

アスファルト

第29巻 第148号 昭和61年7月発行

148

特集・舗装用アスファルト規格の変遷と品質試験の背景

特集によせて	蒔田 實	1
我が国アスファルト規格の変遷	白神健児・土居貞幸	3
コンシステンシー		
	阿部忠行・小林耕平・林 誠之	13
伸度試験	荒井孝雄	24
アスファルトの劣化評価試験		
	小島逸平・坂本浩行・伊藤正秀	30

AC-100設計施工検討委員会報告

(昭和60年度東蒲田舗装修繕工事)

	成田保三・上杉範雄	36
アスファルト舗装技術研究グループ・第23回研究報告		47
産業廃棄物と工業副産物の道路建設への利用		
～OECDレポートより～	中村州章	48
〈工事事務所長シリーズ・その29〉		
雪雑感 ～青森の冬と春～	角 町 洋	61
時事解説・石油需給動向(燃料油とアスファルト)		
	真山治信・土居貞幸	64
〈用語の解説〉		
歩道舗装	小島逸平	68
針入度・軟化点	井町弘光	69
〈統計資料〉石油アスファルト需給統計資料		70
主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況		72

ASPHALT

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

特集によせて

蒔 田 實

前建設省土木研究所地質化学部長

我が国が、第2次世界大戦後いわばゼロからスタートして、世界でも例をみないほどのスピードで急激な発展を遂げることが出来たのも、その基盤となる社会資本を着実に整備してきたからこそである。中でも、9次にわたる道路整備5ヶ年計画に基いて実施してきた全国の道路網の整備の果たしている役割は極めて大きく、今や自動車輸送が無くしては我が国のあらゆる産業活動も我々の日常生活も成立し得なくなっている。しかし、今までの道路整備で十分かといえば、決してそうといえる状況にはなっていない。昭和60年末で高速国道は約3700 kmに達しているとはいえ、アメリカの約70000 kmは別にしても、西ドイツの約8000 kmやイタリアの約6000 kmに比較しても、まだまだ不十分である。一般国道、都道府県道などの幹線道路の改良率も未だ70%程度であり、市町村道になると改良率はぐっと低くなる。一方、産業活動はもとより、我々の日常生活に不可欠な生活物資の輸送における自動車への依存率はますます高くなる傾向にあるとともに、特に地方部において通勤、通学、買物、レクリエーション等の日常生活そのものが自動車に依存するようになってきている。したがって、今後とも我が国が社会経済の発展を維持し、豊かな国民生活を維持していくには、さらに充実した道路整備を着実に押し進めていく必要がある。

ところで、道路網の整備は、我が国の経済を発展させ、国民生活を豊かにしてくれているが、同時に、交通量の増大および車輛の大型を促進し、道路自体に苛酷な条件をもたらしてきている。特に、舗装に対しては、流動、ひびわれあるいは摩

耗等舗装を損傷させる条件が著しく増大している。このため、従来アスファルト舗装で10年、コンクリート舗装で20年といわれた寿命が必ずしも確保できなくなりつつある。舗装は、決定的な破壊に到らずとも、その損傷は直接的には燃料消費の増大、車輛の損耗および交通事故の発生を増大させ、間接的には時間損失の増大および沿道周辺の環境の悪化など、社会的にも大きな損失を与えることとなる。過去9次にわたる道路5ヶ年計画で整備されてきた舗装のストックは相当量になる。今後ともなお新設の道路を拡充整備する必要がある一方で、これらの既設の道路舗装を適切に維持していくことが極めて重要である。

我が国経済は高度成長期から安定成長期というより低成長の時代に入り、公共投資も財政的に大きく制限されるようになってきている現在、頻繁な維持補修はますます困難になってきている。かといって、既設の舗装を適切に維持できずに供用性の水準が低下してくるようなことがあれば、前述のように社会的にも大きな影響を与えるようになる。近年、舗装廃材の再生利用など、省資源、省エネルギーの観点を含めて、舗装の維持補修技術に関する技術開発が積極的に進められているが、舗装を損傷させる条件が増大する傾向にあること、可成りのストック量になる舗装を適切に維持補修していくことが財政的に困難になりつつあること、さらに今後とも一層の新たな道路整備を実施する必要があること等を考えると、より根本的な長期的対応策としては、近年の重交通にも適したより耐久性のある舗装を如何に整備していくかという観点に立った技術開発を推進することが極めて重

要である。

現在の我が国の道路舗装のほとんどがアスファルト舗装であり、アスファルトが主要な舗装材料として用いられている。道路舗装用のアスファルトの品質は「舗装用石油アスファルト（JISK 2207-1980）」に定められており、現在使用されているアスファルトはこの規格に合格するものである。しかし、最近、舗設する時にアスファルト混合物がギラツイテいるなど、どうも今までとは違ったアスファルトが生産されているのではないかという施工関係者の話を時折耳にする。暗に規格に合格しないアスファルトが生産されているのではないかと、まさにアスファルトに疑い有りとのニュアンスである。一方アスファルト製造関係者に話を聞けば、当然の事ながら規格に合格しないアスファルトが生産されているはずはないという。このことは品質規格に関する各種の試験結果からも明らかなだという。両者の見解はまったく反しているが、よくよく考えてみれば、両者の話はいずれも正しいのかも知れない。すなわち、JIS に規定された品質のアスファルトが確かに生産されているが、実際に現場で施工した時に今までとは違った性状を示すアスファルトがあるということではなかろうか。というも、我が国の石油産業はもっぱら輸入原油に依存しており、原油産地が多様化することは避け得ない状況にある。さらに、昭和 48 年に始まる 2 次にあたるオイルショック以来石油精製技術の合理化、高度化が進められている。勿論、このような石油の輸入状況あるいは精製技術の変革はあっても、道路舗装用アスファルトとしては一貫して規格に合格する品質のものが生産されている。しかし、規格に合格するからといって、すべてのアスファルトが舗装材料とし

て同一の性質、性能をもったものとは限らない。原油産地及び精製方法の多様化は、舗装材料としてのアスファルトの品質に何らかの変化をもたらしてきている可能性はあると考えられる。

一定の品質規格が確保できている近年のアスファルトが従来のアスファルトとどこか質的に違ってきていると考えられるということは、実は、現在の規格の規格項目では、舗装材料として適性のあるアスファルトの性質が必ずしも的確に判定できていないということになろう。今回、本誌が「舗装用アスファルト規格と品質試験の背景」を特集したことは、誠に時機を得たものであり、これからの舗装用アスファルトはどういうものであるべきかを考えて行く上で、極めて重要な意味をもっている。舗装用アスファルトは、現在でこそ JIS の品質規格に規定されたものが用いられているが、過去には日本道路協会の「アスファルト舗装要綱」に定められている規定のものが用いられていた。「アスファルト舗装要綱」の規定が何時も JIS の規定を先行して定められており、舗装用アスファルトといえば、もっぱら「アスファルト舗装要綱」のものを指していた。これは、原油の変化および石油精製技術の進歩などその時々石油事情の変化に対応して、舗装技術関係者が絶えず舗装材料として適性のあるアスファルトを追求し、品質規格の見直しを続けてきたからである。近年の原油およびアスファルトをめぐる状況と舗装に対してますます苛酷になる傾向にある交通条件を考え、さらに今後良好な舗装を拡充整備していくべき必要性を考えると、舗装の主要材料であるアスファルトの品質について、改めて根本的な検討を行うことは極めて重要であり、この意味で本誌特集号は大変貴重な資料を与えるものである。

我が国アスファルト規格の変遷

白 神 健 児*・土 居 貞 幸**

1. 概 説

我が国の道路用ストレータスファルトの規格は様々な変遷を経て、現在の形へと到っている。そこで、まず我が国の規格の推移について紹介し、次に我が国の主要な規格である JIS 規格と日本道路協会規格を中心に各々の規格について解説を加えていきたい。

2. 我が国の規格の歴史

我が国におけるアスファルト舗装の始まりは、明治 11 年 (1878) 東京の神田昌平橋に施工された橋面舗装が最初と言われており¹⁾、道路に使われたのは明治 40 年 (1907) 東京の日本橋通りを車道厚 2 寸、歩道厚 8 分で舗装されたのが最初である²⁾。そして本格的なアスファルト舗装は明治 44 年 (1911) から大正 3 年 (1914) にかけて行われた東京市の道路改良工事といわれている³⁾。

この時代に使用されたアスファルトは、主として国産の天然アスファルトであった。天然アスファルトは主に秋田県豊川村付近で産出したもので、瀝青が土にしみこんだ土瀝青の土油、低凹地などにたまった液体瀝青の瀝青、土瀝青を溶解してきょう雑物をすくいにとって煮つめた万代石などが用いられた⁴⁾。参考として、万代石の規格⁵⁾を表-1に示す。天然アスファルトは明治後期には多量に生産されていたが、大正 12 年 (1932) に資源が枯渇した。

南北石油会社が明治 41 年 (1908)、我が国で初めて輸入原油から石油アスファルトの生産を始めた⁶⁾が、1 年で中止した。その後大正 3 年、秋田で国産原油から石油アスファルト (当時はアスファルトムと呼ばれていた) が製造されるようになった⁷⁾。一方明治末期より外国からトリニダッドレークアスファルトや石油アスファルトが輸入されるようになった⁸⁾。当時のアスファルトの品質を知るものとして、アスファルトの購入に当って収受されていた表-2に示すような品質仕様標準⁹⁾があるが、規格として統一されたものはなかったようである。

石油アスファルトの規格として最も古いものは大正 11 年 (1922) に創立された東京市道路局試験所 (東京都土木技術研究所の前身) の材料購買仕様書の規格であるとおもわれる。

昭和に入ってアスファルト舗装が隆盛に向かうにつれて、アスファルトの規格の統一が進み、昭和 7 年 (1932) 日本標準規格 (JES) 第 173 号 K 27 石油製品が国の定めた最初の規格として制定された¹⁰⁾。やがて戦争に突入り諸資材が不足するようになり、石油アスファルトも細かい品質を規定しては何も入手できない時代になったため、JES は昭和 16 年 (1941) に改正され、規格項 1 目も少く、規格値も緩い臨時 JES 59 号石油製品第 21 条となった。また当時は舗装にスラッグアスファルト、オイルサンド、ロックアスファルト、松根タールなども

表-1 万代石の規格

品 名	成 分 お よ び 製 造 法	用 途
普 通 品	二硫化炭素可溶性瀝青分 40～45%含有 溶解した土瀝青を 1 分 5 厘目の金網を通して製造したもの	家屋の土間、通路の舗装
精 製 品	二硫化炭素可溶性瀝青分 50～60%含有 溶解した土瀝青を 1 分目の金網を通して製造したもの	防水工用、耐酸床、アスファルト工芸品
純 良 品	二硫化炭素可溶性瀝青分 60～95%含有 溶解した土瀝青を 8 厘目の金網を通して製造したもの	橋の床面、衝撃の強い場所、変電所の舗床、地下室の工事

*しらが けんじ 三菱石油 (株) 研究所主任研究員

** どの さだゆき (社) 日本アスファルト協会

表－2 アスファルトの品質仕様標準⁵⁾

	テキサス産 アスファルト		メキシコ産アスファルト		ユニオン アスファルト	カリフォルニア アスファルト	国産アスファルト	
比 重 25℃	1.000 ⁺	1.000 ⁺	1.025～1.055	1.025～1.055	1.03～1.05	1.00 ⁺	1.00 ⁺	1.00 ⁺
軟 化 点 15.5℃	57～66	54～63			43 ⁺	43～49	43 ⁺	45 ⁺
伸 度	40～75	50～85	80 ⁺	80 ⁺	130 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺
針 入 度	40～50	50～60	45～55	45～65	40～50	40～50	45～55	55～65
蒸 発 量	1.0 ⁻	0.7 ⁻	1.0 ⁻	1.0 ⁻	0.7 ⁻	1.0 ⁻	1.0 ⁻	1.0 ⁻
蒸発後の針入度	50 ⁺	50 ⁺	66.7 ⁺	66.7 ⁺	50 ⁺	50 ⁺	50 ⁺	50 ⁺
引 火 点	260 ⁺	249 ⁺					220 ⁺	220 ⁺
CS ₂ 可 溶 分	99.5 ⁺	99.5 ⁺	99.9 ⁺	99.9 ⁺	99.9 ⁺	99.5 ⁺	99.5 ⁺	99.5 ⁺
CCl ₄ 可 溶 分			99.8 ⁺	99.8 ⁺	99.8 ⁺	99.0 ⁺	99.0 ⁺	99.0 ⁺
固 定 炭 素					15.0 ⁻	16.0 ⁻	18.0 ⁻	18.0 ⁻
パラフィン含有量			1.0 ⁻	1.0 ⁻			0.3 ⁻	0.3 ⁻
そ の 他			等質 177℃加熱 泡立たず	等質 177℃加熱 泡立たず	等質 177℃加熱 泡立たず			

用いられていた⁹⁾。

戦後、昭和 24 年 (1949) に国内で石油精製が再開され石油アスファルトの生産が始まると、戦前の規格では不十分となり規格の改正が進められ、昭和 31 年 (1956) 日本工業規格 (JIS) K 2207 石油アスファルトが制定された。

一方日本道路協会は、昭和 25 年 (1950) にアスファルト舗装要綱を発刊し、その中で舗装用アスファルトとしてアメリカの Asphalt Institute の規定を紹介しているが、その後、昭和 32 年 (1957) 舗装用ストレートアスファルトの品質を規定した日本道路協会規格を制定した。

JIS および日本道路協会規格は、その後の石油事情によるアスファルトの品質の変化、使用者からの要請などを受けてそれぞれ数次改正されたが、昭和 55 年 (1980) に JIS が改正され、40～60、60～80、80～100、100～120 が日本道路協会規格と完全に整合された。その結果、現在のアスファルト舗装要綱は、舗装用石油アスファルトの規格として JIS K 2207—1980 を掲げている。

これら石油アスファルト規格関係のうち日本道路協会と JIS 規格の関連と主な特徴を表－3 に示す。

3. 各々の規格の内容

3.1 大正時代の規格

前述のとおり、この時代に公に制定されていた規格としては、東京市道路局試験所材料購買仕様書規格がある¹⁰⁾。この規格を表－4 に示す。この規格が制定された時期ははっきりしないが大正 15 年には存在していたことは確かである。仕様書第 1 条には必ず「アスファルト

基原油より精製したものであって……」と規定してあった。アスファルトの種類は日本産とメキシコまたはカリフォルニア産の 2 種類で、軟化点は溶融点、伸度は伸長度という用語が使われている。針入度および日本産の溶融点の規格幅は現行のものより狭い。

表－4 石油アスファルトの規格

	日 本 産	メキシコまたはカリ フォルニア産
質	等質・水分を 混ぜず	等質・水分を混 ぜず
比 重	1.03 ～ 1.06	1.03 ～ 1.06
針 入 度 (25℃)	40 ～ 50	40 ～ 55
伸 張 度 (25℃)	100 cm 以上	100 cm 以上
熔 融 点	48 ～ 52℃	45 ～ 57℃
蒸 発 減 量	0.7 % 以下	1.0 % 以下
蒸 発 後 針 入 度 (25℃)	原針入度の 70 % 以上	原針入度の 3/2 以上
企 瀝 青	99.5 % 以上	99.5 % 以上
四塩化炭素可溶分	99.5 % 以上	99.0 % 以上
固 定 炭 素	14 ～ 16 %	—
引 火 点	225℃ 以上	225℃ 以上

3.2 戦前の規格

3.2.1 JES (Japan Engineering Standard)

第 173 号 K 27 石油製品第 21 条⁹⁾

本規格は国が定めた最初の規格である。石油アスファルトを第一号から第三号までの 3 種に区分している。第一号にはストレートの 20～30、30～40、40～50、50～

表－3 日本道路協会と JIS 規格の関連と主な特徴

年 代	日 本 道 路 協 会 規 格	J I S 規 格
1950 (25)	・アスファルト舗装要綱刊行 舗装用アスファルトの品質として Asphalt Institute の規格を紹介	
1956 (31)		・石油アスファルトの JIS 制定 (JIS K 2207-1956)
1957 (32)	・日本道路協会 昭和 32 年 規格制定 (36 年版要綱に採用) 伸度による A, B, C 区分の採用	
1960 (35)		・改正 (JIS K 2207-1960) 伸度による甲, 乙区分の採用
1963 (38)		・上記規格の確認
1966 (41)		・上記規格の確認
1967 (42)	・規格改訂 (昭和 42 年規格) A, B, C 区分の廃止 軟化点の上限を設定	
1969 (44)		・改正 (JIS K 2207-1969) 甲, 乙区分の廃止
1972 (47)	・昭和 47 年 暫定規格の制定 (50 年版要綱に採用) 薄膜加熱試験の採用 蒸発後針入度比試験の採用	
1975 (50)		・上記規格の確認
1978 (53)	・規格改訂 (昭和 53 年規格) 40～60 の規格化, 100～120 の削除 蒸発減量, 蒸発後針入度試験の削除	
1980 (55)		・改正 (JIS K 2207-1980) 40～60, 60～80, 80～100 を道路協 会規格に整合
	・道路協会規格として JIS K 2207-1980 を掲載	

60, 60～70, 70～85 があり, 主として加熱混合式舗装用, 第二号には 85～100, 100～120, 120～150, 150～200 があり, 主として散布浸透式舗装用, 第三号はブローンアスファルト (種類は省略) である。第一号の針入度幅は 10～15 と狭いが, 規格項目も少く, 規格値も緩やかである。本規格および以下の臨時 JES, 各 JIS をまとめて JES—JIS—一覧表として表－5 に示す。

3.2.2 臨時 JES 59 号石油製品第 21 条⁹⁾

本規格は戦時資材不足の時代的様相を表わした規格となっている。すなわちアスファルトの種類も少く, その針入度幅は広く, 伸度の測定温度は 25℃ となっており,

引火点の項目はない。前述のように細かい品質などあれこれいっていたのでは, 資材はなにも入手出来ない時代であったのである。

3.3 JIS 規格

3.3.1 JIS K 2207—1956

戦後国内で石油アスファルトの生産が再開されて初めて制定された規格である。ストレートアスファルトの種類は 0～10, 10～20, 20～40, 40～60, 60～80, 80～100, 100～120, 120～150, 150～200, 200～300 の 10 種類で現行の規格と同じである。伸度の測定温度がアスファルトの種類によって 10, 15, 25℃ と分けられ, 軟

化点、蒸発量、蒸発後の針入度、四塩化炭素可溶分が一部臨時 JES より厳くなっており、引火点が再び規定されている。

3.3.2 JIS K 2207—1960

日本道路協会が昭和 32 年 (1957) 舗装用石油アスファルトとして同一針入度級のアスファルトをその低温伸度により A, B, C に分けた協会独自の規格を制定した。この動きを受けて、JIS においても同一針入度級でも伸度によって性状を区別できるという考え方や、伸度が直接アスファルトの品質特性を示すのに必要条件を満たす項目ではないにしても、何等かの必要条件との関連があるのではないかという考え方¹¹⁾に基づき改正されたものである。40~60, 60~80, 80~100, 100~120 を伸度の大小により甲, 乙に分けている。伸度以外では軟化点に上限を設け温度幅を 20℃ に、また蒸発量、蒸発後の針入度および引火点の一部を厳しくしている。また備考に舗装用ストレートアスファルトについては固形パラフィン含有量が少いことが望ましいと付記されている。このような動きは、アスファルト採取原油の変化や製造方法の違いによるアスファルトの性質の差に対応しようとしたものと思われる。本規格はその後昭和 38 年 (1963) および昭和 41 年 (1966) に確認されている。

3.3.3 JIS K 2207—1969

前の規格が制定されて後、アスファルト採取原油もほぼ中東系混合基原油に落ち着き、伸度による甲乙の区別は製造上、使用上からも全く無意味になっている¹³⁾、アスファルトの使用法に留意すれば温度別測定による区分は必要ない、測定は簡素化されるべきである¹⁴⁾などの考えによって、昭和 44 年 (1969) 伸度による甲乙の区別を廃止した本規格に改正された。主な改正点は 40~60 から 200~300 について伸度の測定温度を 15℃ に一本化したこと、軟化点の温度幅をおおむね 15℃ に、150~200, 200~300 については蒸発量を 1.0% 以下に緩和したことである。また備考欄については固形パラフィンに関する記述を削除、代わりに使用者側の要望の多かった比重および粘度温度関係について付記することが望ましいと記述された¹³⁾。この規格は昭和 50 年 (1975) に確認されている。

3.3.4 JIS K 2207—1980

工業技術院は昭和 53 年 (1978) すべての石油関係の規格を体型的に見直しかつ整理統合をはかり、現状に適した生きた規格、使用される規格に整備する方針を打ち出した。アスファルトもこの方針にしたがって、とくに生産者および使用者の意見、各種アスファルト規格、市

販品の品質調査などを参考に検討され、昭和 55 年 (1980) 規格項目、規格値が大幅に変わった本規格に改正された。主な改正点はストレートアスファルト 40~60, 60~80, 80~100, 100~120 をアスファルト舗装要綱 (昭和 53 年版) に規定する舗装用石油アスファルトの日本道路協会昭和 53 年規格と同一レベルとしたことである¹⁵⁾。すなわち軟化点の温度幅を従来の 15℃ から 40~60, 60~80, 80~100 については 8℃, 100~120, 120~150 については 10℃ に、また 60~80 の伸度を 30 以上から 100 以上に、引火点を全般的に 10~30℃ 厳しくした。40~60, 60~80, 80~100 については薄膜加熱質量変化率、薄膜加熱針入度変化率および蒸発後の針入度比の項目を新たに加え、比重を全種類について規定、四塩化炭素可溶分についてはより有害性の低い三塩化エタン可溶分に改めた。なお三塩化エタンの溶解力は四塩化炭素に比較して若干劣るため可溶分の規格値を 99.0% 以上とした。また 40~60, 60~80, 80~100 については 120, 140, 160, 180℃ のそれぞれにおける動粘度を試験表に付記することになった。この結果 40~60, 60~80, 80~100, 100~120 の規格は日本道路協会規格と完全に整合された。

3.4 日本道路協会規格

3.4.1 昭和 32 年規格

日本道路協会は昭和 25 年 (1950) 刊行のアスファルト舗装要綱では舗装用石油アスファルトとして、アメリカの Asphalt Institute のアスファルトセメントの規格を紹介し、昭和 31 年の JIS 規格の制定に伴い JIS K 2207—1956 を準用していたが、JIS 規格に適合するものであっても舗装施工上の必要な性質に色々差違があり、この差違を十分諒解して施工しないと失敗を招くことがある¹⁶⁾との認識から、昭和 32 年 JIS の規格項目より低い温度 (5 および 10℃) における伸度の数値に基づき分類した協会独自の規格を制定した。この規格を日本道路協会昭和 32 年規格と呼ぶ。Asphalt Institute の規格を含め、これら日本道路協会規格の一覧を表-6 に示す。

本規格ではアスファルトの種類は 40~60, 60~80, 80~100, 100~120, 120~150, 150~200, 200~300 で、5, 10, 15, 25℃ における伸度により A, B, C 型に分けられている。

備考¹⁶⁾に A 型は一般にアスファルト基原油より製造したもので、戦前のものと同様固形パラフィン含有量は 1% 内外またはこれ以下であり、乳化が良好である。伸度は比較的低温でも 100 以上であるが、僅かの温度低下によって急激に 0 となる。感温比は大である。

表-5 JES-JIS一覽表 (1)

規格名	JES173号類別K27 石油製品第21条 昭和7年12月13日決定	臨時JES59号 石油製品第21条 昭和16年1月29日決定 昭和16年9月25日改正	JIS K-2207-56 昭和31年7月17日制定 昭和34年7月17日確認 昭和34年8月27日公示 昭和31年10月15日発行 委員長 西川 栄三 石油連盟	JIS K-2207-60 昭和35年4月1日改正 昭和41年11月1日確認 昭和41年12月5日公示 昭和35年4月5日発行 委員長 市川 良正 石油連盟	JIS K-2207-69 昭和44年3月1日改正 昭和年月日公示 昭和44年3月31日発行 委員長 市川 良正 石油連盟	JIS K-2207-80 昭和55年1月1日改正 昭和55年1月18日公示 昭和55年2月12日発行 委員長 根来 一夫 日本アスファルト協会 日本工業標準調査会
規格制定・ 改正・確認 官報公示 印刷発行日 審議専門委員会 原案作成協力者 担当官庁等	昭和9年2月28日発行 工業品規格統一調査会	昭和18年5月18日発行 工業品規格統一調査会	日本工業標準調査会	日本工業標準調査会	日本工業標準調査会	日本工業標準調査会
針 入 度	0~10		0ヲ超エ 10以下	0以上10以下	0以上10以下	0以上10以下
	10~20		10ヲ超エ 30以下	10を超え 20以下	10を超え 20以下	10を超え 20以下
	20~30	20ヲ超エ 30以下	30ヲ超エ 60以下	20を超え 40以下	20を超え 40以下	20を超え 40以下
	30~40	30ヲ超エ 40以下		40を超え 60以下	40を超え 60以下	40を超え 60以下
	40~50	40ヲ超エ 50以下		60を超え 80以下	60を超え 80以下	60を超え 80以下
	50~60	50ヲ超エ 60以下		80を超え 100以下	80を超え 100以下	80を超え 100以下
	60~70	60ヲ超エ 70以下		100を超え 120以下	100を超え 120以下	100を超え 120以下
	70~80	70ヲ超エ 85以下		120を超え 150以下	120を超え 150以下	120を超え 150以下
	80~90	85ヲ超エ 100以下		150を超え 200以下	150を超え 200以下	150を超え 200以下
	90~100			200を超え 300以下	200を超え 300以下	200を超え 300以下
	100~120	100ヲ超エ 120以下				
	120~150	120ヲ超エ 150以下				
軟 化 点	0~10		60℃以上			
	10~20			45.0℃以上	45.0℃以上	55.0℃以上
	20~30					50.0~65.0
	30~40	43℃以上				45.0~60.0
	40~50		40.0℃以上	40.0~60.0		44.0~52.0
	50~60				40.0~55.0	42.0~50.0
	60~70					40.0~50.0
	70~80					38.0~48.0
	80~90					30.0~45.0
	90~100	35℃以上	35.0℃以上	35.0~55.0	35.0~55.0	
	100~120				30.0~45.0	
	120~150					
伸 度	0~10		0以上 (25℃)	5以上 (25℃)	5以上 (25℃)	5以上 (25℃)
	10~20		8以上 (25℃)	50以上 (25℃)	50以上 (25℃)	50以上 (25℃)
	20~30	5以上 (15℃)		50以上 (25℃)	10℃ 15℃ 25℃	50以上 (25℃)
	30~40			50以上(4) (15℃)	100以上 (25℃)	10以上 (15℃)
	40~50			100以上 (25℃)	100以上 (15℃, 25℃)	10以上 (15℃)
	50~60	50以上 (15℃)				
	60~70					
	70~80					
	80~90					
	90~100					
	100~120	100以上 (15℃)		100以上 (10℃, 25℃)	100以上 (15℃)	100以上 (15℃)
	120~150					
	150~200					
蒸 発 量	0~10		0.4%以下			
	10~20					0.3%以下
	20~30		0.6%以下			
	30~40	0.8%以下		0.3%以下	0.3%以下	
	40~50					
	50~60					
	60~70		0.5%以下			
	70~80					
	80~90					
	90~100	1.0%以下	1.0%以下			
	100~120			0.5%以下	0.5%以下	0.5%以下
	120~150				1.0%以下	1.0%以下
蒸 発 後 の 針 入 度	0~10					
	10~20					
	20~30					
	30~40					
	40~50					
	50~60					
	60~70	65%以上	65%以上	70%以上	75%以上	75%以上
	70~80					
	80~90					
	90~100					
	100~120					
	120~150					
	150~200			70%以上	70%以上	
	200~300					

表-5 JES-JIS一覧表 (2)

規格名	JES173号類別K27 石油製品第21条 昭和7年12月13日決定	臨時JES59号 石油製品第21条 昭和16年1月29日決定 昭和16年9月25日改正	JIS K-2207-56 昭和31年7月17日制定 昭和34年7月17日確認 昭和34年8月27日公示 昭和31年10月15日発行 委員長 西川栄三 石油連盟 日本工業標準調査会	JIS K-2207-60 昭和35年4月1日改正 昭和41年11月1日確認 昭和41年12月5日公示 昭和35年4月5日発行 委員長 市川良正 石油連盟 日本工業標準調査会	JIS K-2207-69 昭和44年3月1日改正 昭和44年3月31日発行 委員長 市川良正 石油連盟 日本工業標準調査会	JIS K-2207-80 昭和55年1月1日改正 昭和55年1月18日公示 昭和55年2月12日発行 委員長 根来一夫 財団法人日本アスファルト協会 日本工業標準調査会
規格制定・ 改正・確認 官報公示 印刷発行日 審議専門委員会 原案作成協力者 担当官庁等	昭和9年2月28日発行 工業品規格統一調査会	昭和18年5月18日発行 工業品規格統一調査会				
薄膜 加 熱 質 量 変 化 率	0~10 10~20 20~30 30~40 40~50 50~60 60~70 70~80 80~90 90~100 100~120 120~150 150~200 200~300					0.6%以下
薄膜 加 熱 後 の 針 入 度 変 化 率	0~10 10~20 20~30 30~40 40~50 50~60 60~70 70~80 80~90 90~100 100~120 120~150 150~200 200~300					58%以上 55%以上 50%以上
四 塩 化 炭 素 可 溶 分	0~10 10~20 20~30 30~40 40~50 50~60 60~70 70~80 80~90 90~100 100~120 120~150 150~200 200~300	99%以上	99%以上	99.5%以上	99.5%以上	99.5%以上 三塩化エタン可溶分 99.0%以上
引 火 点	0~10 10~20 20~30 30~40 40~50 50~60 60~70 70~80 80~90 90~100 100~120 120~150 150~200 200~300	220℃以上 200℃以上		230℃以上 210℃以上 200℃以上	240℃以上 210℃以上 200℃以上	240℃以上 240℃以上 210℃以上
比 重	0~10 10~20 20~30 30~40 40~50 50~60 60~70 70~80 80~90 90~100 100~120 120~150 150~200 200~300		(1) 舗装用に供するストレータスファルトは100以上が望ましい。			1.000以上

(注) 1980年より蒸発量は蒸発質量変化率となった。

B 型は一般にパラフィン基を含む原油より製造したもので、固形パラフィン含有量は 3% 内外であり、乳化は困難である。伸度の変化および感温比は AC 両型の中間にある。

C 型はパラフィン基を含む原油より製造したものであって、製造の過程で僅かの空気処理をしたものが多く、一般に固形パラフィン含有量は B 型より多く、乳化は極めて困難である。伸度は 15℃ 付近で 100 以上であるが、低温になっても伸々 0 にならずある数値を示す。感温比は小であると記されている。

伸度以外の規格項目、規格値は JIS と同一である。本規格はアスファルト舗装要綱昭和 36 年版に記載されている。

3.4.2 昭和 42 年規格

昭和 32 年規格の制定後、時の経過と共に出来た ABC 分類規格の誤解の解消と、PI による分類や温度—粘度関係による使用温度の合理化の採用、改正 JIS (昭和 35 年) との調整および JIS は工業用の多用途規格であるためこれと区別された舗装用アスファルトの規格を設ける必要があるとの観点から本規格が制定された¹⁷⁾。主な改正点はアスファルトの種類のうち 40~60、150~200、200~300 は舗装用として一般的ではないという理由で削除したこと、軟化点は PI を考慮して各針入度級別に温度幅 10℃ としたこと、伸度は測定温度を 15℃ に一本化し 100 以上としたこと、蒸発量、蒸発後の針入度、引火点を JIS 並に厳しくしたことである。また比重および粘度—温度関係を付記することになった。本規格はアスファルト舗装要綱昭和 42 年版に記載されている。

3.4.3 昭和 47 年暫定規格¹⁸⁾

昭和 42 年規格制定後もアスファルトについての問題が数多く指摘されたことから、名神、東名などの施工例、幕張などの試験舗装の追跡調査結果、過去 10 年間のアスファルトの性状変化、不適当と判断されたアスファルトの性状、海外規格および文献などの調査・検討が行われたが、舗装の欠陥とアスファルトの品質との相関は明らかにされなかった。しかし 42 年規格に合格していても使用したときなんらかの点で不適当となるものも現存することから、全国的な規模でアスファルトの品質試験が行われ、それらの検討結果に基づいて、42 年規格のうち 60~80、80~100 についてのみ規格が改正され、暫定規格として制定されたものである。主な改正点は軟化点の温度幅を 8℃ に (PI は平均的にみて -2.0~+0.5 の範囲になる)、蒸発後の針入度を 80% 以上に、引火点を 260℃ 以上といずれも厳しくしたこと、そして新たに

蒸発後の針入度比、薄膜加熱試験、比重を規格化したことである。

蒸発後の針入度比は諸外国にはない規格で、アスファルト混合物が粘り気がなく重油でぬらしたような感じである、なかなか落ち着かない、舗装後のコアが崩れて採り難い、表面の石が飛び易い、フラッシュしやすいなどの傾向が感じられるアスファルトを除く目的で規定されたもので、未攪拌の試料が攪拌されたものより針入度が大きくなるのは加熱により表面に軟質のものが分離してきていることを示していると解釈している。薄膜加熱試験はアスファルトの耐老化性に関連あるものとして、老化し易いアスファルトを除く目的で採用され、規格値は AASHTO 規格を参考にそれより更に厳しくされた。そして 120、140、160、180℃ における動粘度を CGS 単位で明示すること、はく離抵抗性に関する試験(静的はく離試験)を行うことが望ましいと付記されている。なおこの規格はアスファルト舗装要綱昭和 50 年版に本規格として記載されている。

3.4.4 昭和 53 年規格

主な改正点はアスファルトの種類として 40~60 を規格化し 120~150 を削除したこと、試験項目では蒸発減量および蒸発後の針入度を削除し、四塩化炭素可溶分を三塩化エタン可溶分に変更したことである。40~60 の規格化は 40~60 が岡部、幕張試験舗装の結果および関東地建の使用実績よりわだち掘れにある程度の効果があるという理由からである¹⁹⁾。蒸発減量、蒸発後の針入度の削除は昭和 47 年暫定規格で蒸発試験より厳しい薄膜加熱試験が採用されたためである。ただし 100~120 については 47 年暫定規格を検討する際行った共同試験で薄膜加熱試験の検討がされていなかったため蒸発減量の規定が残っている。また溶剤を三塩化エタンへ変更したのは三塩化エタンの方が四塩化炭素より毒性が低いため、溶剤による溶解度の違いを考慮して規格値も変更されている。

本規格は当初アスファルト舗装要綱昭和 53 年版に記載されていたが、昭和 55 年 JIS が全面的に改正され JIS の 40~60、60~80、80~100、100~120 が本規格に完全に整合されたため、昭和 55 年以降のアスファルト舗装要綱には舗装用石油アスファルトの規格として JIS K 2207—1980 のうちのストレートアスファルトの 40~60、60~80、80~100、100~120 の規格が記載され、従来の舗装要綱にあった「舗装用石油アスファルトは JIS K 2207 石油アスファルトのストレートアスファルトであって、その品質は日本道路協会の規定に適合したもの

表－6 日本道路協会規格一覧表 (1)

規格名 要綱発行日 舗装委員会 アスファルト小委員会 担当部所等		昭和25年 アスファルトセメント 昭和25年5月1日発行 委員長 金子 柁 委員長 名須川秀二 (社)日本道路協会	32年 石油アスファルト 昭和36年2月1日発行 委員長 金子 柁 委員長 名須川秀二 (社)日本道路協会	42年 舗装用石油アスファルト 昭和42年12月30日発行 委員長 金子 柁 委員長 岸 文雄 (社)日本道路協会	47年 舗装用石油アスファルト 昭和50年11月1日発行 委員長 谷藤正三 委員長 坂上義次郎 (社)日本道路協会	53年 舗装用石油アスファルト 昭和53年6月15日発行 委員長 谷藤正三 委員長 多田宏行 (社)日本道路協会
針入度	40～50	40～50	40～60			40～60
	50～60	50～60				
	60～70	60～70	60～80	60～80	60～80	60～80
	70～80	70～85				
	80～90	85～100	80～100	80～100	80～100	80～100
	90～100					
	100～120	100～120	100～120	100～120	100～120	100～120
	120～150	120～150	120～150	120～150	120～150	
軟化点	150～200	150～200	150～200			
	200～300	200～300	200～300			
	40～50		40℃以上			47.0～55.0
	50～60					
	60～70			43.0～53.0	44.0～52.0	44.0～52.0
	70～80					
	80～90		35℃以上	41.0～51.0	42.0～50.0	42.0～50.0
	90～100					
	100～120			40.0～50.0	40.0～50.0	40.0～50.0
	120～150			38.0～48.0	38.0～48.0	
伸度	150～200		30℃以上			
	200～300					
	40～50	100以上 (25℃)	10℃	15℃	25℃	100以上 (15℃)
	50～60		A	100以上	100以上	
	60～70		B	30以上	100以上	
	70～80		C	5以上	70以上	
	80～90	60以上 (25℃)	A	100以上	100以上	
	90～100		B	50以上	100以上	
	100～120		C	10以上	70以上	
蒸発減量	120～150		5℃	10℃		
	150～200	60以上 (16℃)	A	100以上	100以上	
	200～300		B	50以上	100以上	
	40～50	1%以下	0.5%以下			
	50～60					
	60～70			0.3%以下	0.3%以下	
	70～80					
蒸発後の針入度	80～90	2%以下		0.5%以下	0.5%以下	
	90～100					
	100～120					
	120～150					
	150～200	70%以上	70%以上	75%以上	80%以上	
	200～300					
				70%以上	75%以上	
					70%以上	
蒸発後の針入度比	40～50				110%以下	110%以下
	50～60					
	60～70					
	70～80					
	80～90					
	90～100					
	100～120					
	120～150					
蒸発後の針入度比	150～200					
	200～300					

表－6 日本道路協会規格一覧表 (2)

規格名 規格制定・改正 舗装委員会 アスファルト小委員会 担当部所等		アスファルトセメント 昭和25年 月 日制定 委員長 金子 柁 委員長 名須川秀二 (社)日本道路協会	石油アスファルト 昭和36年 月 日改正 委員長 金子 柁 委員長 名須川秀二 (社)日本道路協会	石油アスファルト 昭和42年 月 日改正 委員長 金子 柁 委員長 岸 文雄 (社)日本道路協会	石油アスファルト 昭和50年 月 日改正 委員長 谷藤正三 委員長 坂上義次郎 (社)日本道路協会	石油アスファルト 昭和53年 月 日改正 委員長 谷藤正三 委員長 多田宏行 (社)日本道路協会
薄膜加熱質量変化率	40～50					0.6%以下
	50～60					
	60～70					
	70～80					
	80～90					
	90～100					
	100～120					
	120～150					
薄膜加熱後の針入度変化率	150～200					58%以上
	200～300					
	40～50					
	50～60					
	60～70					55%以上
	70～80					
	80～90					50%以上
	90～100					
四塩化炭素可溶分	100～120					99.0%以上
	120～150					
	150～200					
	200～300					
	40～50					99.5%以上
	50～60					
	60～70					
	70～80					
引火点	80～90					260℃以上
	90～100					
	100～120					
	120～150					
	150～200					210℃以上 200℃以上
	200～300					
	40～50					
	50～60					
比重	60～70					1.000以上
	70～80					
	80～90					
	90～100					
	100～120					
	120～150					
	150～200					
	200～300					
			A型：アスファルト基原油より製造したもの、固型フィイン1%以下低温でも伸びる。 B型：混合基原油より製造固型フィイン3%内外伸度特性はA、Cの中間 C型：フィインを比較的多く含む混合原油より製造わずかに空気処理している。	比重、温度－粘度は付記すること。	・60～80、80～100については120℃、140℃、160℃、180℃における動粘度をCGS単位で明示 ・はく離抵抗性に関する試験を行うことが望ましい。	ストレートアスファルトの種類40～60、60～80、80～100については120℃、140℃、160℃、180℃のそれぞれにおける動粘度を試験表に付記しなければならない。

でなければならない。」という記述のうち上記下線部分が削除されている。

4. まとめ

ストレータスファルトの規格はその最大の用途であるアスファルト舗装の動向と密接に関連しながら、石油精製技術の進歩と、戦時中の石油不足や戦後のアスファルト採取原油の変化などその時々々の石油事情を強く反映しながら移り変わって来ている。

昭和32年日本道路協会が協会独自の規格を制定し JIS と2本立となった。そして JIS がアスファルトのすべての用途向けをカバーする規格であるのに対し、日本道路協会規格は舗装用という特定の用途向けの規格として

その時々々の舗装に生じた色々な問題に対処するため、低温伸度によるアスファルトの区別の改廃や、薄膜加熱試験や蒸発後の針入度比、粘度—温度関係の付記の採用など規格面では JIS に先行する経緯をたどってきたが、反面2本立ということの一部に混乱を生じていた。しかし、昭和55年両規格が整合し現在の形となり非常に使い易くなった。

ストレータスファルトの用途は今後とも舗装向けが大半を占めると考えられるので、今後も現在の形で運用されていくのが望ましい。しかし規格の内容についてはいろいろな議論があるので、今後様々な面から規格について検討を重ねていく必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 日本舗道株式会社, 日本舗道五十年史, 昭和60, 12 (1985), p. 8
- 2) 日本舗道株式会社, 日本舗道五十年史, 昭和60, 12 (1985), p. 301
- 3) 日本道路協会, 日本道路史, 昭和52, 10 (1985), p. 1074
- 4) 日本道路協会, 日本道路史, 昭和52, 10 (1985), p. 1178
- 5) 日新工業株式会社, アスファルトルーフィングのルーツを探ねて, 昭和59, 9 (1984), p. 21
- 6) 日本舗道株式会社, 日本舗道五十年史, 昭和60, 12 (1985), p. 16
- 7) 日新工業株式会社, アスファルトルーフィングのルーツを探ねて, 昭和59, 9 (1984), p. 52
- 8) 森: 最新道路工学, 大正3 (1914), p. 376
- 9) 岸: アスファルト vol. 9, No. 48, (1966) p. 12
- 10) 岸: アスファルト, vol. 8, No. 44, (1965) p. 2
- 11) 岸: 道路建設, 昭和37年5月号 (1962), p. 15
- 12) 昆布谷: アスファルト, vol. 10, No. 55, (1967) p. 16
- 13) 昆布谷: アスファルト, vol. 13, No. 71, 22 (1970) p. 22
- 14) 昆布谷: アスファルト, vol. 15, No. 86, 9 (1972) p. 9
- 15) 日本アスファルト協会技術委員会: アスファルト vol. 23, No. 124, (1980) p. 1
- 16) アスファルト材料小委員会: 道路, 昭和33年2月号, (1958) p. 103
- 17) アスファルト舗装小委員会: 道路, 昭和43年2月号, (1968) p. 65
- 18) アスファルト小委員会: 道路, 昭和47年9月号, (1972) p. 86
- 19) アスファルト舗装小委員会: 道路, 昭和54年2月号, (1979) p. 10

コンシステンシー

阿部 忠行*・小林 耕平**・林 誠之***

アスファルトのコンシステンシーとは

阿部 忠行

コンシステンシー (Consistency) は一貫性、密度、濃度、硬さ等を意味している、土木工学の中で、各種材料の挙動特性を表わす用語として使われている。とくに、土木材料の土質、コンクリート、アスファルトにおいて、それぞれの分野で次のように定義されている。

土質……コンシステンシーは、含水量の変化に応じて変わる、土の性質を定量的に表現する用語として使われる。すなわち、液性限界、塑性限界、粘性限界、収縮限界等を総称して、コンシステンシー限界と称する。このように、含水量によって状態や抵抗性が変化する性質は、細粒土の分類に利用されている。

コンクリート……まだ固まらないコンクリートの流動性、主として単位水量の多少による軟らかさの程度を、コンシステンシーと称する。その数値は、スランプ試験によって示される。この値は、作業性のもとより、強度や耐久性をも推定する指標となる。

アスファルト……物質の変形、または流動に対して抵抗する性質をいうが、一般には、アスファルトの粘性の程度を表現するのに用いられている。コンシステンシーまたは、粘性が小さいということは、その状態でアスファルトに流動性があるて軟らかいことを意味し、コンシステンシーが大きいということは、粘っこく硬いことを意味する。

このように、コンシステンシーは、いろいろな概念に用いられるが、ここではアスファルトのコンシステンシーで述べた概念で論を進める。

アスファルト舗装の供用性と、アスファルトのコンシステンシーとは、密接な関係があるといわれている。すなわち、アスファルトのコンシステンシーは針入度、軟化点および粘度等によって表現されている。また、舗装の供用性との関連では、針入度が大きければ耐ひびわれ性が高く、逆に小さければ耐流動性が高いことが知られている。最近の重交通道路で、問題になっているアスファルト混合物層の塑性流動によるわだち掘れ現象は、夏季にみられる路面の温度の 60℃ 付近の粘度と関係が深いことが注目されている。アメリカにおいて、アスファルトの各種コンシステンシーと混合物性状の関係が熱心に研究され、1960 年頃からアスファルトのコンシステンシーを表わす主要な指標として、60℃ 粘度が提案された。このような背景のもとに、わが国でも塑性流動対策用のバインダーとして、60℃ 粘度を高めたセミブローンアスファルト (AC-100) が開発されるに至った。

このように、アスファルトのコンシステンシーはアスファルトの性状でありかつ、舗装の供用性をも推定することができる、いわば両者の橋渡しとなる基本的な特性といえることができる。

以下に、アスファルトのコンシステンシーを計測する代表的試験項目として、針入度、軟化点及び粘度を例にとり、その意義、試験法、適用性等について紹介する。

* あべ ただゆき 東京都土木技術研究所技術部主任研究員

** こばやし こうへい 日産化学工業 (株) 技術研究所

*** はやし しげゆき 日本石油 (株) 中央技術研究所第 3 研究室主任研究員

副主任研究員

1. 針入度試験

針入度試験は、アスファルトのコンシステンシーを知る方法として古くから用いられている。これはアスファルトの品質を簡便な方法で知るための工業的試験方法であり、アスファルトのグレード分けは主として針入度を用いて行っており、重要な試験項目である。

針入度試験方法は昭和31年（1976年）に JIS K 2530 として定められた。その後アスファルト規格の見直しで、アスファルトに関する試験が整理統合され、昭和55年（1980年）に JIS K 2207 の中に含まれた。その時点で試験条件の一本化、記述様式の改善がなされ、現在に至っている。

針入度は規定条件（温度、荷重、貫入時間）のもとで、規定された形状の針をアスファルト中に貫入させ、針の貫入深さを 0.1 mm 単位であらわしたものである。同一条件のもとでは、硬いアスファルトの針入度は小さく、軟いアスファルトの針入度は大きくなる。

このように針入度は規定条件下の試験であるため、条件を変えると結果が異なってくる。JIS K 2207 での条件は、温度 25℃、荷重 100 g、貫入時間 5 sec であり、この条件が最も一般的で特にことわりのない場合はこの条件下の試験である。他の条件を規定している例としては ASTM D 5 があり、ここでは標準以外に表-1 のような試験条件が定められている。

表-1 針入度における試験条件（ASTM D5）

	温度℃(°F)	荷重 g	貫入時間(sec)
標準	25 (77.0)	100	5
I	0 (32.0)	200	60
II	4 (39.2)	200	60
III	46.1(115)	50	5

ところで、針入度はコンシステンシーを表すといわれているが、これはある条件下のもので、例えば試験条件を変えて針入度を求めると図-1¹⁾ のようになり、同一針入度のアスファルトでも条件により結果が異なることを示している。このようなことから、針入度は温度、荷重、時間を変えて測定することにより、また軟化点と関連づけることにより、アスファルトの感温性や弾性的性状を評価する有効な手段として利用されている。

試験温度を変えて針入度を測定した図-1 の例では温

度と針入度の間に次のような直線関係が成り立つ。

$$\log P = AT + C$$

ここで、P は針入度、T は試験温度（℃）、A、C は定数である。この式の傾き A はアスファルトの感温性を表しているといわれ、この A からよく用いられている針入度指数（PI）が求められる。A と PI の関係は次のようになる。

$$A = \frac{20-PI}{10+PI} \times \frac{1}{50}$$

PI を求める場合、温度を変えて針入度を求めることは煩雑となるため、通常は軟化点での針入度を 800 と仮定して求めるのが一般的である。（PI については軟化点の項参照）

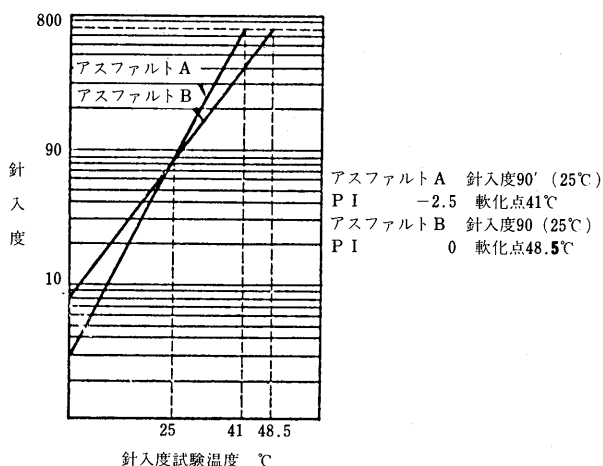


図-1 試験温度と針入度の関係

針の貫入時間を変えて針入度を測定すると図-2²⁾ のようになる。この場合も時間と針入度の間に次の関係が成り立つ。

$$\log P = B \log t + C$$

ここで、P は針入度、t は貫入時間、B、C は定数である。この勾配 B 値はアスファルトの粘弾性的な性質を示し、アスファルトのタイプ分け（弾性的か粘性的か）の尺度を表すと考えられている。

針入度の理論的解析はいくつか行なわれており、主として針入度と粘度の関係が求められている。

阪上³⁾ によって求められた針入度と粘度の関係式は次のようになる。

$$\eta = \frac{6.25 \times 10^9}{P^2}$$

ここで、 η は絶対粘度 (poise), P は針入度である。
この式によれば、針入度 80 のアスファルトは 25°C に
おいて 10^6 ポアズ付近の粘度となることがわかる。

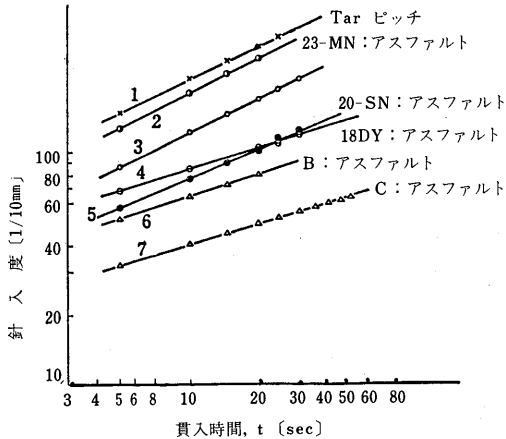


図-2 貫入時間と針入度の関係

また、林⁴⁾は見かけ粘度 η'_{25} と針入度の間に次の関係を見出し、文献データによる検証を行って、図-3 のようなノモグラフを示している。

$$\eta'_{25} = \frac{10^{10.59+0.28PI}}{P^{2.22}}$$

ここで、 η'_{25} は 25°C および $10^3 \text{ erg} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-3}$ における見かけ粘度 (poise), PI は針入度指数, P は針入度である。

針入度とアスファルト混合物の物性との関連性についていくつかの研究がある。

わだち掘れ対策用アスファルトの研究^{5,6)}の中で、針入度と動的安定度 (DS), 又は水浸ホイール変形率との関係が報告されている。その結果を図-4, 5 に示す。これらの混合物性状と針入度の相関性は低いようで、針入度による 60°C 付近の混合物々性の推定は難しいと思われる。しかし針入度の試験温度を変えた時の針入度と曲げ脆化点の関係においては、図-6, 7 にみられるように、5°C 針入度と脆化点に相関がみられ、ひびわれに対する 5°C 針入度の有意性を示している。

舗装の供用性との関連では、回収アスファルトの性状から、針入度の経時変化、路面性状との関係、伸度など他の性状との関係など、多くの研究がある。

以上針入度について検討した結果、針入度試験は工業的試験法として簡便に測定でき、アスファルトのグレー

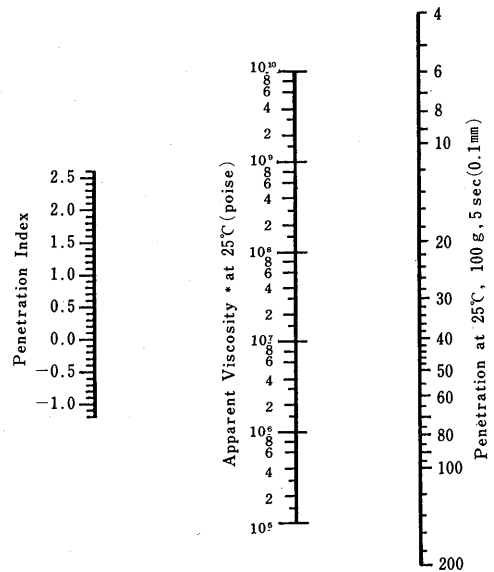


図-3 針入度と PI から 25°C での粘度を求めるノモグラフ

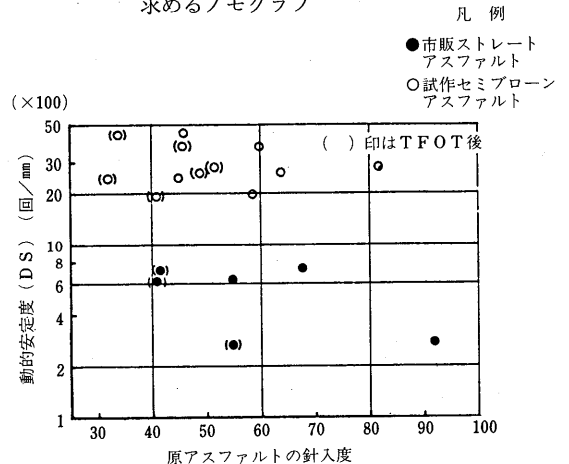


図-4 針入度と動的安定度の関係

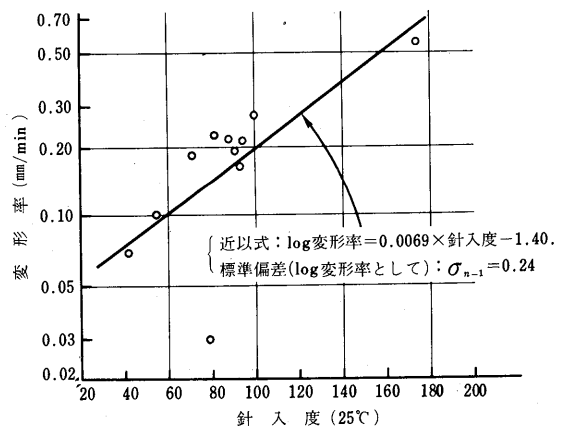


図-5 針入度と水浸 WT 変形率の関係

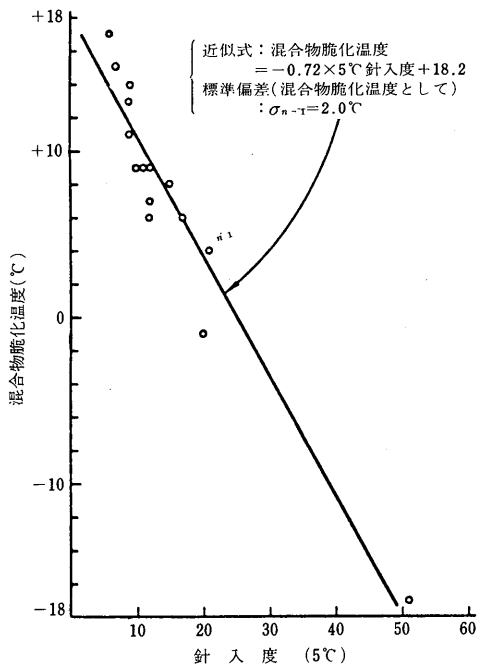


図-6 5℃ 針入度と密粒度混合物の曲げ脆化温度の関係

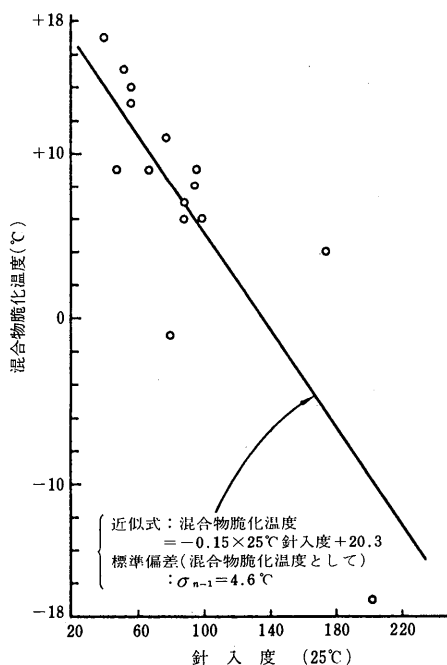


図-7 25℃ 針入度と密粒度混合物の曲げ脆化温度の関係

2. 軟化点試験

軟化点は、針入度と同様アスファルトのコンシステンシーを知るために古くから用いられている、重要な試験項目である。

アスファルトは加熱していくと次第に軟らかくなり、ついには流動を始める。アスファルトは融点という明確な温度は示さないで、ある一定条件のもとである硬さ（軟らかさ）の状態を知る必要がある。軟化点はアスファルトがある軟らかさになる温度、すなわちリングの中に満たされたアスファルトが連続加熱状態の中で、鋼球の荷重により、一定距離落下した時の温度として規定されている。この軟化点は、アスファルトが固体から液体になる転移点（融点）を示すものでもなく、またアスファルトの性質がその点を境にして変るような点でもない。軟化点はある定められた条件下における等ちょう度温度とも言われている。

軟化点の試験方法は、昭和31年（1976年）に環球法として JIS K 2531 に定められた。その後昭和55年アスファルトの規格、試験方法の見直しで整理統合され、針入度試験と同様 JIS K 2207 の中に含まれた。その時点で環、環台の統一、試験器具、精度などが改正されている。

軟化点の測定方法は JIS K 2207 に規定されている環球法（Ring and Ball Test）が最も広く利用されている方法である。その他の試験方法としては DIN に規定するクレーマザルノー法（Krämer Sarnow Test）（DIN 1995 U 5）などがある。軟化点はアスファルト以外でもピッチ、石油樹脂などに利用されている。

軟化点はある定められた条件下の温度なので、条件により変化するものである。一例をあげれば、加熱上昇速度を変えた場合、速度を早くすれば軟化点は高くなり、速度を遅くすれば低くなる。加熱速度と軟化点の関係を示したのが図-8⁷⁾である。軟化点の試験において実際のアスファルト温度は軟化点より約2℃低いといわれており、加熱速度を遅くすれば実際のアスファルト温度との差が小さくなる。

軟化点の理論的解析はいくつか報告されている。

和田ら⁸⁾は軟化点でのアスファルトの挙動を定式化して、粘度との関係づけを行った。その結果、軟化点における粘度は、試料によらず一定となり、JIS 規定の条件では 2.5×10^4 ポアズと計算された。すなわち軟化点は等粘度になる温度と考えられるとした。しかし実際にはアスファルトの比重、比熱、表面張力等の物理常数が影響するため、軟化点での粘度は8000～30000 ポアズ⁹⁾の範

ド分けに用いられる有用な試験で、これにかわる試験法は現在の所見当らないと思われる。

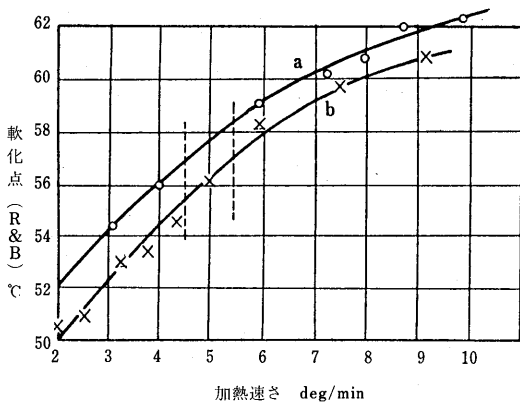


図-8 軟化点における加熱温度の影響

囲にあるといわれる。

林⁴⁾はストレートアスファルトおよびセミブローンアスファルトについて、軟化点における見かけ粘度 (η'_{sp}) を求め図-9を得、次の関係式を報告している。

$$\log \eta'_{sp} = 4.15 + 0.035PI$$

ここで、 η'_{sp} は軟化点における入力エネルギー $10^3 \text{erg} \cdot \text{sec}^{-1} \text{cm}^{-3}$ 時の見かけ粘度 (poise)、PI は針入度指数である。

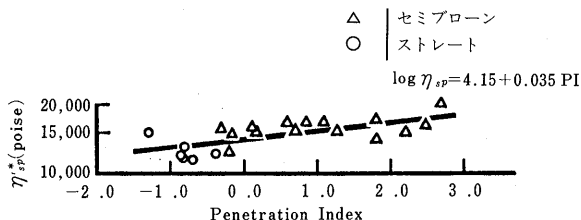


図-9 軟化点における粘度と PI の関係

またアスファルトの構造的な面から、軟化点附近での解析を、中島¹⁰⁾、飯島¹¹⁾らがやっている。これらの報告では、軟化点附近においてアスファルトのコロイド構造に起因するミセル構造が変化するとしており、ここでは軟化点が単なる等粘度温度とは考えられないとしている。

このように軟化点の意味はなかなか複雑であるが、針入度などの他の物理性状と関連づけることにより、アスファルトの温度粘度特性を知る手がかりが得られる。

その一つである針入度指数 (PI) は1936年オランダの Pfeiffer と Van Doormaal¹²⁾によって考え出され、アスファルトの感温性を示す指標として良く用いられている。この PI は針入度と温度の関係から求められる指

数である。針入度と温度の相関は図-10のように示され、直線の勾配はアスファルトの感温性を表わしている。温度を変えて針入度を求めることは煩雑となるため、通常軟化点における針入度を800とし、25℃における針入度200のメキシコ産アスファルトのPIを0と仮定すると、PIは次のようにして求められる。

$$\text{直線の勾配 } A = \frac{\log 800 - \log P}{T_{R \& B} - T} \quad (1)$$

ここで、P は試料の針入度、T は針入度試験温度、 $T_{R \& B}$ は軟化点温度である。また針入度の項で述べたように勾配 A と PI の関係から次式が得られる。

$$PI = \frac{30}{1 + 50A} - 10 \quad (2)$$

従って、(1)と(2)よりPIは針入度と軟化点から求められることになる。PIを簡単に求めるため、通常は図-11のノモグラフ⁷⁾が広く利用されている。

PIはアスファルトの感温性すなわち温度に影響され易いか否かを示すもので、PI 20のアスファルトは全く温度の影響を受けず、PI-10のアスファルトは逆に温度に対し非常に敏感であると判断される。通常アスファルトのPIは-2.0から+2.0の範囲にある。

以上軟化点について検討した結果

- 1) 軟化点は、その意義づけは複雑であるが、融点に近い性格を持ち、アスファルトの軟かさを示す指標として用いられ、また粘度ともある程度の関連が究明されている。
- 2) 針入度と併せて求められるPIは、アスファルトの感温性を示す指標として広く利用されている。したがって、現時点では有用な規格項目と考えられる。

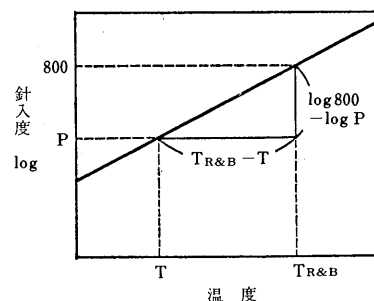


図-10 針入度と温度の関係

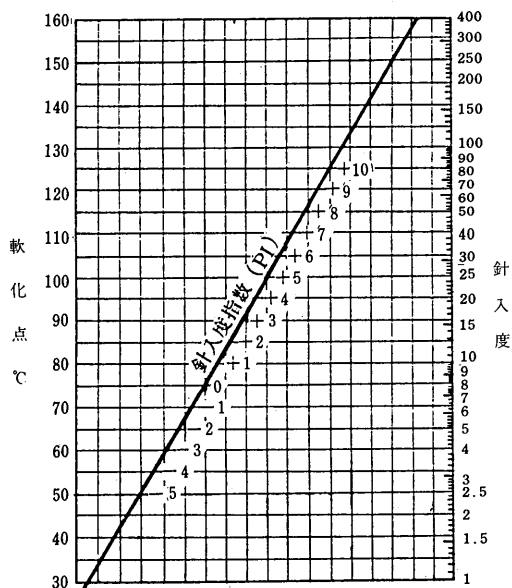


図-11 針入度指数算出用ノモグラフ

——引用文献——

- 1) アスファルト舗装講座, p. 176, 日瀝化学工業 (1972)
- 2) 阪上; 新しい工業材料の科学, p. 73, 金原出版

- (1972)
- 3) 同上; " p. 72, "
- (")
- 4) 林; 石油学会誌, 27, (3), 199 (1984)
- 5) 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; p. 34, アスファルト協会 (1984)
- 6) 林; アスファルト, 20, 110, p. 32 (1976)
- 7) Pfeiffer, J. Ph; The Properties of Asphaltic Bitumens, p. 165, Elsevier Pub. Co (1950)
- 8) 広瀬, 和田; 応用物理, 29, 557 (1960)
- 9) Traxler, R.N; Asphalt, Its Composition, Properties and Uses, p. 62, Reinhold Pub. Co (1961)
- 10) 中島; 石油学会誌, 18 (12), 1068 (1975)
- 11) 飯島; 石油学会誌, 23 (3), 165 (1980)
- 12) Pfeiffer, J. Ph, Van Doormaal, P.M; J, Inst. Petroleum Technol, 22, 414 (1936)
- 13) 林 誠之; アスファルト, 19, (107), 15 (1976)
- 14) J.Y. Welborn; ASTM STP, (424), 3 (1966)

予約受付中

日本のアスファルト事情 1986年版

B 5・48ページ・¥500 (送料は実費)

当面するアスファルト事情を
わかりやすく解説した資料です。
広くご利用いただけるよう編
纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル
日本アスファルト協会

目次

★需 要	★課 題	臨時石油アスファルト需給等対策会議
用 途		道路予算
需要の推移	★参考資料	世界の原油確認埋蔵量
★供 給	品質規格	原油 入量の推移
生 産	試 験 法	原油価格
流 通	品質管理	石油需給計画
施 策	アスファルト舗装の特長	

1. まえがき

60℃ 粘度は 1963 年頃から米国においてアスファルトの規格項目として初めて取り入れられるようになった。その基本的な考え方は、アスファルト舗装の供用温度の上限温度付近におけるアスファルトのコンシステンシー規格は、従来の軟化点のような経験的試験による物性ではなく、絶対粘度のように工学的基本単位で表わされる物性を用いるほうが、より合理的であるという点にある。60℃ 粘度はわが国ではこれまで一般用の舗装用石油アスファルトの規格では取り入れられていないが、1978 年に“重交通道路の流動対策用セミブローンアスファルト (AC-140)”の日本道路協会規格において重要な規格項目として初めて採用された。

本稿では、60℃ 粘度の測定方法、米国における 60℃ 粘度規格の状況、米国で 60℃ 粘度を規格に採用しようとした際の考え方、そしてアスファルトの 60℃ 粘度とアスファルト混合物性状の関係などについて紹介する。

2. 60℃ 粘度の測定方法

アスファルトの 60℃ 粘度測定方法としては、減圧毛管粘度計、共軸二重円筒式回転粘度計、滑板粘度計などを用いる方法がある。このうち減圧毛管粘度計を用いる方法は、最も簡便でかつ個人誤差の入る余地が少ない方法といえる。この試験方法は米国においては 1966 年に ASTM によって D 2171-66 として規格化¹⁾され (以下 ASTM 法)、わが国では 1978 年に日本アスファルト協

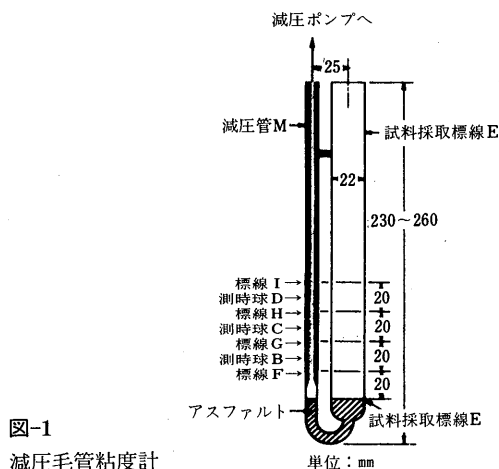


図-1

減圧毛管粘度計

(AI*型) * ASPHALT INSTITUTE

会がこの ASTM 法を取り入れ、JAA-001-1978 “石油アスファルト絶対粘度試験方法”として制定²⁾がなされた。

この試験方法は、60℃ の絶対温度が 42~200,000 poise (ポアズ) の範囲内にあるアスファルトを対象としている。測定方法の概要は、図-1 に示す AI (Asphalt Institute) 型減圧毛管粘度計の試料採取管側上部から加熱溶融したアスファルト試料を試料採取標線まで入れ、それを 60℃ の恒温水槽に入れ、減圧毛管粘度計の毛管側を図-2 のように減圧系につなぐ。こうしてアスファルトが図-1 の粘度計の毛管側を -300 mmHg・g の減圧度によって一定長さだけ (例えば図 1 の標線 F から標線 G まで) 吸い上げられるのに要する時間を測定し、次式からアスファルトの 60℃ 粘度を求めるものである。

アスファルトの粘度 (poise) = 流動時間 (sec) ×

粘度計定数 (poise/sec) …… (1)

ここで、粘度計定数とは各減圧毛管粘度計について、各標線間毎に粘度計校正用標準液を用いてあらかじめ求めておく定数値である。なお、測定方法の詳細は両試験方法¹⁾²⁾およびその解説³⁾を参考にされたい。

3. 米国における 60℃ 粘度規格

米国においては、舗装に用いる一般的アスファルトのグレード分けに 60℃ 粘度が主に用いられている⁴⁾。そしてこの中には 2 つの考え方の規格があり、大多数の州では原アスファルトの 60℃ 粘度でグレード分けするものであり、他方、大平洋岸の 6 州ではアスファルトを一

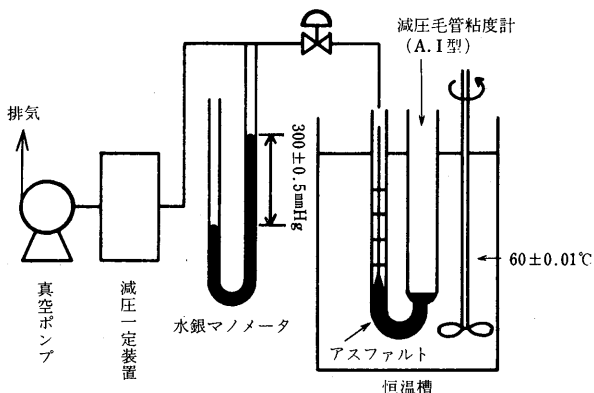


図-2 減圧毛管粘度計を用いる 60℃ 粘度測定装置の構成

且回転式薄膜加熱試験にかけた後のアスファルトの性状について、その 60℃ 粘度でグレード分けするというものである。後者の規格はカリフォルニア州の道路課が提案したものであるが、試験が煩雑なためかその後この規格を採用する州の数は増えていないようである。両規格の代表例を表-1 および表-2 に示す。いずれの規格においても、軟化点の代りに 60℃ 粘度を用いる形式がとられているといえる。また、原アスファルトの 60℃ 粘度グレードと、それに概略相当する針入度グレードの対応関係を表-3 に示した。

4. 米国における 60℃ 粘度規格採用の際のフィロソフィー

当時（1966 年）の経緯について、米国商務省道路局研究開発部材料課技師長 J. York Welborn 氏の文献⁹⁾から概要を示す。

4.1 それまでのアスファルト規格

- (1) アスファルトの規格は試行錯誤によって開発されたものが使われてきている。
- (2) 過去 25～30 年の間、アスファルト規格の制定は「アスファルトはこうあるべきだ」との考えから種々の特殊な要求を取り入れて作成してきたが、そのような規格に合致するアスファルトが舗装の供用性の改良

表-1 米国ニューヨーク州の舗装用アスファルト規格

種類(粘度グレード)		AC-5		AC-10		AC-20		AC-40	
試験項目		最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
原アスファルト	粘度, 60℃, (poise)	500±100		1,000±200		2,000±400		4,000±800	
	粘度, 135℃, (cst)	*1 200	—	*2 250	—	*3 300	—	400	—
	針入度, 25℃×100g×5sec	*1 120	—	*2 70	—	*3 60	—	30	—
	引火点, COC, (°F)	350	—	425	—	450	—	450	—
	トリクロロエチレン可溶分, (%)	99.0	—	99.0	—	99.0	—	99.0	—
薄膜試験加熱後	粘度比, 60℃, (加熱後/加熱前)	—	4	—	*4 4	—	*4 4	—	4
	伸び, 15.5℃, 5cm/min, (cm)	*1 100	—	*2 40	—	*3 30	—	*5 25	—
	加熱減量(%)	—	1.00	—	0.50	—	0.50	—	0.50
代表的使用例 (単なる一般的 情報として)		加熱混合 プラント — 極寒冷 地		加熱混合 プラント — 寒冷地 ニューヨ ーク以北		加熱混合 プラント — 温暖地 ニューヨ ーク以南		加熱混合 プラント — 暑季地 重交通	

(注) 国産中央大陸原油またはカナダ原油からのアスファルトについては、次の限界値を採用する。(※1, ※2, ※3)
※1: 135℃粘度, 180以上。25℃針入度, 100以上。
薄膜後15.5℃伸び, 15以上。
※2: 135℃粘度, 200以上。25℃針入度, 60以上。
薄膜後15.5℃伸び, 10以上。
※3: 135℃粘度, 250以上。25℃針入度, 50以上。
薄膜後15.5℃伸び, 5以上。
※4: Boscan原油からのアスファルトについては、次の限界値を採用する。粘度比, 5以下。
※5: 25℃で測定。

に役立つかについては、多くの場合確証がないのが実状である。

- (3) しばしばアスファルトをとる原油を制限したりもするが、こういったアスファルト規格の改良はなんの進歩も生じないし、また供用性と関係のあるアスファルト性状に基づく規格ができるまでこの状態は続くであろう。
- (4) アスファルト性状と供用性の関係が不足しているため、種々のアスファルト規格が出現している。

4.2 初期の針入度規格

- (1) 1900 年以前はコンシステンシーに重点がおかれていた。
- (2) 針入度計は 1900 年以前に用いられ、生産管理やアスファルトの選択に用いられた。
- (3) 1926 年に当時の実態を反映させて 10 種類の針入度

表-2 米国カリフォルニア州の舗装用アスファルト規格

種類(粘度グレード)		AR-1000	AR-2000	AR-4000	AR-8000	AR-16000
試験項目						
回転式薄膜加熱試験後	粘度, 60℃, (poise)	750—1,250	1,500—2,500	3,000—4,000	6,000—10,000	12,000—20,000
	粘度, 135℃, (cst)	140以上	200以上	275以上	400以上	550以上
	針入度, 25℃×100g×5sec	65以上	40以上	25以上	20以上	20以上
	針入度(25℃)の原アスファルトとの比, (%)	—	40以上	45以上	50以上	52以上
	伸び, 25℃, (cm)	100以上 ^{*2}	100以上 ^{*2}	75以上	75以上	75以上
原アスファルト	引火点, COC, (°F)	400以上	425以上	440以上	450以上	460以上
	トリクロロエチレン可溶分, (%)	99以上	99以上	99以上	99以上	99以上

*1: 薄膜加熱試験 (AASHTO T179) を用いてもよいが、審判は回転式薄膜加熱試験 (AASHTO T240-73I) によるものとする。
*2: 100以下の場合でも、15.6℃ (60°F) で100以上であれば合格とする。

表-3 原アスファルトの 60℃ 粘度グレードに概略相当する針入度グレードの関係

原アスファルトの 60℃ 粘度グレード	概略相当する原アスファルトの 針入度グレード	
	米 国 South Dakota 州	国産品例
AC-2.5 (250±50 poise)	200/300	—
AC-5 (500±100 poise)	120/150	150/200
AC-10 (1,000±200 poise)	85/100	80/100
AC-20 (2,000±400 poise)	60/ 70	60/ 80
AC-40 (4,000±800 poise)	—	40/ 60

グレードが作られた。(25/30~150/200)しかし、アスファルトの使い方については触れられていない。

4.3 規格の選別

- (1) 1940年の連邦規格は、40/50~200/300の9種類があり、それぞれについて推奨用途が示された。低針入度品は南方、温暖地、重交通用で、高針入度品は寒冷地、軽交通用であった。
- (2) 1955年まで AASHO は 30/40~150/200 の 9 種類で、道路タイプ、気象条件、交通の種類で規定した。
- (3) 1957年の調査では 40 機関中、23 機関が 85/100 のみを使っていた。
- (4) 針入度は長年使われてきているが、アスファルトの最適利用をするには 25℃ 針入度を規格としている限り、経験に頼ることになり合理的とはいえない。

4.4 アスファルトの流動特性を規定するために用いられた経験的試験項目

- (1) 過去 30 年間、アスファルトの 25℃ 前後の性状を均一なものにしようと多くの代替性状試験の試みがなされた。針入度については時間、荷重、温度を組合わせた試験が規格に使われたりしている。低温伸度と軟化点の関係あるいは、粘度と針入度の関係も提案された。
- (2) こういった種々の因子や関係はある種のアスファルトを排除するのには効果があったが、そういった関係は経験的なもので供用性との関係が不足していたために、アスファルトの工学的性質を健全に規定するには不十分な状態となっていた。
- (3) こういったことから、舗装設計に使えるアスファルトの基本的な性質を表し得る健全な工学的規定を見出そうとの努力が続けられてきた。

4.5 基礎的知見の不足

- (1) 針入度はこれまで確かに役にたってきたが、理論的な扱いができないところに問題がある。
- (2) これまでのアスファルト研究で明らかなことは、舗装材料および舗装構造に関する基礎的知見が不足していることが問題を難しくしているということである。混合物設計や供用性に対するバインダー、骨材、フィラーの影響が明確にされていく必要がある。そのためには基礎的な性状をベースとした技術や知識を発展させていくことが近道である。
- (3) 1962年の ASTM 第 65 回年会では、瀝青材料の基礎的粘度に関するシンポジウムが持たれ、次のような結論が 5 つの論文について出された。
 - ① (Levy) 絶対粘度は他の物理的性状や供用性と

相関する可能性がある。ただし、これは万能とは言えないが、従来アスファルト技術は芸術であったものが、化学と工学の領域に変わる出発点となるものである。

- ② (Griffith, Puzinauska) 粘度を測るということは、アスファルトのコンシステンシーを広い温度範囲で基本的な単位で表すという意味があり、これは現在用いられている経験試験ではできないものである。
- ③ (Welborn ら) 舗装混合物に用いる場合、同一粘度のアスファルトを用いると、原油や針入度グレードが異なっている、圧縮強度で測った安定度は実質的に同じになる。
- ④ (Griffin, Izatt, Lettier) 粘度は供用性と関係があり、舗装におけるアスファルトの役割を説明したり、相互比較したりするための健全なベースといえる。
- ⑤ (Gzemski) 使用時のアスファルトの粘弾性的変化の割合というものが、材料特性や供用性と究極的に関係がある。粘度の感温性やせん断速度依存性はアスファルトの本質的な性状であり、これは舗装の変形挙動に影響する。
- ⑥ (Benson: このシンポジウムを総括して) アスファルトを基本単位の粘度で表すことは、アスファルト性状を決めたり評価したりする上で優れた方法といえる。粘度は規格目的、強度や安定度の評価、施工時のアスファルト性状の管理、供用中のアスファルト性状の追跡に価値あるものである。今後はアスファルト使用条件範囲の温度およびせん断速度下における基本単位で表した粘度を測定する装置と試験法の開発を真剣に行うべきだ。

- (4) 1962年のシンポジウム以降、道路局の国家研究プログラムに支援され、多くのレオロジー的研究がなされた。この中には 28 のプロジェクトがあり、大部分は連邦資金で支援された。

4.6 60℃ 粘度による分類の研究

- (1) 米国アスファルト協会はアスファルトの粘度グレード規格の試案を提出後、市販アスファルトの性状試験を行った。その結果次のことがわかった。
 - ① 60℃ 粘度でグレード分けすると 25℃ 針入度の場合より、60℃ 以上におけるアスファルトのコンシステンシーが一層均一になる。そのため種々のアスファルトを用いても施工時の混合物の挙動がより均一になる。

- ② アスファルトによって感温性が異なるため、60℃ 粘度グレードにすると 25℃ 針入度グレードの場合より、25℃ 以下でのコンシステンシーのバラツキが大きくなる。したがって低温域で何らかの管理が必要となるが、どの程度の管理が必要なのかといった点についてはよく確かめる必要がある。
- ③ 針入度グレードを 60℃ 粘度グレードにしても、60～135℃ における粘度の温度依存性は変わらない。
- ④ 60℃ 以下のアスファルト粘度は Walther や ASTM チャートからずれてくるが、これらのチャートは経験に基づくもので、今後検討が必要である。4～15.6℃ の狭い範囲なら log 粘度と温度の間に直線関係がある。
- ⑤ 粘度の測定法が異なっても、同じアスファルトなら同一のフローダイアグラムにのる。
- ⑥ 15.6℃ と 25℃ では、25℃ 針入度は 0.05 sec^{-1} のせん断速度における粘度の対数値とよい相関がある。
- ⑦ 15.6℃ と 25℃ の伸度は、粘度のせん断速度依存性と関係がある。
- (2) アスファルトのグレード分けに 60℃ 粘度を選ぶことは、アスファルトの初期のコンシステンシーをそろえるという観点から非常にメリットがある。
- (3) 混合物あるいは舗装供用性という点からすると、アスファルトの硬化という点があり、この面においてはカリフォルニア州道路課が提案している、合材プラントでの硬化をシミュレートした加熱試験後のアスファルトについて 60℃ 粘度でグレード分けする方法はかなりメリットがある。
- (4) しかし最後には舗装供用性と経済性の両面から、全体的にみて利点の多い評価が可能となるよう一層の検討が必要である。

4.7 基本的粘度の採用

- (1) 基本的粘度を使うようにするためには、次のような検討が必要である。
- ① 繰り返しあるいは一時的载荷における混合物の基本的強度と変形に及ぼすアスファルト性状の影響、ならびに施工時や供用時のアスファルトの老化や強度が変形性に及ぼす影響。
- ② 供用性との関係において、老化を考慮したアスファルトの基本的な限界値。
- ③ 道路の使用環境条件と交通条件が設定された場合に、そのための最適なアスファルトを選ぶための合理的な方法の開発。

(2) アスファルトの最適規格を開発していく上で、絶対粘度は有効である。理由は、

- ① あらゆるグレード、あらゆるタイプのアスファルトにその測定が適用できる。
- ② アスファルトを使う上で関係のあるすべての温度域で、同一単位下での測定が可能。
- ③ 载荷時間の影響も加味した流動測定ができるため、混合物の強度や変形性と良い相関性が出てくる。
- ④ アスファルトの粘性部分を取り出すことができ、弾性部分と分離できる。そのために、アスファルトの化学的性質や、アスファルト-骨材間の物理化学的性質の評価に役立つかも知れない。

5. アスファルトの 60℃ 粘度とアスファルト混合物性状の関係

アスファルトの 60℃ 粘度はアスファルトの 60℃ におけるコンシステンシーを表わしているものであるから、その性状はアスファルト混合物の 60℃ における強度性状に影響を与えているであろうことは想像するに難くない。ただし混合物の強度性状は、使用骨材の種類、供試体の作成方法、そしてアスファルト量などに大きく影響されるので、以下に示す両者の相関関係における強度性状の定量値は、あくまでもそれぞれの実験の場合においてのみ当てままる値であることを留意する必要がある。一方両者の相関関係自身は一般性があるものといえる。

原アスファルトの 60℃ 粘度と密粒度混合物 (OAC) の 60℃ マーシャル安定度の関係⁶⁾を図-3 に示す。図-3 から両者の間には良い相関関係のあることがわかる。また、わだち掘れのシミュレーション試験として用いられ

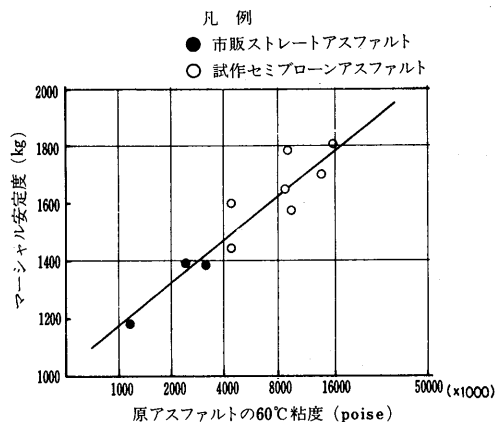


図-3 原アスファルトの 60℃ 粘度と密粒度混合物の 60℃ マーシャル安定度の関係

ているホイールトラッキング試験を、精密な試験温度管理下で行うことを目的に60℃の水浸下で行った、密粒度混合物（OAC）の60℃水浸ホイールトラッキング試験における変形率と、原アスファルトの60℃粘度との関係⁷⁾を図-4に示す。図-4から両者の間には密接な関係のあることがわかる。また、この60℃変形率に対しては、アスファルトの25℃針入度あるいは軟化点と比べ、60℃粘度が最も相関性に優れていることが報告⁷⁾されている。したがって、これらの結果からアスファルト舗装のわだち掘れ対策をアスファルト面からとらえる場合には、アスファルトの60℃粘度に着目する必要があるといえる。

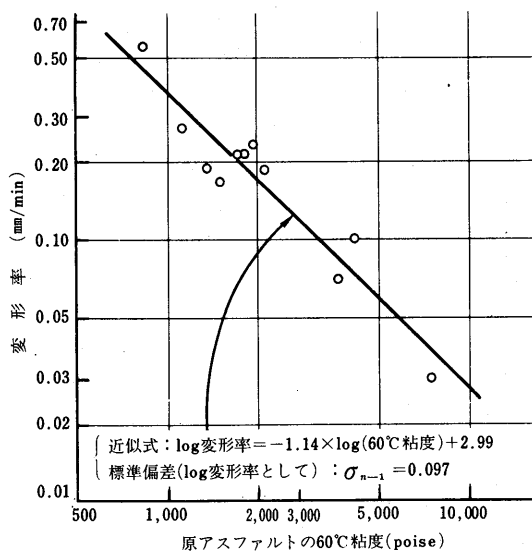


図-4 原アスファルトの60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸ホイールトラッキング試験変形率の関係

このような考え方を背景に、わが国のわだち掘れ対策を検討した研究⁷⁾によれば、わが国のわだち掘れを欧米なみに抑制するには、アスファルトとして60℃粘度が10,000 poiseとか14,000 poiseといったレベルのものをを用いる必要があると結論づけられている。また建設省と日本アスファルト協会が中心となって行った重交通道路のわだち掘れ対策用アスファルトの研究結果⁸⁾においては、アスファルトの60℃粘度として10,000 poiseが適当であると結論づけられている。一方、従来からわが国で舗装用アスファルトとして最も一般的に用いられているアスファルトは、針入度が40~100のものであり、その60℃粘度の概略のレベルは表-3に示した値であることから、これらのアスファルトでは重交通道路の本格的なわだち掘れ対策用として60℃粘度が大幅に不足しているといえる。

あとがき

以上、アスファルトの60℃粘度に焦点を当てて述べてきたが、針入度40~100の一般用アスファルトについて60℃粘度規格への変更が必要かどうかという点になると、

- ① 60℃粘度は耐わだち掘れを重視したアスファルトに対しては必須の性状項目といえるが、60℃粘度があまり高くない従来からの一般用アスファルトに対してはその重要性はかなり低下する。
- ② 軟化点試験と比べ時間がかかり煩雑さが増す。
- ③ 米国が60℃粘度を採用してから約20年になるが、その後世界各国の中でこれに追随した国がない、といった点を考えると、私見ではあるが、早急な移行は現時点では必ずしも必要な状況にはないと考える。

引用文献

- 1) ASTM: D 2171-66, Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer (1966).
- 2) 日本アスファルト協会: JAA-001-1978, 石油アスファルト絶対粘度試験方法 (1978).
- 3) 林 誠之: アスファルトの60℃粘度試験, 舗装, 19巻4号, 1984. 4, p. 30.
- 4) 林 誠之: 米国の舗装用アスファルト規格について, アスファルト誌, 19巻107号, 1976. 6, p. 15.
- 5) J.Y. Welborn: The Philosophy of Vising Viscosity for Grading Asphalt Cements, ASTM STP, No. 424, 1967. 6, p. 3.
- 6) 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, 日本アスファルト協会, 1984. 5, p. 30.
- 7) 林 誠之: アスファルトの供用性に関する研究, アスファルト誌, 20巻, 110号, 1977. 1, p. 32.

伸 度 試 験

荒 井 孝 雄*

1. まえがき

伸度試験は1903年以前に米国のDowが発表したもので、1921年にASTM暫定規格となり、1935年にASTM D 113-35標準試験方法となったものである。わが国で伸度という名称で規格となったのは昭和7年(1932年)であるが、それ以来伸度規格がいろいろ変遷しており、伸度試験そのものの意義について長年にわたって議論されてきた。しかしながら、未だその位置づけが不明瞭なまま今日までアスファルトの規格試験として行われている歴史的に古い試験である。

ここでは、わが国における伸度規格の変遷を通して、伸度試験の意義づけに対する様々な議論を諸文献を引用して整理してみることにする。

2. 伸度規格の変遷

わが国の伸度規格の制定は日本標準規格JES第173号K27石油製品(昭和7年)が最初であり、表-1のごとくである¹⁾。

表-1 JESアスファルト(昭和7年)

		第一号	第二号
伸 度	針入度50以下のもの	5以上 (15°C)	
	" 50~85のもの	50以上 (15°C)	
	" 85を越えるもの	—	100以上 (15°C)

2-1 A, B, C型アスファルト分類規格

戦後、JIS K 2207が昭和31年7月(1956年)に制定されたが、これよりやや遅れて昭和32年3月(1957年)に日本道路協会により、いわゆるA, B, C型アスファルト分類に基づく規格(以下、A, B, C分類と呼ぶ)が制定され、いろいろ議論を呼ぶところとなった。なお、この規格は昭和36年版アスファルト舗装要綱に日本道路協会規格として掲載された。

(1) A, B, C型区分の理由および特徴

A, B, C分類規格の区分理由やその特徴について、当時の日本道路協会舗装委員会アスファルト材料小委員による解説²⁾等を引用して整理してみると以下のようなものである。

① 区分理由

戦後は石油事情が変り、原油の種類も色々なものが用いられ、(中略)JIS規格に適合するものであっても舗装施工上の必要な性質に色々差異を生ずるようになった。この差異を十分に諒解して施工しないと失敗を招くことがある。そこで市場品を(中略)低い温度(10°Cまたは5°C)における伸度を行ない、この数値に基づき三つの型に分類する。

② 特 徴

A型：アスファルト基原油から製造したアスファルトで、固形パラフィン含有量が1%内外またはそれ以下。乳化が良好。伸度は比較的低温でも100 cm以上となるが、僅かの温度低下により急激に0となる。感温比は大。

B型：パラフィン基を含む原油から製造したもの。固形パラフィン含有量は3%内外。乳化は困難。伸度変化、感温比はA, Cの中間。

C型：パラフィン基を多く含む原油より製造したものの。製造の過程で僅かの空気処理したものが多く、乳化は極めて困難。伸度は低温になっても急激に0にならない。感温比は小。

(2) A, B, C分類に関する見方

A, B, C型分類に関しては、「同じ針入度のアスファルトでも伸度が異なり、JIS規格品でも製法で品質に差があるため、同一品種の積りで使用すると失敗を招く恐れがあり、何らかの区分が必要である。」との考えから³⁾、あるいは、「舗装用アスファルトとして知悉されていない必要性状との間に深い関係があり、同一針入度級では伸度によってその性状が区分できる。」との考えから区分した^{3),4)}と言うのが基本的な考え方のである。

* あらい たかお 日本舗道舗装技術研究所第二研究室長

しかし、これに対する受取り方が十分でなかったためか、A, B, C 分類は、「一部の人々に A 型アスファルトが優れていて C 型が品質上劣っていると信ぜられており」⁹⁾とか、逆に「B 型、C 型が A 型より実用上からいってもよい。」¹⁰⁾との見方も示されている。

前記のアスファルト材料小委員会では、「アスファルトの A, B, C 型は現在使用されている市場品を低い温度の伸度の相違から区分したものであって、舗装用としての良否を示すものではない……。」¹¹⁾と述べているものの、前述のような混乱もあり、全体としては十分に受け入れられたものとは言い難い規格であったようである。

2-2 JIS の甲乙分類規格

A, B, C 分類規格より遅れて昭和 35 年に JIS が改正され、伸度規格は同一針入度級を伸度の差により甲、乙の 2 種類に分けられた。

甲、乙分類についての論義は文献ではあまり見当たらないが、次のような意見が述べられている。

「(針入度は)伸度の相違によって、40~60 より 100~120 までを甲、乙の 2 種類に分けた。これは旧規格(注: JIS K 2207-1956)に合格するものであっても、品質は相当幅のあることを裏書きしたものである。この JIS には甲、乙の用途を決めていない。(中略)材料メーカーとしては、それでは不親切というものである。」¹²⁾

というように規格としては分かりにくいものであった。

2-3 A, B, C 分類規格及び甲、乙分類規格の廃止とその後の変遷

A, B, C 分類や甲、乙分類については前述の議論のほか、伸度試験そのものの工学的意義づけに関しても議論が多く、また、アスファルトの品質特性としての重要性が今一つはっきりしないという背景もあり、A, B, C 分類規格はアスファルト舗装要綱の昭和 42 年(1967 年)の改訂において廃止され、更に、JIS の甲、乙分類も昭和 44 年(1969 年)の改正で廃止されている。

要綱改訂に伴うアスファルト舗装小委員会による解説によれば¹³⁾、「温度・粘度関係が作業温度の決定に用いられているので、伸度試験を単純化して A, B, C 分類を取り止め、このような分類の誤用を避ける。」としており、また、新しい伸度規格については「伸度試験の複雑さを避けるために試験温度を一種にした。25℃ではすべて 100 cm 以上で試験の意味がなくなるので、常温に最も近く、在来の経験も豊富な温度として 15℃を採用した。」と述べている。

しかしながら、日本道路協会規格および JIS 規格が

改正されたものの、依然として両者の伸度規格の内容は異っており、不便さが残った。そのため、各方面から統一化の要望が出されて来た。

両方の規格が統一されたのは昭和 50 年代に入ってからである。即ち、昭和 53 年(1978 年)の要綱改訂に伴って日本道路協会規格が改正されたが、JIS の方も昭和 55 年(1980 年)の改正において、針入度級 40~60 から 100~120 の 4 種類について調整が図られ両規格が統一された。

以上、伸度規格の変遷について記述したが、昭和 31 年の JIS K 2207 の制定以降の規格の移り変りを要綱と JIS に分けて表-2 に示す。

3. 伸度試験の意義について

伸度試験の意義についてはいろいろな見方があり、過去に多くの議論がなされたが、ここではその主なものを整理してみることにする。

1) Pfeiffer¹⁴⁾

- ① 弾性ゾルタイプのアスファルトの伸度は温度とともに非常に増加するが、ゲルタイプは影響は小さい。
- ② 伸度の引張速度を 1/5 にするのは試験温度を 5℃上昇させるのと同じ効果をもつ。
- ③ 同一針入度で伸度が異なるのは PI の違いによる。

2) Traxler¹⁵⁾

- ① 伸度は切断面での剪断がアスファルトの凝集力より大となつて切れるときの長さである。
- ② アスファルトの複合流動度の大小が伸度の大小に一致する。その例を表-3 に示す。

3) Saal¹⁶⁾

- ① 伸度から求まる脆性破壊の限界温度は、アスファルトのスティフネスが 10^7 N/m^2 (10 sec) に達する温度であり、これはフラース試験の 10^6 N/m^2 (10 sec) の 1/10 である。

表-3 アスファルトのコンプレックス流動度と伸度

アスファルト	H	V	Y	O
軟化点 R&B, °F	137	143	135	139
針入度 100 g/5 sec/77°F, 1/10 mm	64	32	64	17
粘度 0.1 sec ⁻¹ , megapoises	6.8	36.0	5.0	38.0
伸度 77°F/5 cm/min, cm	31	38	125	200
コンプレックス流動度	0.75	0.85	0.85	1.00

表-2 伸 度 規 格 の 変 遷

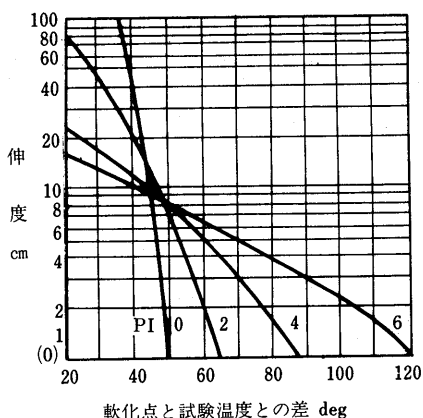
発行年 または 制定年	区 分		アスファルト舗装要綱												JIS K 2207													
	針入度級		0 〃 10	10 〃 20	20 〃 40	40 〃 60	60 〃 80	80 〃 100	100 〃 120	120 〃 150	150 〃 200	200 〃 300	0 〃 10	10 〃 20	20 〃 40	40 〃 60	60 〃 80	80 〃 100	100 〃 120	120 〃 150	150 〃 200	200 〃 300						
	種類	温度℃																										
昭和 31		10																			100 ⁺							
		15																	50 ⁺	100 ⁺								
		25														5 ⁺	50 ⁺	100 ⁺										
35	甲	10																			20 ⁺	100 ⁺						
		15																	10 ⁺	20 ⁺	30 ⁺	100 ⁺						
		25														5 ⁺	50 ⁺	100 ⁺										
	乙	10																			20 ⁺	30 ⁺	100 ⁺					
		15																	100 ⁺									
		25														5 ⁺	50 ⁺											
36 [*]	A	5									100 ⁺																	
		10					100 ⁺																					
		15					100 ⁺																					
		25					100 ⁺																					
	B	5									50 ⁺																	
		10					30 ⁺	100 ⁺																				
		15					100 ⁺																					
		25					100 ⁺																					
	C	5									5 ⁺																	
		10					5 ⁺	10 ⁺				70 ⁺																
		15					70 ⁺																					
		25					70 ⁺																					
42		15					100 ⁺																					
44		15																	10 ⁺	30 ⁺	100 ⁺							
		25														5 ⁺	50 ⁺											
50 ^{**}		15					100 ⁺																					
53		15					10 ⁺	100 ⁺																				
55		15																	10 ⁺	100 ⁺								
		25														5 ⁺	50 ⁺											

* 日本道路協会規格は昭和 32 年 3 月に制定されている。

** 日本道路協会暫定規格は昭和 47 年に制定されている。

- ② アスファルトの伸びは PI の大小から説明される。
- ③ 伸度と温度の関係は急激であり、伸度にかかなりの差異があっても温度の差異は僅かである（図-1 参照）。
- 4) Bransky^{11),12)}
- ① 実用性能のよいものが伸度が大きいということはない。むしろ、実用性能の向上と伸度の低下が比例しており、伝統的な見解とは一致しない。
- 5) リスター¹³⁾

- ① 伸度はレオロジー的試験として二次的意味しかない。
- ② 伸度のよいアスファルトが必ずしもよいアスファルトとは一概に言えない。
- ③ 温度の僅かな変化が伸度に大きく影響する。
- ④ ワックス分が伸度に影響を与え、その存在がアスファルトの性質を悪化させる限界を示すという意味からは有効な試験と言える。
- ⑤ 伸度試験が信頼性が薄い理由として、



図一1 温度差と伸度との関係

- a. 切断直前の断面積が小さいため、小不純物の存在さえ伸度に影響を与える。
- b. 試験中 20 分以上、温度を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に保持するのは困難である。
- c. 比重の調整が必要（アスファルトが垂れる）。

6) ハリス¹⁴⁾

- ① 伸度試験は、ある剪断速度におけるアスファルトのコンシテンシーを測るということ以外に意味はない。

7) 昆布谷¹⁵⁾

- ① 伸度は任意の条件で求められた値であって、載荷形式や温度により変化するものであり、1条件の伸度の大小のみによってアスファルトの品質に対する意見を述べることは困難である。

- ② 伸度の大小は必ずしもアスファルトの粘りの有無を示していない。

以上のように、伸度試験についてはその意義を認めている例もあるが、疑義を述べている例も多く、全体としては伸度試験の意義は不明瞭とする意見が支配的である。

4. 伸度と他の特性との係わり

伸度試験単独での意義は不明確であるが、他の特性と結びつけた議論やとくに舗装供用性評価と関連させた検討も行われて来っており、ここではそれらの幾つかを述べてみる。

1) 針入度特性値と伸度

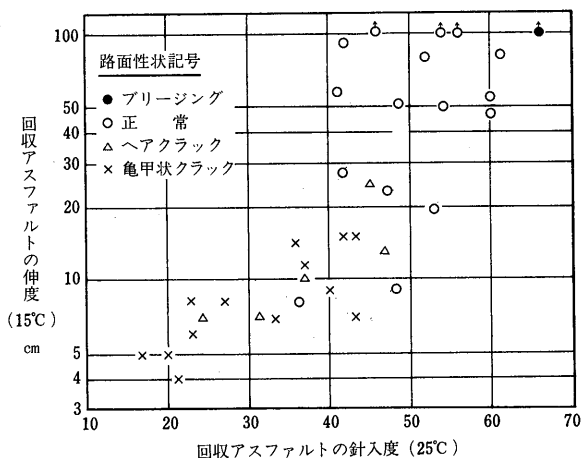
伸度と針入度との関係として昆布谷は針入度と針入度時間係数 B 値（貫入時間に対する針入度の勾配）により、伸度の大きさが区

分できるとして、図一2 の関係を示した¹⁶⁾。

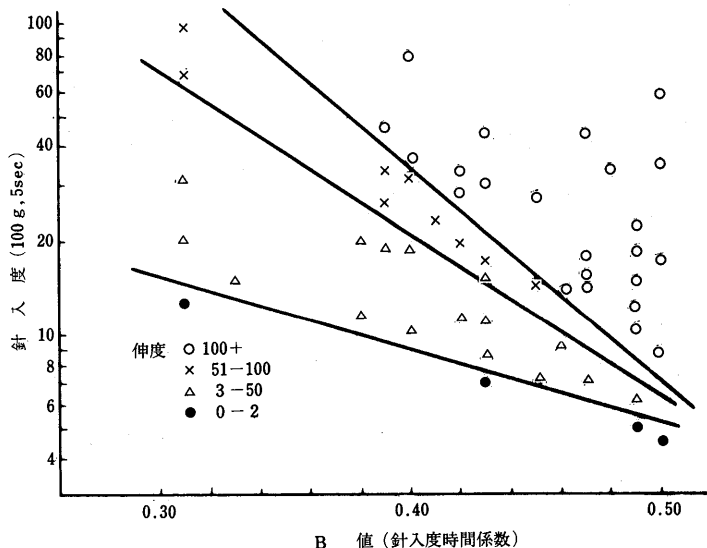
2) 舗装供用性と回収アスファルトの伸度

名神高速道調査¹⁷⁾による表層コア回収アスファルトの針入度と伸度との関係は図一3に示すようであり、路面性状の良好部は針入度および伸度とも 50 以上が多く、逆にひびわれの多いところは針入度が 45 以下、また伸度は 20 以下となっている場合が多いことを示している。

このように、伸度を針入度と結びつけて、供用性状を論じている同様な調査の例としては 1941 年に Bureau of Pubric Road（オハイオ道路局）のものがあり、図一4のような結果を得ている¹⁸⁾。そしてこの結果について「アスコン舗装中の針入度 50~60 のアスファルト



図一3 切取供試体から回収したアスファルトの物理試験結果と路面性状



図一2 伸度範囲図

が30以下下ると供用の継続はできないようである。」と述べている。

また、図-5は舗装体コアからの回収アスファルトおよび薄膜加熱試験（TFOT）後のアスファルトの針入度と伸度との関係を原アスファルトと比較したものであ

り¹⁸⁾、これらの各針入度級における伸度の許容減少量を検討している。図に示されるように、回収アスファルトとTFOT後の伸度が比較的良好一致することから、これが後のAASHTO規格M20の基となったものである。参考として表-4にAASHTO M20規格を示す。

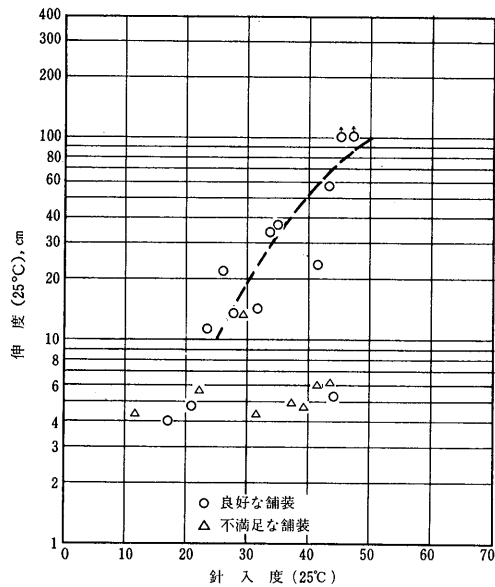


図-4 オハイオ道路から回収したアスファルトの耐久性と針入度との関係

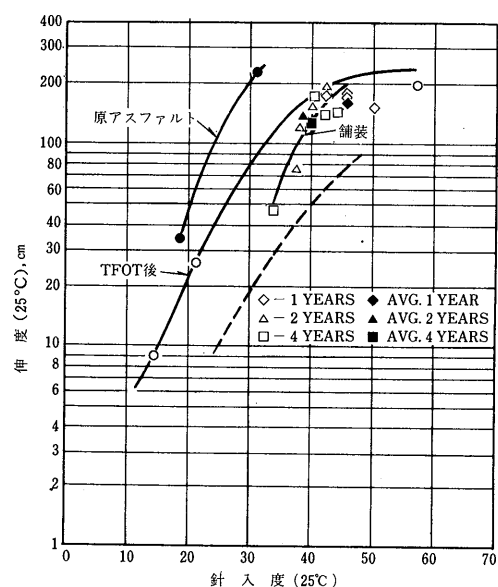


図-5 バージニア試験プロジェクトで使用されたアスファルト C に対する耐久性と針入度との関係

表-4 アスファルトセメント規格要求 AASHTO M20

	針 入 度 数									
	40～50		60～70		85～100		120～150		200～300	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
針 入 度 (25℃, 100 g, 5 sec)	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
引 火 点 (C.O.C) °C	232		232		232		218		177	
伸 度 (25℃, 5 cm/min) cm	100		100		100		100			
トリクロロエチレン可溶分 %	99		99		99		99		99	
薄膜加熱試験 (3.2 mm, 163℃, 5 hr)										
質 量 変 化 率 %		0.8		0.8		1.0		1.3		1.5
針 入 度 変 化 率 %	58		54		50		46		40	
伸 度 (25℃, 5 cm/min) cm			50		75		100		100	
スポットテスト*										
標準ナフサ溶剤	陰 性									
ナフサ・キシレン溶剤										
キシレンパーセント	陰 性									
ヘプタン・キシレン溶剤										
キシレンパーセント	陰 性									

* スポットテストはオプション。どの溶剤を使用するかはエンジニアが決定する。

5. あとがき

これまで示したように、伸度規格は昭和30年代におけるA, B, C分類規格(日本道路協会)や甲, 乙分類規格(JIS)等, わが国独得の規格化が試みられ, その後幾つかの変遷を経て今日に至っているが, 伸度試験そのものの意義を問うたとき, それに対する答は今日なお不明確であり, 議論の多いところである。しかしながら, 未だ伸度が規格として存続していることを見れば, 何らかの意義があるものと思える。

その一つとしては, 舗装体中のアスファルトがある伸度レベルに達したとき, 舗装ひびわれの発生に関係するのではないか, あるいは回収アスファルトの伸度がTFOT後の伸度と関係がありそうである等の調査例が示すように, 今後は供用性に関連した方面への伸度評価が利用できるのではないかと考えられる。

引用文献

- 1) 岸; アスファルト舗装回顧録(その5), アスファルト Vo 1. 9, No. 48 (S41. 6), p. 12
- 2) 舗装委員会アスファルト材料小委員会; アスファルト材料規格, 道路 (S33. 2), p. 103
- 3) 岸; アスファルトについての2, 3の管見, 道路 (S33.2), p. 72
- 4) 岸; アスファルトの日本道路協会規格 A, B, C型について, 道路建設 (S37. 5), p. 15
- 5) 昆布谷; 各種歴青材料の規格について, アスファルト No. 55 (S42), p. 16
- 6) 湊; アスファルトの品質と規格, 道路建設 (S37. 3), p. 18
- 7) アスファルト舗装小委員会; アスファルト舗装要綱の改訂(II), 道路 (S43. 2)
- 8) J. PH Pfeiffer; The Properties of Asphaltic Bitumen (1950), p. 167
- 9) R.N. Traxler; J. Colloid Sci. 2 (1947), p. 49
- 10) R.N. Saal; J. Appl. Chem. 5 (1955), p. 663
- 11) D.W. Bransky; Petr. Refiner 37, No. 11 (1958), p. 247
- 12) 福島; アスファルトの伸度, アスファルト No. 10 (S34)
- 13) D.W. リスター; 道路用アスファルトについて, アスファルト No. 9 (S34), p. 18
- 14) C.D. ハリス; アスファルト規格の動向を探って, アスファルト No. 18 (S36), p. 16
- 15) 昆布谷; 舗装用アスファルトの規格試験とその意義, アスファルト No. 40 (S39), p. 2
- 16) 昆布谷; 伸度試験をもっと吟味しましょう, アスファルト No. 3 (S33), p. 3
- 17) 名神高速道路舗装調査報告書 (S42), p. 35
- 18) W.J. Halstead; "The Relationship of Asphalt Durability to Pavement Performance", AAPT Vol. 32 (1963), p. 247

砂利道の歴青路面処理指針(59年版)増刷

第2刷 B5判・64ページ・実費頒価400円(送料実費)

目次

- | | | |
|-----------------------|--------------|--------------------|
| 1. 総説 | 3. 路盤 | 5. 維持修繕 |
| 1-1 はじめに | 3-1 概説 | 5-1 概説 |
| 1-2 歴青路面処理の対象となる道路の条件 | 3-2 在来砂利層の利用 | 5-2 維持修繕の手順 |
| | 3-3 補強路盤の工法 | 5-3 巡回 |
| 2. 構造設計 | 4. 表層 | 5-4 維持修繕工法 |
| 2-1 概説 | 4-1 概説 | 付録1. 総合評価別標準設計例一覧 |
| 2-2 調査 | 4-2 浸透式工法 | 付録2. 材料の規格 |
| 2-3 設計の方法 | 4-3 常温混合式工法 | 付録3. 施工法の一例(D-2工法) |
| 2-4 設計例 | 4-4 加熱混合式工法 | 付録4. 材料の品質, 出来形の確認 |
| 2-5 排水 | | |

アスファルトの劣化評価試験

小島逸平*・坂本浩行**・伊藤正秀***

1. 概 説

アスファルト舗装のひび割れ現象は、構造的な支持力不足や過度の車両による力学的疲労の場合を除けば、アスファルトの劣化がその発生に密接に関連しているといわれており、この劣化現象については昔から関心が持たれ、各種の検討がなされてきている。

道路舗装に使用されるアスファルトの劣化の形態としてはアスファルトのケトル貯蔵、プラント混合および舗設時における熱劣化と舗装の供用時における気象作用による劣化（老化とも言われる）に分けられる。アスファルトの劣化を評価する試験のうち、熱劣化を評価するものとして蒸発試験、薄膜加熱試験および回転式薄膜加熱試験がある。一方、気象作用による劣化を評価するものとして、屋外暴露試験およびウェザーメータによる促進耐候性試験がある。さらに混合や供用によってアスファルトがどの程度の劣化作用を受けたかを判断する方法として、アスファルト混合物からアスファルトを回収し、針入度、軟化点、化学組成等を測定して劣化の程度を評価する方法がある。

このようにアスファルトの劣化を評価する試験として各種のものが行われている。そこで、本文ではアスファルトのケトル貯蔵から供用中に至るまでのアスファルト劣化性状を評価する代表的な試験方法について、文献調査を中心に過去の研究経緯、試験方法の概要および今後の方向などについて述べることとする。

2. アスファルトの劣化に対する規格の歴史

2-1 海外の規格

アスファルトに対して劣化性状の検討がされたのはかなり古く、最初にこのことについて検討したのはアメリカの Dow であったと言われる。アスファルトの性状にとって、1) 耐候劣化 2) 耐熱劣化の2つの評価が必要であることを唱え、試験法までも検討していた¹⁾。1916年には、現在の JIS K 2207 に規定されている蒸発試験が ASTM に規定されており、Dow の提唱した試験はこの蒸発試験のもとになったと言われている。その後、1960年に ASTM においてより条件が厳しく、実際の混合条件に近いと言われる薄膜加熱試験 (TFOT) が制定された。さらに、1962年にカリフォルニア州道路局において、薄膜加熱試験より劣化のメカニズムがアスファルト混合物製造時の状態に近いと言われる回転式薄膜加熱試験 (RTFOT) が考案された。これも1970年に ASTM に試験法として規定され、1973年に AASHTO で、1976年に ASTM で規格項目として採用された。現在では、劣化を評価する試験として ASTM, AASHTO とも薄膜加熱試験、回転式薄膜試験の両方が規格として採用されているが、多くの州は薄膜加熱試験によっている傾向がうかがえる²⁾。一方ドイツでは、アメリカの動きとは別に ASTM の薄膜加熱試験に類似した試験として DIN 1995 を規定し、1974年から品質規格試験として採用している。

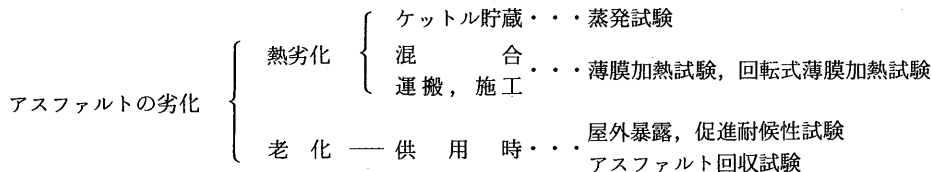


図-1 アスファルトの劣化の種類と評価試験方法

*こじま いっぺい 熊谷道路舗装技術研究所研究第一部長 **さかもと ひろゆき 建設省土木研究所化学研究室研究員

***いとう まさひで 建設省土木研究所舗装研究室研究員

2-2 日本の規格

我が国では、JIS の前身である JES が制定される以前から、アスファルトをアメリカから輸入していた関係もあり、蒸発試験（針入度変化率、蒸発量）が購入仕様書に規格試験として取り入れられていた。そのため、日本で国として初めての規格が制定された JES（1932、昭和 7 年）にも同試験が規定された³⁴⁾。

昭和 25 年には初のアスファルト舗装要綱が刊行され、その中のアスファルト・セメントの規格にも蒸発試験（針入度変化率、蒸発量）が規定された。その後、我が国では昭和 30 年代まで、アスファルトの熱劣化は同試験によって判定するという考え方に特に異論は生じなかったようである⁵⁾。しかし、昭和 32 年の A、B、C 型の道路協会アスファルト規格が制定された頃から、本試験についての疑問が起りだした。これは蒸発試験は試料の膜厚が厚いため、実際のアスファルトの加熱混合による劣化とはほとんど関係がなく、加熱劣化の性質の判定は薄膜加熱試験で行うべきではないかという意見である⁹⁾。その後、昭和 40 年代の半ば頃まで、本試験の加熱劣化性の判定の適否について非常に議論されたようである。

薄膜加熱試験と蒸発試験の関係、実際の混合時における劣化との関係、さらには各種試験舗装や名神、東名等の供用中の道路での路面性状の変化とアスファルトの劣化の関係などが検討された⁷⁸⁾。そして昭和 47 年 3 月にはストレートアスファルトの性状の全国一斉調査が行われ、その結果を踏まえて薄膜加熱試験は道路協会の規格として採用された（47 年暫定規格）⁹⁾¹⁰⁾。この際の規格値は AASHTO 規格、北海道開発局の仕様（昭和 39 年制定）および一斉調査結果を参考にして決定された¹²⁹⁾。

一方、昭和 47 年の暫定規格には蒸発後の針入度比の規定が追加された⁹⁾。これは、アスファルト中の軟質油分の分離をチェックするために設けられたもので、主としてケトル貯蔵中のアスファルトの変化を表すといわれ、通常の蒸発試験（針入度変化率、蒸発量）とは性質を異にするものである。しかし、これらの規格が規定されたにもかかわらず、蒸発試験（針入度変化率、蒸発量）はまだ規格として残されていた。その後、熱劣化の試験としては薄膜加熱試験のほうが厳しいという判断の下に、現行の規格では 40~60、60~80、80~100 の規格から蒸発試験（針入度変化率、蒸発量）の規定が削除されている¹¹⁾。

また、規格の変遷とは別に、前述のアメリカでの規格としての採用の動きから、我が国でも一時期、回転式薄膜加熱試験についての検討がなされた。しかし、試験結

果が薄膜加熱試験と極めて相関が高い¹¹⁾という理由から、現在、回転式薄膜加熱試験に対する研究はあまり積極的に行われていないのが現状である。

現在は昭和 53 年の規格どおり、熱劣化の性質は薄膜加熱試験により判断するという考えが一般的である。しかし、現行の規格は薄膜加熱試験後の針入度変化率であり、薄膜加熱試験後の他の性状について評価すべきであるという意見がある。重交通道路用のバインダーとして開発されたセミブローンアスファルトの規格に規定されている粘度比はその一例であろう¹²⁾。

3. 熱劣化を評価する試験の方法

アスファルトの熱劣化を評価する試験として代表的なものとしては、前述のように①蒸発試験②薄膜加熱試験③回転式薄膜加熱試験がある。

ここではこれらの試験方法について、その概要を紹介する。

3-1 蒸発試験

蒸発試験（針入度変化率、蒸発量：現在は質量変化率）は前述のとおり、現在ではほとんど用いられていない。一方、蒸発後の針入度比試験はわが国において、貯蔵中の軽質油分の分離の傾向を評価する試験として規格化されている。蒸発試験の方法については JIS K 2207 に規定されている。

(1) 蒸発試験（針入度変化率、質量変化率）

針入度変化率、質量変化率とも針入度試験用のカップに試料を採取して加熱前の針入度、質量を測定する。その後カップを加熱試験器に入れ、 $163 \pm 1^\circ\text{C}$ で 5 時間加熱したのち、針入度、質量を測定して針入度変化率、質量変化率を求める。

本試験は試料の厚さが厚いため、アスファルトの加熱による劣化の性状を評価するには適していないと言われている。

(2) 蒸発後の針入度比試験

(1)と同様にして加熱を行った試料を 2 つ取り出し、一方はそのまま空冷して針入度 (P_b) を測定する。他の一方については加熱後の溶融状態でカップ内のアスファルトを十分攪拌混合してから空冷したのち、針入度 (P_a) を測定する。次の式によって針入度比 (Pr) を算出する。

$$Pr = \frac{P_b}{P_a} \times 100 \quad (\%)$$

この試験は、アスファルトが加熱されることにより軽質油分が上層に分離することが起きれば、攪拌混合した

試料と攪拌しない試料では針入度に違いがあるという考えに基づくものである。

(2) 薄膜加熱試験

薄膜加熱試験の詳細は JIS K 2207 に規定されている。蒸発試験に比べて試料容器の直径が大きく (140 mm)、試料膜厚が薄い (約 3.1 mm) のが特徴である。

まず加熱前の質量、針入度を測定する。その後、試料を試験器に入れ、163℃で5時間加熱する。試料を空冷後、針入度、質量を測定して針入度変化率、質量変化率を算出する。

(3) 回転式薄膜加熱試験

回転式薄膜加熱試験を規格として採用しているのはアメリカの ASTM (D 3381)、AASHTO (M 20) のみである。試験法は ASTM D 2872 に規定されている。試料容器として特殊なガラス容器を用い、これを取付けた架台が回転することにより、常に新しいアスファルト皮膜が現れること、その皮膜が非常に薄いこと (5~10 ミクロン)、また恒温槽中の空気の流れ量を規定していることなどが特徴である。

試験は薄膜加熱試験などと同様に加熱前の性状を測定した後、試料を入れた容器を試験器内に入れ、163℃で75分加熱した後、再び性状を測定するものである。

4. 熱劣化評価試験間の関係

4-1 蒸発試験と薄膜加熱試験

蒸発試験は加熱劣化に対する1つの目安とはなる。しかし膜厚が大きい場合、実際の加熱混合における劣化は酸化による劣化が主であるのに対して、蒸発試験による劣化は軽質油分の蒸発による劣化が主であると言われる。このように蒸発試験による劣化は実際の場合と劣化の機構が異なり、アスファルトの熱劣化を評価する試験としては不適と言われる。一方、薄膜加熱試験は膜厚が薄い状態で空気と接触するため、蒸発量試験よりは、実際の加熱混合時の劣化条件により近い評価が可能になる。また後述のように各種の実験の結果からも、プラントでの加熱混合の劣化によるアスファルトの性状変化の結果と近似した傾向を示すことがわかる¹⁾⁷⁸⁾。

各種の国産のストレートアスファルトについて両試験を行い、針入度変化、減量の関係を見た近藤らの検討の結果 (図-2、図-3) によると、やはり両者の間には明確な関係はなく、蒸発試験ではほぼ同一の結果を示すグループでも薄膜加熱試験の結果では異なった値を示しており、これら2つの試験は別のものとして考える必要があるとしている。また、当時の試験結果では蒸発試験結果につ

いては、すべてのアスファルトが道路協会の規格値に合格したのに対し、ASTMの薄膜加熱試験の規格値に対しては不合格となるものが約半数を占めていた。これらの事実から熱劣化を評価する試験としては蒸発試験よりも薄膜加熱試験を採用すべきとの結論に至っている¹⁾。

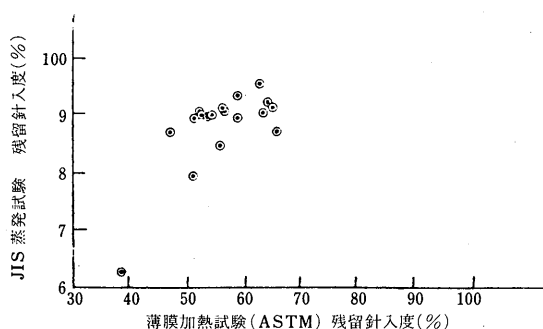


図-2 蒸発試験と薄膜加熱試験の関係 (針入度変化率)

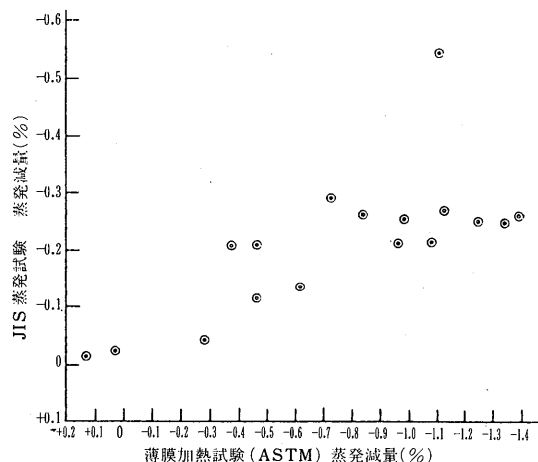


図-3 蒸発試験と薄膜加熱試験の関係 (減量)

4-2 薄膜加熱試験と回転式薄膜加熱試験

薄膜加熱試験は蒸発試験よりも試料の膜厚が薄いといながらも、実際の混合時や供用時の混合物中でのアスファルト皮膜の厚さとは比べものにならない程厚い。このようなことを考慮して、実際の条件により近づけた評価を行うために回転式薄膜加熱試験が考え出された。

回転式薄膜加熱試験では試料架台の回転によってガラス容器の内面に常に新しいアスファルト皮膜が現れ、さらに熱風を吹き込んでいるため、通常の薄膜加熱試験より厳しく熱劣化が評価でき、酸化劣化の程度を評価するためにはより適切であるとされている。しかし近藤らの実験¹⁾によると、両者の試験結果にかなりの相関が見ら

れ、アスファルトの劣化の評価は通常の薄膜加熱試験で十分であるという結果を示している。図-4にその例を示す。

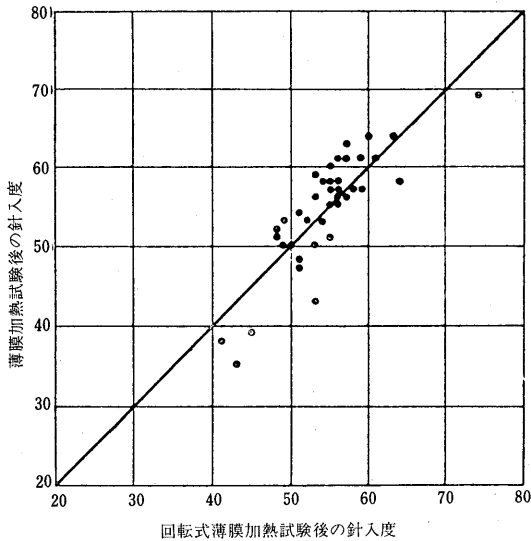


図-4 薄膜加熱試験と回転式薄膜加熱試験の関係

5. 気象作用による劣化(老化)を評価する試験方法

気象作用による劣化を評価する試験方法としては、前述のように屋外暴露試験およびウェザーメータによる促進耐候性試験があり、これらの試験方法は ASTM D 1670 に規定されている。しかし、これらの試験は実際のアスファルト舗装の供用性との関係があまり明確ではなく、一般的な試験となっていないのが現状である。

6. 薄膜加熱試験とプラント混合時の劣化の関係

近藤らは昭和 45 年に行った前述の各種の検討の中で、同じ材料についてプラントで混合物を練り、そこから回収したアスファルトの性状との比較を行っている¹⁾。その結果の 1 例を図-5 に示す。これから次の様な結論を得ている。① 薄膜加熱試験による劣化(針入度, 軟化点)は、プラントでの劣化と同程度かそれより厳しい。② 回収アスの針入度, 軟化点の図上に薄膜加熱試験の結果をプロットすると同一 PI 線上に乗る。(このことより、薄膜加熱試験による劣化は、これらの物性値から見た場合、実際の混合時の劣化と同一のものであると判断される。)

以上の点から通常の加熱混合時の劣化を評価する試験として薄膜加熱試験は有用であることがわかる。幕張試

験舗装でも同様に薄膜加熱試験の結果は加熱混合による劣化より厳しい結果となっていることが示されている(図-6)⁹⁾。また、ここでは加熱試験により質量の増加したアスファルトは、加熱試験後の伸度の減少が著しいということを述べている。

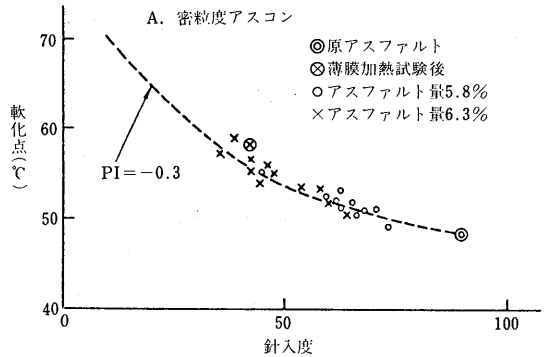


図-5 薄膜加熱試験と混合時の劣化の関係

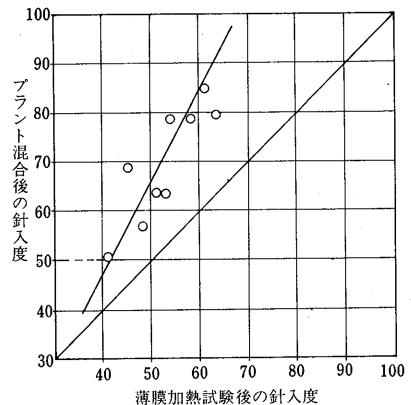


図-6 薄膜加熱試験と混合時の劣化の関係
(幕張蒸発試験)

7. 施工および供用時における劣化(アスファルト回収試験による劣化の評価)

施工時および舗装の供用中に受けるアスファルトの劣化については、昭和 40 年代に盛んに研究されたようである。その中でも特に組織的に調査されたものとして幕張試験舗装⁷⁾、および名神、東名等の高速道路追跡調査⁸⁾がある。これらの調査結果の概要を要約すると以下のとおりである。

- ① 針入度は混合時に最も低下する。そして舗設後 2 年程度まで低下し、その後の低下の割合は小さい(図-7)。ただし混合直後の残留針入度が 80% 以上あるアスファルトについては、供用時の針入度の低下も小さい。

② 軟化点も同様に舗設直後に数℃上昇するが、供用中の上昇は小さい。ただし PI の大きいアスファルトはこの時の軟化点上昇が大きい (図-8)。

③ 伸度は舗設時および供用後 10 ヶ月の間に急激に低下し、その後は余り変化しないが、各種物性値のうちで加熱混合時に最もその値が変化する (図-9)。

④ 針入度指数 (PI) の変化はあまり見られていない。

以上の他に幕張試験舗装では化学的分析による組成の変化を示すものとして、混合物製造時の加熱劣化によりアスファルテンが 15% 増加することを示している。

このように舗設、供用時における各種物性値の変化が調査されているものの、それらと供用性の関係は定量的な傾向を見出せるまでにはいたっていない。ただし、名神高速道路の追跡調査では、わだちが大きい箇所では残留針入度が大きく、クラックの発生しているところでは

残留針入度が小さい傾向があり (図-10)、また混合直後の軟化点、PI とわだち掘れの間にはある程度関係があるとされている。また、類似した調査は、外国においても検討されている¹³⁾。

このようにアスファルト舗装の供用中におけるアスファルトの劣化については多くの検討はされているものの、混合前のアスファルトの性状 (薄膜加熱試験の結果等) と供用性との関係は、舗設混合物の空隙率、交通条件、気象条件等アスファルトの性状以外の影響も複雑に絡んでいるため、明らかにされていない。

なお、このような関係に着目した調査として、前述のセミブローンアスファルトを使用した試験舗装における薄膜加熱試験前後の 60℃ 粘度の比が挙げられ、これは供用中の舗装のひび割れ性状と関連があるということ

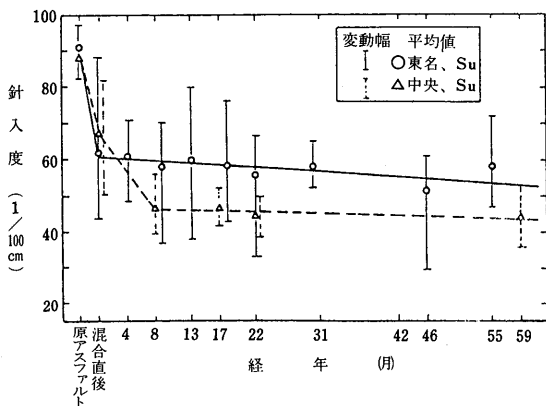


図-7 混合、供用時の針入度の変化

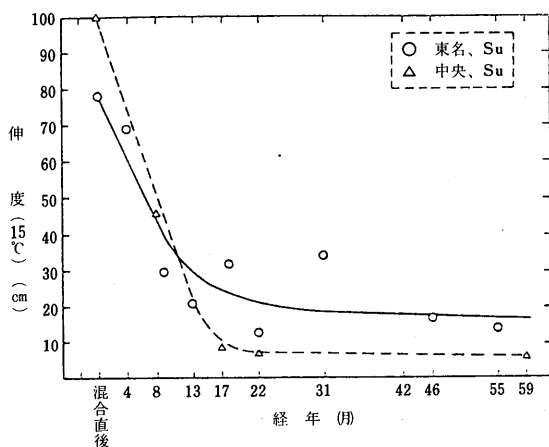


図-9 混合、供用時の伸度の変化

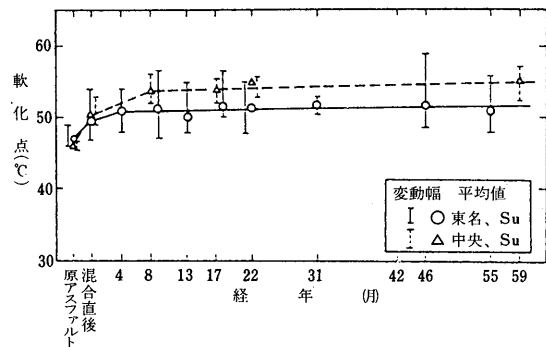


図-8 混合、供用時の軟化点の変化

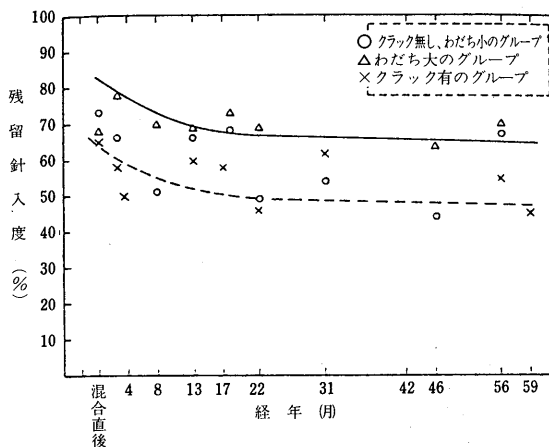


図-10 残留針入度とわだち掘れの関係

が明らかにされている (図-11)¹²⁾。

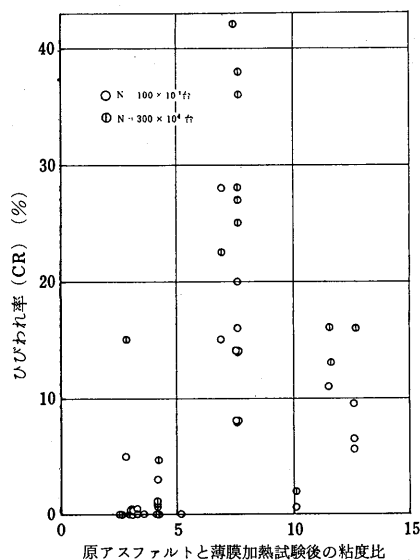


図-11 60℃ 粘度比とひび割れの関係

8. ま と め

以上より、アスファルトの熱劣化および気象作用による劣化の評価試験についてまとめると次のようである。

- 1) アスファルトの劣化を評価する試験として、アスファルト舗装要綱および JIS の蒸発後針入度比試験、

薄膜加熱試験は各々アスファルトのケトル貯蔵、プラント混合との対応に優れており、妥当なものといえる。しかし、これらの試験はアスファルト舗装の供用中の劣化を評価するには不適であるといえる。

- 2) アスファルトの気象作用による劣化を評価する試験方法として、屋外暴露試験およびウェザーメータによる耐候性試験があるが、これらの試験と供用性との関係は明確ではない。したがって、今後はアスファルトの気象作用による劣化 (老化) のしやすさを判断する適切な試験方法の開発を検討していくことが望まれる。
- 3) 混合や供用によってアスファルトがどの程度の劣化作用を受けたかを判断する方法として、アスファルトを混合物より回収して各種性状を調べる試験方法がある。これにより求められた残留針入度や残留伸度などはアスファルト舗装のひび割れ性状とかなりの関連があるといわれており、劣化の程度を評価する試験方法としてはかなり有効なものといえる。しかし、アスファルトの回収試験を行うには長時間を要し、また操作にも熟練を要するなどの短所があるため、舗装法の改善を図ることが望まれる。
- 4) 現在の規格では、薄膜加熱試験後の針入度と質量変化により劣化性状を評価しているが、今後は他の物理性状、化学性状や薄膜加熱試験後の他の性状等からもアスファルトの劣化について検討していく余地があるものと考えられる。

引用文献

- 1) 近藤：アスファルトの薄膜蒸発試験，アスファルト，No. 74，1970. 8，p 19
- 2) 林：アメリカ各州のアスファルト規格について，アスファルト，No 107，1976. 6，p 15
- 3) 森：最新道路工学，1914，p 376
- 4) 岸：アスファルト舗装回顧録(5)，アスファルト，No. 48，1966. 2，p 12
- 5) リスター：道路用アスファルトについて，アスファルト，No. 2，1959. 8，p 18
- 6) 昆布谷：舗装用アスファルトの規格試験と意義，アスファルト，No. 40，1964. 10，p 2
- 7) 試験道路における試験調査報告書，土木研究所資料，734号，1972. 3
- 8) (財) 高速道路調査会：アスファルト舗装追跡調査解析結果報告書，1976. 2
- 9) アスファルト小委員会：舗装用石油アスファルトの規格改訂 (暫定規格)，道路，1972. 9，p 86
- 10) 舗装委員会：舗装に関する技術基準の取扱いについて，道路，1975. 8，p 65
- 11) 小島：講座「アスファルト舗装」，舗装，1980. 5，p 27
- 12) (社) 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. 5
- 13) R.N. Traxler：「Durability of Asphalt Cements」，Proc. AAPT，vol. 32，p 44，1963，p 44 など

AC-100設計施行検討委員会報告

(昭和60年度東蒲田舗装修繕工事)

成 田 保 三*・上 杉 範 雄**

1. まえがき

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」の開発は、当協会のアスファルト舗装技術委員会(委員長 多田宏行)において実施しており、昭和59年5月総括報告書を取りまとめ、その成果を公表してきたところである。この開発は主要な幹線道路のアスファルト舗装路面の流動によるわだち掘れ現象の原因が、アスファルトの粘弾性的性質にあるものと考えて、混合物中で骨材を結合しているアスファルトには、温度が高い程、また載荷速度が遅い程、粘性的性質が卓越し、骨材を把握する力が失なわれていくからであり、この影響は夏季の高温時にわだち掘れが特に進行し、交差点付近や交通渋滞区間にも特に大きい現象となって舗装に表われている。そこでわだち掘れを軽減する方法として、アスファルトの感温性の改善に着目し、わだち掘れが特に進行する高温時(60℃)の粘度を高めた「セミブローンアスファルト」をみいだして、重交通道路の舗装への適用性についても一応の成果を得たものである。この開発は3次にわたって検討と改善が加えられ、その主な成果を要約すれば次のとおりである。

- (1) アスファルト混合物の耐流動性は、アスファルト諸性質のうち60℃粘度によって判定するのが合理的である。
- (2) ブローイング方式により製造したセミブローンアスファルトの60℃粘度の適正範囲は $10,000 \pm 2,000$ poise、かつ粘度比は5以下であることを見出しその品質管理を定めた。(以下AC-100アスファルトと云う)
- (3) 「セミブローンアスファルトの舗装工事施工基準」を作成した等である。

そこで、この成果を用いた実際の施工から

- i) AC-100アスファルト製造時の粘度調整とその後

ているのかどうか。

- ii) 混合物の配合、品質管理と問題、特に混合物の動的安定度DSは、先の舗装施工基準に示されている目標値1,500~4,000回/minとしたが、開発の途中で経緯からみてこの範囲を越えた場合の問題。

- iii) 舗設作業上の問題

等を検討するため昭和60年夏に当協会に標題の委員会(委員長 阿部頼政日本大学理工学部土木工学科助教授)を設け、一般国道15号東蒲田舗装修繕工事にAC-100アスファルトを採用しこの工事の施工に関して討議した。AC-100アスファルトの長期供用成績については今後の測定結果をまたねばならないが、各項目の内容や、討議し合意した事項等について以下報告するとともに今後のAC-100アスファルトを使用する舗装の一資料として活用を図ることを意図とするものである。

2. 工事の施工概要

工事場所は一般国道15号東京都大田区大森中2丁目から東蒲田2丁目地先までの延長606m(以下600m区間と云う)と、大田区南蒲田1丁目から2丁目地先までの延長380m(以下300m区間と云う)総面積 $14,350 \text{ m}^2$ を、路面切削後(厚さ7cm)、オーバーレイ(表層4cm、基層4cm計8cm)したものである。

発注者 関東地建東京国道工事事務所

受注者 佐藤道路(株)東京支店

工期 自 昭和60年9月

至 " 61 " 2月

工事内容 切削オーバーレイ $14,350 \text{ m}^2$ 、

区画線等1式

現況の舗装は、昭和49年にストアス60~80を用いて施工した区間で昭和59年早春の雪害時に受けた摩耗に

* なりた ほぞう 建設省関東地方建設局
東京国道工事事務所管理第二課長

** うえすぎ のりお 建設省関東地方建設局
東京国道工事事務所維持第一係長

よる傷みや、ひび割れ発生に伴う車両走行時の震動、交差点付近のわだち掘れ等で、沿道住民からの苦情が出ていた場所である。

3. 交通量

施工場所の年度別交通量は 42,000 台/日、大型車混入率は 19% で、当区間の代表的な既舗装断面は図-1のとおりである。

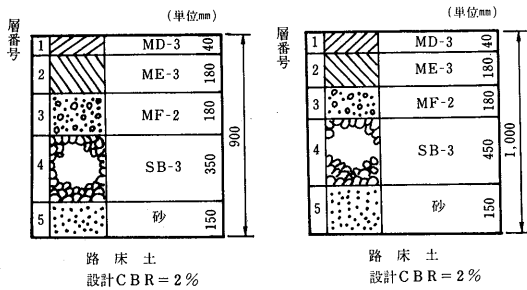


図-1 既設舗装の断面

4. 施工前の路面性状調査

施工に先立って路面性状に関する調査を表-1により実施し、既設舗装性状の把握を行った。

(1) 路面の平坦性試験

3 m プロフィールメータを用いて路面の平坦性を測定し σ を算出した結果は表-2のとおりである。

(2) 路面の横断形状

横断プロフィールメータにより路面の横断形状を測定し、

表-1 施工前調査試験項目

	調査試験項目	試験方法	備 考
現 地 調 査	路面の平坦性試験	3 mプロフィール	各車線毎
	路面の横断形状	横断プロフィール	全 線
	ひび割れ率調査	目 視	全 線
	路面のたわみ量試験	ベンケルマン	復元たわみ法
室 内 試 験	切取供試体密度	アス舗装要綱	空隙率を算出
	アスファルト抽出試験	"	アス量・粒度
	アスファルト回取試験	ASTM D 1856	アブソン法
	針入度試験	JIS K 2530	回 収 アスファルト
	軟化点試験	JIS K 2531	
	60℃ 粘度試験	土 研 法	

表-2 路面の平坦性試験結果 σ (mm)

方 向	上 り		下 り		平 均
車 線	走 行	追 越	走 行	追 越	
600 m区間	2.24	1.95	1.77	1.62	1.90
300 "	1.86	2.60	2.56	1.96	2.25
加重平均	2.01	2.19	2.09	1.69	2.03

記録紙よりわだち掘れ深さを読み取った。(測定値の各値は省略)

(3) ひび割れ調査

ひび割れ率調査は目視により判断した。(その結果の各値は省略)

(4) 路面のたわみ量試験

ベンケルマンビームを用いて、輪荷重 5 t で測定した復元たわみ量は 600 m 区間では 0.10~0.16, 300 m 区間では 0.20~0.42 と小さかった。なお測定時(夜間)の気温は 18℃ であったので舗装体平均温度もこれに近いものと考え温度補正はしていない。

(5) 切取供試体密度

切取供試体密度の測定を行った結果 600 m 区間では平均密度 2,306, 空隙率 6.4%, 300 区間では平均密度 2,404 であった。

(6) アスファルト抽出試験

切取供試体のソックスレイ法によるアスファルト抽出試験の結果は 600 m 区間での平均値は 5.14% 300 m 区間での平均値は 5.84% で、それぞれの区間での密粒度アスコンの粒度は図-2-1, 2のとおりであった。

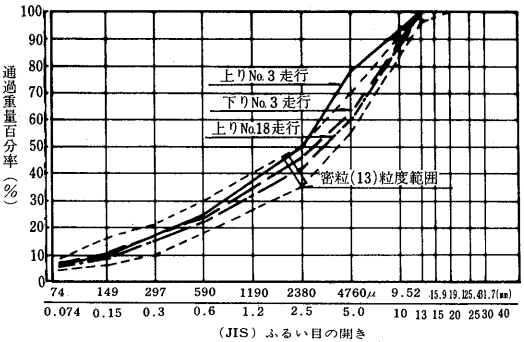


図-2-1 600 m 区間粒度曲線

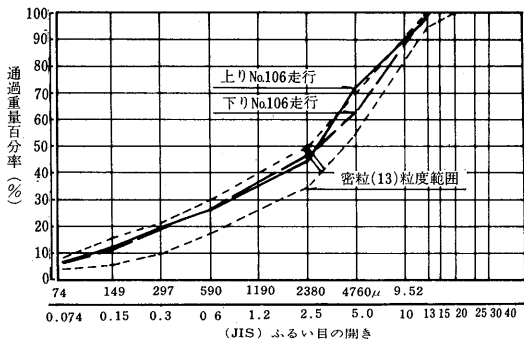


図-2-2 300 m 区間粒度曲線

(7) 回収アスファルトの性状試験

アブソン回収アスファルトの性状試験結果は、表一3のとおりであった。

5. 施工前の路面調査結果の考察

(1) 現地調査

施工前の平たん性は最大で $\sigma=2.60$ (mm) をはじめとし、維持修繕要否判断目標の 4.0~5.0 以下にあるものの、新設時出来形の合格判定値 2.4 を部分的に上回っており悪化の傾向が如実に現われていた。

わだち掘れは、600 m 区間で平均 6.1 mm (最大 25)、300 mm 区間においては平均 15.6 mm (最大 57) であり、特に交差点付近では 3~5.7 cm と大きな値となっていた。これらはひび割れ率の大小と相反する傾向が顕著にみられ、わだち掘れ深さが大きい部分ではひび割れはほとんど無いといえる。

路面のたわみ量は 600 m 区間で平均 0.12 mm と良好な値を示していると共に 300 m 区間では平均 0.32 mm で全体的に小さく特にひび割れ部分では 0.1 mm 程度と小さかった。

(2) 室内試験

切取供試体密度は 600 m 区間で平均 $2,306 \text{ g/cm}^3$ 、空隙率 6.4% と空隙率が大きくひび割れ率も大きい。

アスファルト抽出試験においては、2.5 mm 通過量は約 46%、0.074 mm 通過量が約 7% であるほか、5 mm 通過量が密粒度範囲上限を逸脱しているものもあり、細粒化した混合物であった。As 量は 4.7~6.1% の範囲でばらついているが、概ね As 量の多い区間はわだち掘れは大きく、AS 量の少ない区間ではひびわれが多い傾向にある。

回収アスファルトの性状は、ひび割れの比較的多い No 8 では針入度 11 (1/100 mm)、60℃ 粘度 12,600 (ポアズ)、ひび割れの比較的小さい No 28 では各々 32,910 と顕著な差が見られた (いずれも 600 m 区間)。したがって、ひび割れ率の大小差は混合物の粒度、As 量の相異が関係していると共にアスファルトバインダーの劣化進行度合の相異も影響していると思われる。

60℃ 粘度と針入度とひびわれの関係の一例を図一3に示す。図一3をみてもわかるように、針入度 30 以下、60℃ 粘度 10,000 以上では発生増加する傾向にあり、No 8 の針入度 11、60℃ 粘度 126,000 をあてはめてみれば、アスファルトバインダーの劣化が著しく、ひび割れが非常に多くなることが理解できる。

6. 配合設計

(1) 使用材料

表層：密粒度アスコン(20)、基層：粗粒度アスコン (20) に使用する材料は表一4のとおりである。又、骨材配合率と合成粒度は表一5に示す。

(2) マーシャル試験

マーシャル試験の結果は表一6—1,2のとおりである。

(3) ホイールトラッキング試験

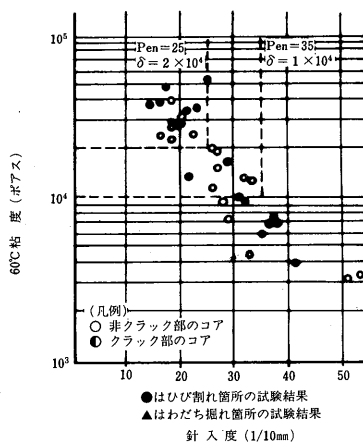
ホイールトラッキング試験は表層の密粒度アスコン (20) について実施し、流動抵抗性を試験した。その結果は表一7のとおりである。ここでは当所懸念していた DS の目標値を越えたものも多かったが、あとで示す試験練り混合物の DS 値を見てから同時に考察することとした。

室内配合試験結果から AC-100 混合物試験練りを表、基層共に As 量を 3 つに変え表一8の配合で、表一9の混合条件のもとで行った。

試験練りの結果は表一10—1, 2 に示すとおりで、室

表一3 回収アスファルト性状試験結果

項 目	測 点	下り No 8 走行	下り No 28 走行
針 入 度 (1/10mm)		11	32
軟 化 点 (℃)		70.0	57.5
60℃ 粘度 (ポアズ)		126000	9100



図一3 60℃ 粒度、針入度とひび割れの関係

表一4 使用材料

材 料 名	納 入 業 者	産 地	材 質
5・6・7 号碎石	両神興業㈱	埼玉県秩父郡両神村	硬質砂岩
砕 砂	田村石材工業㈱	東京都秋川市	"
細 砂	松浦企業㈱	千葉県富津市湊	洗 砂
石 粉	日本セメント㈱	東京都西多摩郡瑞穂町	石灰石粉
アスファルト	昭和シェル石油㈱	千葉県市川市	AC-100

表－５ 骨材配合率と合成粒度

単位：％

骨材種類	項目 種別	骨 材 配 合 率			
		密粒度アスコン(20)		粗粒度アスコン(20)	
5号砕石		17		20	
6号砕石		27		33	
7号砕石		12		19	
砕 砂		19		11	
細 砂		19		12	
石 粉		6		5	
ふるい目寸法		合成粒度	粒度範囲	合成粒度	粒度範囲
25		100	100	100	100
20		98.9	95～100	98.7	95～100
13		83.1	75～90	80.0	70～90
5		54.9	45～65	45.2	35～55
2.5		41.3	35～50	27.2	20～35
0.6		26.9	18～30	17.8	11～23
0.3		17.1	10～21	11.9	5～16
0.15		7.5	6～16	5.8	4～12
0.074		5.4	4～8	4.3	2～7

表－６－１ マーシャル試験結果 密粒度アスコン (20)

アスファルト量 ％	実測密度 g/cm ³	理論密度 g/cm ³	空隙率 ％	骨材間隙率 ％	飽和度 ％	安定度 kg	フロー値 1/100 cm	安定度 フロー値 kg/100 cm
4.5	2.337	2.513	7.0	17.3	59.5	1527	25	61.1
5.0	2.368	2.494	5.1	16.7	69.5	1620	28	57.9
5.5	2.384	2.475	3.7	16.6	77.7	1721	34	50.6
6.0	2.394	2.456	2.5	16.6	84.9	1660	38	43.7
6.5	2.386	2.438	2.1	17.3	87.9	1566	42	37.3
O.A.C 5.4	2.383		4.0	16.6	76.0	1700	32	53
規 格			3～6		70～85	750以上	20～40	

表－６－２ マーシャル試験結果 粗粒度アスコン (20)

アスファルト量 ％	実測密度 g/cm ³	理論密度 g/cm ³	空隙率 ％	骨材間隙率 ％	飽和度 ％	安定度 kg	フロー値 1/100 cm	安定度 フロー値 kg/100 cm
4.0	2.372	2.542	6.7	16.0	58.1	1389	23	60.4
4.5	2.403	2.522	4.7	15.3	69.3	1533	27	56.8
5.0	2.414	2.503	3.6	15.5	76.8	1605	33	48.6
5.5	2.416	2.484	2.7	15.8	82.9	1538	36	42.7
6.0	2.404	2.465	2.5	16.7	85.0	1439	40	36.0
O.A.C 4.8	2.410		4.0	15.3	74.0	1590	30	53
規 格			3～7		65～85	500以上	20～40	

表－９ 混 合 条 件

アスファルト加熱温度	165℃
骨材加熱温度	180℃
混合温度	165℃
常温骨材送り量	70 t/h
1 バッチ当り混合量	1000 kg
Dry Mixing Time	5 sec
Wet Mixing Time	40 sec

表－７ ホイールトラッキング試験結果

接地圧：6.4 kg/cm² 試験温度：60℃ (密粒度アスコン (20))

区分	アスファルト量 (%)	供試体 No.	動的安定度 DS 回/mm	変 形 率 RD × 10 ⁻² mm/分
室内配合時	5.1 O.A.C-0.3	1	7,900	0.53
		2	6,300	0.67
		平均	7,100	0.60
	5.4 O.A.C	1	5,300	0.80
		2	4,800	0.87
		平均	5,100	0.82
	5.7 O.A.C+0.3	1	3,700	1.13
		2	3,900	1.07
		平均	3,800	1.10

供試体作成条件

骨材加熱温度 180℃
 アスファルト加熱温度 165℃
 混合温度 165℃
 締固め温度 155℃
 締固め機械 ローラコンパクタ

表－８ 試験練り骨材配合率・ホットビン配合率
及び設定アスファルト量

(単位：％)

密粒度アスコン(20)				粗粒度アスコン(20)			
常温骨材配合率		ホットビン配合率		常温骨材配合率		ホットビン配合率	
5号砕石	17	4 Bin	16	5号砕石	20	4 Bin	19
6号砕石	27	3 Bin	28	6号砕石	33	3 Bin	35
7号砕石	12	2 Bin	14	7号砕石	19	2 Bin	18
砕 砂	19	1 Bin	36	砕 砂	11	1 Bin	23
細 砂	19			細 砂	12		
石 粉	6	石 粉	6	石 粉	5	石 粉	5
設定アス量	5.1	5.4 O.A.C	5.7	設定アス量	4.5	4.8 O.A.C	5.1

表－10－１ 密粒度アスコン (20) 試験練り結果

粒 度	ホットビン 粒 度	設定アスファルト量 %			室内 配 合	規 格
		5.1	5.4	5.7		
ふるい目	25.	100			100	100
	20.	99.2	100	100	98.9	95～100
	13.	83.3	84.1	83.7	83.1	75～90
	5.	55.8	57.0	56.2	54.9	45～65
	2.5	41.0	42.9	42.0	41.3	35～50
	0.6	26.6	24.5	26.0	26.9	18～30
	0.3	16.9	16.3	18.1	17.6	10～21
	0.15	8.4	8.3	7.7	7.9	7.5
mm	0.074	5.8	5.6	5.4	5.5	5.4
						4～8
アスファルト量 %		5.15	5.42	5.77	5.40	
実測密度 g/cm ³		2.369	2.384	2.385	2.383	
理論密度 g/cm ³		2.490	2.479	2.467	2.479	
空隙率 %		4.9	3.8	3.3	4.0	3～6
飽和度 %		70.8	76.8	80.7	76.0	70～85
骨材間隙率 %		16.8	16.4	17.1	16.6	
安定度 kg		1588	1638	1660	1700.	750以上
フロー値 1/100 cm		31	33	32	32	20～40
S/F kg/1/100 cm		51:2	49.6	51.9	53.1	

内配合と仕様を示した規格値と対比した。

試験練り時に、密粒度アスコン（20）のホイールトラッキング試験を行った結果は表-11のとおりである。測定値は同一条件であっても極端な値が見受られた。そこでこの扱いを検討したところ、

- i) DSの変動係数が20%を超えた場合にはデータの信頼性に問題ありとして、追加試験を行うか。
(但し、3ケの測定値で変動係数を論じることにも問

題が残る)

- ii) 追加試験を行ったとしても再現性に乏しいと思われること、実際工事では時間的な制約によって実務的でないこと等。

等の討議が交されたが、ここでは変動係数にこだわらずに極端な値を除いて考察することにして図-4を作成した。

(4) 現場配合

試験練り結果より、密粒度アスコン（20）、粗粒度アスコン（20）共に、マーシャル試験の各特性値は配合設計時と大差なく、最適アスファルト量混合物の視感は良好であった。

密粒度アスコン（20）のホイールトラッキング試験の動的安定度の平均値は、表-10の配合設計時よりやや大き目である。しかし前述のように、5.4%のNo1、7,900と5.7%のNo2、2,600を極端な値として除くと平均値はそれぞれ4,500と3,950となり、配合設計時とほぼ同じ値となる。

当協会の報告書では、第1次、第2次の試験舗装の結果動的安定度は1,500~4,000が望ましいとしている。しかしこれは粘度比の大きなAC-140アスファルトについての結果である。第3次試験舗装ではAC-100アスファルトに対し2000~6000という値を示している。したがって図-4に示した今回の補正した物的安定度DSは極端に大きなものとは考えられないので、実施アスファルト量としてマーシャル試験の最適アスファルト量5.4%を選定した。そこで現場配合は表-12に示すとおりとした。

表-10-2 粗粒度アスコン（20）試験練り結果

粒 度	ホットビン 粒 度	設定アスファルト量 %			室 内 配 合	規 格
		4.5	4.8	5.1		
ふるい目	25	100	100	100	100	100
	20	98.7	98.9	98.8	98.7	95~100
	13	80.5	81.2	81.3	79.1	70~90
	5	45.7	46.8	46.2	44.6	35~55
	2.5	27.8	28.3	27.9	27.2	20~35
mm	0.6	16.9	18.5	16.4	17.0	11~23
	0.3	11.6	10.3	12.7	9.8	5~16
	0.15	6.4	6.2	6.2	6.1	4~12
	0.074	4.6	4.5	4.2	4.7	2~7
アスファルト量 %		4.54	4.73	5.07	4.80	
実測密度 g/cm ³		2.398	2.412	2.410	2.410	
理論密度 g/cm ³		2.522	2.510	2.499	2.510	
空隙率 %		4.9	3.9	3.6	4.0	3~7
飽和度 %		68.4	74.5	77.1	74.0	65~85
骨材間隙率 %		15.5	15.3	15.7	15.3	
安定度 kg		1483	1561	1511	1590	500以上
フロー値 1/100 cm		30	32	36	30	20~40
S/F kg/1/100 cm		49.4	48.8	42.0	53	

表-11 試験練り時ホイールトラッキング試験結果

接地圧：6.4 kg/cm² 試験温度：60℃

区 分	アスファルト量 (%)	供 試 体 No	動的安定度 DS 回/mm	変 形 率 RD×10 ⁻² mm/分
試験練り時	5.1 O.A.C-0.3	1	8,900	0.47
		2	7,900	0.53
		3	10,500	0.4*
		平均	9,100	0.47
		標準偏差	1,361	
		変動係数(%)	15.0	
	5.4 O.A.C	1	7,900	0.53
		2	4,800	0.87
		3	4,200	1.00
		平均	5600(4500) ¹⁾	0.80
		標準偏差	1,937	
	5.7 O.A.C+0.3		34.6	
		1	3,700	1.13
		2	2,600	1.60
		3	4,200	1.00
		平均	3500(3950) ²⁾	1.24
		標準偏差	838	
		変動係数(%)	23.9	

* 供試体の作成条件は表-9に準じた。

1)はNo1の7900を除いた平均値

2)はNo2の2600を除いた平均値

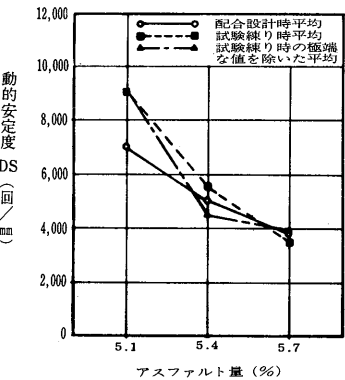


図-4 アスファルト量と動的安定度の関係

表-12 現場配合

(単位:%)

密粒度アスコン(20)				粗粒度アスコン(20)			
コールド骨材配合率	ホットビン配合率			コールド骨材配合率	ホットビン配合率		
5号砕石	17	4 Bin	16	5号砕石	20	4 Bin	19
6号砕石	27	3 Bin	28	6号砕石	33	3 Bin	35
7号砕石	12	2 Bin	14	7号砕石	19	2 Bin	18
砕砂	19	1 Bin	36	砕砂	11	1 Bin	23
細砂	19			細砂	12		
石粉	6	石粉	6	石粉	5	石粉	5
実施アス量	5.4			実施アス量	4.8		
ふるい目 mm	合成粒度	粒度範囲		ふるい目 mm	合成粒度	粒度範囲	
25	100	100		25	100	100	
20	99.2	95~100		20	98.7	95~100	
13	83.3	75~90		13	80.5	70~90	
5	55.8	45~65		5	45.7	35~55	
2.5	41.0	35~50		2.5	27.8	20~35	
0.6	26.6	18~30		0.6	16.9	11~23	
0.3	16.9	10~21		0.3	11.6	5~16	
0.15	8.4	6~16		0.15	6.4	4~12	
0.074	5.8	4~8		0.074	4.6	2~7	

7. 施工

施工断面は図-5のとおりで7cm 切削後表基層を各々の4cm 舗装することとした。施工に使用した機械は表-13のとおりである。

(1) 施工管理

搬入した混合物をアスファルトフィニッシャーで仕上り厚さ4cm になるよう敷均した後、速やかに転圧した。

敷均しに際しては、骨材の引きずりもなく良好であったが、端部のすり付けやレーキ仕上げ時に最大粒径が20mm であることもあって部分的にきめのむらが生じた。

打ち継ぎ目はハンディタイプのスプレー式乳剤でダックコートを行い混合物が十分密着するようにした。

転圧に際しては、表層の仕上げに用いたコンバインドローラ(5t)では、起振転圧時に混合物がずれることがあるためより大型のローラを用いた方が落ち着きが良

いと思われた。又、転圧回数3回以上ではずれが大きくなり、ヘアクラックが見受けられる箇所があった。

転圧機械の編成は仕上げ転圧にコンバインドローラを用いることで混合物の密度と平坦性向上を意図としたが、単路部ではローラマークも残らず平坦性も目視では良好であるものの、交差点部ではタイヤ輪跡が残る箇所もあり平坦性も単路部よりやや劣るように見受けられた。

(2) 温度管理

混合物の施工管理温度を表-14に示す。なおヒストグラムは省略する。

転圧温度は表・基層共ほぼ同様であったが、二次転圧の開始温度は基層でやや低く、又、転圧中の温度降下も速い傾向がうかがわれた。経過時間による混合物温度変化とアスファルト粘度の関係は、高粘度のアスファルト混合物を高温で施工するほど温度降下割合が大きく、速やかな敷均し転圧を必要とされる。

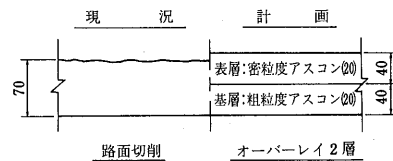


図-5 施工断面図 (mm)

表-13 使用機械

機 械 名	形 式	仕 様	台数	用 途
ロードブレーナ	ダイナバック DYP-4300 Z	切削幅 2 m	1	路面切削
フィードローダ	KYSL-600	200 m ³ /H	1	廃材積込
ロードスィーバ	フジテナント 266-T	8 t	1	路面清掃
ダンプトラック	日野自動車	10~11 t	12	廃材運搬 合材運搬
エンジンスプレヤ	NPE-4	200 ℓ	1	乳剤散布
アスファルトプラント	新潟鉄工 NP 1000	70 t/H	1	合材製造
アスファルトフィニッシャー	三菱重工 MF 45 VST	2.5~4.5 m	1	合材敷均し
マカダムローラ	酒井重工 R2	10~12 t	1	初転圧
タイヤローラ	川崎重工	13~15 t	1	二次転圧
コンバインドローラ	酒井重工 TV-55	5 t	1	仕上げ転圧

表-14 温度管理結果

単位:℃

工 種 項 目	表層密粒度アスコン (20)						基層粗粒度アスコン (20)					
	データ数(個)	最小値	最大値	範囲	標本平均	標本標準偏差	データ数(個)	最小値	最大値	範囲	標本平均	標本標準偏差
骨材加熱温度	28	178	186	8	180.0	1.64	31	178	181	3	179.9	0.77
アスファルト加熱温度	28	162	167	5	164.5	1.26	31	163	167	4	164.6	1.05
混合温度	28	166	170	4	167.8	1.03	31	166	169	3	167.6	0.95
出荷温度	124	166	169	3	167.8	0.87	126	166	169	3	167.8	0.98
現着温度	124	160	167	7	164.3	1.36	126	160	167	7	164.3	1.43
敷均し温度	124	152	159	7	156.7	1.13	126	151	160	9	156.4	1.61
初転圧温度	124	146	154	8	150.7	1.85	126	145	155	10	150.3	2.40
二次転圧温度	124	134	147	13	139.8	2.17	126	130	149	19	137.4	3.30
開放温度	124	30	38	8	35.1	1.60	126	31	39	8	35.1	1.81

(3) アスファルトプラントでの品質管理

抽出試験結果とホットビン粒度を表一15-1, 2に示す。これによるとプラント管理における粒度, アスファルト量は, 抽出, ホットビン共に配合とおり管理されていた。

密粒度アスコン (20) の出荷時合材のホイールトラッキング試験の結果は表一16のとおりである。動的安定度は, 配合試験時 5,100, 試験練り時 4,500 に対して出荷合材は 3,100~4,200 と若干低い値を示した。

表一15-1 密粒度アスコン (20) 抽出試験
・ホットビン粒度 (%)

項目	ふるい目mm	試験値の範囲	平均値	現場配合	差	規格
プラント抽出試験	25	100	100	100		
	20	97.9 ~ 100	99.2	99.2		
	13	81.7 ~ 85.9	83.1	83.3		
	5	54.4 ~ 56.9	55.6	55.8		
	2.5	39.9 ~ 42.6	41.2	41.0	+0.2	± 8%以内
	0.6	21.1 ~ 27.0	25.9	26.6		
	0.3	15.5 ~ 18.5	17.6	16.9		
	0.15	7.4 ~ 8.6	8.0	8.4		
	0.074	4.7 ~ 5.8	5.2	5.8	-0.6	± 3.5%以内
	アス量	5.32 ~ 5.60	5.42	5.4	+0.02	± 0.55%以内
ホットビン粒度	25	100	100	100		
	20	99.3 ~ 99.8	99.6	99.2		
	13	81.7 ~ 84.7	83.0	83.3		
	5	53.1 ~ 57.0	55.5	55.8		
	2.5	39.2 ~ 41.9	40.8	41.0	-0.2	± 8%以内
	0.6	24.1 ~ 27.3	25.9	26.6		
	0.3	17.5 ~ 18.8	18.0	16.9		
	0.15	7.5 ~ 9.5	8.3	8.4		
	0.074	5.1 ~ 5.7	5.4	5.8	-0.4	± 3.5%以内

表一15-2 粗粒度アスコン (20) 抽出試験
・ホットビン粒度 (%)

項目	ふるい目mm	試験値の範囲	平均値	現場配合	差	規格
プラント抽出試験	25	100	100	100		
	20	97.9 ~ 100	99.3	98.7		
	13	76.9 ~ 82.9	80.1	80.5		
	5	44.3 ~ 48.2	46.3	45.7		
	2.5	25.4 ~ 29.3	27.8	27.8	± 0	± 8%以内
	0.6	14.9 ~ 19.7	17.5	16.9		
	0.3	10.3 ~ 13.8	12.4	11.6		
	0.15	5.6 ~ 7.4	6.4	6.4		
	0.074	3.8 ~ 5.3	4.5	4.6	-0.1	± 3.5%以内
	アス量	4.47 ~ 5.05	4.76	4.8	-0.04	± 0.55%以内
ホットビン粒度	25	100	100	100		
	20	98.7 ~ 99.9	99.1	98.7		
	13	78.3 ~ 82.5	80.6	80.5		
	5	43.6 ~ 47.6	45.6	45.7		
	2.5	26.3 ~ 29.4	27.7	27.8	-0.1	± 8%以内
	0.6	16.8 ~ 18.7	17.7	16.9		
	0.3	10.6 ~ 13.9	12.8	11.6		
	0.15	6.0 ~ 7.2	6.6	6.4		
	0.074	4.1 ~ 4.8	4.4	4.6	-0.2	± 3.5%以内

60℃ 粘度管理結果を表一17に示す。

60℃ 粘度は, 製造時, タンクローリ積込時は 9,600 程度 (三共油化測定) であるのに対し, アスファルト混合所タンク内では 10,700 程度 (佐藤道路測定) と約 1,000 ポアズ上昇しているため比較試験を行った。

佐藤道路と昭和シェル石油との同試料による試験結果では, 表一18に示すようにほとんど同じ値が得られたことから, 試験機関の相異による試験誤差は少ないと云える。

図一6-1, 2に各時点の 60℃ 粘度の比較を示したが, 出荷時のタンクローリ受け入れ時ではほとんど粘度の上昇は見られない (約 2.5%) に対し, 出荷時と混合物製造時では上昇している (約 13%) ことから, タンクローリ運搬中とアスファルト混合所タンク内保温時に 60℃ 粘度が 1,000 ポアズ程度上昇したと云える。本工事においては 1 日当りのアスファルト使用量が約 5 t/日と少ないため, タンクには 20 t 貯蔵し 4 日分程度をストックしたがこれの影響もあると思われる。

(4) 施工後の路面性状等

施工後の平たん性試験結果は 600 m 区間では $\sigma = 0.94$ mm, 300 m 区間のそれは 1.32 mm であった。又, 施工後のたわみ量は 600 m 区間では, 0.07~0.10 mm, 300 m 区間では 0.20~0.44 と小さく, 施工前の値とほとんど変りがない。

切取供試体密度は密粒アスコン (20) では基準密度 2,386 に対して全平均で 2,373 (2,310~2,426) であった。粗粒度アスコン (20) では基準密度 2,407 に対して全平均 2,338 (2,316~2,383) であった。なお空隙率は, それぞれ 4.3% (2.1~6.8), 6.9% (5.1~7.7) である。

表一16 出荷合材ホイールトラッキング試験結果

出荷日	供試体 No.	動的安定度 (回/mm)	平均
11月25日	1	4,200	3,730
	2	3,500	
	3	3,500	
11月27日	1	2,850	3,100
	2	3,150	
	3	3,300	
12月10日	1	5,750	4,170
	2	2,850	
	3	3,920	

表一18 60℃ 粘度比較試験結果

採取日	11月13日	アスファルト混合所タンク内
試験者	佐藤道路	昭和シェル石油
粘度ポアズ	11990	11690

切取供試体の締固め度は、表層の密粒アスコン（20）で平均 99.5%，基層の粗粒度アスコン（20）では平均 97.1% とやや低目であった。この差は温度低下割合が

粗粒度アスコンの方が大きく、特に初転圧時には急激な低下傾向をみせたためと思われる、混合物の粒度の性質上粗骨材配合率が大きく、アスファルト量も密粒度アスコ

表-17 60℃ 粘度管理結果（ポアズ）

月 日	①		②	③	備 考
	40t ロット製造時	粘度比	タンクローリ積込直前	アスファルト混合所のタンク内	
11月 3日	9270	3.3			①欄は三共油化が測定 ②欄は（昭和シェル石油）以外はすべて三共油化が
	8760	3.0			
			9005		
5					③欄は佐藤道路が測定。 （ローリ）は納入前のローリよりサンプリングしたもの ☆ 製造時の 1 ロットは 40 t ☆ 経過時間と粘度の推移図
12	10500	2.8			
			10200	11630	
13			10500（昭和シェル石油）	11380（ローリ）	図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
16	9820	2.7			
17	10400	3.0			
18			9800		図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
20	9890	2.8	10200	11250	
22			9590		
25	9080	2.8	9770	10680（ローリ）	図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
26			9180		
27			8940	10150	
28	9980	2.7	9750		図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
29				10470	
30			9490		
12月 2日			9740		図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
3	9670	2.7		10480	
4			9530		
6			9690		図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
7	9440	2.8			
8				10150	
			9290		図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
9			9390	9850	
10				10170	
11				11350	図中の粘度は各測定時の平均で、経過時間は概略の値である。
平 均	9680	2.9	9630	10690	
標準偏差	555		429	613	

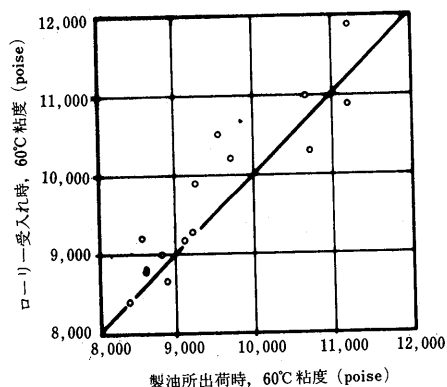
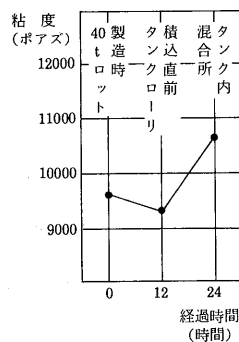


図-6-1 AC-100, 60℃ 粘度の製油所出荷時およびローリー受入れ時の比較²⁾

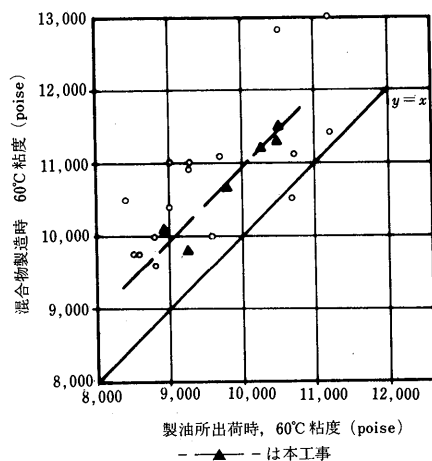


図-6-2 AC-100, 60℃ 粘度の製油所出荷時および混合所製造時の比較²⁾

ンよりも少なくなるので温度保存力が小さいことや、基層にはコンパインドローラを使用しなかったことが締固度に現われたと思われる。

切取供試体の抽出試験は表一19—1, 2のとおりで、粒度、アスファルト量ともに適切なものであった。

切取供試体から回収したアスファルトの性状は表一20のとおりであった、特に粘度比は約2で、この値はミルシートの原アス性状の3.1とほぼ同様と云えよう。

8. 検討委員会のまとめ

セミブローンアスファルト AC-100 の最終的な評価については今後の供用成績の測定結果によらねばならない。本工事の施工に関して「AC-100 設計施工検討委員会」で討議し、合意した事項などをとりまとめると次のとおりである。

(1) AC-100 アスファルトの60℃粘度について

アスファルト粘度は製造時の調整とその後の熱履歴が重要であるので、今回は製造時、タンクローリ積込前、及びアスファルト混合所のタンクと3ヶ所でサンプリングして試験した。いずれの試験値も10,000±2,000ポアズの規格内に入っており、非常に厳格に管理されたことがうかがえた。

60℃粘度の測定値の平均は、製造時で9,680ポアズ、タンクローリ積込前で9,630ポアズ、アスファルト混合所のタンク内で10,690ポアズであった。(表一17)

粘度測定の誤差は2.5%程度(表一18)であるので、製造時とタンクローリ積込時は、ほぼ同じ値と見てよいが、アスファルト混合所のタンク内ではアスファルトの運搬、貯蔵により平均値で1,000ポアズほど粘度が上昇したことを確認できた。したがってAC-100アスファルトは製造時の目標粘度を9000ポアズ程度としておくと、流通段階で12,000ポアズを超える恐れは少ないと思われる。

施工後の回収アスファルトの粘度比は約2(表一19)と小さく、施工による硬化の程度は小さい。またミルシートの粘度比の値3.1ともほぼ一致している。また、針入度、軟化点も過去のデータのなかでは硬化が少ない方に属している。(アス協報告書 p-79)

(2) 混合物の配合、品質管理等について

i) 現場配合設計について

現場配合設計の手法はアスファルト舗装要綱に示す

表一19—1 表層：密粒度アスコン (20)

切取供試体抽出試験結果

単位：%

測 点	No. 5	No. 15	No. 29	No. 110+10	No. 115+10	平 均	現 場 配 合
方 向	下 り	下 り	上 り	下 り	上 り		
コ ア ー 粒 度 mm	25	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	98.4	96.8	99.0	99.2
	13	85.8	84.5	86.3	87.3	86.0	83.3
	5	55.7	59.5	55.8	58.8	57.1	55.8
	2.5	43.1	42.9	42.6	43.8	43.2	41.0
	0.6	26.4	27.0	25.5	26.8	26.7	26.6
	0.3	19.9	20.4	19.3	20.2	20.1	16.9
	0.15	8.8	8.1	8.5	8.2	8.5	8.4
	0.074	5.1	4.8	4.8	5.0	5.0	5.8
アスファルト量 %	5.26	5.49	5.54	5.56	5.53	5.48	5.4

表一19—2 基層：粗粒度アスコン (20)

切取供試体抽出試験結果

単位：%

測 点	No. 9	No. 25	No. 105	No. 109	平 均	現 場 配 合
方 向	上 り	下 り	上 り	下 り		
コ ア ー 粒 度 mm	25	100	100	100	100	100
	20	98.1	99.2	100	99.0	98.7
	13	78.6	82.7	82.5	79.2	80.5
	5	42.7	45.4	47.3	47.3	45.7
	2.5	28.8	28.3	29.8	29.0	27.8
	0.6	16.6	17.0	19.2	18.2	17.8
	0.3	10.5	12.5	13.6	10.7	11.6
	0.15	6.3	5.0	5.1	6.4	6.0
	0.074	4.6	4.7	4.9	4.7	4.6
アスファルト量 %	4.75	4.72	4.67	4.65	4.70	4.8

表一20 切取供試体回収アスファルト性状試験結果

試 料 番 号	表 層 1	表 層 2	基 層	参考原アス性状
針入度 (1/10mm)	34	44	36	49
軟化点 (℃)	59.7	54.7	57.8	—
60℃粘度 (ポアズ)	21990	13060	23150	9005
粘度比 60℃	2.1	1.2	2.2	3.1

通常の方法によったもので、密粒度アスコンのアスファルト量は5.4%、2.5mmふるい通過量は41%、粗粒度アスコンではそれぞれ4.8%、27.8%(表一12)であったが、特に問題は生じていない。又、品質管理の結果では、密粒度アスコンのアスファルト量が平均値5.4%(5.32~5.60)、2.5mmふるい通過量は平均値41.2%(39.9~42.6)であった。又、粗粒度アスコンのアスファルト量は平均値4.76%(4.47~5.05)、2.5mmふるい通過量では平均27.8%(25.4~29.3)となっており混合物の粒度等の品質管理は十分であったと云えよう。(表一15—1, 2)

ii) 温度、締固め管理について

施工時の温度は表-14 に示したとおり適切なものであった。しかしながら粗粒度アスコンの温度降下が多少速かった。これらはローラに散水した水量に影響を受けたものとの意見もあるので、これは噴霧器を用いるなど水の使用量はできるだけ少なくする必要がある。

締固め度については表層の密粒度アスコンは平均値 99.5%，空隙率 4.3%，基層の粗粒度アスコンではそれぞれ 97.1%，6.9% で、基層の締固め度が規定値の 96% 以上となっているものの比較的に小さかった。なお表層の仕上げ転圧にコンバインドローラを使用するにあたっては施工に留意して行うと効果的である。

iii) 混合物の動的安定度 DS について

混合物の動的安定度 DS は第一次、第二次試験舗装の結果 1,500~4,000 (回/mm, 以下単位を省略する) とされているが、第三次の試験舗装の結果では配合設計時の目標値として 2,000~6,000 程度が妥当と考えられると述べている。(アス協報告書 p. 107)

今回の施工では、室内配合設計時の最適アスファルト量での動的安定度が 5,100 で、試験練り時の値は 4,500 であった。また混合所で採取した混合物についての値は平均で 3,670 であった。

室内配合設計時と試験練り時の DS は第一次、第三次試験舗装後の目標値の上限 4,000 を上回ったが、混合所で採取した混合物の DS はプラントのミキサで十分に混合されたことや、アスファルトの硬化が比較的に小さかったことなどから、4,000 以下となった。動的安定度 DS の上限値については最終的には今後の供用成績から判断しなければならないが、施工中及

び、施工後の路面性状にとくに異常のなかったことから、当面は室内配合設計時における目標値の DS は第三次試験舗装の値が妥当と思われる。

iv) 舗設について

アスファルトフィニッシャによる舗設については特に問題はなかった。引きづり、ひびわれ等の顕著なものはない。又、ワイドナを大きく拡張しなかったもので、これによるすじなどもなかった。ただスクリード前の混合物の抱え込みが少なかったように思われた。人力による敷き均しはやや重かったようであった。表層はコンバインドローラ (5t) によって振動転圧したが、基層と表層の締固め度の施工管理の結果ではそれぞれの平均値が 97.1%，99.5% であり、このことから振動ローラは表層に今後も用いるべきであろう。できれば大型のものをを用いることが望ましい。

以上

なお、今後の施工後の追跡調査は表-21 に示す項目について、4 カ年にわたって実施することとしている。

9. あとがき

61 年 5 月 23 日に筆者等と佐藤道路 (株) 松野技術研究所長はじめ工事関係者と現場を踏査したところ、全体に路面は良好であった。特に今春、2 月中旬、3 月末の 2 回に渡って除雪作業を伴う降雪があったにもかかわらず、舗装路面のあれは見受けられなかった。交差点停止線前方は水系を張ってわだち掘れ量を測定して見廻したが全体的にはまだわだちが生じてはいなかった。しかしながら 300 m 区間内の環 8 交差点上り、下り停止線前方約 2 m のところで長さ 5 ~ 7 m 程度、走行車線 (中央線に近い方の) に 8 ~ 9 mm 程度のわだち掘れ

表-21 追跡調査項目と頻度

項 目	方 法	年 度 ①				
		直 後	1 カ年	2 カ年	3 カ年	4 カ年
た わ み 量	ベンケルマンビームによる復元たわみ量。輪荷重 5 t	○		○		○
ひび割れ率	発生位置対応スケッチ		○	○	○	○
縦 断	3 m プロフィールメーターにより σ (mm) を求める	○	○	○	○	○
横 断	横断プロフィールメーターによるわだち掘れ量 (最大最小平均)	○	○	○	○	○
密 度	コア採取による (10 ϕ)	○		○		○
路 面 観 察 ②	評価員による路面観察		○	○	○	○
大型車交通量 ③	四季観察データーによる	○			○	
アスファルトコア	コア採取 (10 ϕ)	○				○

注 ①最初の 1 年は 3 月、10 月、2 年目以後は 10 月に定期観測
②アスファルト舗装表面の観察記録表によって行なう
③交通情勢調査のデータによる (3 年に 1 回) 夏季に流動があったあとの時期 (9 月)

を測定できた。現場の交通量は、35,300 台/日で大型車混入率は、19% であって、施工後 6 ヶ月でおおむね、121 万台の大型車交通を受けたことになる。又、大きな交差点なので、わだちは交通が絞られた状況の車線に生じていた。いづれも、定期的に追跡調査を行って定量的に交通量との相関を明らかにするが、これまでの舗装経験からすれば、AC-100 アスファルトとして初期の目的は果しているようである。

一次、二次試験舗装現場の現場を過去にいくつか見て、ひびわれが最大の関心事であったが、今回の当現場には少々ひびわれも生じていない程に完璧なもので、三次案の AC-100 アスファルトの品質規格であればこの問題は解決したようである。自説ではあるが、重交通の道路舗装には、よい品質のアスファルトをたっぷり使用し、骨材も吟味してかつ、品種管理のゆきとどいたアスファルト混合所で混合物を製造し、施工技術の優秀な舗装屋さんに舗装していただければ、結果として良好なものが得られるようである。

本工事での AC-100 アスファルトの混合物単価はストアスのものと対比すると、都内現場持込 t 当りで 12~19% (密粒, 粗粒度) アップ、敷均, 転圧, タックコート含む舗装 m^2 当りでは表・基層共に約 13% アップで、改質アスファルトを使用するとそれぞれ、約 45%, 約 25% アップとなるので対わだち掘れ対策としては、AC-100 アスファルトの使用は「ま」とを得たものと云えよう。当事務所では今後も重交通道路の修繕工事の一部に AC-100 アスファルトを用いることとしている。なお参

考までに関東地建管内の AC-100 アスファルトの使用量は昭和 60 年度は 870 t/年で、61 年度もほぼ同数程度の需要を予測されそうである。

本工事の特記仕様書は、アス協報告書の資料 3 に示す「舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準」によって行ったが、本文では記述したように、配合設計の条項で、DS の目標値は 1,500~4,000 回/mm としたが、室内配合設計では、最適アスファルト量での DS は 5,100 であった。検討の過程でこの配合で行けそうと云うことで、試験練りを行い現場配合を決定した。ところで発注者として目標値を明記する場合は、図-7 (アス協報告書 p-107) から判断して「6,000 以下とする」又は、「目標 DS は監督職員の承諾を得るものとする。」が考えられる。(本工事では、変更契約時に前者で処理した)

いづれにしても、ホイルトラッキング試験値のバラツキや、時間~変形量曲線の精度等からみても無限に大きい値は有意性があるのか疑問がある。又、アスファルト混合物の特性からしても DS の上限とする値は 6,000 程度が目安ではなかろうかと思われる。

終りに、東蒲田舗装修繕工事に当り、種々ご検討、ご指導いただきました、アス協会当委員会顧問多田宏行氏、委員長阿部頼政氏、各委員、建設省土木研究所舗装研究室長安崎裕氏、施工業者佐藤道路 (株)、アスファルト合材を供給した日本舗道 (株) 等工事関係者に誌上をおかりしてあらためて深く感謝いたします。

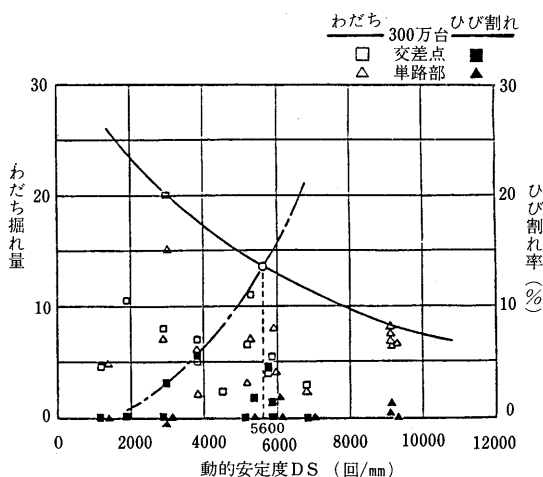


図-7 動的安定度 DS とわだち掘れ量、ひび割れ率の関係

「OECD のレポートから (3)」

前回に引き続き OECD のレポートをまとめて報告する。今回のテーマは廃棄物や副産物の有効利用である。

わが国では、すでに高炉スラグがアスファルト舗装要綱に採用されているが、その後、建設廃材のリサイクリングも実用化され、さらに、製鋼スラグ、焼却灰なども研究の対象となってきた。これらの問題に関する OECD 諸国の現状を、この辺で整理しておくのも無駄ではなからうと思う。

担当は、日本道路公団の中村君である。このところ、研究グループの報告は、若手の進出が目立ち、毎回 30 才前後が続いている。文章を書き慣れていないため、続みにくいという難点はあるものの、内容的には努力の跡

が歴然とした力作であるとの評価を受けている。本欄の執筆を機会に、これらの若い方々が飛躍的に成長していくことを期待したい。

6 月 28 日、「飯田章夫氏を囲む会」を企画している。名古屋にありながら、毎月の「情報紹介」を一度も欠かさず提出し、夏期合宿もずっと参加してきた飯田さんとは是非ゆっくり話し合いたいというメンバーの希望がここで実現する。また、飯田さんの提案によって進めてきていた AI のプログラム DAMA の入手もここで実現した。なお、このプログラムに関しては、いずれ稿を改めて紹介したいと考えている。

(阿部頼政)

アスファルト舗装技術研究グループ

阿 部 頼 政 日本大学理工学部土木工学科
阿 部 忠 行 東京都土木技術研究所
荒 井 孝 雄 日本舗道㈱技術研究所
安 崎 裕 建設省土木研究所舗装研究室
飯 田 章 夫 日本道路公団名古屋建設局

松阪工事々務所

池 田 拓 哉 建設省土木研究所舗装研究室
井 上 武 美 日本舗道㈱技術研究所
井 上 正 日歴化学工業㈱業務第一部
大久保 高 秀 建設省都市局街路課
太 田 健 二 日歴化学工業㈱技術課
大 坪 義 治 日歴化学工業㈱関東営業所
小 澤 孝 吉 東京都土木技術研究所
亀 田 昭 一 新東京国際空港公団
久 下 晴 巳 日本道路㈱技術研究所
古 財 武 久 大成道路㈱技術研究所
小 坂 寛 巳 首都高速道路公団工務部

児 玉 充 生 昭和シェル石油㈱アスファルト課
佐 藤 喜 久 鹿島道路㈱東京支店技術部
田 井 文 夫 日本道路㈱技術研究所
滝 瀬 穰 東京都第四建設事務所
竹 田 敏 憲 東京都第二建設事務所
田 中 輝 栄 東京都土木技術研究所
谷 口 豊 明 大林道路㈱技術研究所
丹 治 和 裕 ㈱パスコ道路調査部
中 村 州 章 日本道路公団試験所舗装試験室
西 沢 典 夫 大成道路㈱技術研究所
野々田 充 日本道路㈱技術研究所
野 村 健一郎 大成道路㈱技術研究所
野 村 敏 明 日歴化学工業㈱北海道営業所
八 谷 好 高 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室
羽 山 高 義 日本舗道㈱工事開発部
姫 野 賢 治 東京工業大学工学部土木工学科
吉 村 啓 之 前田道路㈱技術研究所

産業廃棄物と工業副産物の道路建設への利用

～OECDレポートより～

中 村 州 章*

概 要

産業廃棄物や工業副産物に関する問題は、わが国をはじめとして世界各国で、色々な形で現われている。本報告では今後増大するであろうと思われる産業廃棄物や工業副産物の道路建設への利用についてまとめたOECD レポートを紹介する。

主な内容は次の通りである。

- ① 産業廃棄物や工業副産物はその発生源により、1) 鉱山や採石場の廃材、2) 金属の精錬により発生する廃材、3) 産業廃材、4) 都市廃材、5) 林業廃材に分けられる。
- ② 産業廃棄物や工業副産物を道路建設に用いる場合の目安は、1) 年間の生産量が50,000トン以上あること、2) 運搬可能な距離であること、3) 高い毒性を有しないこと、4) 水に溶けても水質汚染をきたさないこと、があげられる。
- ③ 試料採取や材料試験では、材料の化学変化に注意するとともに、環境への影響を考えて化学試験を必要とするものもある。
- ④ 利用に関する問題点の中で最も重要なものは、周辺環境に対する影響である。その影響としては、水質汚染、大気汚染、放射能汚染などが考えられる。

1. まえがき

近年、わが国をはじめとする世界各国における産業の発達にはめざましいものがある。この産業の発達では、資源の開発およびその資源の燃料や原料としての使用が必要不可欠なことであり、生産される製品の増大や多様化に伴って、多量の廃棄物や副産物が発生することとなる。このような廃棄物は、鉱工業から農業および生活廃材の分野にまで及んでおり、その量や種類も膨大なものとなっている。

一方、それらの廃棄物の処理は、処理場の用地の確保や環境問題などのため、厳しい制約を受けているのが現状である。

わが国でも、これらの廃棄物の処理には多大な労力と費用を要しており、有効な処理対策の検討は重要な課題となっている。そこで、産業廃棄物や工業副産物の処理

対策の一つとして、多くの材料を必要とする道路建設への適用が有効な手段であると考えられる。しかし、わが国では、一部の材料を除いて産業廃棄物や工業副産物の道路建設への適用に関する研究は十分とはいえない。

諸外国をみると、環境保全、省エネルギーおよび資源保護の立場から、産業廃棄物や工業副産物の利用を中心とした効率的な管理に関する検討が、OECD 諸国の中で行われている。この検討の中で産業廃棄物や工業副産物の道路への利用について、「産業廃棄物と工業副産物の道路建設への利用 (Use of Waste Materials and By-products in Road Construction, 1977)」として、OECD の道路研究グループによってまとめられている。

このレポートは、我々道路建設に携わる者にとって、各国の産業廃棄物や工業副産物の使用実態を知るばかりでなく、今後のわが国のそれらに対する対応を考える上で有効な資料となるものと考えられる。そこで今回本誌

* なかむら くにあき 日本道路公団試験所舗装試験室

の紙面を借りて、OECD の道路研究グループによってまとめられたレポートの中から次の事項について紹介する。

- ① 産業廃棄物や工業副産物の OECD 加盟国内の産出状況。
- ② 道路建設用材料としての評価。
- ③ 各廃材の利用方法とその実態。
- ④ 利用に関する技術、経済性および環境保全の面からの OECD の意見。

2. 産業廃棄物と工業副産物の概要

2-1 種類と利用状況

産業廃棄物と工業副産物の種類と利用状況は、表-1 に示すとおりである。その種類は、鉱工業、農林業および都市から発生する生活廃材の分野にまで及んでおり、利用状況も国により違いがみられる。

2-2 廃棄物の評価

廃棄物を道路建設に用いることができるかどうかの判断は、一般に次の事項が目安となる。

- ① 年間の生産量が 50,000 トン以上であること。
- ② 運搬可能な距離であること。
- ③ 高い毒性を有しないこと。
- ④ 水に溶けても水質汚染をきたさないこと。

以上の条件を満足した廃棄物は、道路建設用材料として考えるとさらに次の 4 つのランクに分けられる。

ランク 1 使用される可能性の最も高いもので、単独での使用または他の材料との混合物としての使用において、最良の性状を示し、その使用実績も多いもの。

ランク 2 使用する場合、種々の処理が必要となるものでランク 1 ほどの良好な性状を有しないもの。

ランク 3 ランク 1、2 に比べてその性状は劣るが、利用方法によっては使用可能なもの。

ランク 4 道路建設用の材料としては、不適なもの。

表-2 にメンバー諸国における経験的なものをベースとした分類を示す。しかし、この分類は今後の研究や工業技術の進歩に合わせて変わる性質をもつものであるといえる。

2-3 廃棄物の用途

産業廃棄物や工業副産物の道路建設への使用方法是主に次の 5 つに分類される。

- ① 盛土材や路床材
- ② 路盤や表層の骨材

- ③ フィラー
- ④ 結合材
- ⑤ 安定処理材料

以上の使用方法のうち、特に ① 盛土材や路床材、② 路盤や表層の骨材についてその要求される性状を述べると次のとおりである。まず、これらについて共通していることは、有機物（木くずなど）を含まないこと、水によって膨張破壊しないことおよび水に溶解しにくいことなどである。

道路の盛土材として用いる場合、最も重要な要素は、交通荷重によって変形を起こさないことである。部分的に変形しやすい箇所がある場合、そこが構造上致命的な弱点となり、供用性を大きく損う原因となる。したがって盛土材として用いる材料は、突固め試験の最大乾燥密度にできるだけ近い状態に締固めなければならない。また、その強度も少くとも平板載荷試験で求められる変形係数が 10 MN/m^2 程度は必要である。

その他に、凍結しやすい材料の場合は、気象条件や地下水位など凍結に関連する要因を十分に検討する必要がある。

骨材として使用する場合、破碎強度、硬さおよびはく離抵抗性などが要求される。それは、舗装の表層に近い層ほど重要な問題となる。特に、摩耗層に用いる場合は、高い摩耗抵抗性を必要とする。

その他に骨材の性質として、骨材が多孔質かどうか問題になる。多孔質骨材であっても十分な強度を有していれば、粒状路盤材としての使用は何ら問題はない。しかし、アスファルト混合物として用いる場合、使用アス

表-2 産業廃棄物と工業副産物の道路建設用材としての評価

ランク 1	ランク 2	ランク 3	ランク 4
高炉スラグ フライアッシュ 硫黄 鉄鋼スラグ ボイラースラグ ボトムアッシュ ニッケルスラグ 建設廃材 炭鉱廃材 油頁岩廃材 タコナイトの尾鉱 陶土 鉄鉱石の尾鉱	リンスラグ 銅スラグ 採石場廃材 タイヤ（ゴム） 亜鉛スラグ 鉛スラグ 焼却炉廃材	金の尾鉱 銅の尾銅 鉛・亜鉛の尾鉱 陶器 樹脂 リグニン カリ塩鉱床 硫酸焼鉱 ガラス 廃プラスチック	その他の廃材

50

凡 例

●	道路建設に使用されているもの
□	道路建設に少量使用されているもの
○	道路建設にごくまれに使用されているもの
▲	道路建設に使用されないもの
■	生産されていないもの
空白	不明

ファルト量が多くなるという問題がある。

また、凍結融解作用を受ける地域では、骨材は凍結によってその性質が変わらないようなものでなければならない。

2-4 試料採取と材料試験

産業廃棄物や工業副産物を利用する場合、それらの材料特性を知ることが、重要な事項となる。しかし、廃棄物を産出している企業においては、それらの廃棄物を道路建設用材料として製造しているわけではない。そこで、これらの材料を用いる場合、利用者自らが代表的なサンプルを用いた試験を行ない、その結果で使用の可否を判断しなければならない。したがって、試料採取やその材料試験は、廃棄物の使用に当たっての重要な事項であるといえる。

試料採取を行う場合、廃棄物の種類によっては、生産されてからの時間によって材料の持つ性質が変化することもあり、採取のタイミングにも注意を要する。多量に野積みされた材料などは、分離や化学変化などを起こすものもあり、そこからの試料採取に当たっては十分な注意を要する。

産業廃棄物や工業副産物に対する材料試験では、通常の試験の他に環境汚染に関連した試験も必要となる。例えば、これらの試験として、廃材の溶解度や毒性を把握するための化学試験などがあげられる。

3. 産業廃棄物と工業副産物の利用

ここでは、各種の産業廃棄物や工業副産物を、発生原因別に分類し、その特性、生産および用途についての実例を示す。その分類は、次のとおりである。

- ① 鉱山や採石場の廃材
- ② 金属の精錬により発生する廃材
- ③ 産業廃材
- ④ 都市廃材
- ⑤ 林業廃材

3-1 鉱山や採石場の廃材

3-1-1 炭鉱廃材（ばた）

炭鉱廃材（colliery spoil）には、炭鉱で石炭を掘る過程で発生する掘削土と、石炭を水洗いしたときに発生する廃土がある。

表-3に、各国の炭鉱廃材の年間生産量を示す。

炭鉱廃材には、酸化したものと未酸化のものがある。酸化したものは、盛土材などとして広く用いられており、粒度の良いものに関しては、路床材として用いることもできる。イギリスでは、廃材と水を1:1で混合したもの

の中に硫酸塩の含有量が、2.5 g/l以上あるものに関しては、凍結を考慮して、表層から45 cm以内では使用できないとしている。同様の制約がフランスやドイツでもみられる。

未酸化の炭鉱廃材に関しては、酸化発熱に対する注意が必要である。発熱反応は、廃材中の石炭の量や廃材の使用箇所の違いによる酸素供給量の違いによって異なる。これらの材料の適用範囲については、明確なものはない。しかし、施工例をみると、十分な締固めを行えば有害な発熱現象はみられていない。

炭鉱廃材は、路床や路盤の材料としての使用も可能である。イギリスでは、十分に酸化された廃材は、通常の材料と同じ取扱いで路床に用いている。しかし、路盤材としての使用には、一般にセメント量6~10%の添加が必要であるとされている。また、硫酸塩の存在が化学的に問題となることがあるが、十分な安定処理によりそれらの影響は軽減される。フランスでは、炭鉱廃材（炭質頁岩）にフライアッシュや石灰などを添加して路盤材として用いた例もある。

炭鉱廃材は、一般にアスファルト混合物の骨材としては用いられないが、例外的に軽交通道路でフィラーとして用いられたり、表層のすべり抵抗を増すための材料として用いられることもある。この耐すべり用材料は、炭質頁岩とボーキサイトを4:1で混合したものである。

3-1-2 採石場で発生する廃材

採石場で発生する廃材には、表土や切羽から出る土砂などがある。廃材は、クラッシングされた碎石と混合して粒度調整材料または盛土材として用いられる。

これらの廃材の中でも、品質の安定したものについて

表-3 炭鉱廃材の生産状況

ベルギー	4 (-)
カナダ	5 (+)
デンマーク	生産なし
フィンランド	生産なし
フランス	20 (不明)
ドイツ	60 (+)
イタリア	生産なし
オランダ	0.3 (=)
スイス	生産なし
イギリス	56 (+)
アメリカ	90 (+)

(+) 前年より増

(-) " 減

(=) 前年並

は、セメント安定処理を行って、路床や路盤の材料として使用することができる。

3-1-3 その他の鉱山廃材

鉱山等から発生する廃材のうち道路建設に用いられるものには、表-4に示すものがあげられる。しかし、これらの材料は、全世界に広く分布している材料ではなく、地域性をもった材料であるといえる。

3-2 金属精錬により発生する廃材

3-2-1 高炉スラグ

鉄の副産物として発生する鉄鋼スラグは、わが国でもその使用量が比較的多い材料であるため、多少詳しく説明する。表-5に示すように、鉄鋼スラグは各国で広く生産されており、道路建設用としてだけでなく、セメントの材料などとしても使用されている。

表-5 スラグの製産状況 (百万トン)

国 名	徐冷スラグ	急冷スラグ	ベレタイジン グスラグ	膨張スラグ
ベルギー	0.6(-)	4.3(+)	製産なし	製産なし
カナダ	2.2(-)	製産なし	0.2(+)	製産なし
フィンランド	0.2(+)	0.25(+)	製産なし	製産なし
フランス	5(+)	8(=)	製産開始直後	少量
ドイツ	9	3.4	製産なし	製産なし
イタリア	0.5(=)	3.2(+)	製産なし	製産なし
オランダ	0.15(=)	1.2(=)	製産なし	製産なし
スペイン	不明	不明	製産なし	製産なし
スイス	製産なし	製産なし	製産なし	製産なし
イギリス	7(-)	0.1(+)	製産開始直後	0.2
アメリカ	25(+)	2(+)	製産開始直後	2

(+) 前年より増, (-) 前年より減, (=) 前年並

表-4 地域性をもった鉱山廃材

廃材の種類	内 容
油頁岩の廃材	油頁岩を乾留して石油を生成した残留物で、主にスコットランド、イタリア、スペイン、アメリカで発生する廃材である。性質は、炭鉱廃材に類している。
陶 土 (china clay)	陶土は、通常白色のカオリンをさし、製紙業や窯業で用いられる材料で、イギリスやアメリカのノースキャロライナ州やジョージア州で年間数百万トン生産されている。この材料を路床や路盤の材料として使用する場合、セメントで安定処理をして使用されている。
赤 泥 (red mud)	赤泥はボーキサイトからアルミナを作る過程で発生する廃材でその 50% 以上は酸化鉄 (Fe_2O_3) でできている。最も生産量の多いのはアメリカで年間 600 万トンに昇っている。この材料は、アスファルト混合物のフィラーや人工骨材の材料として用いられる。
硫酸焼鉱	硫酸焼鉱は、硫化鉄鉱を焙焼し、イオウ分を硫酸の原料として回収した後の焼滓で、主に鉄分を多く含み、まれに盛工材として用いられる。
硫黄クリンカー (sulphur clinker)	硫黄クリンカーは、硫黄を含む鉱石から硫黄を取った残りの廃材であり、シシリーで年間 20,000 トン生産されており、主に盛土材として用いられている。
鉄鉱石の廃材とタコナイトの尾鉱	鉄鉱石やタコナイト (スベリオル湖周辺のしま状鉄鉱層に伴う細粒赤色チャートと磁鉄鉱を混じえた赤鉛鉱の互層からなるしま状珪岩に対するアメリカのミサビ地方の俗称 ¹⁾) の尾鉱でアメリカやカナダで道路建設用の材料として用いられている。特にミネソタ州の道路局では、タコナイトをアスファルト混合物層の骨材をはじめ路盤などとしている。また、近年耐すべり用骨材としてアスファルトオーバーレイ層に用いられている。オンタリオ州では、鉄鉱石の廃材をアスファルト混合物の耐摩耗用骨材として用いている。

(1) 高炉スラグの製造²⁾

高炉スラグは、高炉で鉄鋼原料を精錬する際に銑鉄と同時に生成され、鉄鉱石中の脈石やコークスの灰分が、 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ 系の無機物質である高炉スラグとなる。これらの溶融物は、比重差 (銑鉄約 7, 高炉スラグ約 3) により分離される。排出された高炉スラグは、約 1,500 $^{\circ}\text{C}$ の溶融状態であるが、その冷却方法により、徐冷スラグと急冷スラグに大別される。

徐冷スラグは、溶融状態の高炉スラグを、直接ビットに流し込んで、空気と適度の散水により冷却固化させて作られる。

急冷スラグには、溶融状態の高炉スラグを水で急冷した水砕スラグと空気中で急冷した風砕スラグがある。

表-6にこれらのスラグの用途を示す。

表-6 ス ラ グ の 利 用

利用目的	種 類	用 途
セメント製造	急冷スラグ	セメントの中に 5~85% 添加
道 路 舗 装	急冷スラグ	路盤 安定処理路盤
	クラッシング徐冷スラグ 急冷スラグと徐冷スラグの混合物 徐冷スラグと製鋼スラグの混合物	アスファルト混合物の骨材 舗装全層 舗装全層
コンクリート	急冷スラグ	コンクリート用砂
	クラッシングした徐冷スラグ 膨張スラグ	急冷スラグとフライアッシュの混合物 チップング材 軽量コンクリート
鉄 道	クラッシングした徐冷スラグ	バラスト
そ の 他	低品質の徐冷スラグ	盛土 排水構造物の裏込め スラグストーン
	再溶融したもの 繊維状のもの 均一粒度のもの	繊維 カンドブラストの砂

(2) 徐冷スラグ

冷却された徐冷スラグは、エージングを促進させるため数ヶ月間散水養生が必要である。エージング処理後これをクラッシングしたものが、道路用の材料として用いられる。その性状は、単位体積重量が約 1.4 t/m^3 でロサンゼルスすりへり減量が $20 \sim 35\%$ 程度である。また、骨材表面が多孔質で粗いので表層用骨材として使用した場合、すべり抵抗に対しても効果がある。

表一7に徐冷スラグの各国における骨材としての使用状況を示す。表より、徐冷スラグは、道路のあらゆる部分に使用されていることがわかる。アスファルト混合物の骨材として用いる場合、スラグの表面が多孔質であるために、アスファルトが吸収され、アスファルトの使用量が増加する傾向がある。また、徐冷スラグには、膨張を起こす性質があるためベルギーやイギリスのように、スラグに含まれる CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 の量に制限を設けている国もある。

表一7 クラッシングされた徐冷スラグの骨材としてその使用

	アスファルト混合物	表 層	路 盤	ポルトランドセメントコンクリート	路床材
ベルギー	×		×		
カナダ	×		×	×	
フィンランド	×		×		
フランス	×		×	×	×
ドイツ	×	×	×		×
イタリア	×				×
オランダ	×	×	×		
スペイン			×		
イギリス	×	×	×	×	
アメリカ	×	×	×	×	

(3) 急冷スラグ (水砕スラグ)

熔融したスラグは、水との接触によって細かく割れる性質をもっている。このように急冷によって細粒化した急冷スラグは、粒径 3 mm 程度以下の多孔質でもろい粒子である。

急冷スラグの用途としては、セメント用材料の他道路建設用材料があげられる。

急冷スラグは、道路建設用材料として、天然骨材に代えて、ブランケット層や路床・路盤に用いられており、その用法は、徐冷スラグをクラッシングしたものと同様の取扱いがなされている。また、急冷スラグは、骨材としての使用の他に、スラグの水硬性を利用した結合材としても使用されている。

スラグの凝固反応は、アルカリ性の状態でイオン分解を起こした珪酸塩とアルミニウム塩がカルシウムと結合して再結晶する現象である。この反応は、熔融状態のスラグの温度とその時の化学組成、冷却条件（水量、水圧、水温等）およびスラグに含まれる微粒子の量によって決まるといわれている。この凝固反応による強度の発生の程度を表わすものとして、フランスでは次のような係数 α が定義されている。

$$\alpha = S \times P \times 10^3 \quad (\text{式-1})$$

ここで、 α ：強度係数

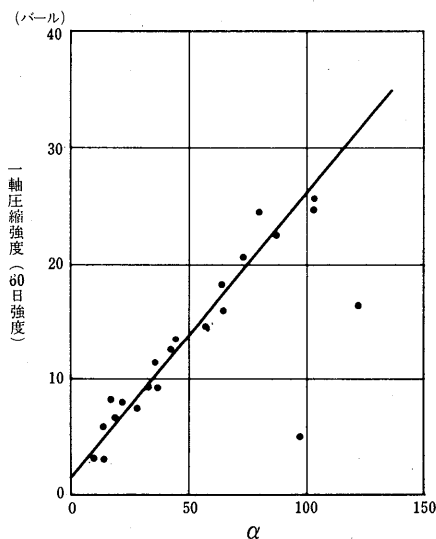
S ：80 ミクロン以下の粒子の比表面積 (cm^2/g)

P ：骨材のもろさを示す値で、破碎試験後の 80 ミクロン以下の粒子の割合で表わす。破碎試験は、直径 $18 \sim 20 \text{ mm}$ の磁器の球 $1,920 \text{ g}$ とスラグ 500 g を破碎機に入れ毎分 50 回の割合で 2,000 回攪拌した後 80 ミクロン以下の粒子の量を求めて全体量との比を求める。

図一1に α と一軸圧縮強度の関係を示す。このように、 α の違いにより強度に違いがみられる。そこで、この α を用いるとスラグは、次の4つのクラスに分類される。

クラス 1 $\alpha < 20$ 道路建設には使用しない。

クラス 2 $20 < \alpha < 40$ 最も一般的に使用される。



図一1 砂とスラグの混合物の α と一軸圧縮強度の関係

クラス 3 $40 < \alpha < 60$ 取扱いが難しく、用途が制限される。

クラス 4 $60 < \alpha$ 例外的にしか用いられない。
これらのスラグの凝固反応は、徐々に進行してゆくため、未凝固の部分は、多少変位してもそのままで硬化する性質を示す。このことによって急冷スラグの用途が広がられているともいえる。

急冷スラグは、礫状スラグ (gravel slag) の材料としても用いられる。礫状スラグとは、天然または人工の碎石に 15~20% の急冷スラグと触媒 (主に生石灰) および水 10% をミキシングプラントで混合して作られる材料である。この場合、急冷スラグの添加量は、礫状スラグが舗装のどの層に用いられるかによって違ってくる。一般に、路床よりも路盤のほうが多くの急冷スラグを必要とする。この礫状スラグの強度に影響を与える要因としては、骨材の種類と粒径 (図-2)、急冷スラグの添加量および材令などがあげられる。また、硬化後の礫状スラグの強度は、圧縮強度と引張り強度がそれぞれ 60~100 daN/cm² である。ここで引張り強度と圧縮強度の比が高くなっており、ひび割れの防止には重要な意味をもつ。

礫状スラグは、フランスをはじめとしてイタリア、ルクセンブルグ、ハンガリー、アルジェリア、チュニジアで舗装用骨材として用いられている。

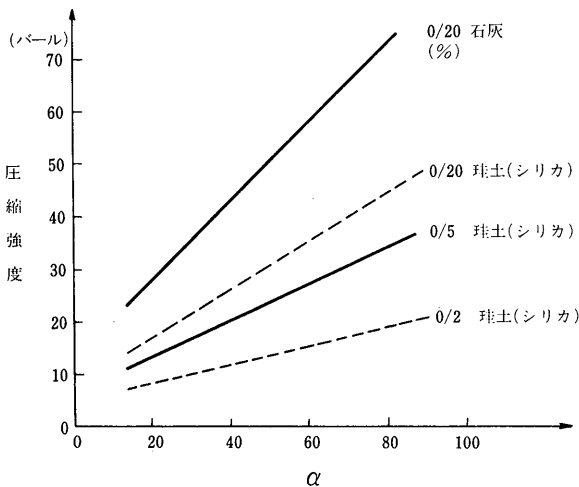


図-2 骨材の種類による α と圧縮強度の関係

3-2-2 製鋼スラグ

(1) 製鋼スラグの製造³⁾

製鋼スラグは、銑鉄を鋼にする際に生成する転炉ス

ラグと、スクラップ等を電気炉で鋼にする際に生成する電気炉スラグに大別される。

転炉スラグは、溶銑、屑鉄および生石灰を転炉に投入し、高圧の酸素を吹き込み、激しい酸化反応によって、溶銑中の C, P および Fe の一部が酸化され、これらの酸化物が CaO と結合して形成される。

電気炉スラグは、アーク熱を熱源としてスクラップ等の原料を溶融精錬し鋼にする際に発生するスラグである。

製鋼スラグの主な特徴としては、比重が 3 以上と高く膨張性があるということがあげられる。

表-8 に各国の、製鋼スラグの生産状況を示す。

表-8 製鋼スラグの年間製産量 (百万トン)

カナダ	1.8 (+)
デンマーク	0.05 (+)
フィンランド	0.18 (不明)
ドイツ	8 (+)
イタリア	2.8 (=)
オランダ	0.9 (不明)
スイス	製産なし
イギリス	2 (+)
アメリカ	9 (+)

(+) 前年より増, (-) 前年より減, (=) 前年並

(2) 製鋼スラグの膨張破壊

銑鉄や鉄屑の精錬の際に用いる生石灰は、十分にスラグ化されないと、不安定な遊離石灰としてスラグの中に残る。この遊離石灰が水と反応して膨張し、膨張破壊を引き起す。

製鋼スラグの膨張破壊に関して、米国マクマスタ大学 (McMaster University) の道路材料研究所で行われた試験では以下のような結果が得られている。

- ① 82℃ と 60℃ で、スラグの膨張量を比較すると、82℃ の場合 60℃ に比べて 3 倍の膨張量を示した。
- ② スラグの粒径が小さなものほど膨張量が多い。
- ③ スラグを硫酸で処理することにより、膨張量が 2/3 に減少する。

(3) 製鋼スラグの利用

製鋼スラグは、ヨーロッパでは一般に安定処理路盤材として用いられている。また、アメリカ、カナダなどでは、製鋼スラグの高い摩耗抵抗性を利用して、摩耗層にも用いられている。

安定処理路盤材としての使用は、徐冷スラグ (0~60 mm) 60%, 製鋼スラグ (0~15 mm) 25%, 急冷スラグ 15% からなる混合物を用いている。

また、製鋼スラグをアスファルト混合物に用いた場合、次のような特徴がある。

- ① 高い安定性を得ることができる。(安定度 1,700 kg, フロー5 mm)
- ② 高いすべり抵抗が得られる。
- ③ 高い耐摩耗性が得られる。
- ④ 締固めが容易である。
- ⑤ 比重が高いため、単位体積当りの運搬費が高く、使用アスファルト量も増える傾向にある。

3-2-3 非鉄金属スラグ

非鉄金属スラグとしては、銅、鉛、ニッケル、リンおよび亜鉛の製錬により生成されるものがあり、道路建設用材料として用いられている。

その主な使用方法としては、盛土材としての使用が一般的であるが、銅スラグやニッケルスラグに関しては、スラグの粉末とポルトランドセメントを混合して、路盤安定処理の結合材として用いられる場合もある。また、銅スラグ、ニッケルスラグおよびリンスラグは、アスファルト混合物の骨材としても用いられており、その用法は、鉄鋼スラグと同様の取扱いがなされている。

非鉄金属スラグは、その大きな比重のため、運搬などの面で不経済になることもあるが、かなりの量が道路建設用材料として使用されている。

3-3 産業廃材

3-3-1 フライアッシュとボトムアッシュ

(1) フライアッシュとボトムアッシュの生成

フライアッシュやボトムアッシュは、石炭を燃料として用いる火力発電所で発生する廃棄物である。発電所で使用される石炭は粉状に破碎されて、炉の中へ加熱された空気と共に送り込まれ炉の中で浮遊した状態で瞬間的に燃焼して石炭灰となる。この石炭灰の75~85%は、ガスと共に炉の外に排出される。これがフライアッシュであり、炉の中に残留したものがボトムアッシュと呼ばれるものである。

表-9に各国のフライアッシュとボトムアッシュの生産状況を示す。

(2) フライアッシュとボトムアッシュの性状

フライアッシュの性状は、原料となる石炭と燃焼条件によって決まるといえる。一般にフライアッシュの粒度は、シルトと砂の中間的な値を示す。また、その比重は、1.9~2.3であり単位体積重量は0.8t/m³と軽い材料である。フライアッシュは少量(2~3%)が水に溶解して、アルカリ性を呈する。

ボトムアッシュの性状は、燃焼炉の形式に左右され、

その粒子は、多孔質で角張っており、フライアッシュに比べて粗くなっている。

(3) フライアッシュとボトムアッシュの利用

フライアッシュは、その固結する性質を利用して、セメントや石灰の安定処理でのセメント、石灰の代替えまたはそれらの一部として用いられる。

また、フライアッシュは、アスファルト混合物のフィラーとしても用いられる。その化学成分は、天然のトリニダードフィラーと変わりはなく、石灰岩フィラーと同様の空隙充填効果がある。また、フライアッシュフィラーを用いたマーシャル試験から、使用可能であるという結果が得られている。ヨーロッパでは、フライアッシュはアスファルト混合物によく用いられており、特にオランダでは、20年の実績をもっている。

アメリカではボトムアッシュは、粒状路盤として使用する場合、粒子の強度に関する基準があり、この基準によると、道路用材料には、何らかの処理が必要となる。

3-3-2 硫酸カルシウム

硫酸塩を含んだ廃棄物というものは、様々な所から発生する。例えば、煤煙の脱硫過程で発生するものや、鉱山廃液の中和によって生じるものなどがあげられる。この脱硫煤煙の中には、硫酸カルシウムの他に亜硫酸カルシウムなどの硫化物も含まれており、多種多様な物理・化学性状を示す廃材が道路建設に用いられている。

硫化物廃材に関しては、石灰、フライアッシュおよび土砂と混合して道路建設用材料として用いる研究が、ミニック(Minnick)らによって始められ、現在までに次のようなことが判明している。

- ① 配合、締固め、養生を適切に行えば、盛土材、路床および路盤材としての使用が可能である。
- ② 硫化物、石灰、フライアッシュの混合物は通常の土砂より軽く、軟弱地盤上の盛土材としては有効で

表-9 フライアッシュとボトムアッシュの年間製産量 (百万トン)

	フライアッシュ	ボトムアッシュ
カナダ	1.8 (+)	0.45 (+)
デンマーク	0.3 (+)	0.13 (=)
フィンランド	0.25 (+)	0.1 (+)
ドイツ	7.3 (+)	6.6 (+)
オランダ	なし	製産なし
スイス	0.008 (不明)	製産なし
イギリス	7.5 (=)	2.5 (=)
アメリカ	36 (+)	17 (+)

(+) 前年より増 (=) 前年並

ある。

- ③ 凍結融解や乾湿繰返しに対する耐久性が低い。
(養生 23℃, 7 日強度)

3-3-3 硫黄

硫黄のアスファルト舗装への利用は、以前から行われていたが、経済的な理由などによりその使用例は少なかった。しかし、近年石油製品の脱硫に関する基準の強化に伴い、その副産物としての硫黄の生産が増えた。そこで、再び硫黄のアスファルト舗装への適用技術に関心が向けられるようになってきた。

表-10 に各国の硫黄の生産状況を示す。

表-10 硫黄の生産状況 (百万トン)

カナダ	18	硫黄の貯蔵量
フィンランド	0.3	年間生産量
フランス	1.75	年間生産量
アメリカ	12	年間生産量

(1) 硫黄の主な特性

硫黄は、直接硫黄として産する天然硫黄と、他の鉱物の副産物として得られる場合の 2 通りがある。

硫黄は 95℃ までは、比重 2.06 の菱形の結晶で安定しているが、この温度以上では、比重 1.96 のプリズム形の結晶に変化する。119℃ で硫黄は液体になり（比重約 1.80）、粘度は 158℃ までは温度の上昇に伴ない減少すよが、それ以上の温度では逆に増加し、200℃ から再び減少し始める。

(2) 硫黄の利用

アスファルトに硫黄を添加すると、添加初期では、アスファルトは柔くなるが、30~50 時間後には針入度は、アスファルトそのものと同等の値となり 100 時間位で安定する（表-11）。

表-11 硫黄アスファルトの針入度の変化

	(25℃)					
	時間	0	20	40	60	100
ストレートアスファルト 60~80		90				
ストレートアスファルト (60~80) 60% と硫黄 40%		130	120	90	80	70

硫黄添加によって、硫黄がフィラーやバインダとして働き、再結晶する際にアスファルト混合物の空隙を満たし、混合物の剛性を増す働きがある。図-3 にテキサス道路協会 (Texas Transportation Institute) の研究結果を示す。これによると、硫黄の添加が増すに従って安定性が増加することがわかる。また、アメリカ、カナダおよびフランスでは、硫黄を添加した混合物による舗装を行っており良好な結果を示している例もある。

さらに、アスファルト混合物に、硫黄と同時にゴムラテックスを添加することにより、耐油性にも効果がみられる（表-12）。

3-3-4 浚渫泥

河川や海などの浚渫によって発生する汚泥は、環境問題などの制約により、処理場（捨て場）が少なくなっている。そこで、大量の材料を必要とする道路盛土などへの利用が注目されている。しかし、利用度の評価としては、2-2 に示した、利用方法によっては使用可能であるというランク 3 に分類される。また、その理由としては、次のようなことがあげられる。① 発生場所が限られる。② 種々の有機物を含む。③ 粒度が細かすぎて強度が出ない。④ 脱水が必要である。⑤ 重金属などの有害な物質を含む可能性があり周囲の環境に対する影響が懸念される。

3-4 都市廃材

3-4-1 焼却炉の灰

生活廃材として発生するごみ 1 トンの焼却により、約

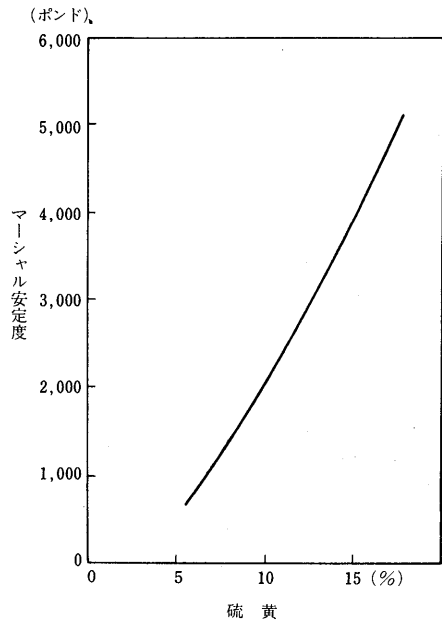


図-3 硫黄の添加量とマーシャル安定度の関係

表-12 灯油に浸漬前後の混合物のマーシャル安定度 (60℃)

	浸漬前	浸漬後	低下%
通常のアスファルト	945 kg	358 kg	62
処理したアスファルト	935	805	14

250～300 kg の灰が発生するといわれている。ごみには、色々なものが含まれており、アメリカの例を示すと表-13 のようになっている。そのため、これらのごみの焼却によって生じた灰にも表-14 に示すように種々の物質が混在しておりその性質も複雑である。

表-13 都市廃材の内訳(アメリカ)

内 容	容 容	割 合 %
紙 屑		50
食 物 屑		12
木 材		10
皮、布きれ、プラスチック、ゴム、灰、等		10
金 属		9
ガ ラ ス		9

表-14 焼却炉灰の内訳 (重量%)

内 容	A		B		C	
	範 囲	平均	範 囲	平均	範 囲	平均
ガ ラ ス	45.1-55.2	50.1	43.3-52.4	48.4	59.9	59.9
鉄	23.6-32.8	28.2	27.0-36.6	31.5	40.9	40.9
灰	15.9-18.6	17.2	13.1-19.4	17.0	59.9	59.9
陶器と石	1.2-2.3	1.6	1.4-2.9	2.2	0.1	0.1
非鉄金属	4.1-1.2	2.3	0.7-1.1	1.0	0.1	0.1

A. 2 バッチ式焼却炉 B. 4 バッチ式焼却炉
C. ロータリー式焼却炉

このような廃材(灰)は使用方法も限られているが、オランダでは、かなりの量を歩道、駐車場および軽交通道路の路床や路盤に用いている。また、ドイツでも焼却灰の約半分を、林道や農道の盛土材として用いている。

3-4-2 下水汚泥

下水汚泥は、下水中に含まれる浮遊物や溶解物質を沈澱させたものである。汚泥の量は、下水処理の方法によって変わってくるが、その量は膨大なものとなっている。(例えばアメリカでは 0.1 kg/人・日といわれている。)また、汚泥を処理できる場所も限られており道路建設への利用が期待されている。

汚泥の中には、木ぎれやゴムなどが10%以上も混在している。また、その他に有害な重金属も含まれており(表-15)その性状は複雑なものとなっている。

汚泥の用途としては、スイスなどでは、農業の土壤改良に用いているが、フランス、イタリア、イギリスではかなりの量を道路の盛土材として用いている。

下水汚泥の使用に当たっては、悪臭による大気汚染や含まれる重金属などによる水質汚染などに注意を要する。

3-4-3 建設廃材

建設廃材に含まれる廃材には、ビルの取り壊しによって発生する廃材や、コンクリート舗装、アスファルト舗装の打換えなどによって発生するものがある。これらを

道路建設用の材料として使用する際には、道路の施工工程にあった廃材の量の確保が最も問題となる。建設廃材の発生量は、アメリカにおける推計によると、年間およそ2,000万トン程度であるといわれている。

これらの建設廃材は、木材や鉄筋などの有害物質を取り除いた後クラッシングされて路盤材として使用される場合が多い。

特に近年注目されているものとして、古いアスファルト舗装を再生利用するリサイクリング工法があげられる。この工法は、わが国でも約 260 万 m²²⁰ (58 年度末)の実績がある。このリサイクリング工法の利点としては、廃材の処理の手間が省けるだけでなく、使用する骨材やアスファルトの量を節約することができることもあげられる。

3-4-4 ゴム、プラスチック、ガラス

(1) ゴム

ゴム廃材は主に古タイヤとして発生する。この古タイヤなどのゴム廃材は粉碎されたものが道路用の材料として用いられる。この粉状のゴムは、スポーツ用コート等の表層の仕上げに用いる材料として用いられる例がある。

(フィンランド 90 トン/年、フランス 500～700 トン/年)道路舗装用材料としては、表層混合物の材料としての使用が一般的であり、アメリカでは年間約 2,000 トン利用されている。この場合、ゴムの添加量はアスファルト量の 20% 程度である。

(2) プラスティック

プラスチック廃材は、主に再生してプラスチックとして利用される。ドイツでは、道路の表層用材料として、プラスチック廃材とアスファルトを 4:1 の割合で混合した熱可塑性バインダと碎石を混合した合材の研究も行われている。

(3) ガラス

ガラス廃材についても、大部分はガラス工場から出る廃材で、そのほとんどは工場内で再生利用されている。

表-15 下水汚泥の内容 (フィラデルフィア)

固体分	灰の割合	揮発性分	熱量(cal/mg)	油(mg/kg)			
9-44	6-25	16-76	1212-3870	28-165			
重金属(mg/kg)							
Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Hg	COD* (mg/kg)	TKN** (mg/kg)
2270-	575-	748-	805-	18-	92-	92-	8-
4410	1000	1680	2610	33	937	316	40

* 化学的酸素要求量

** 総ケルダール窒素量

ガラス廃材を道路建設に使用するための研究はあまり行われていない。しかし、アメリカやフランスで行われた研究では、ガラス廃材、ソーダ灰および石灰を混合したものが水硬性を示すことを利用して、路盤の結合材として用いようとしたものがある。

3-5 林業廃材

3-5-1 木くず

木材産業で発生する木くずは、樹皮とおがくずおよびチップに分けられる。以前は、これらの廃材の利用範囲は非常に狭かった。しかし、道路建設に関しては、ノルウェーやスウェーデンでは、軽量盛土や凍結防止のために、樹皮を使用する研究が進められている。

図-4 にノルウェー、スウェーデンの凍結防止層の設計を示す。

4. 利用に関する問題点

産業廃棄物や工業副産物の道路建設用材料としての適用範囲を考えると、高炉スラグや製鋼スラグを除いて舗装体に単体で利用できるものは少ない。したがって、各廃材は、何らかの方法で改良しない限り使用に適さない場合が多いといえる。

産業廃棄物や工業副産物を道路建設用の材料として用いる場合、利用上の便益性ばかりではなく、資源保護の問題や、環境への影響なども重要な検討課題といえる。

この環境への影響には、水質汚染、大気汚染、放射能汚染などが考えられる。この中でも、特に廃材が水に溶解して広がる汚染が多い。

水に溶解する物質としては、生石灰（酸化カルシウム）、消石灰（水酸化カルシウム）および種々の硫化物が考えられる。これらの物質の、溶解による道路への影響および周辺環境への影響を考えるには、① 廃棄物の、水による体積損失の程度（長期的にみて）、② 溶解液の濃度、③ 溶解物質やそれらのイオンの化学的性質などを知る必要がある。しかし、溶解に関する試験法というのは、標準化されていないのが現状である。そこで、現在のところは、溶解物質の濃度よりも、溶解物質が他の物（構造物、材料）に及ぼす影響から汚染の程度および廃棄物が有害であるかどうかの判断をしている。また、溶解物質で他の構造物に悪影響を及ぼすものとしては、硫化物などがよく知られている。

廃材などに含まれる、ベリリウム、フッ素、ヒ素、セレンウム、重金属および有害な有機物の溶解により、表面水および地下水を汚染し、人や動植物に対して悪影響を及ぼす恐れのある廃材についてはその使用にあたって十分な注意が必要である。そこで、水に溶解する汚染物質を含む廃材を使用する際の予防措置としては、舗装表面を不透水性にする、途中で遮水層を設ける、盛土法面を透水性の低い材料で被覆するなどの対策が考えられる。

大気汚染に関しても、アスベストを多く含む鉱山廃棄物を利用するときには、十分な配慮が必要である。

特殊な汚染物質として放射性物質があげられる。放射性物質を含む鉱石の処理廃材に放射能が残っている場合、放射能レベルによっては、人口密集地などでの影響を考える必要がある。アメリカやカナダでは、ウラン鉱を処理した後の廃棄物を盛土材料に用いた所などでこのよう

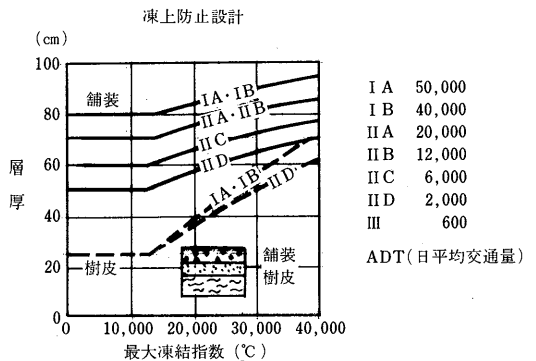
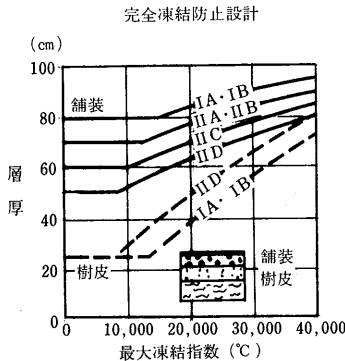
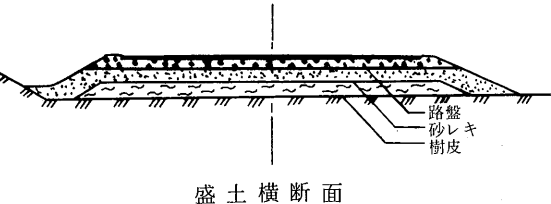


図-4 凍結防止層の設計

な問題が発生している。

5. ま と め

産業廃棄物や工業副産物の道路への利用に関して、OECD 諸国内での利用状況をまとめたものを表-16に示す。これによると、各廃材とも盛土材や路床、路盤材としての使用法は、確立されているものが多くなっている。また、廃材の種類別にみると、スラグや産業廃材などは、色々な目的での使用法の確立がみられる。しかし、農林業から発生する廃材については、今後のより詳しい研究が必要な分野であるといえる。

6. あとがき

本報告では、OECD 諸国における産業廃棄物と工業副産物の産出状況、使用状況および使用に当たっての注意点を述べて来た。

一方、わが国をみると、各種の廃材や副産物の中で、基準化されたものとして道路に使用されている材料は、高炉スラグや製鋼スラグなどの鉄鋼スラグおよび舗装のリサイクル合材などがほとんどである。しかし、このOECD レポートによると、その他材料にも使用可能で

あらかつ有効なものが見受けられる。したがって、今後わが国においても、廃材処理の効率化、省エネルギーおよび自然保護の立場から、使用可能な産業廃棄物や工業副産物については、積極的な使用が望まれるところである。この報告が、産業廃棄物や工業副産物の使用の促進を図る上での一資料となれば幸である。

しかし、筆者が未熟なため、内容を十分に伝え切れなかった部分もあると思われる。そこで、興味を持たれた方や、今後廃棄物の道路への適用の検討に携わる方々については、原文を一読されることをお勧めする。

〔参考文献〕

- 1) 地学団体研究会地学事典編集委員会 地学事典
昭和45年11月
- 2) 鉄鋼スラグ協会 高炉スラグ路盤設計施工指針
昭和57年6月
- 3) 鉄鋼スラグ協会 製鋼スラグ路盤設計施工指針
昭和60年9月
- 4) (財)高速道路調査会 路上表層再生工法に関する
研究報告書 昭和60年2月

☆1986年版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、
毎年改訂発行しております。
ただいま発売中です。

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』1986年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文72ページ・実費領価1部 700円(送料実費は申込者負担)
ハガキにてお申込み下さい。

主 な 内 容

- | | |
|---------------------|--------------|
| ○石油アスファルトの生産実績 | ○昭和61年度の道路予算 |
| ○石油アスファルトの需要推移 | ○道路の現況 |
| ○石油アスファルトの需要見通し | ○道路整備5ヵ年計画 |
| ○石油アスファルトの製造及び流通 | ○参考資料 |
| ○石油アスファルトの生産場所及び油槽所 | ○石油供給計画 |
| ○石油アスファルトの製造原油 | ○主要諸国の道路事情 |
| ○石油アスファルトの品質規格 | ○データーシート |
| ○石油アスファルトの用途 | ○住所録 |
| ○石油アスファルトの価格 | ○会員名簿 |
| ○道路投資額と石油アスファルト需要 | ○関連官庁・関連団体 |

表-16 道路建設に用いる産業廃棄物と工業副産物の使用状況のまとめ

産業廃棄物または工業副産物	バインダ	安定処理 材 料	フィラー	ポルトランド セメント コンクリート	アスファルト 混 合 物 骨 材			盛土
					表層	基層	路盤	
鉱山と採石場の廃材 鉱山と採石場の廃材 a. 炭鉱廃材 b. 採石場の廃材 c. 鉱山廃材 d. 粘板岩層 e. 油頁岩廃材 f. 陶土 g. カリ塩鉱床		△	△	△ △ ○	△ △ △ △ △	△ △ △ △ △	△ △ △ △ △	○ ○ ○ △ ○ ○ ○ △
尾 鉱 a. 鉄鉱石 b. タコナイト c. 鉛・亜鉛 d. 銅 e. 金 土砂・スラッジ 赤泥			△		○ ○ 	○ ○ 	○ ○ △ △ △ △	○ ○ △ △ ○ △
金属精練により発生する廃材 鉄鋼スラッグ a. 高炉スラッグ — 徐冷スラッグ — 急冷スラッグ — ペレタイジングスラッグ — 膨張スラッグ b. 製鋼スラッグ	○ ○ △	○ ○ △		○ ○ ○ ○ 	○ ○	○ △ ○	○ ○ △ △ 	○ ○
非鉄金属スラッグ a. 亜鉛スラッグ b. 銅スラッグ c. ニッケルスラッグ d. 磷酸鉱物 鑄造場の廃材 陶器れんが屑		△ △ △ △		○ ○	 ○	△ ○ ○ △	△ ○ ○ ○ ○ △ △	△ ○ ○ ○ ○ △ △
産業廃材 アッシュ a フライアッシュ b ボトムアッシュ c a. b. の混合物 乾燥炉灰 硫黄 浚渫泥 廃プラスチック 硫酸焼鉱	○ ○	○ 	○ ○	○ △ △	△ ○ △ △	△ ○ △ △	○ ○ △ 	○ ○ ○ ○ ○ △ ○
生活廃材 焼却炉廃材 a. 灰 b. クリンカ		△ 	△ 		 ○	 ○	 ○	○ ○
建設廃材 a. 建築物廃材 b. アスファルト舗装 c. コンクリート舗装 ガラス タイヤ		 △			△ ○ ○ ○	△ ○ ○ △ △	△ ○ ○ ○ △	○ ○ ○ ○
林業廃材 材木屑 a. 樹皮とおがくず b. リグニン c. パルプ廃材		 △ △						○

○ 使用方法が確立されているもの
△ 試験的な使用

雪 雑 感

～青森の冬と春～

角 町 洋

建設省東北地方建設局青森工事事務所長

＜青森の雪＞

青森の冬は長くきびしい。今冬、青森市では雪が累積で 1150 cm も降った。(青森工事事務所観測) 過去 10 年間の平均が 757 cm であるからかなり多かった方だ。昨年は 748 cm、一昨年は 883 cm でこのところ豪雪が続いているといえる。今冬の最大積雪深は青森气象台によると 194 cm で、(青森工事観測では 197 cm) これは昭和 51 年度の 195 cm に次ぐ史上 3 番目でしかも 2 位まであと 1 cm である。史上最高は昭和 19 年度の 209 cm だそうである。過去 10 年間の平均最大積雪深は 140 cm である。青森市は 30 万都市の中では日本は勿論、世界でも最も積雪の多い都市だそうである。海沿いの平地にありながら何故こんなに降るのだろうか。そのしくみはよく解らないらしいが、青森市の南にある八甲田山(海拔 1585 m)の影響が大きいらしく、陸奥湾から吹き込む北々西の風が八甲田山に当たって東に向きを変える時、また日本海からの西風が八甲田山に当り山の斜面を北東進する形で青森市附近を吹き抜ける時、つまり北の風でも西の風でも日本海から運ばれた湿った風が青森市に多くの雪を降らすのだと言われている。

これに対して藩政時代の津軽藩都弘前市は青森市に較べて雪は少ない。これは冬の風に対して岩木山(1625 m)のかげになるからと言われている、やはり昔の殿様は良いところに城を築いていたと今でも尊敬されているのである。一方昔南部藩の区域だった太平洋側の八戸、十和田方面は雪は少ない。過去 10 年平均で最大積雪深で 42 cm、累積で 140 cm 程度しか降らない。但し 3 月中旬～4 月上旬にドカッと降ることがある。冬の気圧配置が緩んで八戸にドカ雪が降ると冬も終りに近いと言われる。文字通り春の淡雪である。

＜除排雪＞

これだけの雪であるから冬の一の仕事は道路除排雪である。その体制は 260 km の県内直轄国道管理区間を 7 工区に分け、全て請負施工で行っている。機械は除雪

グレーダー 20 台、ロータリー除雪車 6 台、凍結防止剤散布車 8 台等全部で 50 余台用意してあるが、ほかにトラクターショベル、除雪グレーダー等 10 余台、それに排雪運搬用ダンプトラックは請負業者の持込みによっている。除雪ステーションに常駐する作業員に対して、気象情報や降雪の具合、路面状況によって出張所長から出動の指示をしているが、新雪除雪(10 cm 以上の積雪の場合)は午前 2 時頃から出動し、通勤通学のラッシュ前には完了するようにしているが大変な作業である。長く除雪を担当している業者の現場代理人は、今夜大雪が降りそうな晩などには、剣の達人が感じると言われている殺気のようなものを自然に感じるようになったと言っていた。こうした人々によって冬の道路は守られているのである。

青森市内など両側に家屋が連担して雪を飛ばすわけにもいかず、また雪堤があまり大きくなって車道幅員が狭められるような場合はダンプトラックによる運搬排雪となるが、これが非常に高くつき青森市内で 1 回行くと 1200 万円かかる。ちなみに青森市当局が行う市道関係の一斉排雪は 4～5 日かけて 1 回当たり約 7 億円の費用がかかるといわれ、一冬で 15 億円の除雪費というから、雪国の宿命とはいえ勿体ないという気持ちが先に立ってしまう。なんとかならないかと思うのだが、差し当り良い知恵がない。

＜路面の摩耗＞

県内では冬期間は 90% 以上の車がスパイクタイヤを着装していると推定されている。仙台等ではスパイクタイヤによる粉塵公害が大きな問題となっているが、青森市では路面が圧雪状態か少なくとも湿潤状態であることが多いため、粉塵は 11 月から 12 月の初雪の前と 3 月から 4 月の雪融け頃に目につく程度である。これに対して八戸市等太平洋側では路面が乾燥露出している日が多く粉塵が多いようである。

やはり県内ではスパイクタイヤによる路面の摩耗が大

きな問題である。県内の直轄国道管理区間 260 km のうち現在 80% の 210 km がアスファルト表層で残り 50 km がコンクリート路面である。改築当初は 120~130 km 程度がコンクリート舗装であったようだが逐次アスファルトでオーバーレイを行ってきた。このコンクリート舗装は昔の 25 cm のコンクリート版だったから、メッシュの深さは 8~9 cm 程度あったはずだが、現在このメッシュが表面に露出してしまっているところがありパンクの原因ともなりかねないのでとりあえず切っ

歩いている有様で摩耗のすごさに驚かされる。
さてアスファルト表層の摩耗、わだち掘れの深さの状況であるが、当然交通量その他の状況によって異っているが、十和田出張所管内の 4 号で等厚で維持修繕工事をしたあとの追跡調査によると、1 年後に 8~14 mm、平均で 10 mm 程度、2 年後 16~27 mm 平均 18 mm、3 年後には 18~37 mm 平均 25 mm 程度にもなっているようである。比較的気温の高い日などはこんなわだちに融雪水がたまり通行車輛による水しぶきというより泥水しぶきが、路側の家屋の塀を汚したり歩行者を悩ませるのが見なれた光景になってしまっている。こうした状況に対して「いかにすればわだち掘れの少ない路面を確保することが出来るか」をテーマとして地元の現場に密着した研究に取り組んでいるグループがあるので紹介したい。

十和田国道維持出張所では、昭和 56 年度以降の維持修繕工事施工箇所の摩耗の程度、骨材の性状等路面の経年変化を毎年施工業者グループと共に調査していたが、昭和 59 年 6 月には施工業者が主体となって「十和田地区舗装研究会」が発足した。石井富男出張所長の報告をきいてみよう。

<ルール工法>

「この会の構成は施工業者 11 社（うちアスプラント保有 6 社）、アスプラント 3 社となっています。課題に対応するため先ず手掛けたことは、表層混合物に使用する材料の検討と As 量の決定についてでした。当地区は比較的骨材が入り易い地域で、粗骨材の碎石土場毎にかなりのバラツキが見受けられるものの比重も大きく材質のしっかりしたものが得られます。細骨材についても比較的安定した材質のものが人手可能であります。当地域における表層混合物は、細粒度ギャップアスコン（13 F および 20 F）を基調として使用しております。現場

配合の As 量の決定にあたっては耐摩耗を考慮し室内試験におけるマーシャル試験により得られた中央値よりも上限方向に 0.1~0.2% 程度 As 量を増加した混合物を用いております。しかし 59、60 年と猛暑が続き管内のあちこちで流動現象が生じたので As 量増加に疑問を感じたものです。61 年は再考の余地ありと思われま

す。次に施工法についてですが、路面のわだち補修工法の一般的な工法としては、① 切削+等厚舗装 ② 全面オーバーレイ ③ 半面オーバーレイ ④ レール工法等が代表的な工法ですが、当会では 59 年度から ④ のルール工法について従来の応急処理的なものから一歩踏み出して完成形の補修工法に位置づけています。これはルールをカマボコ型に施工するのがミソでこの工法について述べてみたいと思います。但しこの工法を採用できる箇所としては、① 2 車線道路でハミ出し禁止の規制がされていること、② 流動がないこと、等であり施工時期は 6 月から 8 月の暑い時が最適です。作業の流れは次のようです。

① 道路延長 100 m 毎に既設路面の横断形状を測定する。
② 横断図を作成しルールそのものの形状を最終的にカマボコ型とするために既設路面の一番高いところより 1 cm あげて計画線を入れる。
③ 施工は 1 車線分 2 本のルールを同時施工するためフィニッシャーにアタッチメントを取り付ける。
④ ガムテープまたは型枠を設置する。
⑤ 乳剤を全面に亘って散布する。
⑥ フィニッシャーで舗設を行う。
⑦ ガムテープまたは型枠を撤去する。
⑧ レーキでサイドが 0 になるように混合物を中央にかき上げる。
⑨ カマボコの高さをチェックする。
⑩ 一次転圧はできるだけ高温のうちに振動ローラによりサイドを先に行い、後に中央部の締固めを行う。
⑪ 二次転圧はタイヤローラで十分に締固める。特にサイドは入念に。
⑫ 温度低下を待って交通解放する。施工上特に留意する点としてはカマボコの高さは 1.5~2 cm 程度がよく、あまり高く出来上がるとバイク等の走行に危険が生ずる場合があります。フィニッシャーに取りつけるアタッチメントについては各社それぞれに工夫し 2 年間の実績でかなり改良が加えられあと一歩という段階です。ルールをカマボコ型に仕上げるメリットとしては、① 直線施工とした時は交通解放後の自然転圧および一冬経過後の摩耗等により翌春にはわだちが生ずるが、カマボコ型にすることにより直線施工と同じ状態となるまでは 2~3 年かかるため寿命が長い。
② レール上に水が溜らないため摩耗する速度が遅い。
③ 施工時点での締固め

のみでかなりの密度が得られる。④わだち部のみの補修であるので経済的である。⑤わだちが出来難いため水はねがない。等が2回の路面調査において実証済みです。以上今春までの成果を報告しましたが、当研究会の今後の課題としては、①耐摩耗、耐流動を考慮した十和田地区にマッチした新しい混合物の開発、②施工機械の研究、開発等が必要と考えております。

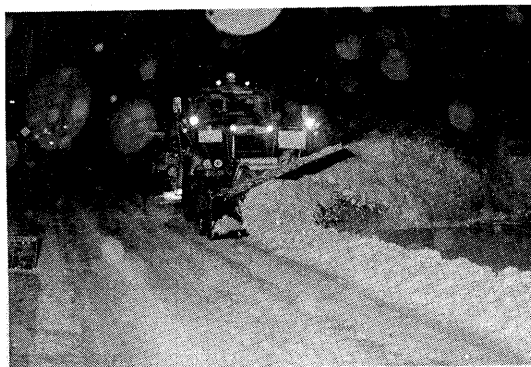
＜雪融け＞

今年積雪が0つまり雪融けが終ったのは4月10日で、この頃つまり雪の中から黒い土が見えてくると本当にホッとした気持ちになる。土とはこんなに暖いものかと思う。しかし道路管理に携わる者としては、それからひとしきり雪の後始末で忙しくなる。まず区画線である。冬の間スパイクやチェーンに削りとられて見事にノッペラボーな路面になってしまう。急いで区画線や横断歩道表示をひかなければならない。それからスパイクやチェーンにたたかれてあいたポットホールや穴うめである。大きい

のになると30～50 cm、深さ5～10 cmもの穴は急いで応急手当をする必要がある。さらに路側に溜った泥の除去がある。路側の雪堤は消えても雪にまぎれ込んでいた泥が残っており、これは人力でスコップで削りとらなければならない。これをとらないと外側線がひけないこともある。こうして道路も春の化粧をしてやっと一人前の顔になったという感じになる。

それにしてもこの頃の風光はすばらしい。青森に桃が少ないのは残念だが、桜と梅が一度に咲き出す。桜の花が散った頃、今度はリンゴの白い花が咲く。遠くから見ると霧のような感じだがリンゴ畑に近寄ってみるとリンゴ林の根本は一面のタンポポで白と黄の対比の美しさに見とれてしまう。

そしてあれだけの雪の苦労と悩みも不思議に雪の融けると一緒に忘れてしまい、雪のことをあまり考えていない全国画一的な標準にならった道路の構造を設計してしまったりするのである。



深夜の除排雪作業の効率は作業員のカンと経験に負うところが多い。

石油需給動向

(燃料油とアスファルト)

真山 治信*・土居 貞幸**

先般、通産省より「昭和 61～65 年度石油供給計画」および「昭和 61～65 年度アスファルト需要見通し」が、それぞれ公表されました。すでに各方面で取り上げられたところであるが、おのおのの主だった特徴的な事項に関し、図表を中心に簡単な紹介を試みました。なにかの参考になれば幸いです。

「昭和 61～65 年度石油供給計画」について

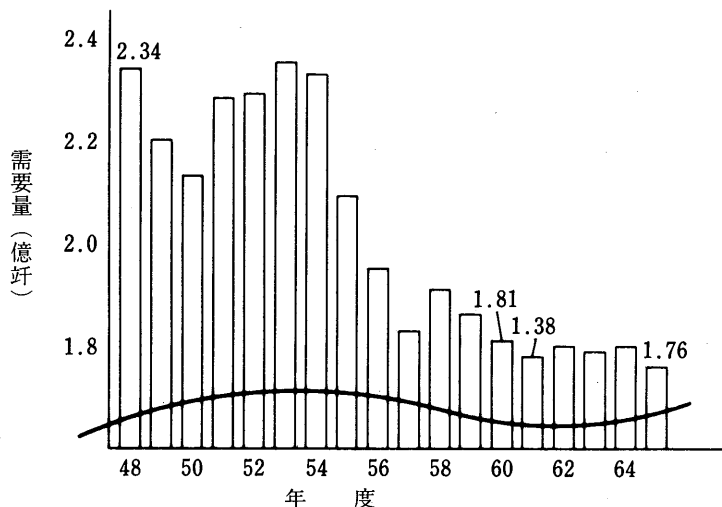
1. 石油製品の需要は依然として低迷

図—1 でみる通り、昭和 48 年度の第 1 次石油ショックを境に、石油製品の需要は今なお低迷を続けています。

昭和 61 年度でいえば、灯油が前年度は厳冬による旺盛な需要増があったのに対し、今冬は平年並みの寒さと想定したため需要減になっていること、さらには電力向けを中心とする C 重油の構造的な需要減が避けられないことなどから、結局、石油製品全体の需要は前年比 1.3 % のマイナスと見込まれています。

さらに、昭和 62 年度以降でも、年度ごとに若干の増減はあるものの、ほぼ横ばいで推移するものとされています。

つまり、これらの動向をひとことでいえば、揮発油および中間三品（灯油、軽油、A 重油を総称）は概して堅調に推移するものの、電力向けを中心に C 重油全体が、原子力や石炭、そして LNG（液化天然ガス）などの代替エネルギーへの移行の影響を受けて、引き続き需要が減少していくと見込まれているものです。



図—1 石油製品の需要推移（製品合計）

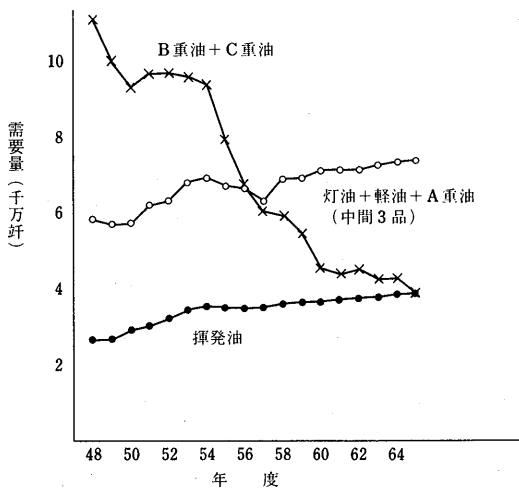
* さなやま はるのぶ 東亜燃料工業(株)企画部

** どい さだゆき (社)日本アスファルト協会

2. とどまらない製品別需要構成の変化

図一2と3は、製品別の需要構成推移を表わしたものです。いわゆる世間一般でいわれている「白油化」とか「軽質化」を意味しているものです。

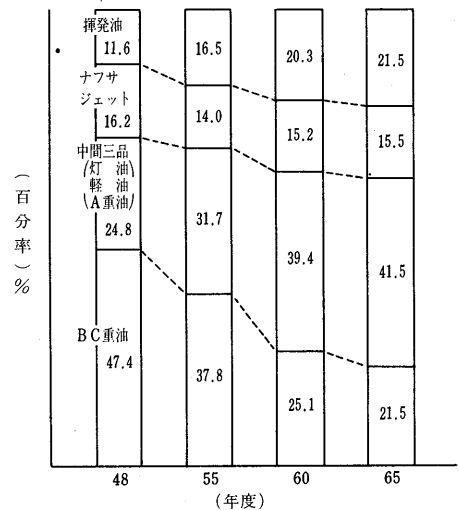
すなわち、揮発油は乗用車保有台数の堅調な伸びに支えられ、また軽油は情貨物輸送の伸びやトラック保有台数の伸びを背景に、いずれも堅調な需要増が見込まれています。一方、灯油は民生用が世帯数の伸びに応じ期待できるも、産業用が減少傾向にあるため、全体としてはほぼ横ばいとされています。



図一2 石油製品の需要推移 (製品別)

反面、C重油は、昭和61年度にあっては、原子力発電の高稼働や石炭火力発電の稼働開始が見込まれること、また昭和65年度にあっては、大規模な原子力発電や石炭火力発電の稼働開始などが見込まれ、さらにはオーストラリアからのLNG(液化天然ガス)導入が本格化するなどで、引き続きの減少が見込まれています。

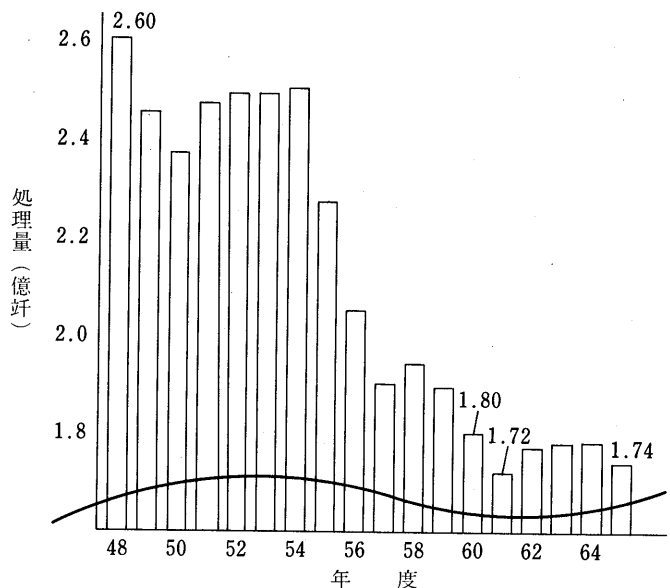
この結果、石油製品の需要構成は図一3の通り、昭和48年石油ショック時に比し、B、C重油が半分に激減し、代りに揮発油や灯・軽油などが増加しているわけです。



図一3 石油製品の需要推移 (構成比)

3. 当然のごとく原油処理も低迷

図一4は原油処理の推移ですが、当然のごとく、石油製品の需要低迷をそのまま受けて、ほぼ同様の傾向となっています。因みに、昭和48年度で約8億6千万軒の原油処理レベルからは、約8千万軒のレベルダウンで、実に約3割減に相当し、そしてここ当分このような状態が続くものとされています。



図一4 原油処理の推移

4. 変貌する供給条件

そのほか今回の石油供給計画では、つぎの点が定められており、今後の石油製品供給上の大きな調整事項となっています。

- 1) 揮発油、灯油および軽油などの製品輸入を法制度上からも可とし、今回の供給計画にも計上されたこと。
- 2) 灯油の毎年9月末在庫（需要期対策）670万軒を、最近の安定確保可能情勢を背景に600万軒に引き下げたこと。
- 3) 原油処理能力が現在100万B/D過剰であること。
- 4) 揮発油生産設備が64～65年度で約5万B/Dの

増強が必要であること。

表－2 石油製品の生産得率（原油処理量 100%）

年 産	48	55	61	65
製品別				
揮 発 油	10.7	15.2	20.3	20.6
ナフサ				
ジェット燃焼油	13.6	11.2	8.4	8.9
中間三品 （灯油、軽油、A 重油）	23.2	29.0	39.0	40.5
B, C 重油	44.3	36.2	23.5	20.0
燃料油 計	91.8	91.6	91.2	90.0

* 100%未満分は潤滑油、アスファルト、精製用燃料等

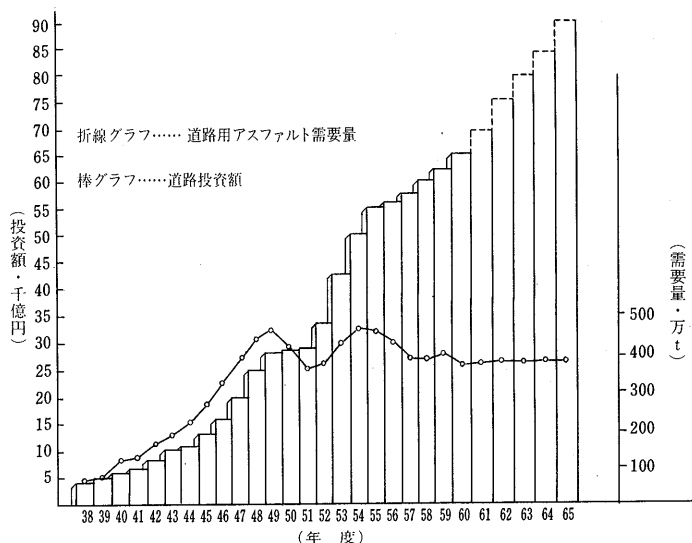
表－1 石油製品の需要推移（対前年度増減率

項 目	実 績						見 通 し					
製品別	56/55	57/56	58/57	59/58	60/59	60/55	61/60	62/61	63/62	64/67	65/64	65/60
揮 発 油	2.2	0.2	2.1	△ 0.1	2.0	1.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
中間三品												
灯 油	0.3	△ 6.3	15.1	△ 3.7	2.3	1.3	△ 3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	△ 0.7
軽 油	1.0	1.5	7.8	3.9	4.2	3.7	3.1	3.2	2.5	2.4	2.1	2.6
A 重 油	△ 4.5	△ 5.1	5.3	△ 0.5	1.4	△ 0.8	△ 3.1	△ 0.3	0.0	△ 0.1	△ 0.1	△ 0.7
B, C 重油												
B 重 油	△ 25.1	△ 29.5	△ 10.8	△ 9.7	△ 5.5	△ 16.6	△ 5.6	△ 4.0	△ 3.3	△ 3.3	△ 3.3	△ 3.9
C 重 油	△ 13.7	△ 11.1	△ 0.7	△ 8.1	△ 16.5	△ 10.2	△ 3.4	2.1	△ 3.3	△ 0.7	△ 11.7	△ 3.5
製品合計	△ 12.4	△ 10.6	0.4	△ 6.2	△ 11.3	△ 8.1	△ 3.3	1.2	△ 2.3	△ 0.6	△ 7.8	△ 2.6

「昭和 61～65 年度アスファルト需要見通し」について

1. 今後微増が期待できる道路用需要
道路用ストレートアスファルトは、図一1をみるとおわかりのように、石油ショックの昭和48年度頃までは、道路予算（名目）の伸びにしたがって需要量も伸びていましたが、石油ショック以後は、道路予算の目盛りもあり、予算の伸びの割には、需要は伸びておらず、ここ数年はほぼ横バイの状態が続きました。

しかしながら、60年度から採られた財政措置や特定財源であるガソリン需要の伸びも期待できることなどから61年度以降、若干つつであるが需要の伸びが期待できる見通しになっています。



図－1 道路用ストレートアスファルトと道路投資額の推移

2. 全体の2割を占めるに至った燃焼用需要

燃焼用アスファルトは、重油・石炭等の代替燃料として昭和57年3月より使用が開始されましたが、図-2でみるとおわかりのように昭和61年度では、アスファルト需要全体の2割を占めるほどになりました。

しかしながら、昭和62年度以降については、最近の原油価格や代替燃料との競合、また、若干の設備投資をともなうことや新たに開始する需要家もないことなどから横バイで推移していくものと予想されています。

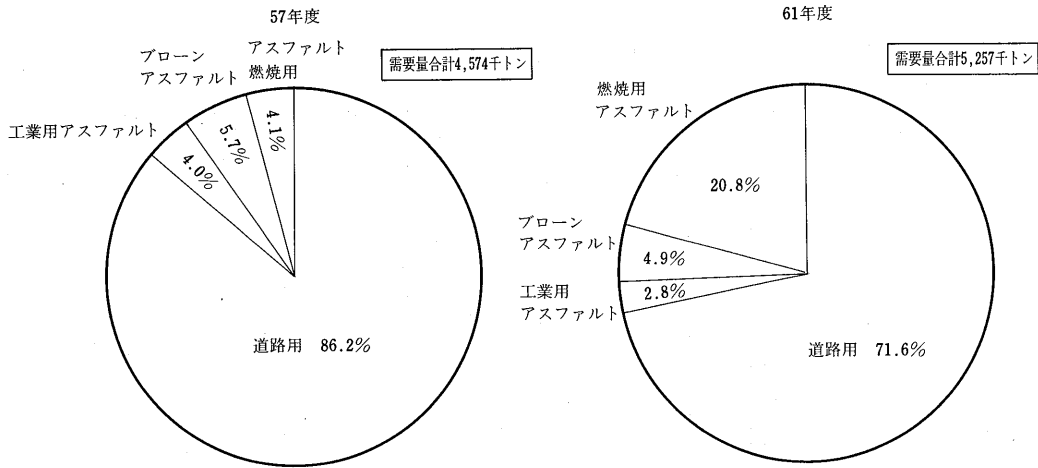


図-2 石油アスファルト需要構成比

表-3 昭和61~65年度石油アスファルト内需見通し (品種別明細) (単位: 千トン)

年度	項目	内 需 量					燃焼用	構 成 比 (%)					対 前 年 度 比 (%)					
		ストレートアスファルト			ブローン アスファルト	合 計		ストレートアスファルト			ブローン アスファルト	合 計	ストレートアスファルト			ブローン アスファルト	合 計	燃焼用
		道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			道路用	工業用	計			
54		4,618	177	4,795	343	5,138	0	89.9	3.4	93.3	6.7	100.0	99.5	67.0	97.8	109.2	98.5	—
55		4,232	184	4,416	287	4,703	0	90.0	3.9	93.9	6.1	100.0	91.6	104.0	92.1	83.7	91.5	—
56		4,080	203	4,283	275	4,558	4	89.5	4.5	94.0	6.0	100.0	96.4	110.3	97.0	95.8	96.9	—
57		3,943	184	4,127	260	4,387	187	89.9	4.2	94.1	5.9	100.0	96.6	90.6	96.4	94.5	96.2	4675.0
58		3,951	177	4,128	253	4,381	540	90.2	4.0	94.2	5.8	100.0	100.2	96.2	100.0	97.3	99.9	288.8
59		4,000	162	4,162	254	4,416	805	90.6	3.7	94.3	5.7	100.0	101.2	91.5	100.8	100.4	100.8	149.1
60	上 期	1,766	72	1,838	112	1,950	389	90.6	3.7	94.3	5.7	100.0	92.2	91.1	92.1	94.1	92.3	96.5
	下 期	1,940	73	2,013	135	2,148	536	90.3	3.4	93.7	6.3	100.0	93.1	88.0	92.9	100.0	93.4	133.0
	計	3,706	145	3,851	247	4,098	925	90.5	3.5	94.0	6.0	100.0	92.7	89.5	92.5	97.2	92.8	114.9
61	上 期	1,806	72	1,878	118	1,996	547	90.5	3.6	94.1	5.9	100.0	102.3	100.0	102.2	105.4	102.4	140.6
	下 期	1,956	73	2,029	138	2,167	547	90.3	3.3	93.6	6.4	100.0	100.8	100.0	100.8	102.2	100.9	102.1
	計	3,762	145	3,907	256	4,163	1,094	90.4	3.5	93.9	6.1	100.0	101.5	100.0	101.5	103.6	101.6	118.3
62		3,795	145	3,940	266	4,206	1,081	90.2	3.5	93.7	6.3	100.0	100.9	100.0	100.8	103.9	101.0	98.8
63		3,828	145	3,973	266	4,239	1,081	90.3	3.4	93.7	6.3	100.0	100.9	100.0	100.8	100.0	100.8	100.0
64		3,847	145	3,992	266	4,258	1,081	90.3	3.4	93.7	6.3	100.0	100.5	100.0	100.5	100.0	100.4	100.0
65		3,857	145	4,002	266	4,268	1,081	90.4	3.4	93.8	6.2	100.0	100.3	100.0	100.3	100.0	100.2	100.0

(注) 1. 60年度上期まで実勢である。
2. 四捨五入により実績値と一致しない場合がある。

歩道舗装

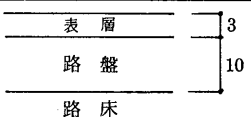
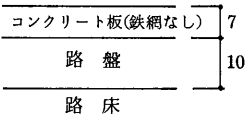
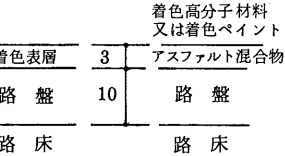
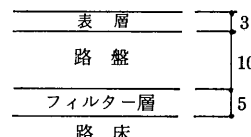
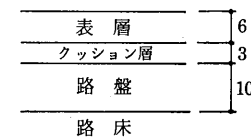
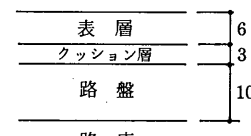
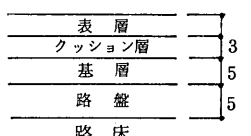
歩行者に安全な通行空間を提供し、あわせて自動車交通の安全性と円滑性を高めるために設ける舗装のことをいう。その設置は道路構造令（日本道路協会）に具体化されている。

舗装の仕様は、アスファルト舗装要綱（日本道路協会）では、アスファルト混合物による舗装や、透水性舗装などの例が示されているが、構内舗装設計標準（営繕協会）では、最近の新材料・新工法をとり入れて、①歩行者の歩きやすさ（平坦性、排水性、すべりにくさ、ソフト感等の性能）、②景観、周辺環境との調和（色彩、形状、建物や周辺環境との一体化等の性能）、③経済性（耐久性、維持管理の容易さ等の性能）等を考慮して表-1の中から適切な舗装工種を選ぶことにしている。

〔小島逸平 熊谷道路㈱技術研究所〕

表-1 標準断面と材料仕様等（営繕協会）

（単位 cm）

種 類	構 造	主 な 材 料 仕 様
アスファルト舗装		表層は加熱アスファルト混合物、路盤はクラッシャーラン等を用いる。 路面は排水のため、1.5～2%の横断勾配をつける。
セメントコンクリート舗装		セメントコンクリートの品質はセメントコンクリート舗装要綱（日本道路協会）表2-8に準ずる。 路盤はクラッシャーラン等を用いる。 収縮目地は打ち込みで5m、膨張目地として突合せ目地を用い30m程度の間隔にのける。
カラー舗装		カラー舗装は、次の工法の中から適切なものを選ぶ。 ① 表層用アスファルト混合物に無機系の顔料を添加する。 ② 着色骨材を用いる。 ③ 高分子材料（エポキシ樹脂、ウレタン樹脂等）に有機系顔料で着色したものを厚さ3～5mm程度に用いる。 ④ 路面に着色ペイントを塗布する。 路盤はクラッシャーラン等を用いる。
透水性舗装		表層は透水性アスファルト混合物（安定度400kg以上、空ゲキ率12%以上、透水係数 $k = 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 以上） 路盤は透水能の高いクラッシャーラン等を用いる。 フィルター層とは、路盤から浸透した雨水が急激に路床に入らないよう敷砂した層をいう。
コンクリート舗装		表層はコンクリート平板（カラー平板も含む）を用いる。 クッション層は砂またはセメント1：砂3程度配合のセメントモルタル（空練り）を用いる。 路盤はクラッシャーラン等を用いる。
インターlocking舗装		表層はインターlockingブロックを用いる。 クッション層には砂またはセメント1：砂3程度配合のセメントモルタル（空練り）を用いる。 路盤はクラッシャーラン等を用いる。 目地材は、砂、セメントモルタル等を用いる。
舗石・木塊舗装		表層は舗石、レンガ、木塊等を用いる。 クッション層は砂またはセメント1：砂3程度配合のセメントモルタル（空練り）を用いる。 基層はコンクリート版、またはアスファルト混合物を用いる。 路盤はクラッシャーラン等を用いる。 基層のコンクリート版の目地は、セメントコンクリート舗装に準じる。

針入度 (Penetration)

針入度は、1889年に Bowen により開発された試験法であるが、固形状のアスファルトの硬さを測定する上で、単純かつ迅速な方法であり、アスファルトの最も一般的な方法として広く用いられている。

試験法は、JISK 2207 (石油アスファルト) に規定されているが、一般に 25°C の温度条件下でアスファルト表面に規定の針をセットし、5 秒間、100 gr の荷重を載せたとき、針がアスファルト中に進入した深さを測定し針入度とする。単位は、0.1 mm を針入度 1 とする。

アスファルトは、温度が上がると軟化し、針入度も大きくなるが、温度と針入度の関係は、次式で示される。

$$\log \text{Pen} = AT + C \quad (\text{Pen: 針入度, } T: \text{温度} \\ A, C: \text{定数})$$

ここで、A はアスファルトの感温性を表す定数で、一般に、0.015 から 0.06 の値を示すが、2 点の異なる温度における針入度を測定し、次式より求められる。

$$A = \frac{\log \text{Pen}(T_1) - \log \text{Pen}(T_2)}{T_1 - T_2}$$

ここに、

$\text{Pen}(T_1)$: $T_1^\circ\text{C}$ における針入度

$\text{Pen}(T_2)$: $T_2^\circ\text{C}$ "

また、Pfeiffer と Van Doormaal は、この定数 A を用いて、メキシコ原油産の道路用アスファルトの感温性を、ほぼゼロの基準値とした針入度指数 (PI: Penetration Index) を提案した。

つまり、

$$\frac{20 - \text{PI}}{10 + \text{PI}} = 50A$$

または、

$$\text{PI} = \frac{20 - 500A}{1 + 50A}$$

この PI の範囲は、最も感温性の高いアスファルトで -3、最も低いもので、+7 程度の値を示す。

また、針入度と粘度の関係については、Saal らの研究によると、ニュートン流動をする針入度 60 以上のアスファルトの場合

$$\eta (\text{Poises}) = \frac{1.58 \times 10^{10}}{\text{Pen}^{2.16}}$$

といわれている。

軟化点 (Softening Point, Ring and Ball)

アスファルトは、温度が上昇すると、じょじょに軟化していくが、固体から液体に急激に変化する融点は存在しない。

しかし、アスファルトが軟化し、流動性が出始める目安の温度を知る方法として、軟化点 (環球式) 試験が一般に用いられている。

試験方法は、JISK 2207 (石油アスファルト) に規定されているが、その概要は、規定の金属環にアスファルトを入れ、この上に 3.5 gr の金属球を載せ、水浴中で、5°C から温度を上げていったとき、アスファルトが球の重量により、一定の間隔まで垂下したときの液温を測定し、軟化点とする。従って、軟化点は、一定条件下で、一定のコンシステンシーに達する温度を表すもので、試験条件が異なると軟化点も変わってくる。

針入度の対数と軟化点の関係は、一般に直線で示されるが、Pfeiffer らは、軟化点における針入度が、およそ 800 であることを見出し、アスファルトの感温性を表す、温度と針入度 (対数) の直線関係の勾配 A が、次式で求められることを提案した。

$$A = \frac{\log 800 - \log \text{Pen}}{T_R - T_B}$$

Pen : $T^\circ\text{C}$ における針入度

T_R & T_B : 軟化点

この関係式を用いれば、アスファルトの感温性を表す針入度指数 (PI) は、針入度と軟化点より算出することができる。

また、Heukelom らは、最近の研究で、軟化点が特に高く、かつ PI の高いアスファルト、及びワックス含有量が大きいアスファルトのうち、軟化点が低く、軟らかいアスファルトでは、針入度が 800 となる温度と軟化点は必ずしも一致せず、バラツキが大きくなることを指摘している。

また、軟化点温度において、アスファルトは、一定のコンシステンシーを有しているが、軟化点温度におけるアスファルトの粘度は、およそ 13,000 ポアズといわれている。つまり、軟化点は、13,000 ポアズの等粘度温度 (ある一定の粘度に達する温度) といえる。

(井町弘光 昭和シェル石油 (株) 中央研究所)

＜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 年度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,664	236	2,800
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	226	2,158	(95.8)	0	2,384	2,103	(94.9)	8	2,111	240	2,351
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,574	(100.3)	18	4,592	213	4,805
58年度上期	213	2,392	(111.1)	0	2,605	2,357	(110.7)	3	2,360	241	2,601
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,564	(103.8)	1	2,565	226	2,791
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59年度上期	226	2,541	(106.4)	0	2,767	2,516	(106.7)	0	2,517	252	2,769
60. 1 月	196	332	(106.1)	0	528	286	(115.3)	0	286	243	529
2 月	243	376	(119.7)	0	619	343	(114.0)	0	343	276	619
3 月	276	533	(102.1)	0	809	570	(97.4)	0	570	240	810
1～3 月	196	1,241	(108.0)	0	1,437	1,199	(105.7)	0	1,199	240	1,439
59年度下期	252	2,694	(105.4)	0	2,946	2,705	(105.5)	0	2,705	240	2,945
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60. 4 月	240	416	(86.1)	0	656	391	(92.0)	0	391	266	657
5 月	266	384	(97.2)	0	650	326	(89.3)	0	326	321	647
6 月	321	346	(96.1)	0	667	349	(92.8)	0	349	316	665
4～6 月	240	1,145	(92.5)	0	1,385	1,066	(91.4)	0	1,066	316	2,047
7 月	316	409	(95.2)	0	725	454	(100.5)	0	454	269	723
8 月	269	449	(103.6)	0	718	424	(97.5)	0	424	293	717
9 月	293	397	(90.0)	0	690	394	(84.0)	0	394	294	688
7～9 月	316	1,255	(96.3)	0	1,571	1,272	(93.8)	0	1,272	294	1,566
60年度上期	240	2,400	(94.5)	0	2,640	2,338	(92.9)	0	2,338	294	2,632
10月	294	425	(94.1)	0	719	447	(92.2)	0	447	270	717
11月	270	462	(94.9)	0	732	482	(94.6)	0	482	248	730
12月	248	472	(91.8)	0	720	484	(94.6)	0	484	233	717
10～12月	294	1,358	(93.4)	0	1,652	1,413	(93.8)	0	1,413	233	1,646
61. 1 月	233	342	(103.1)	0	575	301	(105.3)	0	301	273	574

〔注〕 (1)通産省エネルギー統計月報 61年1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 年月	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブロー ンアス ファルト	合 計
	道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
52 年 度	4,242	235	4,477	—	288	4,765	116.9	112.4	116.6	—	109.1	116.1
53 年 度	4,638	267	4,905	—	313	5,218	109.3	113.6	109.6	—	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	—	167	2,576	98.0	74.3	96.7	—	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	—	176	2,562	101.2	57.3	98.8	—	104.8	99.2
54 年 度	4,620	175	4,795	—	343	5,138	99.6	65.5	97.8	—	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	—	137	2,323	90.9	87.0	90.7	—	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	—	150	2,380	92.3	128.0	93.5	—	85.2	92.9
55 年 度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.6	104.6	92.1	—	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	—	135	2,215	94.2	118.4	95.2	—	98.5	95.4
56年度下期	2,105	99	2,204	4	139	2,347	98.6	103.1	99.0	—	92.7	98.6
56 年 度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57年度上期	1,838	96	1,934	45	124	2,103	93.0	93.2	93.0	—	91.1	94.9
57年度下期	2,105	88	2,193	142	136	2,471	100.0	88.9	99.5	355.0	97.1	105.3
57 年 度	3,943	184	4,127	187	260	4,574	96.6	91.1	96.3	467.5	94.2	100.3
58年度上期	1,917	83	2,000	236	121	2,357	104.3	86.5	103.4	524.4	98.4	110.7
58年度下期	2,033	94	2,127	304	133	2,564	96.6	106.8	97.0	214.1	98.5	103.8
58 年 度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	96.2	100.0	288.8	98.4	107.6
59年度上期	1,915	79	1,994	403	119	2,516	99.9	95.2	99.7	170.8	101.7	106.7
60. 1 月	179	14	193	71	22	286	114.7	87.5	112.2	129.1	104.8	115.3
2 月	243	12	255	67	21	343	114.1	85.7	111.8	126.4	100.0	114.0
3 月	465	14	479	72	19	570	95.1	93.3	95.2	118.0	90.5	97.4
1～3 月	887	40	927	210	62	1,199	103.4	90.9	102.8	124.3	98.4	105.7
59年度下期	2,084	83	2,167	403	135	2,705	102.5	88.3	101.9	132.6	101.5	105.5
59 年 度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
60. 4 月	302	12	314	59	18	391	93.8	92.3	93.7	83.1	94.7	92.0
5 月	238	9	247	60	19	326	86.2	69.2	85.5	107.1	95.0	89.3
6 月	258	12	270	62	17	349	90.6	103.4	91.2	103.5	85.2	92.8
4～6 月	798	33	831	181	54	1,066	90.4	88.2	90.2	97.0	91.9	91.4
7 月	356	12	368	68	18	454	99.0	84.8	98.1	113.2	101.4	100.5
8 月	320	12	332	72	20	424	97.7	96.1	99.4	97.2	95.0	97.5
9 月	293	15	308	67	20	394	83.2	110.2	84.3	80.2	94.7	84.0
7～9 月	969	39	1,008	207	58	1,272	93.2	94.6	93.9	95.6	96.8	93.8
60年度上期	1,767	72	1,839	388	112	2,338	92.3	91.1	92.2	96.3	94.1	92.9
10月	350	12	362	60	25	447	89.7	76.4	89.2	111.0	101.6	92.2
11月	375	11	386	72	24	482	90.9	65.8	90.0	127.3	99.9	94.6
12月	350	13	363	100	22	485	88.7	117.0	89.6	120.8	91.9	94.7
10～12月	1,075	36	1,111	231	71	1,413	89.8	82.6	89.6	119.9	97.8	93.8
61. 1 月	173	10	183	97	21	301	96.6	71.1	94.8	137.2	94.7	105.2

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 61年1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、ブ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－（ブ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。

主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況

(単位：1,000 kl, %)

原油名 年月 項目	アラビアン ヘビ		イラニアン ヘビ		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
50 年	2,021	0.8	39,089	14.9	22,594	8.6	9,368	3.5	73,072	27.8	262,806	100.0
51 年	1,254	0.5	32,973	12.3	17,535	6.5	5,453	2.0	57,215	21.3	268,588	100.0
52 年	6,491	2.3	31,376	11.3	21,761	7.9	3,650	1.3	63,278	22.8	277,898	100.0
53 年	7,248	2.7	28,589	10.6	21,603	8.0	8,109	3.0	65,549	24.3	270,184	100.0
54 年	9,946	3.5	15,015	5.4	25,640	9.1	12,597	4.5	63,198	22.5	280,486	100.0
55 年	16,393	6.4	6,865	2.7	7,954	3.1	9,294	3.6	40,506	15.8	256,833	100.0
56 年	16,131	7.0	4,764	2.1	9,060	3.9	6,035	2.6	35,990	15.6	230,239	100.0
57 年	16,429	7.7	8,259	3.8	3,115	1.4	7,893	3.7	35,696	16.6	214,685	100.0
58 年	15,061	10.3	13,238	9.0	3,375	2.3	9,892	6.8	41,566	28.4	146,543	100.0
59 年	11,761	7.8	7,766	5.2	2,728	1.8	10,210	6.8	32,465	21.6	150,606	100.0
60 年	10,454	5.3	6,273	3.1	2,578	1.3	9,698	4.9	29,003	14.6	198,330	100.0
50 年度	1,476	0.6	33,755	14.1	21,835	9.2	8,684	3.6	65,750	27.5	207,395	100.0
51 年度	2,372	0.9	34,577	12.5	17,573	6.4	5,101	1.8	59,623	21.6	212,844	100.0
52 年度	6,986	2.5	30,873	11.1	22,679	8.2	3,918	1.4	64,456	23.2	212,911	100.0
53 年度	8,400	3.1	21,707	8.0	22,330	8.3	10,709	4.0	63,146	23.4	270,121	100.0
54 年度	11,256	4.1	17,929	6.5	21,491	7.8	11,070	4.0	61,746	22.3	277,143	100.0
55 年度	16,250	6.5	2,865	1.1	8,865	3.5	8,449	3.4	36,404	14.6	249,200	100.0
56 年度	17,571	7.6	7,329	3.2	7,451	3.2	5,685	2.5	38,036	16.5	230,231	100.0
57 年度	14,888	7.2	8,849	4.3	1,865	0.9	8,126	3.9	33,728	16.3	207,395	100.0
58 年度	15,071	7.1	13,057	6.1	3,498	1.6	11,378	5.3	43,004	20.2	212,844	100.0
59 年度	13,447	6.3	6,422	3.0	5,130	2.4	10,385	4.9	35,384	16.6	212,911	100.0
60 年度	6,790	3.4	6,232	3.2	3,330	1.7	8,409	4.3	24,761	12.6	197,251	100.0
60年1月	1,882	9.9	452	2.4	254	1.3	791	4.1	3,379	17.7	19,120	100.0
2月	2,119	11.5	504	2.7	286	1.6	1,151	6.2	4,060	22.0	18,476	100.0
3月	1,677	8.5	876	4.4	571	2.9	1,252	6.4	4,376	22.2	19,682	100.0
1～3月	5,678	9.9	1,832	3.2	1,111	1.9	3,194	5.6	11,815	20.6	57,278	100.0
4月	1,004	6.2	202	1.2	289	1.8	1,403	8.7	2,898	17.9	16,203	100.0
5月	1,184	7.9	749	5.0	—	—	807	5.4	2,740	18.3	14,993	100.0
6月	380	3.1	497	4.0	—	—	980	7.9	1,857	15.0	12,399	100.0
4～6月	2,568	5.9	1,448	3.3	289	0.7	3,190	7.3	7,495	17.2	43,595	100.0
7月	329	2.3	155	1.1	156	1.1	237	1.7	877	6.2	14,228	100.0
8月	257	1.7	50	0.3	82	0.5	705	4.5	1,094	7.0	15,564	100.0
9月	188	1.2	510	3.2	133	0.8	341	2.1	1,172	7.3	16,069	100.0
7～9月	775	1.7	715	1.6	371	0.8	1,283	2.8	3,144	6.9	45,862	100.0
10月	540	3.4	1,030	6.5	78	0.5	301	1.9	1,949	12.3	15,811	100.0
11月	274	1.6	958	5.5	404	2.3	1,041	5.9	2,677	15.3	17,472	100.0
12月	620	3.4	290	1.6	326	1.8	690	3.8	1,926	10.5	18,312	100.0
10～12月	1,434	2.8	2,278	4.4	808	1.6	2,032	3.9	6,552	12.7	51,595	100.0
61年1月	794	4.3	919	4.9	321	1.7	785	4.2	2,819	15.2	18,598	100.0
2月	330	1.8	872	4.9	578	3.2	651	3.7	2,431	13.6	17,863	100.0
3月	888	4.5	—	—	964	4.9	468	2.4	2,320	11.8	19,738	100.0
1～3月	2,012	3.6	1,791	3.2	1,863	3.3	1,904	3.4	7,570	13.5	56,200	100.0

- (注) 1. 通産省エネルギー統計月報 61年2月確報, 3月速報。
 2. 構成比は全輸入量に対する100分比である。
 3. 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

石油アスファルト統計月報

B5：16ページ ¥500（送料は実費） 毎月25日発行

アスファルトに関する統計
資料を網羅し、月毎に発行す
る統計月報です。

広くご利用いただけるよう
編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル
日本アスファルト協会
アスファルト統計月報係

—目 次—

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

コスモ石油の アスファルト



特約店

梅本石油株式会社

本社 電話 03-269-7541(代)
大阪営業所 電話 06-394-2441
北九州出張所 電話 093-511-6141



社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
ア ジ ア 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 4 0 0
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂 5-3-3	03 (584) 6 2 1 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-2-3	03 (211) 6 5 3 1
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 3-1-1	03 (213) 3 1 1 1
海 南 石 油 精 製 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-4-3	03 (580) 3 5 7 1
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区紀尾井町 3-6	03 (265) 0 4 1 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 2-6-2	03 (241) 8 6 3 1
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 2 0 0
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-11-2	03 (593) 6 0 5 5
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-7-2	03 (270) 0 8 4 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門 1-2-4	03 (595) 7 0 6 9
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-7-2	03 (244) 4 6 9 1
日本アスファルト株式会社	(102) 東京都千代田区平河町 2-7-6	03 (234) 5 0 2 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門 4-1-34	03 (505) 8 5 2 8
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋 1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋 1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 1-4-2	03 (284) 1 9 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-1-3	03 (215) 3 0 8 1
昭和シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関 3-2-5	03 (580) 0 1 1 1
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内 2-7-3	03 (215) 1 6 4 5
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区一ツ橋 1-1-1	03 (286) 5 1 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 宮城県仙台市港 5-1-1	02236 (3) 1 1 1 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

アサヒレキセイ(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3 9 0 6	日 ア ス
中西瀝青(株)札幌出張所	(060) 札幌市中央区北 2 条西 2	011 (231) 2 8 9 5	日 石
(株)南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北 2 条西 2-15	011 (231) 7 5 8 7	日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北 4 条西12	011 (231) 5 9 3 1	出 光
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) 3 9 7 6	コ ス モ
東光商事(株)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西 7	011 (241) 1 5 6 1	三 石
(株)トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北 2 条西 2	011 (281) 2 3 6 1	共 石
蔦井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南 4 条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1	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
● 東 北		
アサヒレキセイ 仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央 3-3-3	0222 (66) 1101 日 アス
木 畑 商 会 仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市中央 2-1-17	0222 (22) 9203 共 石
カ メ イ 株 式 会 社	(980) 宮城県仙台市国分町 3-1-18	0222 (64) 6111 日 石
宮 城 石 油 販 売 株 式 会 社	(980) 宮城県仙台市東 7 番丁102	0222 (57) 1231 三 石
中 西 瀝 青 仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市中央 2-1-30	0222 (23) 4866 日 石
南 部 商 会 仙 台 出 張 所	(980) 宮城県仙台市中央 2-1-17	0222 (23) 1011 日 石
有 限 会 社 男 鹿 興 業 社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (3) 3293 共 石
菱 油 販 売 仙 台 支 店	(980) 宮城県仙台市国分町 3-1-1	0222 (25) 1491 三 石
正 興 産 業 仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市国分町 3-3-5	0222 (63) 5951 三 石
竹 中 産 業 新 潟 営 業 所	(950) 新潟市東大通 1-4-2	0252 (46) 2770 昭和シェル
常 盤 商 事 仙 台 支 店	(980) 宮城県仙台市上杉 1-8-19	0222 (24) 1151 三 石
● 関 東		
アサヒレキセイ 株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀 3-3-5	03 (551) 8011 日 アス
朝 日 産 業 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町 2-7-9	03 (669) 7878 日 アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀 4-11-2	03 (553) 3001 昭和シェル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区永田町 2-4-3	03 (580) 5211 日 アス
富 士 鉱 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区新橋 4-26-5	03 (432) 2891 コ ス モ
富 士 石 油 販 売 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋 2-13-12	03 (274) 2061 共 石
富 士 油 業 東 京 支 店	(106) 東京都港区西麻布 1-8-7	03 (478) 3501 日 アス
バシフィック石油商事株式会社	(103) 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-17-2	03 (661) 4951 モービル
伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂 2-17-22	03 (584) 8555 共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 埼玉県浦和市岸町 4-26-19	0488 (22) 0161 昭和シェル
株式会社 木 畑 商 会	(104) 東京都中央区八丁堀 4-2-2	03 (552) 3191 共 石
国 光 商 事 株 式 会 社	(165) 東京都中野区東中野 1-7-1	03 (363) 8231 出 光
丸 紅 エ ネ ル ギ ー 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区神田錦町 3-7-1	03 (293) 4111 モービル
三 菱 商 事 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 2-6-3	03 (210) 6290 三 石
三 井 物 産 石 油 株 式 会 社	(101) 東京都千代田区神田駿河台 4-3	03 (293) 7111 極 東 石
中 西 瀝 青 株 式 会 社	(103) 東京都中央区八重洲 1-2-1	03 (272) 3471 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 東京都千代田区丸の内 3-4-2	03 (213) 5871 日 石
日 東 石 油 販 売 株 式 会 社	(104) 東京都中央区新川 2-8-3	03 (551) 6101 昭和シェル
日 東 商 事 株 式 会 社	(170) 東京都豊島区巢鴨 3-39-4	03 (915) 7151 昭和シェル
瀝 青 販 売 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋 2-16-3	03 (271) 7691 出 光
菱 東 石 油 販 売 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝 5-29-20	03 (798) 5311 三 石
菱 洋 通 商 株 式 会 社	(104) 東京都中央区銀座 6-7-18	03 (571) 5921 三 石
菱 油 販 売 株 式 会 社	(160) 東京都新宿区西新宿 1-20-2	03 (345) 8205 三 石
三 徳 商 事 東 京 支 店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03 (254) 9291 昭和シェル
澤 田 商 行 東 京 支 店	(104) 東京都中央区入船 1-7-2	03 (551) 7131 コ ス モ
新 日 本 商 事 株 式 会 社	(101) 東京都千代田区神田錦町 2-7	03 (294) 3961 昭和シェル
住 商 石 油 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社	(160-91) 東京都新宿区西新宿 2-6-1	03 (345) 3904 出 光
大 洋 商 運 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋本町 3-7	03 (245) 1632 三 石
竹 中 産 業 株 式 会 社	(101) 東京都千代田区鍛冶町 1-5-5	03 (251) 0185 昭和シェル
東 光 商 事 株 式 会 社	(104) 東京都中央区京橋 1-5-12	03 (274) 2751 三 石
株式会社 ト - ア ス	(160) 東京都新宿区西新宿 2-7-1	03 (342) 6391 共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3401 日 ア ス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8691 日 ア ス
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-5	03 (273) 3551 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8151 日 ア ス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3101 三共油化
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町9	03 (269) 7541 コ ス モ
ユニ石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田東紺屋町30	03 (256) 3441 昭和シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭和シェル
● 中 部		
アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111 日 ア ス
丸福石油産業株式会社	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860 昭和シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121 三 石
三谷商事株式会社	(910) 福井県福井市中央3-1-5	0776 (20) 3111 モービル
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市中区城西4-28-11	052 (521) 9391 日 ア ス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011 日 石
三徳商事(株)静岡営業所	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2588 昭和シェル
三徳商事(株)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 日 ア ス
株式会社 澤田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 コ ス モ
新東亜交易(株)名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514 日 ア ス
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1195 モービル
竹中産業(株)福井営業所	(910) 福井県福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565 昭和シェル
株式会社 田中石油店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721 昭和シェル
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298 昭和シェル
● 近 畿		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3-10-4	06 (374) 2271 モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区南堀江4-17-18	06 (538) 2731 日 ア ス
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5531 三 石
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 兵庫県神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8965 共 石
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 日 ア ス
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
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5856 日 ア ス
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7216 日 ア ス
株式会社 松宮物産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 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
株式会社 ナカムラ	(670) 兵庫県姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2551 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (303) 0201 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2	06 (372) 0031 出 光
株式会社 菱芳磁産	(671-11) 兵庫県姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 共石
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
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2701 三 石
(株)シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0681 昭和シェル

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 兵庫県姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 共 石
アサヒレキセイ(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262 日 アス
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3210 昭和シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500 共 石
信和興業株式会社	(700) 岡山県岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691 三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350 日 アス

● 四 国・九 州

アサヒレキセイ(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436 日 アス
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 コ ス モ
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 共 石
伊藤忠燃料(株)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3877 共 石
株式会社 カ ソ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 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
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度津町家中3-1	08773 (3) 1001 三 石
菱油販売(株)九州支店	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 日 アス
サ ヌ ヨ ウ 株 式 会 社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 日 アス

編集顧問

編集委員

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

委 員 長： 安座上陽三 副委員長 真柴和昌
阿部忠行 井町弘光 真山治信 服部亮二
荒井孝雄 太田健二 白神健児 林 誠之
安崎 裕 河野 宏 戸田 透 藤井治芳
飯島 尚 小島逸平 南雲貞夫

アスファルト 第148号

昭和61年7月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 29 No. 148 JULY 1986

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION