和シェル   |
| 住商石油アスファルト株式会社    | (105) 港区浜松町2-3-31            | 03 (3578) 9521 | 出 光     |
| 竹中産業株式会社          | (101) 千代田区鍛冶町1-5-5           | 03 (3251) 0185 | 昭和シェル   |
| 中央石油株式会社          | (160) 新宿区新宿1-14-5            | 03 (3356) 8061 | モービル    |
| 株式会社トーアス          | (153) 目黒区目黒1-24-12           | 03 (5436) 8250 | J O M O |
| 東京富士興産販売株式会社      | (100) 千代田区永田町2-4-2           | 03 (3591) 3401 | 富士興産    |
| 東京レキセイ株式会社        | (150) 渋谷区恵比寿西1-9-12          | 03 (3496) 8691 | 富士興産    |
| 東光商事株式会社          | (104) 中央区京橋2-1-4             | 03 (3274) 2751 | 三 石     |
| 東新エナジー株式会社        | (103) 中央区日本橋2-13-10          | 03 (3273) 3551 | 日 石     |
| 株式会社トーメン          | (107) 港区赤坂2-14-27            | 03 (3588) 7955 | 昭和シェル   |
| 東洋国際石油株式会社        | (104) 中央区八丁堀3-3-5            | 03 (3555) 8138 | コスマ     |
| 中西瀝青株式会社          | (103) 中央区八重洲1-2-1            | 03 (3272) 3471 | 日 石     |
| 株式会社南部商会          | (100) 千代田区丸の内3-4-2           | 03 (3213) 5871 | 日 石     |
| 日石丸紅株式会社          | (105) 港区西新橋2-4-2             | 03 (5251) 0777 | 日 石     |
| 日東商事株式会社          | (170) 豊島区巣鴨4-22-23           | 03 (3915) 7151 | 昭和シェル   |
| 日東石油株式会社          | (104) 中央区八丁堀1-11-3           | 03 (3551) 6101 | 昭和シェル   |
| パシフィック石油商事株式会社    | (103) 中央区日本橋蛎殻町1-17-2        | 03 (3661) 4951 | モービル    |
| 富士興産アスファルト株式会社    | (100) 千代田区永田町2-4-2           | 03 (3580) 5211 | 富士興産    |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社名                    | 住所                       | 電話             |       |
|-----------------------|--------------------------|----------------|-------|
| 富士鉱油株式会社              | (105) 港区新橋4-26-5         | 03 (3432) 2891 | コスモ   |
| 富士油業株式会社東京支店          | (106) 港区西麻布1-8-7         | 03 (3478) 3501 | 富士興産  |
| 丸紅エネルギー株式会社           | (101) 千代田区神田駿河台2-2       | 03 (3293) 4171 | モービル  |
| ユニ石油株式会社              | (107) 港区元赤坂1-7-8         | 03 (3796) 6616 | 昭和シェル |
| 菱油販売株式会社              | (182) 調布市布田4-6-1         | 0424 (41) 7611 | 三石    |
| 瀧青販売株式会社              | (103) 中央区日本橋2-16-3       | 03 (3271) 7691 | 出光    |
| <b>● 中部</b>           |                          |                |       |
| コスモアスファルト(株)名古屋支店     | (460) 名古屋市中区錦2-14-21     | 052 (223) 0711 | コスモ   |
| 株式会社澤田商行              | (454) 名古屋市中川区富川町1-1      | 052 (353) 5111 | コスモ   |
| 三徳商事株式会社静岡支店          | (420) 静岡市伝馬町5-3          | 054 (255) 2588 | 昭和シェル |
| 三徳商事株式会社名古屋支店         | (453) 名古屋市中村区則武1-10-6    | 052 (452) 2781 | 昭和シェル |
| 株式会社三油商会              | (460) 名古屋市中区丸の内2-1-5     | 052 (231) 7721 | コスモ   |
| 静岡鉱油株式会社              | (424) 清水市袖師町1575         | 0543 (66) 1195 | モービル  |
| 竹中産業株式会社福井営業所         | (918) 福井市花堂南1-11-29      | 0766 (33) 0001 | 昭和シェル |
| 株式会社田中石油店             | (910) 福井市毛矢2-9-1         | 0776 (35) 1721 | 昭和シェル |
| 富安産業株式会社              | (939) 富山市若竹町3-74-4       | 0764 (29) 2298 | 昭和シェル |
| 中西瀧青株式会社名古屋営業所        | (460) 名古屋市中区新栄2-2-1      | 052 (241) 0175 | 日石    |
| 松村物産株式会社              | (920) 金沢市広岡2-1-27        | 0762 (21) 6121 | 三石    |
| 丸福石油産業株式会社            | (933) 高岡市美幸町2-1-28       | 0766 (22) 2860 | 昭和シェル |
| <b>● 近畿</b>           |                          |                |       |
| 赤馬アスファルト工業株式会社        | (531) 大阪市北区中津3-10-4      | 06 (374) 2271  | モービル  |
| 飯野産業株式会社神戸営業所         | (650) 神戸市中央区海岸通り8        | 078 (333) 2810 | JOMO  |
| 大阪アスファルト株式会社          | (531) 大阪市北区中津1-11-11     | 06 (372) 0031  | 出光    |
| 木曾通産株式会社大阪支店          | (530) 大阪市北区西天満3-4-5      | 06 (364) 7212  | コスモ   |
| 共和産業株式会社              | (700) 岡山市富田町2-10-4       | 0862 (33) 1500 | JOMO  |
| コスモアスファルト(株)大阪支店      | (550) 大阪市西区西本町2-5-28     | 06 (538) 2731  | コスモ   |
| コスモアスファルト(株)広島支店      | (730) 広島市中区銀山町3-1        | 0822 (44) 6262 | コスモ   |
| 三徳商事株式会社              | (532) 大阪市淀川区新高4-1-3      | 06 (394) 1551  | 昭和シェル |
| 昭和瀧青工業株式会社            | (670) 姫路市北条口4-26         | 0792 (26) 2611 | JOMO  |
| 信和興業株式会社              | (700) 岡山市西古松363-4        | 0862 (41) 3691 | 三石    |
| スーパーストロングインターナショナル(株) | (532) 大阪市淀川区西中島2-11-30   | 06 (303) 5510  | 昭和シェル |
| 正興産業株式会社              | (650) 神戸市中央区海岸通り6        | 078 (322) 3301 | 三石    |
| 中国富士アスファルト株式会社        | (711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12  | 0864 (73) 0350 | 富士興産  |
| 千代田瀧青株式会社             | (530) 大阪市北区東天満2-10-17    | 06 (358) 5531  | 三石    |
| ドーロ商事株式会社             | (542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11  | 06 (252) 5856  | 富士興産  |
| 中西瀧青株式会社大阪営業所         | (530) 大阪市北区西天満3-13-3     | 06 (316) 0312  | 日石    |
| 株式会社ナカムラ              | (670) 姫路市国府寺町72          | 0792 (85) 2551 | JOMO  |
| 富士アスファルト販売株式会社        | (550) 大阪市西区京町堀2-3-19     | 06 (441) 5195  | 富士興産  |
| 富士商株式会社               | (756) 小野田市稻荷町6539        | 0836 (83) 3210 | 昭和シェル |
| 平和石油株式会社              | (530) 大阪市北区中之島3-6-32     | 06 (443) 2771  | 昭和シェル |
| 株式会社松宮物産              | (522) 彦根市幸町32            | 0749 (23) 1608 | 昭和シェル |
| 丸和鉱油株式会社              | (532) 大阪市淀川区塚本2-14-17    | 06 (301) 8073  | コスモ   |
| 横田瀧青興業株式会社            | (672) 姫路市飾磨区南細江995       | 0792 (33) 0555 | JOMO  |
| 株式会社菱芳磁産              | (672-11) 姫路市広畠区西夢前台7-140 | 0792 (39) 1344 | JOMO  |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社名               | 住所                      | 電話             |         |
|------------------|-------------------------|----------------|---------|
| <b>● 四国・九州</b>   |                         |                |         |
| 伊藤忠燃料株式会社九州支社    | (812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8   | 092 (471) 3851 | J O M O |
| 今別府産業株式会社        | (890) 鹿児島市新栄町15-7       | 0992 (56) 4111 | J O M O |
| 株式会社カンド          | (892) 鹿児島市住吉町1-3        | 0992 (24) 5111 | 昭和シェル   |
| 株式会社九菱           | (805) 北九州市八幡東区山王1-17-11 | 093 (661) 4868 | 三石      |
| コスモアスファルト(株)九州支店 | (810) 福岡市中央区大名2-4-30    | 092 (771) 7436 | コスモ     |
| 三協商事株式会社         | (770) 徳島市万代町5-8         | 0886 (53) 5131 | 富士興産    |
| サンヨウウ株式会社        | (815) 福岡市南区玉川町4-30      | 092 (541) 7615 | 富士興産    |
| 中西瀝青株式会社福岡営業所    | (810) 福岡市中央区天神4-1-18    | 092 (771) 6881 | 日石      |
| 株式会社南部商会福岡営業所    | (810) 福岡市中央区天神3-4-8     | 092 (721) 4838 | 日石      |
| 西岡商事株式会社         | (764) 仲多度郡多度津町家中3-1     | 0877 (33) 1001 | 三石      |
| 畑礦油株式会社          | (804) 北九州市戸畠区牧山新町1-40   | 093 (871) 3625 | コスモ     |
| 平和石油株式会社高松支店     | (760) 高松市番町5-6-26       | 0878 (31) 7255 | 昭和シェル   |
| 丸菱株式会社           | (812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22  | 092 (431) 7561 | 昭和シェル   |

[賛助会員]

岡谷鋼機株式会社 東京本店 (163-10) 新宿区西新宿3-7-1 03 (5323) 3202

| 編集顧問 | 編集委員     |            |       |      |
|------|----------|------------|-------|------|
| 多田宏行 | 委員長：河野 宏 | 副委員長：真柴 和昌 |       |      |
| 藤井治芳 | 阿部忠行     | 今井博文       | 小島逸平  | 半野久光 |
| 松野三朗 | 荒井孝雄     | 折井進吾       | 七五三野茂 | 姫野賢治 |
|      | 安崎 裕     | 菅野善朗       | 田井文夫  | 室賀五郎 |
|      | 池田拓哉     | 栗谷川裕造      | 野村敏明  | 森永教夫 |

アスファルト 第191号

平成9年4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1-21-8 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997 (代)

印刷所 キュービシスシステム株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-3224-1251 (代)

Vol.39 No.191 APRIL 1997

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION