アスファルト

第20巻　第112号　昭和52年8月発行

112

★時事解説★

最近の石油事情とアスファルト　山中正美　1

昭和52年度建設技術研究補助金事業について　4

☆一つの研究のまとめ☆

重交通道路舗装用アスファルトに要求される性状　林　誠之　5

BLACK CHEMISTRY・その I

アスファルトの有効利用　尾崎博己　19

◎報文◎

市町村道の歴青路面処理の試験施工調査報告　27

〈統計解説〉

昭和52～56年度石油アスファルト需給見通しと最近のアスファルト事情　35

★研究者のノートから★その I

アスファルト舗装のクラック　阿部頼政　42

社団法人 日本アスファルト協会

最近の石油事情とアスファルト問題

～第33回アスファルトゼミナール講演要旨～

山　中　正　美*

1．はじめに

ただいまご紹介いただきました山中でございます。本日（5月27日）のアスファルトゼミナールにあたりまして，皆様方にご挨拶できる機会を得ましたことは，非常に光栄に存ずる次第であります。

私はこの機会に最近の石油事情と，その中におけるアスファルトの位置づけという問題についてご説明致したいと思います。

2．エネルギー事情の変貌

ご承知のとおりわが国は48年秋の石油危機以来，いわゆる高度成長時代から低成長といいますか，需要の伸びが従来に比べて横ばいといいたいほど低い情勢に経済環境が変化しました。石油あるいはアスファルトをとりまく情勢も非常に変わってきているのを皆さんも肌で感じておられることと存じます。

最近米国では，カーターが大統領になって初めてのエネルギー教書が出されましたが，その中で非常に強調されているのは，いわゆる資源の有限ということであります。石油資源というものは，あくまで有限であって，このまま推移すれば，世界のエネルギー事情はどういうふうに変わっていくのか，国にとっては，いうまでもなく人類にとっても非常に大きな問題であるということが提起されたわけであります。このようにエネルギー事情の変貌により世界経済全体が低成長を余儀なくされているわけであります。とくに高度成長を続けてきた日本経済にとっては大きな方向転換をしいられ，安定成長路線と石油資源有限論の2つの条件の中で，日本の石油業界アスファルト業界は，今後どういう方向を指向すべきか，その選択を迫られており，これは，たいへん大きな命題であります。当然行政に携っている私共にとりましても大きな課題であるわけであります。

3．石油安定供給の確保

私ども通産省で考えております最近のエネルギー問題の中で最大の課題は石油の安定供給を確保するということであります。

ご承知のとおり，わが国は必要とする一次エネルギーの約70%以上を石油に依存しておりますが，その石油についてみれば，国産原油はわづか0.2%であって99.8%は海外に依存しており，さらにその中で79%が中近東から輸入されております。それだけに石油をいかにして安定的に確保するかが非常に大きな問題になってくるわけであります。

（輸入先の分散化）

そこで私共が考えておりますのは，1つは現在の石油輸入先の分散化ということであります。

先ほど申し上げましたように中近東依存が79%を占め，さらにメジャー経由が70%近くに達する中でいわゆるＤＤ原油，ＧＧ原油（16%）をどういうふうに位置づけるか，なかなかむずかしい問題ではあります。これに関して第1の課題は経済外交，資源外交を積極的に推進していくことであります。これなくしては今後の予想される世界の石油情勢の中で石油の安定供給はあり得ないと考えられます。

（自主開発）

第2番目の課題としては，わが国自体が原油を自主的に開発すること，いわゆる原油の自主開発を一段と促進するということであり，これには2つの方法があります。

1つはアラビア石油㈱に代表されますように，海外に進出して原油を開発すること，これは現在でも石油開発公団が資金援助をしながら進めておりますが，中近東諸国においてはナショナリズムの動きが強くて，ご承知のとおり，アラムコ自体も近く100%のパーティシュペーションが行なわれるであろうといわれております。

---

*山中氏は，ゼミナール開催時は資源エネルギー庁石油部精製課長，現在は工業技術院研究業務課長

海外開発については，このような問題がありますので，逆に日本の大陸だなの開発の必要性が大きくクローズアップされてくるわけであります。現在国会で審議中ですが，日韓大陸だな協定というのが問題になるわけであります。私は大陸だなについては専門ではありませんが，大体日本の周辺に７億kℓ程度の埋蔵量があるといわれております。日韓大陸だな協定に属する総埋蔵量がどのくらいあるのか，よくわからないが，その相当部分が協定の属する地域にあるのではないかというのが開発専門家の予想であります。

いづれにしても，このような資源を資源小国の日本がそのまま放置するということは，座して死を待つに等しいことでありますから，わが国としても積極的に周辺大陸棚の開発を進める必要があろうかと思います。

（資源の有効利用）

第３番目の課題としましては，いわゆる限られた資源をいかに有効に使っていくかという問題であります。

イランの皇帝はノーブルユースということを盛んにいっております。つまり彼の言葉をかりれば「石油は非常に貴重な資源であるから，もっと貴重な用途に使うべきだ」ということです。彼のいうノーブルユースというのは，２つあって，１つは石油化学の原料に使うこと，もう１つは「内燃機関の燃料(ガソリン)」以外に使っては困るということであります。また，逆にいうとノーブルである石油だから，もっと高くてもいいということでもあるでしょう。現在１バーレル12〜13ドルですが，それが20ドルあるいは30ドルであろうといわゆる「素原材料」は高価なものであっていいということをいっておるのでしょう。

これはあまりにも極端な議論ではありましょうが，いたづらに資源を浪費するのも当然問題でありますので，しかるべき用途に有効に利用するようにしなければなりません。資源の有限時代でありますので，アスファルトといえども余りものでなく非常に貴重な資源であるという認識，これはわれわれにも十分感じられるところであります。

そういう意味で原油の各種留分の有効利用ということが当然起ってきます。

４．原油の重質化と内需の白油化問題

現在の北海油田にしろ，アラスカ油田にしろ，ご承知のとおり重質油であります。

一方，世の中の趨勢としては，白油化の傾向といいますが，軽い留分の用途が，増加する傾向にあります。例えば自動車ガソリンにしても，灯油あるいは軽油にしても需要が伸びますが，産業用の重油はあまり伸びない見通しであります。このように内需は軽質化していくのに反し，原油の方は重質化していき，しかもそのギャップは今後ますます拡大していく傾向にあります。石油製品全体の安定供給という面から原油の重質化の中でいかに白油化の要請に対応していくか，その方策を考えねばならないわけであります。

アスファルト業界にとっては，原材料がふえるのであるからいいのではないかという考え方もあるかとは思うのですが，原油の重質化に多角的に対応しうるように，アスファルトについても新しい用途を開発していく必要がありましょう。またギャップ解消の１つの方法としては，現在電力会社で原油の生焚きをしており，その量はわが国が必要とする総原油量の約10％にあたりますが，これをなるべく削減していくことです。つまり重質油の需要の伸びが非常に小さいにも拘らず重質原油の量が多くなるという背景の下で原油生焚きするということは，イラン皇帝の発言をまつまでもなく貴重な石油資源の浪費になるわけであります。

わが国としては，石油資源の有効利用という観点から，原油生焚きを削減すれば，原油の重質化傾向にも相当対応できるというのが１つの考え方であります。

それでもなお問題が残る場合には，重質油を軽質油に転換するといいますか分解装置を導入して技術面でこのギャップへの対応をはかる必要があります。現に某石油会社では，中国原油を対象にして，水素化分解をするということが伝えられております。

今後長期的には石油業界の中で次第にそういう方向で原油の重質化と内需の白油化がもたらすギャップを是正することを考えざるを得なくなると思われます。私共としましても，各企業の努力を側面から援助してまいりたいと考えております。

5．緊急時対策

以上が長期的にみた石油の諸問題についての考え方でありますが，もう1つの課題は緊急時にいかにして対応するかという問題であります。

今月初めにサウジアラビアのアブカイク油田で事故がありました。ご承知のように，アブカイク油田は比較的小さい油田ですが，そこにはギャザリングセンターがあり，世界最大のガワール油田の油がアブカイクを通っているわけであります。

わが国全体の中でサウジに対する依存度は約23％でありますが，そのうちアブカイクを通ってくるのが20％位であります。したがって，アブカイク油田で事故が起きれば20％日本への原油はカットされる可能性があるので私共も非常に心配したわけであります。しかし幸なことに石油業界にとっては色々問題はあっても，石油備蓄法に基づきまして，石油を備蓄しており，現在その量が4月末で，78日分（現在法による備蓄義務量は75日分）ありますので，1ヵ月位20％カットされても日本の石油供給体制には大きな影響がありません。今回のは事故であって，石油戦略によるカットではないので早晩解決されるものと思います。一応今後の推移をみることにしてあり，現在直ちに石油需給適正化法とか国民生活安定緊急措置法とかを発動するなどは全然考えておりません。

そういう意味で，先程申し上げました供給先の多角化等のほかにこのような緊急時のための対策を進めていく必要があるわけであります。石油備蓄も，こうした緊急時対策のひとつであるわけです。

6．省エネルギー，代替エネルギー問題

それと同時にもう1つの観点は省エネルギーの推進ということであります。その方策については現在検討中ですが，国としては何らかの方針を打出す必要があります。また，同時に代替エネルギーの開発も必要になりますが，通産省ではサンシャイン計画など色々研究しております。しかし一方では現在，石油が相対的に安価でかつ便利であるため，代替燃料といっても，現状では一般的にみてどうしても相対的に高価な，そして，不便なものとならざるを得ない状況にあります。それをどういうふうに，より使いやすいものにしていくか，という大きな問題があるわけであります。

7．アスファルトの位置づけ

さて，以上のような情況の下でアスファルトの位置づけをどう考えるか。まず先程申し上げましたように，アスファルト自体は，土木，建築用の原材料として非常に貴重な資源であって，余っているから土木建築用に使われているのではないということが基本的な認識でなくてはなりません。つまり裏返していえば，アスファルトがなければ，現在の道路舗装なり，あるいは一部の建築自体にとって非常に困るというわけでありまして，余っているから使うということでなく，当然必要な商品として販売されているということであります。かりに余りものであるなら，先程述べたノーブルユースといいますか，貴重な原料として他に活用すべきであります。

現在，工業技術院では，アスファルトを分解して有用な化学製品にするため，大型プロジェクトで研究を進めております。そういう方面に今後一段と力を入れていくわけではありますが，道路なり建築なりに必要ないということでは絶対にないと考えていただくのが至当かと存じます。

ただ，今後原油の重質化が進む中で，われわれとしては，当然白油化をめざして研究を進めるが，アスファルト留分の有効利用についても，従来の道路建築以外の多目的利用を図ることで，業界の方々が技術研究を促進され，業界発展のために尽力されるならば私共にとっても幸せであると存ずる次第であります。

以上

昭和52年度建設技術研究補助金事業について

重交通道路における耐流動の研究について，本協会では昭和50年度より舗装用アスファルト分科会を設置して，内外の文献調査（本誌第 106～110号に掲載），実態調査等を行ない，研究を続けて参りましたが，本年度はこれの室内・現場実験を行なうことにより重交通道路の舗装用アスファルトの研究に大きな成果を得たいと計画致しました。

これにより建設省に対し以下のとおりの研究題目・目的・内容により建設技術研究補助金の申請を行ないました処，６月14日付を以て認可されました。

関係筋各位のご協力をお願い致します。

研究題目

「重交通道路の舗装用アスファルトの研究」

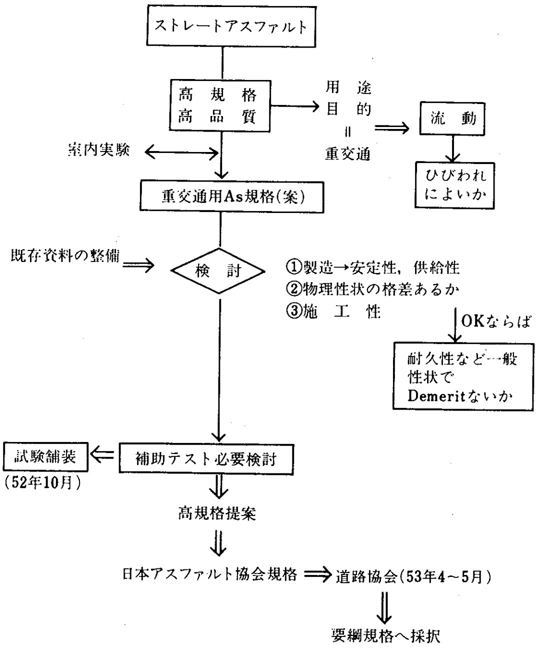
研究目的

近年，重交通車輛の交通によるアスファルト舗装路面のわだち掘れが著しく，維持修繕上の問題となっている。その対策として耐流動性，施工性に優れた混合物に用いるセミブローンアスファルトを開発し，重交通道路の供用性の確保をはかるものである。

研究内容

１）重交通道路の舗装用アスファルトとしての品質特性の研究
２）耐流動性，施工性を考慮した舗装用アスファルトの試作開発研究
３）上記1)，2)に関してアスファルト混合物の品質と供用性に関する実験研究

重交通道路の舗装用アスファルトの研究計画



建設補助金研究特別委員会

	氏名	所属
委員長：	昆布谷竹郎	日本舗道㈱技術部長
委員：	会田　正	建設省道路局国道第一課
	阿部頼政	日本大学理工学部土木工学科
	○荒井孝雄	日本舗道㈱技術研究所
	○荒木美民	大成道路㈱技術研究所
	岩瀬　正	東京都土木技術研究所
	○太田健二	日瀝化学工業㈱技術課
	小野寺　衛	日本道路公団試験所舗装試験室
	○小島逸平	建設省土木研究所舗装研究室
	○坂本浩行	建設省土木研究所化学研究室
	○関根幸生	丸善石油㈱研究所
	○竹下　洋	シエル石油㈱技術研究所
	多田宏行	建設省道路局国道第二課
	南雲貞夫	建設省土木研究所舗装研究室
	成田保三	建設省道路局地方道課
	萩原　浩	建設省大臣官房技術調査室
	○林　誠之	日本石油㈱中央技術研究所
	藤井治芳	建設省川崎国道工事事務所
	蒔田　実	建設省土木研究所化学研究室
	○武藤和宏	建設省道路局国道第二課
	○森　道夫	日本道路㈱技術研究所

○印は幹事委員

★一研究者の研究のまとめ★

重交通道路舗装用アスファルトに要求される性状

林　誠之*

1．まえがき

近年重車輛交通の増大にともない，主要道路ではわだち掘れが道路破壊の主原因となって来ており，その対策が急務となっている。

わだち掘れ対策としては，混合物の大部分をしめる骨材関係（配合も含め）の効果が大きいとは考えるが，ここでは密粒度混合物を対象に，アスファルト面のみから対応する場合に必要と考えられるアスファルト性状のガイドラインについて筆者の個人的見解を述べるとともに，そのようなアスファルトの予想される製造法についても述べる。

2．重交通道路舗装用アスファルトが具備すべき特性

重交通道路舗装用アスファルトが備えるべき望ましい特性を一言でいえば,「他の供用性を損なわないで流動抵抗性の高い特性をもつもの」と言える。

これは言葉で言うことはたやすいが，他の供用性とは何か，その供用性とアスファルト性状の関係はどうかという点については不明な点が多い。しかし不明な事を思い悩んでいても，現実に発生するわだち掘れの対策は前進しないので，以下分る範囲で重交通道路用アスファルトが持つべき特性について私見をまとめてみた。

(1)　変形抵抗性

現在，混合物変形問題の大部分はわだち掘れによるものである。わだち掘れの発生時期は大体夏季およびその前後に集中しており，しかもほとんど表層部分のみが変形し，基層以下の変形は少ないと言われている。したがって定性的に言えば，わだち掘れ防止をアスファルト面のみから行うには，こういった舗装体の高目の到達温度における使用アスファルトの硬さを確保する必要がある。この点に関する定量的な考察については後で述べる。

(2)　耐ひび割れ性

混合物ひび割れ現象の原因は極めて複雑であり，特にアスファルト面以外の要素（例えば，下部構造の支持力，載荷条件，混合物の配合組成，低温時期の温度経過など）との複雑な相互作用による場合が多い。したがって，少々アスファルトを硬目にしてもアスファルト面以外の要素が理想的な状態になっていれば，そう簡単にひび割れが多くなることもない反面，一方では，針入度 80～100 程度の軟かいアスファルトの表層混合物でも，基層以下のいわゆる下部構造の支持力が不足していれば，当然ひび割れ現象は起こりやすくなる。

したがって，現実の舗装体となったものについて考えると，単純に硬目のアスファルトはひび割れが起こりやすいとは言えないわけであり，下部構造，アスファルト，配合，施工が一体となればかなり耐ひび割れ性の高い舗装体ができるものと確信している。

ただ，アスファルト面以外の要素が同一とした場合に，低温で極端に硬土の異なる硬軟両アスファルトによる舗装体を比較すると，経験的には硬目の方がひび割れを発生しやすい傾向にあるため，高粘度アスファルトの場合，耐ひび割れ特性について一応チェックする必要がある。

そこで，本稿では混合物のぜい化温度の面から，従来使用されていた舗装用アスファルトなみの耐ひび割れ性を持つためのアスファルト性状のガイドラインおよび伸度について述べた。

(3)　施工性

重交通道路舗装用アスファルトが具備すべき特性として，上記２種の供用性に次いで持つべき重要な特性は施工性であると考える。

アスファルト舗装の場合，各材料がどれだけ良質であっても，施工性に欠点のある材料であれば，期待どおりの舗装体とはなり得ない。特に，アスファルトが硬すぎて十分な混合，転圧ができないようでは九じん（仞）の功を一き（簣）に欠くことになる。

施工技術者に対しては，硬目のアスファルトの場合は特に適正な条件下で混合と転圧を行うよう留意願うわけであるが，それはあくまでも注意喚起であって，アスファルト自身は当然それらが可能である性質を持っていなければならない。

(4)　耐はく離性

水の存在により骨材に付着したアスファルトがは

＊日本石油株式会社　中央技術研究所第１研究室

がれる，いわゆるはく離現象が起こると，舗装体のひび割れ現象の原因につながる。

はく離に対しては使用骨材の岩質の影響が有り，粒度は粗い方がはく離しやすいと言われている。最近良質な骨材，砂が不足しているということから，注意が必要であるが，この点に対しては，はく離防止対策基準（案）の提案[1]がなされている。

アスファルト面からのはく離に対する要因として

（イ）アスファルト量

（ロ）アスファルト粘度

（ハ）アスファルトの種類

などがあげられる。重交通道路舗装用アスファルトを念頭に置いてこれらの点について考察すると，

（イ）については高粘度アスファルトでも従来の針入度40～100程度のアスファルトと比べ最適アスファルト量は大差ないのでこの点からの影響は少ない。

（ロ）については，高粘度アスファルトの方がはく離はしにくいと言われているので安全側である。

（ハ）について，重交通道路舗装用アスファルトに要求される60℃粘度は非常に高いため（後述），このようなアスファルトの予想される製造法はセミブローン方式となる（後述）。

一方，ストレートアスファルトとセミブローンアスファルトの耐はく離性の比較については，一部にセミブローンアスファルトの方が少し劣るのではないかという意見も見られるが定説ではない。これははく離試験において両者の差が歴然とするほどのものではなく，例えば粗粒度アスコンによる60℃×48hrの水浸マーシャル試験程度では差の出ない場合が多い。

いずれにしてもこれまで現場供用性と相関性のある良いはく離試験法が無かったために不明な点が多く，したがってはく離に関して注意を払う必要はあるが，現時点では耐はく離性の面からアスファルト性状値のガイドラインを示すことはできない。

(5) 耐熱劣化性

アスファルトは有機物質のため，有機物の常として熱によって劣化することは避けられない。

しかし，アスファルトの熱劣化が特別激しい場合は早期に老化する原因となること，高粘度アスファルトの最適混合温度は高目となり温度的に厳しい条件下で使用されることから，耐熱劣化性の試験は必要と考える。

また見掛け上，熱劣化現象と良く似た現象を示すものとして，アスファルト中に揮発性物質が入っている場合があり，この面に対するチェックとして加熱減量有無の試験は有効であろう。

以上，特に重要と思われる点について簡単に述べたが，以下の章で個別にそれぞれの要求される供用性を満たすアスファルト性状値の具体的なガイドラインについて考えを示す。

3．変形抵抗性を満足させるアスファルト性状値

わが国のわだち掘れ対策を，アスファルト面のみから行う場合に必要とされるアスファルト性状については，これまでほとんど文献がない。そこで，以下に筆者の考え方を述べる。

3.1 鍵となるアスファルト性状

3.1.1 まえがき

混合物の変形抵抗性を満足させるアスファルト性状値を考える場合に，まず検討しなければならない点は，数あるアスファルト性状の中のどの性状をとらえることが適切なのかという問題である。

すなわち，わだち掘れ対策をアスファルト面のみから行うには，アスファルトの硬さを増してやれば良いと推定できるわけであるが，その硬さとははたして今まで考えられていたように針入度で良いのであろうか。耐わだち掘れ性という目的に合ったさらに良い性状は本当にほかにはないのであろうか。

これらの点についての考察を以下に述べる。

3.1.2 アスファルトの25℃針入度，軟化点，60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係[2]

従来の舗装用アスファルトは大部分がストレートアスファルトであり，セミブローンアスファルトは少ない。そして有ってもそれは軽度のブローン処理によるものが多く，セミブローンアスファルトとは呼んでもその性状は大体ストレートアスファルトの範ちゅうに入るものが多かった。したがって，従来の舗装供用性とアスファルト性状の相関性に関する経験も，厳密にいえばいわゆるストレートアスファルトというわく内における経験則と言える面がある。

これに対して，重交通道路舗装用アスファルトとなると，いずれにしても従来の舗装用アスファルト以上に硬さが要求されることになり，そのようなアスファルトはブローン度の高いセミブローンアスファルトの多くなることが予想される。

こういった製造法多様化の予想を踏まえ，わだち掘れと相関性のあるアスファルト性状は従来の延長どおり25℃針入度でよいのかという点について検討した。

まず，わだち掘れと相関性のある混合物の室内試験としては60℃の水浸ホイールトラッキング（以下WTと略

表1　使用アスファルトの性状と60℃水浸WT試験結果

No.	針入度 25℃	軟化点 ℃	60℃粘度 (Poise)	60℃水浸W.T.試験 変形率* (mm/min)	アスファルトの製造法	
					原油系	製造法
1	174	42.5	830	0.55	中東(混合基原油)	セミブローン系
2	100	44.0	1,110	0.28	アラビア(　〃　)	PDA系
3	95	45.0	1,480	0.17	〃　(　〃　)	ストレート
4	94	46.5	1,720	0.21	ベネゼラ(ナフテン系)	〃
5	91	47.5	1,350	0,19	アラビア(混合基) ＋ 国産(ナフテン系)	セミブローン
6	88	47.0	1,740	0.21	中東(混合基)	ストレート
7	83	50.5	1,990	0.22	アラビア(　〃　)	セミブローン
8	79	55.0	7,370	0.03	〃　(　〃　)	〃
9	71	47.0	2,100	0.19	〃　(　〃　)	ストレート
10	56	53.0	4,100	0.10	中東(　〃　)	セミブローン
11	42	54.0	3,840	0.07	アラビア(　〃　)	PDA系

*密粒度混合物，アスファルト量6.0wt％

す）試験を採用した。その理由は，WT試験はわだち掘れの室内試験法として徐々に定着しつつあり，WT試験と実際のわだち掘れの相関関係に関しての報告(3)もなされるようになって来ているためである。

また，試験温度については今後さらに検討の余地があるとは考えているが，わだち掘れは路面温度が上昇している時点に集中的に起こると考えられること，わが国の夏季路面最高温度は大体60℃と言われていること，またマーシャル試験が60℃で行われていることなどを勘案して60℃で行った。

表2　試験結果にもとづくアスファルト性状と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率との相関式および標準偏差値

近似	変数（X*1）	(A*1)	(B*1)	(C*1)	δn-1：標準偏差値 (log変形率*3として)
一次式近似	25℃針入度	−1.40	0.0069	0	0.24
	軟化点（℃）	2.61	−0.070	0	0.15
	log（60℃粘度*2）	2.99	−1.14	0	0.10
	log（25℃針入度）	−3.60	1.46	0	0.24
二次式近似	25℃針入度	−1.58	0.011	−0.17×10⁻⁴	0.23
	軟化点（℃）	−4.50	0.22	−0.30×10⁻²	0.14
	log（60℃粘度*2）	−0.37	0.85	−0.29	0.09
	log（25℃針入度）	0.91	−3.25	1.22	0.24

*1　近似式は$Y = \log$変形率*3$= A + BX + CX^2$
*2　60℃粘度の単位はPoise　　*3　変形率の単位はmm/min

検討に使用したアスファルトの性状，製造法ならびにその密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の測定結果を**表1**に示す。

表1の試験結果をもとに，各アスファルト性状と60℃水浸WT試験変形率の相関式ならびにその標準偏差値について求めた結果を**表2**に示す。ここでいう標準偏差値の意味は，変数としてそれぞれのアスファルト性状をとった場合の，近似式（相関式）とデータとの間のバラツキの程度を示すものであり，標準偏差値が小さいほどバラツキが少なく，そのアスファルト性状と60℃水浸WT試験変形率との相関性が高いことを意味する。

表2の標準偏差値の比較から，明らかに密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率に対しては，アスファルトの60℃粘度との相関性が最も良く，次いで軟化点との相関性が良く，現在アスファルトのグレード分け項目となっている25℃針入度は，今回使用したアスファルトのように製造法の種類を広範囲に変動させたような場合は，混合物の変形に対してあまり良い相関性が得られないことがわかった。

従来の経験からすれば，25℃針入度はアスファルトの硬さを表わす性状であったものが，何故この研究結果では悪く出たかという点に関しては，今回試験したアスファルトの中には現在市販されていないタイプのセミブローン系アスファルトを含むことが原因と考える。すなわち，現在市販されているアスファルトは大部分はストレートアスファルトであり，そういったアスファルトを対象にしている限りは25℃針入度と混合物の変形率との間にはかなりの相関性がある。しかし，今回のように特殊なセミブローンタイプを加えると，明らかに従来の常識が通用しなくなって来ることを示している。現在硬いアスファルトが要望されるようになって来ており，今後の推移いかんによれば特殊なセミブローンタイプのアスファルトも市販されることが考えられ，25℃針入度一辺倒では混合物の変形性状を十分に把握できなくなる危険性がある。

これに対して，アスファルトの60℃粘度をバインダー性状としてとれば，広範囲な種類のアスファルトについてより正確にその密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率を予測することが可能となることを示している。

また，ここでは使用アスファルトの60℃粘度との相関性が良いことを示したが，本来は混合物としてでき上った状態におけるアスファルトの60℃粘度のほうがさらに精度の良い相関性が得られるものと予想している。ただこの研究における混合物作成法においては，現場と違って骨材およびアスファルトは最適混合温度そのものの温度ふん囲気下に理想的に保つことができ，また2～3min混合後短時間で転圧して供試体を作成してそのまま冷却するため，供試体作成中におけるアスファルトの熱劣化が少ないことから，ここでは原アスファルトの性状をもって変形率との相関性をみた。

しかし，現場の舗装体に関しては施工時のアスファルトの熱履歴による粘度変化（粘度上昇）は必ず存在するわけで，舗装体の切り取り供試体による60℃水浸WT試験変形率に対しては，抽出アスファルトの60℃粘度との相関性が最も良くなるものと考える。

3.1.3　アスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係(4)

3.1.2で密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率に対しては，アスファルトの60℃粘度が25℃針入度，軟化点と比べて最も相関性の良いことを示した。

この結果の解釈の仕方には色々あると思うが，やはり60℃における変形率に対しては，等温度におけるアスファルトのコンシステンシィーが最も相関性が良いと解釈するのが妥当と考える。すなわち，25℃針入度は25℃におけるアスファルトのコンシステンシィーであって，60℃という試験温度とは35℃も離れた温度の性状であり，25℃の性状をもとに一定の考え方で60℃の性状を予測することは，アスファルトの感温性が異なる場合には誤差を生ずることになる。同様に軟化点は，現在市販されている舗装用アスファルトのほとんどは45～55℃ぐらいのものが多いので，25℃針入度よりは60℃に近い温度でのコンシステンシィーを表わしているため，25℃針入度より軟化点のほうが60℃変形率に対して相関性は良いが，まだ60℃とは温度差が有るために予測誤差の生ずる余地が残っているわけである。

以上の結果は60℃における水浸WT試験変形率との関係についてであるが，この結果をさらに拡張解釈すれば，「いかなる温度においても，その温度におけるアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の間に同一の相関関係がある」ということになる。

そこでこの点の確認を行った。すなわち，80～100ストレートアスファルトを用い，密粒度混合物の水浸WT試験を70℃，60℃，54℃，50℃，40.8℃の各温度で実施するとともに，その温度におけるアスファルト粘度を実測し，各温度におけるアスファルト粘度とその温度における水浸WT試験変形率の関係式を求め，その関係式と3.1.2で求めたアスファルトの60℃粘度と60℃水浸WT試験変形率の関係式とが実質的に同一と言えるかどうかの

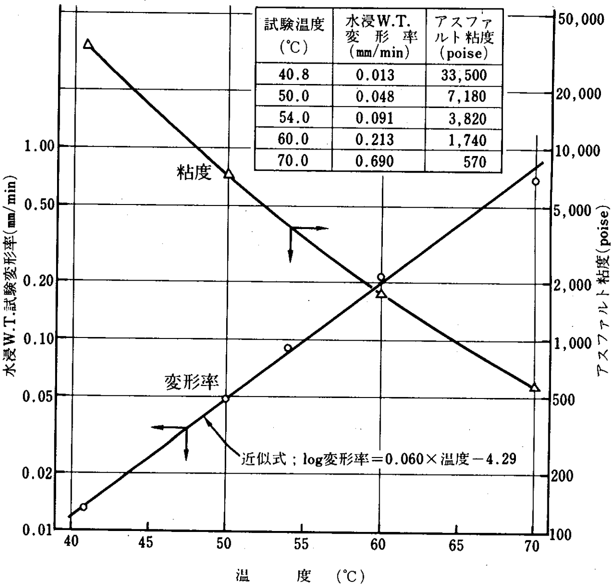


図1　各試験温度における密粒度混合物の水浸WT試験変形率とアスファルト粘度（80/100ストレートアスファルトの場合）

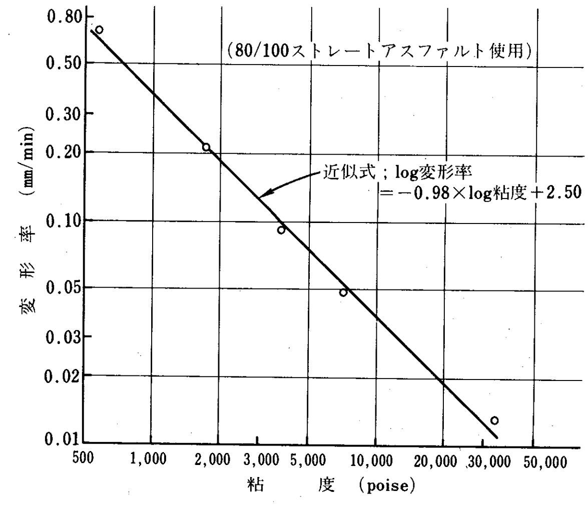


図2　任意温度におけるアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係

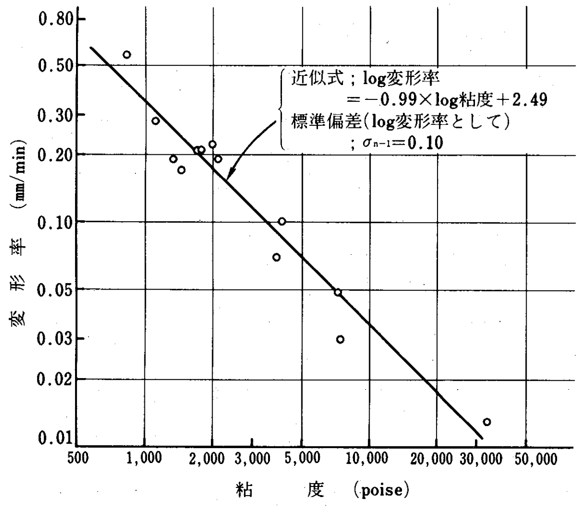


図3 任意温度におけるアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の相関関係

検討を行った。

試験温度と変形率，アスファルト粘度の関係を**図1**に，アスファルト粘度と水浸WT試験変形率の関係を**図2**に示す。

図2に示した近似式のこう配と，表2で変数として60℃粘度を採用した一次近似式のこう配は15％以内の誤差範囲で一致していることがわかる。この事から，アスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の間には，温度に関係なく実質的にほぼ一定の相関関係があるものと考えられる。

なお，表1のデータに図1の50℃および40.8℃の点のデータを追加した場合のアスファルト粘度－密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係を**図3**に示した。図3はここで検討した試験条件の範囲内における，任意の温度でのアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係を表わすマスターカーブ的なものを意味している。

3.1.4 小結

3.1.2および3.1.3から任意温度における舗装体のわだち掘れには，その温度におけるアスファルト粘度が最も相関性の良いことがわかる。そしてさらに望ましくは，舗装体となった状態におけるアスファルトの粘度がさらに相関性は良いが，施工時におけるアスファルトの熱履歴は千差万別で予測することが難しいことを考えれば一応原アスファルトの粘度を採用すべきものと考える。

また，アスファルト粘度の測定温度に関しては今後さらに細かい議論が必要であるとは考えるが，わだち掘れは路面温度の上昇時に集中的に起ること，わが国の路面最高温度は約60℃といわれていること，アスファルト舗装の配合設計に用いられるマーシャル試験が60℃で行われていること，路面最高温度が60℃といわれている米国における粘度グレードアスファルトの測定温度が60℃であることなど勘案すると，現時点では60℃が妥当な温度と考える。

以上の理由から，60℃粘度がわだち掘れを予測する適切なアスファルト性状であると考える。

3.2 わだち掘れ対策上必要な60℃粘度値[5]

3.2.1 まえがき

現在わだち掘れは大きな問題となっているが，アスファルト面でいかに対応したらよいかという事になると，なかなか具体的な処方せんが出せない現状にある。

この原因は道路の供用条件，環境条件がなかなかはっきりとつかめないため，アスファルト性状と現場のわだち掘れの関係は不明確な状態が続いているからである。

この原因について，図1の結果を加味して考えてみると次のような事がいえると考える。すなわち，図1から例えば舗装体温度が20℃の場合と60℃の場合では，水浸WT試験変形率は約260倍違う。すなわち，わだち掘れ深さというものは現状のようなアスファルトを使っている限り，アスファルトの固有の硬さ(80～100とか40～60といった程度のもの）というものより，1年のうちの路面温度が上昇している状態の時に，どのようなタイヤ接地圧の車が何台走ったかという事による影響が大きいのではないかと考える。

したがって，単にマクロ的に道路の年間の通過車輌重量当たりのわだち掘れ深さとアスファルト性状との関係を調査しても，なかなか両者の相関関係はつかめるものではないと考える。

3.1で(1) 任意の温度において密粒度混合物の水浸WT試験変形率に対しては，その温度におけるアスファルト粘度が最も相関性のあること，また(2) 限られた実験の範囲内であるがアスファルト粘度と変形率の定量的関係も示した。そこで，ここでは大胆にわだち掘れを起こさないためのアスファルト粘度の推定値を示す。

基本的な考え方は次のとおりである。

(1) 世界の先進国の中で，わだち掘れの起こっていない国を探す。

(2) その国の混合物に相当する供試体を用いて，その国の路面最高温度に相当する温度で水浸WT試験を実施する。

(3) (2)で行った試験で得られた変形率と同一値が得られるための密粒度混合物におけるアスファルトの必要粘度を図3から求める。

表3 OECD諸国におけるアスファルト舗装の永久変形問題

国名	法定最大軸重(ton)		過載	最大路面温度(℃)	変形問題の重要度	永久変形現象							
						波状表面			わだち掘れ				
	単	複				有無	発生場所	影響を受けている層	有無	発生場所	影響を受けている層		
											摩耗層	表層	基層
ベルギー	13	20	有一多い	50	大	有	特殊	上部	有	全て	○	○	○
カナダ	8－9	12.6－16	〃	49	小	〃	〃	〃	〃	特殊	—	—	○
フランス	13	21	〃	55	大	〃	〃	〃	〃	一般的ではない	○	○	○
西独	10	16	有一少ない	50	中	希少	〃	〃	〃	特殊	○	○	○
アイルランド	10	16	〃	—	小	有	〃	〃	〃	〃	○	—	—
イタリー	10	14.3－22	有一多い	60	大	〃	〃	〃	〃	全て	○	○	—
日本	10	—	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	—
オランダ	10	16	〃	54	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	○
スペイン	13	14.7－21	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	—
スイス	10	14	有一少ない	55	〃	〃	〃	〃	〃	一般的ではない	○	○	—
トルコ	8	14.5	有一多い	55	〃	〃	〃	〃	〃	全て	○	○	○
英国	9	11－18	有	45	小	〃	〃	〃	〃	特殊	○	—	—
米国	9－10	16	有一少ない	60	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	○

表4 カナダ，英国，米国における表層用の使用アスファルトと混合物の種類． ＊：文献(7)参照

国名	使用アスファルトの針入度(25℃)	混合物の種類	仮定した使用アスファルトの60℃粘度(poise)
カナダ	100/200	アスコンタイプ	1,800
英国	50/70 (バス停付近などは針入度35℃)	ホットロールドタイプ	5,000
米国	40/100(60℃粘度が1,000～4,000poise＊)	アスコンタイプ	4,000

(4) わが国の場合，路面最高温度が60℃とすれば，(3)で求めた粘度値が60℃以上の温度で得られるアスファルトなら，わだち掘れが起こらないと考えてみる。

この考え方は極めてマクロ的なとらえ方であり，多くの仮定を含むものであるが，一つのガイドラインを推定することができると考えた。

3.2.2 OECD諸国の中でわだち掘れの少ない国の路面最高温度における表層混合物の水浸WT試験変形率

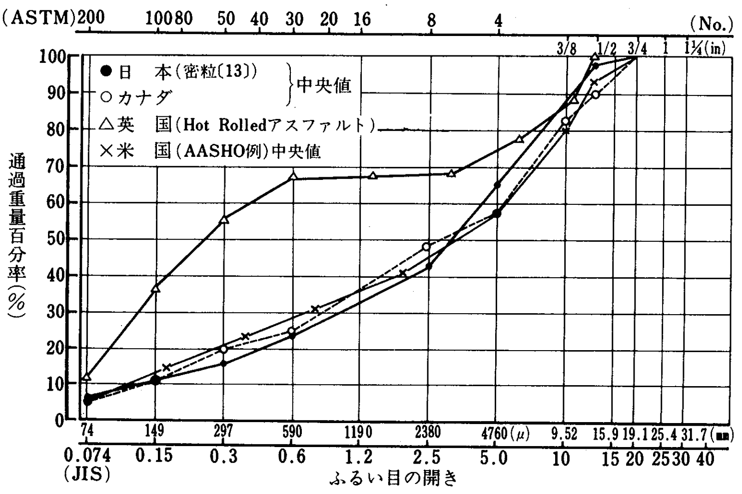


図4 日本，カナダ，英国，米国における代表的な表層混合物の合成粒度中央値

OECD諸国の最近におけるわだち掘れ問題の重要度に関しては**表3**に示す報告[(6)]がある。

表3を見るとわかるように，諸外国の中でわだち掘れによる問題が少ないと言っている国は，カナダ，アイルランド，英国，米国となっている。この中でアイルランドについては路面温度の記載がないが，恐らく英国と同じと考えられること，また交通量は日本と比べて少ないことが予想されるので，以下の考察においてはカナダ，英国，米国を対象とした。

最近のOECDレポート[(6)]などから，カナダ，英国，米国で表層用に使用

されているアスファルトおよび混合物の種類は**表4**のようなものと推定した。

カナダ，英国については使用アスファルトの針入度範囲で低いほうの値のアスファルトについて60℃粘度を推定してみた。このように，製造法を考えずに針入度値をもって60℃粘度を推定することは極めて危険な事ではあるが，ここではそれぞれの針入度に相当する普通のストレートアスファルトの60℃粘度を推定し，念のためにその粘度値より約50%強高い粘度のアスファルトを使用していると仮定した。その値を表4に示す。

表5　わだち掘れの少ない国の，路面最高温度における表層混合物の水浸WT試験変形率

国　名	路面最高温度(℃)	水浸WT試験温度(℃)	路面最高温度における水浸WT試験変形率の推定値（mm/min）
カナダ	49	49	0.034
英　国	45	45	0.023
米　国	60	60	0.070

表6　わが国のわだち掘れ対策上必要と考えられるアスファルトの60℃粘度

国　名	60℃粘度(poise)	60℃粘度範囲（図3で2σの変動をとる）(poise)
カナダ	約10,000	5,700～14,000
英　国	約14,000	8,800～22,000
米　国	4,000	4,000±800(米国規格範囲)

表7　わが国の国舗装用石油アスファルトの60℃粘度

針入度（25℃）	60　℃　粘　度（poise）
40　～　60	約 3,000～4,000
60　～　80	約 1,500～3,000
80　～100	約 1,000～2,000

また，各国の代表的な表層用混合物の粒度について，推定した粒度範囲の中央値を**図4**に示した。

以上の仮定をもとに，各国で使用されていると推定される表層混合物を，それぞれのアスファルトでそれぞれの配合による混合物供試体を作成し，各国の路面最高温度に相当する温度で水浸WT試験を実施し，変形率を求めた。その結果を**表5**に示す。

3.2.3　わが国においてわだち掘れ対策上必要と考えられる60℃粘度値

3.2.2 の表5において，わだち掘れの少ない国における表層混合物の各国路面最高温度における水浸WT試験変形率の値が推定できたわけである。

わが国の場合，表層混合物は大部分密粒度混合物であるが，図3には密粒度混合物の試験時原アスファルト粘度と水浸WT試験変形率の関係がわかっている。したがって，表5の各国変形率推定値を図3に代入すれば，わだち掘れの少ない国の路面最高温度における表層混合物の変形率と同程度の変形率を密粒度混合物で得るために必要なアスファルト粘度が推定できるわけである。そして，わが国における路面最高温度は60℃といわれていることから，このアスファルト粘度が60℃で得られるようなアスファルトを用いれば，各国なみの交通条件下ではわが国の場合も対象国なみにわだち掘れが少なくなるものと推定した。

結果を**表6**に示す。

表8　米国州規格（規格分類記号M，New York州）

試験項目 ＼ 種類(粘度グレード)		AC−5 最小	AC−5 最大	AC−10 最小	AC−10 最大	AC−20 最小	AC−20 最大	AC−40 最小	AC−40 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，(℉)	350	−	425	−	450	−	450	−
	トリクロロエチレン可溶分，(%)	99.0	−	99.0	−	99.0	−	99.0	−
薄膜加熱試験後	粘度比，60℃，(加熱後/加熱前)	−	4	−	＊4 4	−	＊4 4	−	4
	伸度，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シート混合物		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℃伸度，15以上。
＊2：135℃粘度，200以上。25℃針入度，60以上。薄膜後15.5℃伸度，10以上。
＊3：135℃粘度，250以上。25℃針入度，50以上。薄膜後15.5℃と伸度，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。

ここで比較のために，現在わが国で使用されている舗装用石油アスファルトの概略の60℃粘度値を**表7**に示す。

表6で米国の場合は4,000poiseとなっているのは，米国の場合は表層が密粒度混合物であり，路面最高温度は60℃（日本と同じ値）と報告されており，しかも60℃粘度グレードアスファルトの中で一番高いものは4,000poiseグレード(7)（一例としてNew York州規格を**表8**に示す）でわだち掘れが少ないといっているためである。しかし表7からわかるように，60℃粘度が4,000poiseクラスのアスファルトは，わが国の40～60ストレートアスファルトにほとんど合致するものであるが，現在40～60ストレートアスファルトでもわだち掘れは押さえ切れないのがわが国の実情である。

この両者の差の原因は不明であるが，恐らく交通条件，過載の程度，車線幅などの点で，米国の方が日本と比べはるかに有利な条件下にあるためではないかと推定して

いる。いずれにしても，わが国の場合は40～60ストレートアスファルトでも不十分であることからして，米国並みのアスファルトでわだち掘れを押えることは期待できない。

残るカナダと英国を対象とした推定値は表6からかなり近い値を示しており，カナダ並みの場合は60℃粘度が10,000 poise 程度，英国並みの場合は14,000 poise 程度のアスファルトが必要と考えられる。

したがって，高い値の英国のほうを考えておけば，より安全側となろう。英国の交通量，タイヤ接地圧などといった供用条件については，はっきりしたデータはないので，これ以上の補正をすることはできないが，逆にいえば英国並みの交通条件に相当する道路で，わが国においてわだち掘れを英国並みまで減らすには，わが国の表層用密粒度混合物に使用するアスファルトの60℃粘度は約14,000poise 程度まで上げる必要があると考えられる。

いずれにしても，現在わが国で使用されている舗装用アスファルトのうちで最も硬目である40～60ストレートアスファルトと比べ，約3～4倍も高い60℃粘度をもったアスファルトの使用が必要であると推定される。この事は，交通条件にもよるが，例えば80～100 ストレートアスファルトを使用していてわだち掘れが起こるような場合，単に針入度グレードを1ランク下げる程度のことではなかなかわだち掘れの解決にはほど遠い場合のあることを示している。

なお，以上の考察はあくまでも車が走り抜ける道路に対するもので，交差点付近など特殊荷重のかかる個所はさらに別扱いが必要であると考える。

また，60℃粘度に対する許容変動幅については，製造面における現実的な管理可能範囲を考慮して決める必要があり，60℃粘度が14,000poiseクラスの場合は現時点では約25～30%の許容変動幅が必要であると考える。したがってこの場合は14,000±4,000poise程度が妥当な目標値となろう。

なお，60℃粘度の測定法はASTM D 2171－66に準拠した減圧毛細管式を採用することが現時点では精度，測定法の簡便さなどから好ましいと考える。

3.3 結論

諸外国の中でわだち掘れの少ない国を対象に考察を加えた結果，わが国の場合表層用密粒度混合物の使用アスファルトとしては，その60℃粘度が14,000±4,000poise程度のものを必要とすると考えられる。

4．耐ひび割れ性を満足させるアスファルト性状

4.1 まえがき

表層のひび割れ原因は温度もさることながら，基層以下の下部構造の支持力に大きく依存すると考えられ，交通条件に見合った支持力がなければ，ひび割れは低温でなくとも十分起こり得るものと考える。

従来，ひび割れの発生現象は極めて不均一性が強いと思われるが，その原因は場所による基層以下の支持力あるいは厚さ，交通条件の差など，使用材料以外の多くの条件が千差万別であることによるものと思われる。

したがって，アスファルト面からいえば，目的とする交通条件に近いような道路で，あるアスファルトを用いた道路について調査し，その中にひび割れの起きていない道路が一つでも有れば，そのアスファルトは本来ひび割れには十分耐え得るアスファルトであることを示していると理解すべきである。

ここでは十分な支持力を持った下部構造の上に敷かれる表層混合物というものを想定して考察した。評価対象とする低温時の混合物性状としては，密粒度混合物の低温曲げ試験におけるぜい化温度をとり，3章で述べたわだち掘れ対策上必要と考えられる60℃粘度のアスファルトが，従来の舗装用アスファルト並みのぜい化温度を示すためのアスファルト性状について考察するとともに，伸度に関しての考察を加えた。

4.2 5℃針入度下限値

すでに報告[8]したように，筆者の試験条件下では混合物のぜい化温度は使用アスファルトの5℃針入度との相関性がフラース破壊点などと比べ良い結果を得ている。そして重車輌交通の多い道路で，5℃針入度が7のアスファルトで舗装された部分が3年10か月経過後も全くひび割れがないことから，下部構造の支持力が十分な所では5℃針入度が7以上であればアスファルト面だけから言えば耐ひび割れ性があると考える。

ただ，この場合5℃針入度の測定があまり一般的でなく共通試験としての試験法の確認が必要である。

4.3 25℃針入度下限値

混合物のぜい化温度とバインダー性状の相関性に関するものとして，アスファルトの針入度指数（PI）と〔軟化点－混合物ぜい化温度〕との間に相関性があるという考え方に立脚する方法がある。以下，この考えに基づく考察を示す。

表 9 にアスファルト性状を示すとともに，各アスファルトを用いてバインダー量6.0 wt%の密粒度混合物の曲げ試験におけるぜい化温度を示す[8]。表 9 のデータを用い横軸に針入度指数，縦軸に〔軟化点－混合物ぜい化温度〕をとってプロットすると**図 5** が得られる。

したがって，目標とする混合物ぜい化温度とアスファルトの軟化点が決まれば，図 5 から針入度の下限値が求められることになる。

混合物ぜい化温度の目標値としては，ひび割れの起こらないアスファルトの実績値の上限値を使用すればよい。筆者の知っている例としては，混合物ぜい化温度がこの試験条件で＋15℃のアスファルトで，3 年10か月経過後も全くひび割れが起こっていない。

そこで，60℃粘度が14,000±4,000poise程度のアスファルトの混合物ぜい化温度が，＋15℃を越えないためのアスファルトの25℃針入度値を求めてみる。

まず，60℃粘度が14,000±4,000poiseすなわち10,000～18,000 poise を示すアスファルトの軟化点を推定すると，大体55.5°～62.0℃の範囲内にほとんどが入ると考えられる（筆者のデータによる）。

一方，混合物ぜい化温度は＋15℃以下を目標とすれば，〔軟化点－混合物ぜい化温度〕の目標最小値は，アスファルトの軟化点が55.5℃の場合は40.5℃，軟化点が62.0度の場合は47.0℃となる。

それぞれの値に対応するPIの最小目標値は図 5 から求まり，アスファルトの軟化点が55.5℃の場合は－0.4 ，62.0℃の場合は＋0.5°となる。

この関係から，それぞれの軟化点のアスファルトに対応するアスファルトの25℃針入度に関する最小目標値が決まり，軟化点55.5℃では40，62.0℃では35が求まる。

したがって，針入度の大きい方の値をとっておけば安全側となることから，60℃粘度が14,000±4,000poiseのアスファルトで25℃針入度が40以上であれば，従来のアスファルトなみの耐ひび割れ性をもつと考えられる。

なお，この考察の基礎となっている混合物ぜい化温度＝＋15℃に関しては，筆者がたまたま供用状況を把握している例であって，これが限界値という意味ではなく，上限の限界値はまだ上の方にあると考える。したがってこの考察はこの面からも安全率をみたものとなっている。

わが国では一般的に用いられている舗装用アスファルトの最も低い針入度グレードとしては40～60であるため，上記した針入度下限値40は低いように感じられるが，米国の60℃粘度アスファルトの州規格[7]をみると，60℃粘度が4,000±800 poise のもので針入度下限値は20，30，35 40といずれもかなり低い値のもので設定している。したがって，米国規格と比べるとここで考察した針入度下限値40は耐ひび割れ性の点からは相当安全性の高い値と考えられる。

以上から，60℃粘度が14,000＋4,000poiseのアスファルトの場合，耐ひび割れ性の観点から，25℃針入度下限値は40をとっておけば安全であると考える。

表 9　曲げ試験使用アスファルトの性状と混合物脆化温度結果

No.	針入度(100g, 5sec) 25 ℃	15 ℃	5 ℃	軟化点(℃)	フラース破壊点(℃)	混合物脆化温度(℃)
1	202	96	51	48.0	－35	－17
2	174	55	21	43.0	－20	＋ 4
3	99	40	17	46.5	－19	＋ 6
4	95	34	12	45.0	－13	＋ 9
5	94	40	15	46.5	－12	＋ 8
6	88	38	14	47.0	－12	＋ 6
7	88	37	14	49.0	－19	＋ 7
8	79	36	20	55.0	－22	－ 1
9	77	29	9	47.5	－10	＋11
10	67	28	11	47.5	－ 9	＋ 9
11	56	27	9	51.0	－14	＋14
12	56	24	9	51.5	－11	＋13
13	51	20	7	52.5	－ 5	＋15
14	47	21	10	57.0	－12	＋ 9
15	40	19	6	53.5	－ 7	＋17

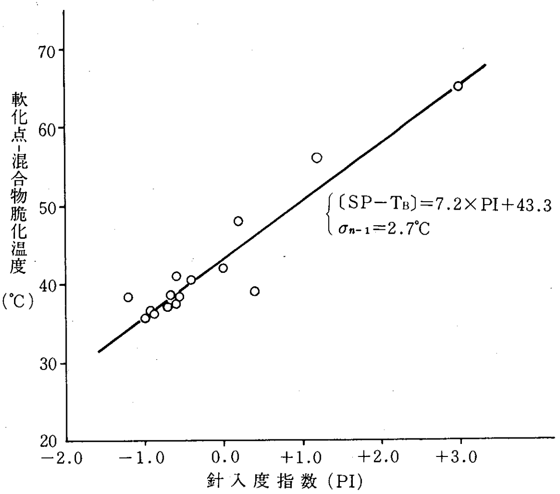


図 5　針入度指数と〔軟化点-混合物脆化温度〕の関係

4.4　25℃針入度上限値

一方，針入度上限値としては，アスファルトのPIがむやみに高いものはジョイントクラックなどの弊害があるともいわれており，PIとして＋2.0 以下程度を目標とするあたりが一つのラインと考えられる。この面から軟化点55.5℃と62.0℃の場合のPI=＋2.0 に相当する針入度値

を求めると，それぞれ98，62となる。ここで，安全をとって下の方の値(62)をとると，軟化点55.5℃の場合のPIは＋0.6 以下となり，製造面からは無理な点が多くなる。そこで中間の針入度値＝80をとると，軟化点55.5℃ではPI＝＋1.4，62.0℃ではPI＝＋2.7となり，製造面，PI上限値の両面で許容できる値と考えられる。したがって，針入度の上限値は80が適当と考える。

表10 諸外国の舗装用ストレートアスファルトにおける伸度規格値[9]

国名	針入度グレード	伸度，25℃(cm)	制定年
ギリシヤ	30 ～ 40	50以上	1953
アメリカ(連邦)	40 ～ 50	40以上	1943(1959)
ドイツ(DIN)	35 ～ 50	40以上	1960(1966)
フランス	40 ～ 50	60以上	1956
スイス	40 ～ 50	60以上	1950
ソ連	41 ～ 80	40以上	1952
デンマーク	40 ～ 50	50以上	1957
〃	30 ～ 40	35以上	〃
日本(関東地建)	40 ～ 60	10以上(15℃)	1974(暫定規格)

4.5　伸度の下限値

アスファルト舗装のひび割れに対して，アスファルトの伸度がどう効くかという点についての定量的議論は見当らない。

筆者もこの点に関しては明解な指標を出すことはできないが，伸びの全くないアスファルトでは舗装体の温度変化によるひび割れ発生を防ぐことはできないと考える。しかし，どのような測定法で測った伸度で，いくら以上有ればよいかという点について根拠ある値を示すことはできない。ただ，全く伸びる余地のないアスファルトは避けるという意味で何らかの目標値を持つ必要があると考える。

一方，ここで考えているアスファルトすなわち60℃粘度が14,000±4,000poise，25℃針入度40～80というアスファルトは，ストレート方式で製造することは極めて困難と考えられ，セミブローン方式とならざるを得ないと考える。そうなるとアスファルトの伸度はストレート方式より低下することが予想され，したがって単に従来の舗装用石油アスファルトの横すべりで目標値を設定しても，製造面から不可能なものとなる恐れがある。

しかし何らかの下限目標値が必要であると考えるので，25カ国の舗装用石油ストレートアスファルトの政府仕様規格[9]の中などから，針入度40程度のアスファルトの伸度規格値で低目の値をひろい出してみた。結果を**表10**に示す。表10をみると，ドイツ，アメリカ，ソ連で25℃伸度が40cm以上となっており，デンマークの針入度30～40は35cm以上という点などから，25℃針入度の下限値として40cmあたりが一つの努力目標値と考えられる。

なお，これら諸外国の数値はあくまでもストレートアスファルトの規格値であり，ここで考えている深いセミブローンを行ったアスファルトの場合は極めて困難が予想されるが，絶対に不可能という数値ではないと考える。

また，以上の数値は各国規格値の根拠が不明であるために，この値以下では絶対に不都合であるか否かは不明であるが，逆に各国規格値となっている以上，この値が満足されれば，供用性に重大な欠陥を招くことはないものと考えられる。しかし，製造面の難しさを考慮すると伸度の下限目標値はさらにつめた検討が必要となろう。

4.6　結論

60℃粘度が14,000±4,000poiseという高粘度アスファルトが，耐ひび割れ性の点で通常使用されているアスファルト並みの性質を有するためには，25℃針入度が40～80，25℃伸度は40cm以上を目標とすべきであると考える。

5．施工性を満足させるアスファルト性状

混合物の施工性としては，混合，転圧の2点が特に重要であるが，この点に関しては長年の実績をふまえた確たる指標がアスファルト舗装要綱などに示されている。

すなわち，混合時のアスファルト粘度は150～300cStであり，混合温度は185 ℃以下となっており，この考え方はここで対象としている高60℃粘度アスファルトについてもそのまま移行できるものと考える。

したがって，重交通道路舗装用アスファルトが従来の施工法で十分施工できるためには，アスファルトの180℃粘度が300cSt以下であれば良いと考えている。ここで180 ℃とした理由は，ミキサーの混合温度変動幅を±5℃程度は考慮せざるを得ないと考えたからである。

転圧に関しては所定粘度で行えばよいことで，この面からアスファルト性状を制約する必要はないと考える。

なお，以上はあくまでも現行の施工機械を前提とした考え方であるが，わだち掘れ対策上どうしても高粘度アスファルトの使用が避けられないのであれば，それなりの施工機械の開発も必要となろう。

以上から，現行の施工機械で十分な施工性を得るためのアスファルト性状としては，180 ℃粘度が300cSt以下であることが必要と考える。

6.耐熱劣化性その他からみたアスファルトの必要な性状

6.1　薄膜加熱後の60℃粘度

劣化には大きく分けて2種類あり，一方は供用中の老化であり，他方は混合時の熱による劣化である。この点に関しては，わが国および米国では薄膜加熱後のアスファルト性状を原アスファルトとの比較でみているが，ここでも同じ対応で良いと考える。

米国の60℃粘度アスファルトでは，薄膜加熱試験後の60℃粘度が原アスファルトと比べ4倍以内と規定している。ただこの場合，原アスファルトの60℃粘度は 4,000 poise以下のものであり，ここで考えている14,000poiseクラスで4倍以内におさめる事には無理が有るようで，この点については最終的には規定する必要はあるが，現時点では具体的数値を明示することはできない。ただ目安としては4を若干上まわる値(6付近)が上限値となろう。

6.2　薄膜加熱減量

アスファルト中に揮発性物質が混入していると，加熱時に蒸発しアスファルトの硬さが変化する。この点のチェックの意味から，従来行われている薄膜加熱減量の試験は必要である。数値としては通常のストレートアスファルトと同じ0.6wt%以下で十分と考える。

6.3　引火点

アスファルト取扱い上の安全性を確保する意味から規定は必要である。高60℃粘度のアスファルトとはいっても，アスファルトの劣化防止の意味から，5章で述べたように混合温度は 180℃以下となるように高温粘度を規定しているため，このアスファルトに関して，特に引火点を引き上げる理由はないので，通常の舗装用ストレートアスファルトと同じ 260℃以上(COC)で良いと考える。

6.4　三塩化エタン可溶分

無機質の混入などをチェックする意味で測定した方が良いと考える。なお，溶剤としては四塩化炭素，三塩化

表11　重交通道路舗装用アスファルトの要求性状

	試験項目	要求性状	解説(*2)
原アスファルト	粘度，60℃(poise)	14,000±4,000	3.
	粘度，180℃(cst)	300以下	5.
	針入度，25℃，100g，5sec	40～80	4.3，4.4
	伸度，25℃ (cm)	40以上	4.5
	三塩化エタン可溶分	99.0以上	6.4
	引火点，coc，(℃)	260以上	6.3
	比重，(25℃／25℃)	1,000以上	6.5
薄膜加熱試験後	加熱減量，(%)	0.6以下	6.2
	60℃粘度比，加熱後/加熱前	(＊1)	6.1

(＊1) 現時点で数値は決め難いが，項目は必要であると考える。
(＊2) 要求性状の理由について，参照すべき章を示した。

エチレンより毒性の少ない三塩化エタンが好ましいと考える。

6.5　比重

混合物の配合設計上測定が必要であるが， 1.000を切るアスファルトは従来使用されていないこと，諸外国の規格をみても，針入度80以下のアスファルトで，比重が 1.000 以下まで許容しているのはインド，オーストラリアを除いて無いことなどから，1.000以上としておくことが無難と考える。

7．重交通道路舗装用アスファルトの要求性状値

以上の考察から，わが国の重交通道路舗装用アスファルトとして要求されるバインダー性状値は**表11**のものが考えられる。

なお，以上の考察はいわゆる道路でも車が走り抜ける部分を対象に考察したものであり，交差点付近，バス停，急こう配個所などは，例えば60℃粘度のさらに大幅に大きいものが必要であろうと考える。

8．重交通道路舗装用アスファルトの予想される製造法

8.1　まえがき

舗装用アスファルトの製造法は大別して(1)蒸留法，(2)プロパン脱れきアスファルトのブレンド法，(3)セミブローン法の3種に分けられる。

以下，各製造法について説明するとともに，各製造方式でこの重交通道路舗装用アスファルトの製造が可能かどうかについて述べる。

8.2　蒸留法

製造法の一例を**図6**に示す。

図6でわかるように，原油をまず常圧蒸留留塔にかけ，ＬＰガス，ナフサ，ガソリン，

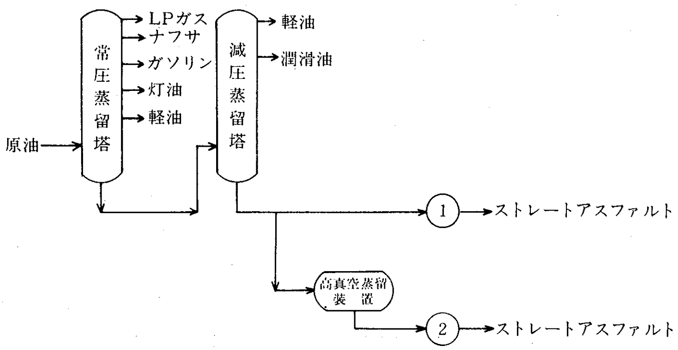


図6　ストレートアスファルトの製造法

灯油，軽油を除去する。そして，これら軽質分を除いた常圧蒸留塔塔底油を次に減圧蒸留塔にかける。

減圧蒸留塔は塔内全体を減圧下で蒸留する方法で，大気圧下の蒸留では除去できないような潤滑油留分を除去することができる。

このようにして原油中の油分を除く操作が終了するとすなわち減圧蒸留塔の塔底にはアスファルトが分離されるわけである。

減圧蒸留塔の温度，減圧度などの操業条件により，塔底に分離されるアスファルトの硬さが異なる。そこで，所望のグレードのアスファルトを得るためには，

(1) 減圧蒸留塔の運転条件を変える方法（図6の①）

(2) 減圧蒸留塔の運転条件は一定として，例えば塔底には針入度200～300程度のアスファルトが得られるようにしておき，その塔底留分のアスファルトをさらに別な高真空蒸留装置にかけて油分を絞り取る方法（図6の②）

がある，こうして各種針入度グレードのアスファルトが製造され，またこのようにして製造されたアスファルトを一般的にストレートアスファルトと呼んでいる。

ここで示した重交通道路用アスファルトをこの方式で製造するためには，従来のアスファルト以上に油分を絞り取らなければ，目標の60℃粘度を満足することはできず，従来使用されている石油精製装置では製造することは難かしい。また，たとえ新しい装置で作れたとしても，ストレート方式で得られるアスファルトのPI値を考えると，60℃粘度が14,000±4,000poiseで針入度40～80を両立させることは困難と考えられる。

以上から，ストレート方式によるこの重交通道路舗装用アスファルトの製造は困難であると考える。

8.3　プロパン脱れきアスファルトのブレンド方式

製造法の一例を**図7**に示す。

8.2 の (2)では，減圧蒸留塔の塔底留分（軟らかいアスファルト）をさらに高真空蒸留装置にかけて油分を絞り取るという方法を述べたが，高真空による除去のかわりに，軟らかいアスファルトから油分を液化プロパンで抽出して絞り取る方法があり，この方式をプロパン脱れき法と呼び，このようにして油分を除去して得られるアスファルトをプロパン脱れきアスファルト（PDA）と呼んでいる。

一般にプロパン脱れき部分の運転条件はあまりひん繁に変更することができないため，普通針入度が30以下のPDAが得られるような一定操作条件で運転を行い，所望の硬さのアスファルトの製造にあたっては，減圧蒸留塔の塔底留分（軟らか目のアスファルト）とPDAを所定量ミキサーで十分混合して製造する方法がとられている。

プロパン脱れき装置部分を図7に示したが，減圧蒸留塔の塔底に得られた軟らかいアスファルトと液化プロパンは，例えば多数の回転円盤を内蔵する抽出塔に張り込まれ，この塔内で液の状態でアスファルトと液化プロパンが加圧下で混合接触され，アスファルト中に残っている油分が液化プロパンの方に移される。

アスファルトとプロパンは互いに溶け合うことがないの

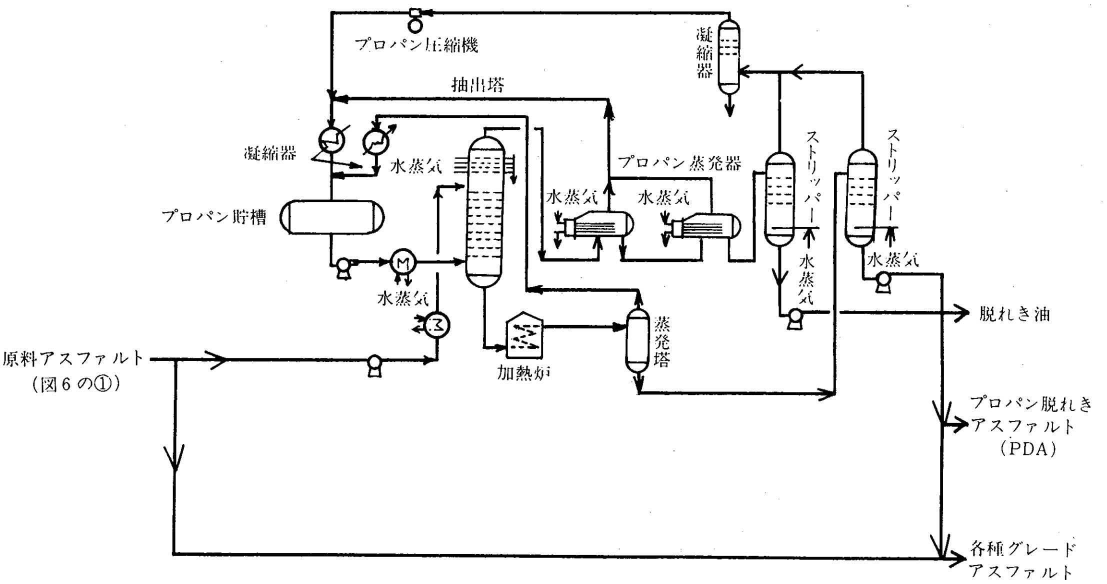


図7　プロパン脱れきアスファルトのブレンド方式による製造法

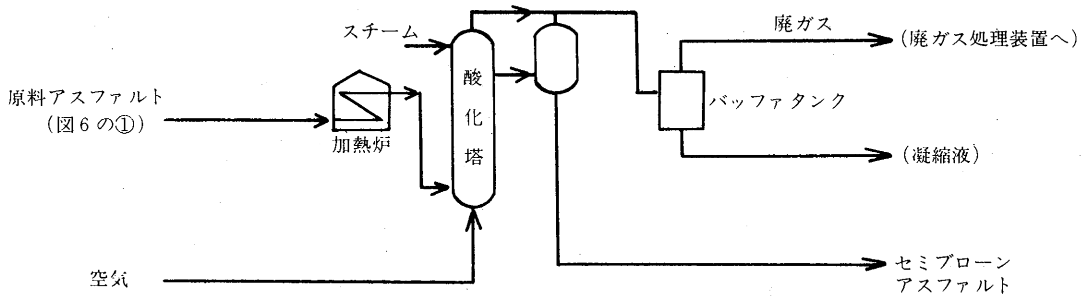


図8　セミブローンアスファルトの製造法

で，両者が液の状態でかくはんしている状態(抽出段階)では一見溶けるように見えても，かくはんを止めて静置すれば二層に分離し，上層に油分を含んだ液化プロパンが，下層には油分を除去されたアスファルト層が生ずる（実装置では連続式向流抽出法で行われ，抽出と分離が連続自動的になされるが，専門的になりすぎるのでここでは省略する)。

抽出塔の下からは油分を分離されたアスファルトが得られるが，抽出が加圧下（普通30～40気圧）で行われるため若干プロパンがアスファルトに溶存するため，溶存プロパンの除去を行ってPDAが得られる。

プロパン層は抽出塔の上部から得られ，このプロパン層は油分を除去し，回収プロパンは抽出のために再使用される。

プロパンによる抽出段階の温度は普通50～ 100℃くらいの低い温度で行われるため,8.2で述べた高温高真空下で油分を除去する方法と比べ油分除去段階で受ける熱劣化が少ないため，その分だけ得られるアスファルトのPIは少し小さくなる。

しかし前述したように，PDAをそのまま舗装用として使用することはなく，軟らか目のストレートアスファルトと混合するため，両者のとり合わせが適切であれば混合後のアスファルトのPIはほとんど普通のストレートアスファルトと変りない程度となり，またバインダー性状に関しても実質的にほとんど差のないものが得られる。

したがって，ここで考えている重交通道路舗装用アスファルトを本方式で製造することは，蒸留法の場合と同様に60℃粘度値は満足できても，PIの関係で針入度40～80をも同時に満足することは困難であり，本方式による製造は困難と考えられる。

8.4　セミブローン方式

製造法の一例を**図8**に示す。

前述した蒸留法，プロパン脱れき法はいずれもアスファルト中の油分を取り除くことによってアスファルトの硬さを出す方式であり，その油分の除去方法を真空法で除去するかプロパンで抽出するかという点が違うだけである。

しかし，セミブローン方式はこれらの方式とは全く異なり，軟らかいアスファルトを加熱下で空気を吹き込むことにより酸化させ，アスファルトの組成を変化させることによって硬くする方法である。

製造方法としては，図8の酸化塔にアスファルトを入れ，塔底から空気を吹き込み200～320℃でブローイングする。塔頂ガスは油分を除去後廃ガス処理装置にかけられる。塔内のアスファルトはそのままセミブローンアスファルトとなる。また，原料アスファルトの種類，目的とする製品アスファルトの性状によっては，原料アスファルトにあらかじめ潤滑油などを加えたものを用いてブローイングを行う場合がある。

セミブローンアスファルトはその製造工程において熱および空気による影響を強く受けるため，その性質はブローン度が高くなるほどストレートアスファルトの性状と離れたものとなる。

ここで考えている重交通道路舗装用アスファルトをこの方式で製造すれば，60℃粘度ならびに針入度の両面を同時に満足することは比較的容易であると考える。ただ，25℃伸度＝40cm以上も満足させることが一つの課題ではあるが，絶対不可能とは考えられない。また，表11の他の性状値も満足することができると考えられ，したがって，セミブローン方式による製造は可能と考える。

8.5　結論

以上の製造法に関する考察から，表11の性状を示す重交通道路舗装用アスファルトは，セミブローンアスファルトとならざるを得ないと考える。

9．まとめ

(1)　わが国のわだち掘れ対策をアスファルト面のみから行うとした場合に必要と考えられるアスファルト

性状値のガイドラインを表11に示した。

(2) このようなアスファルトの製造法について考察した結果，セミブローン方式とならざるを得ないことを述べた。

10. あとがき

以上，わが国のわだち掘れ対策をアスファルト面のみから行うとした場合に，重交通道路舗装用アスファルトの持つべき性状はいかにあるべきか，という点について一アスファルト研究者の立場から率直な私見を述べた。

耐わだち掘れ用アスファルトを考えるということは，その目的とは裏腹に耐ひび割れ性の限界を究めるということであり，その限界がはっきりしてはじめて安心した耐わだち掘れ用アスファルトができるわけである。

しかし，ひび割れとアスファルト性状の因果関係の間にはあまりにも多くの他の要因が介在しているため，両者の相互関係には不明な点が多く，どのアスファルト性状が鍵なのかすらわかっていないのが実情である。

こうした中でまとめたガイドラインであるため，ある程度仮定や推定に基づくものとなっているが，今後本稿がたたき台となり，多くの関係者によって多角的な検討がなされることを心から期待するものである。

11. 引用文献

(1) 南雲貞夫，蔵田正夫，谷本誠一；舗装，11，No.9，3 (1976)

(2) 林　誠之；アスファルト，20，No.110，33(1977)

(3) 建設省土木研究所；土木研究資料，No.923，125(1974

(4) 林　誠之；アスファルト，20，No.110，37(1977)

(5) 林　誠之；アスファルト，20，No.110，39(1977)

(6) OECD Road Research Group, "Resistance of Flexible Pavement to Plastic Deformation" OECD (1975) p.18

(7) 林　誠之；アスファルト，19•No.107，15(1976)

(8) 林　誠之，アスファルト，20，No.110，42(1977)

(9) アスファルト，15，No.86，9 (1972)

ASPHALTOPICS

Asphalt vol.28, No.4 Oct., 1976
ネブラスカ州の農民はAsphalt padで穀物の貯蔵に成功

By. R. W. Monroe

Paving material としてアスファルトは数多くの興味ある用途がある。石，砂，砂利，スラグと適当にMixする場合，アスファルトは結合材として作用し，強度と耐候性の秀れた舗装となる。

アスファルト舗装は土地を水，光，空気を通さない層にし，牧草から出る酸が土壌にしみ込むのを防止する。またアスファルトは塩や他の化学物質におかされないためほとんどあらゆる物質の貯蔵設備の秀れたpad及び床材となる。

ネブラスカ州の農村地帯では穀物貯蔵用に 150平方フィートの貯蔵設備が数百ヶ所に設けられている。padは普通3～4インチのフルデプスで地表に直接施工される。時には露天にpadのみをほどこし，一時的貯蔵に使用することも行なわれる。

他のタイプの貯蔵設備は40×125フィートないし75×175 フィートの大きさで土手状に土盛りした三方をpadしたものである。土盛り部をワイヤーメッシュで覆い，次でポルトランドセメントコンクリートブローンを3インチの厚さにもる。

サイロの床上にhot-Mix asphaltを施工する前にsub-gradeを水で流し込みローラーで固める。床面舗装は貯蔵物が発酵して生ずるジュース状物質を流し出すため1/100の傾斜を設ける。

この液体は硫酸濃度が高いが，アスファルトは硫酸と反応しないため何らの損傷も受けない。

hot-Mix は一般に85-100針入度のアスファルトと未粉砕の砂利，フィラーと混合してつくる。骨材の大きさは3/8インチ以下である。これら貯蔵設備の多くはネブラスカ州中南部のCazad, Lexingtonに設けられている。過去12年間に 125以上のアスファルトフロアーが設けられ，初期に作られたものでも現在良好な状態を保っている。

BLACK CHEMISTRY・その1

アスファルトの有効利用について

――低硫黄化対策を中心として――

尾 崎 博 已*

1．はじめに

近年，アスファルトの用途開発についての研究が，さかんに行なわれ，新しくblack chemistryという言葉でよばれる分野が開けつつある。筆者はこの分野における開発の発展状況の紹介を先に行なったが，[1]それとの部分的な重複を許していただき，その後の新しい展開について若干加筆を行ない，ここに改めてアスファルトの有効利用のための諸対策について紹介し，アスファルトの将来について関心の高い読者の参考に資したい。

2．なぜアスファルトの有効利用が急務なのか

硫黄酸化物による大気汚染に対する環境規制は，近年ますますきびしくなりつつあるのは周知の通りである。わが国においては，1974年11月に硫黄酸化物の環境基準濃度（1時間値の24時間平均値）を0.04ppm以下にすることが定められている。この0.04ppm以下を達成するためには年平均の濃度を0.015ppm以下に規制する必要があるとされている。ところが，従来の硫黄酸化物の大気濃度の実測値の全国平均は1972年で0.019ppm，1973年で0.018ppmであり，[2]まだ0.015ppmには達していない。1967年（昭和42年）以降の大気中の硫黄酸化物濃度は，図1[3]に示すように年々低下してはいるが，0.015ppm達成のためには190万トンと算出されている。1970年度における石油系燃料よりの硫黄酸化物の全国排出量実績を1978年度には120万トンにまで減少させる必要があると推算されている。

ところでわが国で消費されている原油のほとんどは中東産であり，硫黄含有量が高いため，当然のことながら何らかの脱硫対策が必要となる。ナフサ、灯油，軽油などの留出油の脱硫は比較的容易であるが，量的に石油系燃料の約50%を占める常圧残油（重油）の低硫黄化には，技術的にも経済的にも困難がともなう。

この問題に対処するための直接的な方法としては，重油の直接水素置脱硫があり，すでに約8年前よりわが国において工業化されている。それら大部分の工業装置に

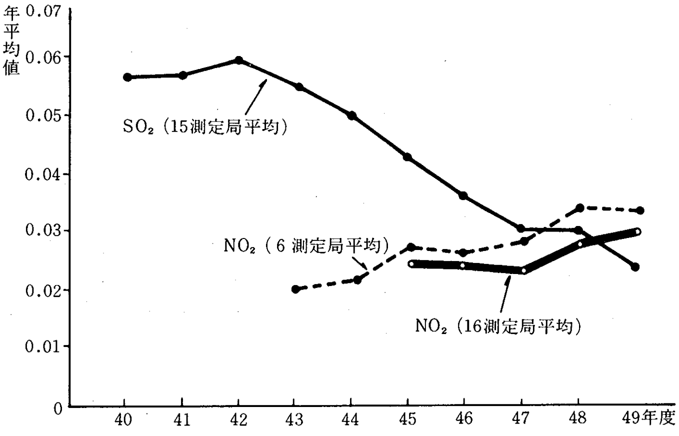


図1　SO_2，NO_2の環境濃度の推移
（年度別年平均の単純平均値）

＊日本鉱業（株）石油化学室

ブラック・ケミストリィとは・・・？

ブラック・ユーモアとか，ブラック・ジャーナリズムとか，ブラック………なんぞと，頭にブラックがつくと何やら少々ふざけたような，ぐっと悪くなると，どうにも陰湿な感じがつきまとって，いい意味に解釈してくれない。

しかし，ここで云うブラック・ケミストリィは至極，真面目である。本稿の筆者も冒頭に述べているように，新しいアスファルトの分野の開拓である。

ご承知のとおり，アスファルトの利用は多岐にわたっている。

本誌をお読み頂ければわかるとおり，先々の見通しを分析して，アスファルトの新しい用途の開発研究は，さかんである。

石油製品の中で，何か新しい研究を目論んでみると，アスファルト以外には，ないようである。ここにもアスファルトの研究の新しい着目の余地を見出したのである。石油関係やアスファルトの研究者の中で，ブラック・ケミストリィなんぞという表現にマユをひそめられる方もあるかも知れない――しかし，まあ，ちょっとごかんべんいただいて，暫く新しい研究の成果をご注目願うこととしたい。

次号から，アスファルトの新しい工業用の詳細な研究を一項づつ掲載していく予定である。

図2 重油直接脱硫において硫黄分を低下させるに必要な触媒量

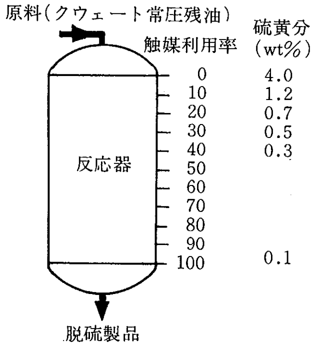


図3 クウェート重油の硫黄分を 1.0%に下げるためのガルフHDSタイプII

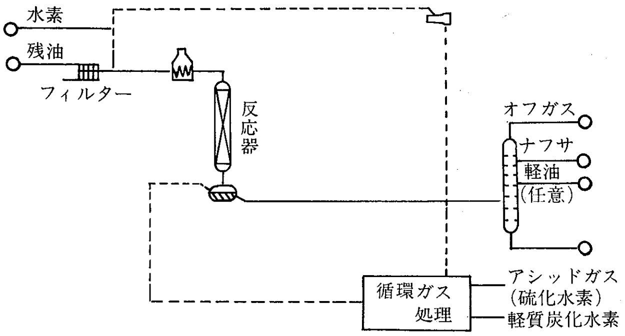


図4 クウェート重油の硫黄分を0.3%〜0.5%に下げるためのガルフHDSタイプIII

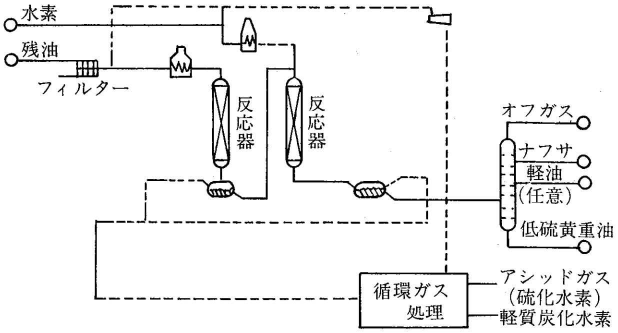
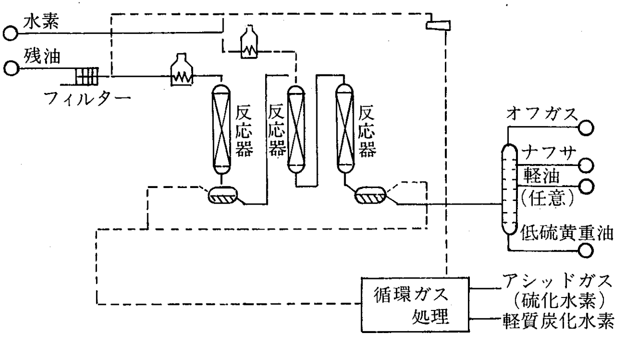


図5 クウェート重油の硫黄分を 0.1%に下げるためのガルフHDSタイプIV



おける脱硫率は75%前後であり，脱硫された製品重油中の硫黄分は1%程度にとどまっている。前記環境規準達成のためには，この程度の脱硫率では十分でないため，硫黄分0.1〜0.5%の重油を得るためのプロセスの提案が行なわれ,[5-10] すでに工業装置が稼動している。

脱硫率を高めるためにとられている対策は，基本的には反応器の数を増やして直列に連結し，重油処理量当りの触媒量を増加させるにある。すなわち液空間速度を低下させるわけである。しかしながら，**図2**に見られるように，脱硫率の上昇にともない，触媒量は極めて急激に増加させざるを得ない。すなわち硫黄分4%のクウェート重油を触媒が充てんされた反応器に通すとき，硫黄分を 1.2%に下げるためには反応器内の触媒量は約10%あれば十分であるが, 0.5%の硫黄分を得るためには触媒量は約30%必要となる。さらに 0.1%まで硫黄分を下げるためには必要とされる触媒量は急激に増加して，反応器内の触媒が全量必要となる。

ガルフオイルのＨＤＳプロセスを例にあげてみれば，クウェート重油（硫黄分約4%）を脱硫して硫黄分を約1%にまで低下させるには，**図3**に示すような反応器2基の装置で十分であるが，0.3〜0.5%の硫黄分にまで低下させるには，**図4**に示すように反応器が2基必要となる。さらに硫黄分を 0.1%にまで下げるためには，**図5**のように3基の反応器が要求される。

もちろん，実際の工業装置においては，単に触媒量を増加させるだけでなく触媒を改良し，第1反応器には重油中のバナジウムおよびニッケルによる被毒に強い触媒を充てんし，第2反応器以降には脱硫活性の高い触媒を充てんするなどの工夫,[6,7] その他プロセス上の改良がなされてはいるが，経済的にかなり大きな負担となることに変りはない。

表1に硫黄分 3.8%のクウェート重油を脱硫して, 1.0, 0.5, 0.3 および 0.1%の硫黄分にするための精製費試算を示した。[11] この試算結果は1975年における精製費を，その約2年前の時点で推定して得られたものであるため，数値については修正が必要であるが，脱硫率の違いによる精製費の差を見るためには役立つものと考える。この表から，0.1%に脱硫する（Case 4）ためには，1%に脱硫する場合（Case 1)の2倍近い精製費の必要なことが知られる。さらにこの試算は原料重油をクウェートと想定して実施したものであるため，クウェート重油よりメタル（バナジウム，ニッケル等）含有量の多いガッチサラン重油などの場合には経済的に不利になり，現実に

は直接脱硫法の対象とはなり得ない。

そこで登場するのがいわゆる間接水素化脱硫法である。すなわち，重油を減圧蒸留で減圧軽油と減圧残油（アスファルト）に分離した後，メタルおよびアスファルテンをほとんど含まない減圧軽油のみを脱硫する方法である。**図6**は減圧軽油の脱硫も含めて，従来の製油所で行なわれている重質油の脱硫方式を簡略化して示したものである。間接脱硫方式によれば，硫黄分が 0.2%あるいはそれ以下の脱硫油が得られるが，その脱硫 油にアスファルトをカットバックするならば，硫黄分は2%に上昇し充分な脱硫率を得ることができない。したがって，アスファルトは別途抜き取る必要が生じる。このようにして副生するアスファルトをいかに有効利用するか，現時点においてはアスファルトは余剰化していないが，将来を見通した場合その処理対策の確立は必要課題とされている。

表1　重油脱硫の精製費試算（1975年）

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
原　料　油	――クウェート重油(340℃＋, 3.8%S)――			
脱硫重油中の硫黄分, *wt%*	1.0	0.5	0.3	0.1
装 置 能 力, BPSD	50,000	50,000	50,000	50,000
設　備　費, 百万円				
オンサイト	20,000	24,000	27,500	33,400
オフサイト	6,000	7,200	8,300	10,000
小　　計	26,000	31,200	35,800	43,400
直　接　費, 円/KL				
燃　　料（30,000円/KL）	430	430	480	480
電　　力（12円/KWH）	330	450	450	480
スチーム（3,200円/t）	480	580	590	640
冷 却 水（10円/t）	70	90	90	90
触媒，薬品	190	370	490	810
水　　素（14.6円/m³）	1,600	2,100	2,300	2,800
小　　計	3,100	4,020	4,400	5,300
間　接　費, 円/KL	2,800	3,400	4,100	5,000
精　製　費, 円/KL	5,900	7,420	8,500	10,300

アスファルトの処理を中心とした，いわゆる black chemistry が，わが国における学界，業界の興味を引きつつある背景は以上の通りである。それではアスファルトの有効利用を目的とした処理方法として，現在どのようなプロセスが工業化され，あるいは研究開発されているか，以下にその概要を紹介したい。

3．アスファルトの有効利用方法

3.1　アスファルトの熱分解

アスファルトを熱分解処理すれば，メタルおよびアスファルテン分をほとんど含まない分解軽質油が得られる。

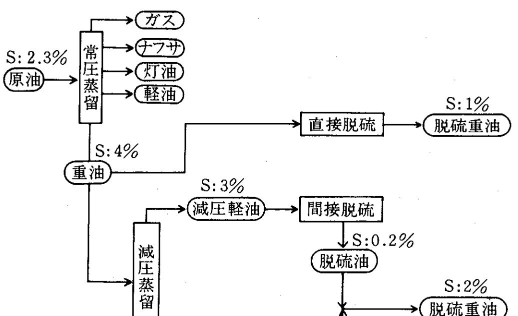


図6　従来の重質油脱硫方式

この分解軽質油の脱硫は容易に行ない得ることはよく知られている。したがって，アスファルトをまず熱分解し，その際得られる分解軽質油を脱硫する方式をとれば，アスファルトの脱硫に困難はともなわない。しかしながら，アスファルトを熱分解すれば，例外なく大量のコークが副生する。この副生コークの処理対策を抜きにしては，熱分解をアスファルトの脱硫の前処理として採用することはできない。以下にその副生コークの処理を含めたアスファルトの熱分解の諸方式を紹介する。

3.1.1　熱分解ガス化

EXXON 社の開発になるフルードコーカーは，アスファルトからガソリン基材を得ることを目的にしてアメリカにおいて多数工業化されている。このプロセスはコークを熱媒体にした流動層において，アスファルトを熱分解するものである。その際副生するコークは発電所用の燃料などに用いられていたが，それらのコークは多量の硫黄分を含むため，最近では燃料としての利用はできなくなりつつある。そこで考案されたのがフレキシューカーとよばれるプロセスであり，ガス化器（ガシファイアー）を設置して，副生するコークを空気とスチームを用いてガス化し，一酸化炭素を主体とする低カロリーガスを得えよとするものである。そのフローの概略は**図7**[10,12)]に示す通りであり，その第1号装置が東亜石油川崎製油所においてすでに稼動している。

コークを熱媒体にした流動層による熱分解方式としては，上記EXXON社の方式以外にもK－Kプロセスがあ

図7　フレキシコーキングの概略図

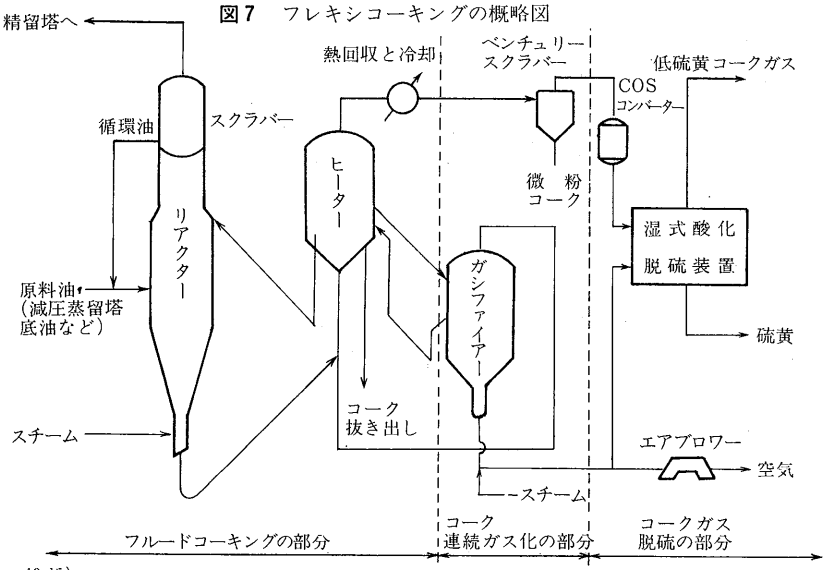
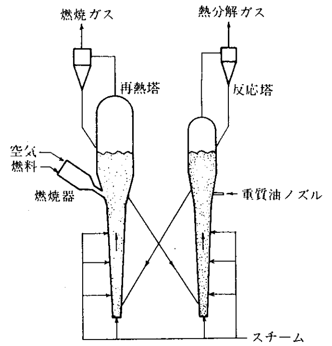


図8　コークス熱媒体法
(K-Kプロセス)の反応器



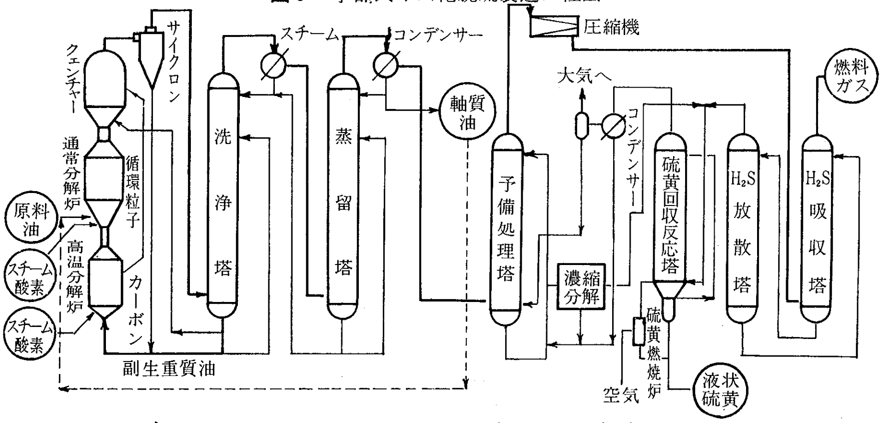
る。[13-15] このプロセスは,原油からオレフィンを製造する目的で開発が進められたものであるが，その後社会的要請に合わせて重質油の処理に移行し，次のような発展を見せている。[16]

Mark 1．コーク粒子の循環流動層による重質油よりのオレフィンの製造法

Mark 2．耐火物粒子または触媒粒子の循環流動層による重質油より燃料ガスの製造法

Mark 3．循環流動層によるコーク粉粒より水性ガスの製造法

図9　宇部式ガス化脱硫製造工程図

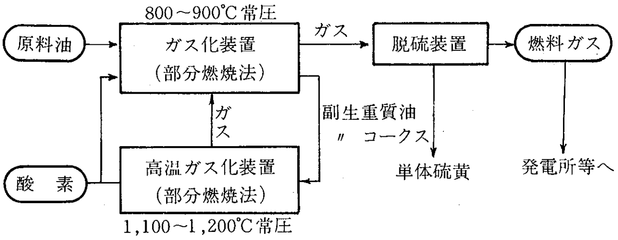


何れの場合においてもコークは，スチームおよび空気によってガス化され，燃料ガスとして活用されることになる。このプロセスの特徴は，**図8**に示すような反応器の形状にあるとされている。[16]

K－Kプロセスと同様に，原油からのオレフィン製造を目的として開発されてきた宇部プロセス[17]も重質油からの燃料ガスおよび軽質油併産型プロセスへ[18]と移行している。このプロセスの特徴はアルミナ，シリカ系の流動化媒体を用いた反応器の形態にあり(**図9**参照)，工業化されたときの概念図は，**図10**に示す通りである。

Shell社では,**図11**に示すように同社の開発になるシエルガス化プロセスを発電機と組合せた，ガス化方式複合

図10　宇部式ガス化脱硫プロセス概念図



サイクル発電を提唱している。[19] ガス化された状態では脱硫が容易に行なわれるので，クリーンな燃料ガスが得やすくなる。そのクリーンガスを発電に組合せ，効率よく電力を得ようとするものである。

同様なプロセスの提案はTexaco 社からも行なわれている。[20] これらのプロセスは個々の装置がすでに工業化されているため，その実現性には期待が持てる。

3.1.2 高温スチームによる熱分解

エチレンおよびアセチレンの製造を目的とした原油の高温スチームによる分解プロセスから発展した重質油の熱分解法としてクレハ化学のピッチ製造プロセスがある。[21] このプロセスは**図12**に示すフローによってアスファルトを高温スチームを用いて熱分解し，脱硫原料を得るものである。その際副生するコークは，2つの反応器から交互に数時間のサイクルで，フレーク状のピッチとして取り出される。その用途としては，成型炭用ピッチ，成型コークス用バインダーおよび球状活性炭としての利用がある。

図12 ユリカ工業ピッチ製造プロセス

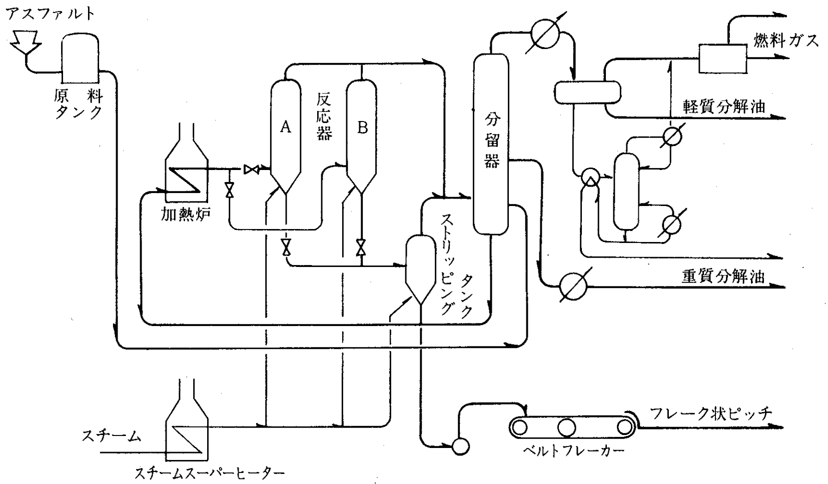
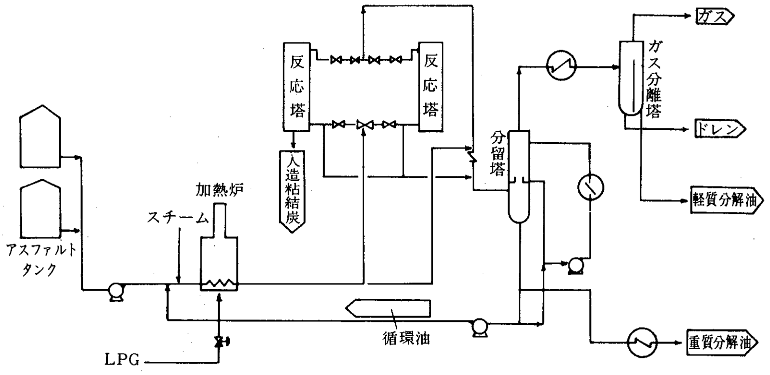


図13 人造粘結炭製造パイロットプラント（日鉱法）



ところで，鉄鋼の生産は世界的に見て着実にのびつづけているのに対し，高品位の製鉄用原料炭の供給は限られており，需要ののびに対応し得ないであろうといわれている。[22,23] 特にわが国においては，そのほとんど全量を輸入に依存しているため，近年粘結炭の供給不足が深刻になりつつある。もっとも最近の減速経済下では短期的に見てその深刻度は緩和されてはいるが，長期的に見れば粘結炭代替品の必要性が低下することはない。クレハプロセスはユリカ工業（クレハ化学，富士石油およびアラビア石油の合弁会社）により工業化されており，非粘結炭に粘結性を与えるのに寄与していて，その意義は大きい。

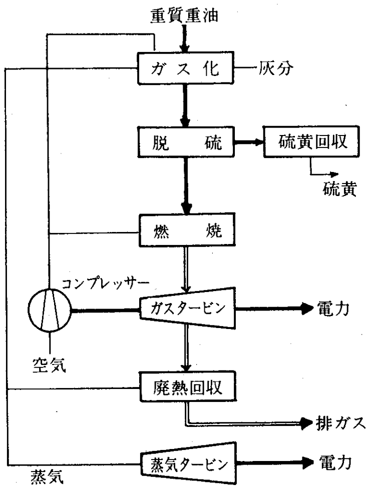


図11 ガス化方式複合サイクル発電

3.1.3 コーキングによる人造粘結炭の製造

筆者らはアスファルトを熱分解コーキングして脱硫原料を得る際，コーキング圧力とコーキング度を調節することにより，副生するコークを人造粘結炭として利用し得ることを見出した。[24,25,26] 現在，**図13**に示すようなフローのパイロットプラント（処理量1t/日）を当社船川製油所に建設し，工業化研究を実施している。このプロセスで製造される人造粘結炭は，そのままでアメリカ産粘結炭および国内産粘着炭の何れの代替としても用いることが

できるという利点を有している。

3.1.4 石炭粉共存下の熱分解

大阪ガスではコールタールの改良を目的としたCherry Processをすでに工業化しているが，さらにこのプロセスを石油系重質油の処理に発展させたCherry Process-Pの工業化を進めている。[27]

このプロセスは重質油の熱処理時に生成するコークを，重質油に添加した石炭粉上に析出させ，運転上のコークトラブルを回避するものであり，その概念図は**図14**に示される。得られたバインダーは粘着炭の代替に，また固形分は粘結炭の代替になり得るという。さらに粒状活性炭としての活用も可能であるという。

3.2 アスファルトの接触分解

触媒を用いて重質油を接触的に分解しようとする試みも数多くなされている。たとえば，従来軽油留分の分解に用いられているＦＣＣ（流動接触分解装置）によって重質油の分解が行なわれている。Kellog社とPhillips社の開発になるHOCプロセスがそれであり，すでにPhillips社のBorger製油所において工業的に実施されている。[28]しかしながらこのプロセスにおいては，触媒はかなり高価なＦＣＣ触媒を用いるため，触媒活性を著しく低下させるアスファルトの処理は無理であり，せいぜい重油どまりである。それに本プロセスは自動車ガソリンの製造も目的としているため，アメリカほどには自動車ガソリンの生産量の多くないわが国での適用には難点がある。

Atlantic Richfield社においても，同様のプロセス(ARCO cracking)の開発がなされている。[29]この場合には，**図15**に示すように活性の低下した触媒の再生を行ない，触媒費の負担を少なくしているが，それでもなお処理可能な原料は原油とされている。

アスファルトのように多量のメタルおよびアスファルテンを含む重質油を接触的に分解する場合には，天然物や産業廃棄物のように安価に入手し得る触媒が望まれる。そのような観点から筆者らはニッケル鉱石を用いてアスファルトを分解する方式（ＮＨプロセス）の研究[30]を行ない，そのパイロットプラントの運転を終了した。このプロセスのフロースキームは**図16**に示す通りであり，[31]石油精製と金属製錬を連結する可能性を有するものである。

天然物を触媒とする分解の研究としては，ドロマイトを用いる方式がある。[32]また，海底および湖底に多量に分布しているマンガン団塊を用いての分解も研究されている。[33,34]さらにアルミニウムの製造工程において，ボーキサイトからアルミナを抽出した残査としてアルミニウムとほぼ同量副生する赤泥をアスファルトの脱メタル剤として活用しようとする試みも見られる。[35]

図14 CHERRY-Pプロセス概念図

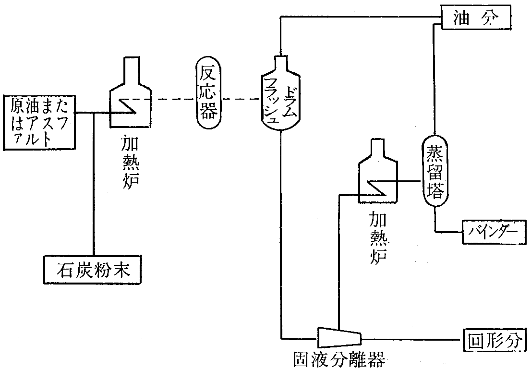


図15 FCCによる原油の脱硫(ARCO craking)

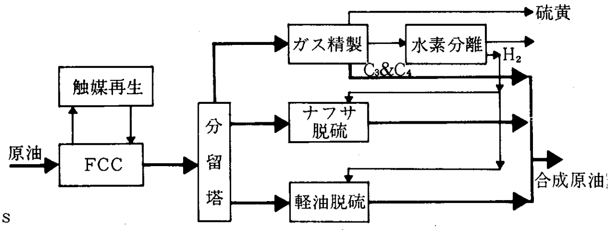
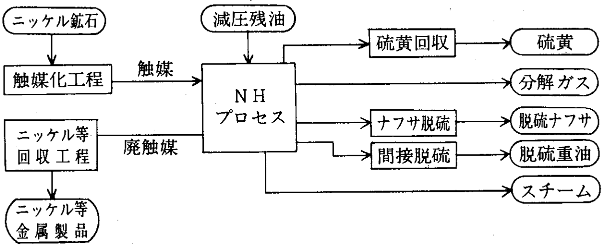


図16 NHプロセス工業化の際のフロースキーム(日鉱法)



3.3 アスファルトの溶剤脱れき

潤滑油重質基油製造方法として，よく知られているものの一つにプロパン脱れきがある。この脱れき法をアスファルトからの脱硫原料の製造に適用しようとする試みが多くなされている。すなわち，アスファルトをプロパン，ブタン，ペンタンなどの炭化水素を用いて抽出すると，メタルおよびアスファルテンの大部分は脱れきアスファルトに残留するため，溶剤に可溶な抽出部分の脱硫は容易となる。この場合の問題点は如何にして効率よく抽出留分中のメタルおよびアスファルテン含有量を低下させ，かつ副生する脱れきアスファルトの量を如何にして最小量に抑えるかにある。そのために，抽出条件，抽出溶剤その他に多くの工夫がなされている。各種の溶剤

表2　各種溶剤脱歴法

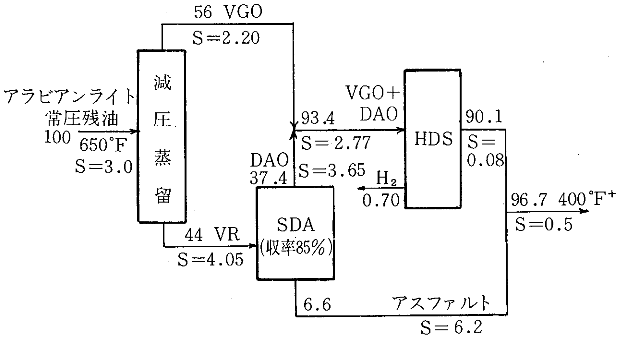
脱歴方式	向流抽出脱歴（CE）						MS-CE併用	MS		ハイドロサイクロン
会社名	Kellogg		Foster-Wheeler	UOP	IFP-BASF	(USSR)	丸善石油	Kerr-McGee		Shell
プロセス名				Demex		Doben	MDS	Rose		Hydro Cyclone
プロセス上の特長						高温，低SR脱歴静電式アス沈降	低SRアス分離塔	超臨界温溶剤回収		ハイドロサイクロンSDA分離
溶剤	C_4?		C_5?	C_5?	C_5?	C_5	C_3−C_4	C_5		C_5
実施例　原料油										
油種	ME-VR		KU-VR	KU-VR	AL-VR	KU-VR	KU-AR	AL-VR		ME-AR
比重	1.032		(15/4℃) 1.032	1.0298	1.003	1.0032	0.957	−		−
粘度 CS 210°F	3,050		2,190	180°F 7,100 250°F 520	345	−	224(50℃)	−		51
硫黄分 %	−		5.0	5.23	4.05	4.56	3.71	3.9		−
コンラドソン残炭%	24.0		21.3	18.5	16.4	16.76	9.4	−		−
V + Ni ppm	139.9		138	131	80	140	62	75		81
アスファルテン %	−		8.0	9.0	4.2	7.7	−	−		2.4
脱歴油								Oil	Resin	−
収率 W%(V%)	(45.6)		77.3(80.0)	80.0(83.1)	85.5	86−88	(94)	68.5	8.7	−
比重	0.9575		0.999	0.9909	0.974	0.9832	0.945	−	−	−
粘度 CS 210°F	105		361	239.6	105	−	139(50℃)	−	−	28
硫黄分 %	−		4.4	4.8	3.65	4.29	3.50	3.1	4.6	−
残炭 %	4.5		12.5	12.7	7.90	11.49	6.9	−	−	−
V + Ni ppm	1.6		31	29	22.5	64	20	9.1	96	22.4
アスファルト										
比重	−1.3°API		(60/60°F) 1.161	(20/4°C) 1.21	(25/25℃) 1.140	1.1248	(20/4℃) 1.135	−		−
軟化点 ℃	94		193.3	−	156		137	−		−
用役消費量	Max Steam	Min Steam								
電気 KW/kℓ	−	13.8	−	8.8	13.5	−	14.0	17		−
中・高圧蒸気 kg/kℓ	400	86	−	328	176	−	97	139		−
冷却水 T/kℓ	7.14	7.14	−	2.05	?	−	5.4	15.9		−
燃料 10^3kcal/kℓ	127	300	−	79	255	−	67	227		−

脱れき法の概要がまとめられているので[36]**表2**に紹介しておく。

I.F.P.では，アラビアンライト重油の低硫黄化方式として**図17**のような例を提示している[37]。この例でも明らかなように脱れきアスファルトの用途開発が極めて重要である。すなわち，図17においてもし脱れきアスファルトの脱硫油への混入が不要となれば，硫黄含有量は0.08%のレベルまで下げ得るからである。

メタル含有量の多い油種を脱れきした例として，Boscan原油の処理があげられる[38]。Boscan原油はバナジウムを1220 ppm，ニッケルを 117 ppm含有するものでありそのままでは到底脱硫の対象にはなり得ない。溶剤脱れきはその脱硫を可能にするものであり，今後もこの方面の検討が大いに進むものと期待される。

図17　溶剤脱れきによる脱硫スキーム例（I.F.P）



数字は原料油を100とするときの数量，Sは硫黄含有量wt%

4．おわりに

石油系燃料油の低硫黄化のためには，アスファルトの脱硫は回避できない問題とされている。そのために必要な脱硫前処理手段としてのアスファルトの熱分解，接触分解，溶剤脱れきについて概説した。これらの技術は，black chemistryの名において発展しつつあり，特にわが国における進歩がいちじるしい。従来，石油精製分解の技術のほとんどがアメリカからの導入であったが，今後このblack chemistryの分野においては，わが国独自の技術が生れる余地があり，大いに期待されよう。

なお，紙数の関係で本稿では触れることができなかったが，アスファルトからの活性炭製造の研究もさかんに行なわれていることを付記しておきたい。

参考文献

1）尾崎，燃協誌，55（588），216（1976）
2）環境庁大気保全局大気規制課編，日本の大気汚染状況（昭和48年，49年版）
3）ibid，（昭和50年版）
4）通産省編，産業構造の長期ビジョン（昭和50年度版）P.288（昭和49年度環境白書）
5）藤井，石油誌，16（10），829（1973）
6）P.H.Turnock, A Paper Presented at The Japan Petroleum Institute, Tokyo, May 8-9,（1975）
7）J.A.Frayer, A.A.Montagna, S.J.Yanik, ibid.
8）B.Peralta, B.J.Young, H.C.Huffman, ibid.
9）A.G.Bridge, E.M.Reed, J.W.Scott, ibid.
10）A.M.Edelman, J.F.Kaiser, J.D.Paynter, W. Weisman, H.Okumura, ibid.
11）H.Ozaki, Y.Satomi, T.Hisamitsu, 9th World Petroleum Congress, PD-18, Paper-4, Tokyo（1975）
12）上野，石油誌，16（10），844（1973）
13）功刀，国井，富永，酒井，真淵，竹重，石油誌 16（3），232（1973）
14）功刀，国井，富永，酒井，真淵，竹重，ibid., 16（3），238(1973)
15）功刀，国井，富永，酒井，真淵，竹重，ibid., 16（3），241（1973）
16）国井，功刀，ibid., 16（10），834（1973）
17）T.Matsunami et al., Hydrocarbon Processing, 121 Nov.,（1970）
18）河野，石油誌，16（10），839（1973）
19）A.J.J.Van Ginneken, C.L.E.Cornelisse，石油誌，19（2），123（1976）
20）E.T.Child, R.McGaun, ibid., 19（2），134（1976）
21）R.Takahashi, K.Washimi, Hydrocarbon Processing, 93, Nov.（1976）
22）W.Bellano, 4th Annual Meeting and Conference of International Iron and Steel Institute, Oct. 11-14, Paris（1970）
23）菊池，化学経済，25 No.2（1971）
24）尾崎，山根，吉開，石油誌，17（10），879（1974）
25）H.Ozaki, M.Yamane, T.Tokairin, Bull. Japan Petrol. Inst., 17（1），14（1975）
26）尾崎，山根，吉開，石油誌，17（10），885（1974）
27）上田，化学工業，26（3），286（1975）
28）J.A.Finneran, J.R.Murphy, E.L.Whittington, Oil & Gas J., 52, Jan. 14,（1974）
29）G.P.Masologites, L.H.Beckberger, R.R.Edison, Atlantjc Richfield社資料
30）尾崎，里見，鈴鹿，三宅，山根，矢田，石油誌，18（5），395（1975）
31）S.Ishigaki, Chem. Economy & Eng.Review, 7（9），7（1975）
32）森田，小俣，山崎，燃協誌，53（568），710(1974)
33）松尾，新田，青村，石油誌，18（8），697(1975)
34）C.D.Chang, A.J.Silvestri, Ind.Eng.Chem., Process Des.Develop., 13（3），315（1974）
35）北開試ニュース，6（3），June（1973）
36）渋沢，小杉，化学工業，1255，No.12（1976）
37）A.Billon, G.Heinrich, J.P.Peries, H.Vidal，石油誌，19（2），118（1976）
38）D.A.Viloria, J.H.Krasuk, O.Rodriguez, H.Buenafama, J.Lubkowitz, Hydorocarbon Processing, 109, March（1977）

瀝青路面処理「試験舗装追跡調査」

～昭和48年度試験施工の3ヵ年後のまとめ～

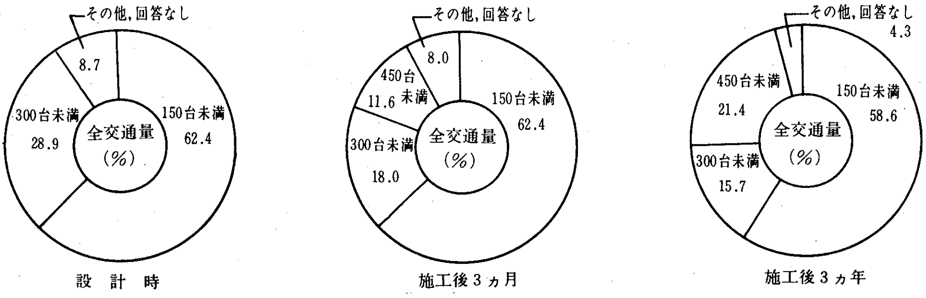


図1　全交通量の推移

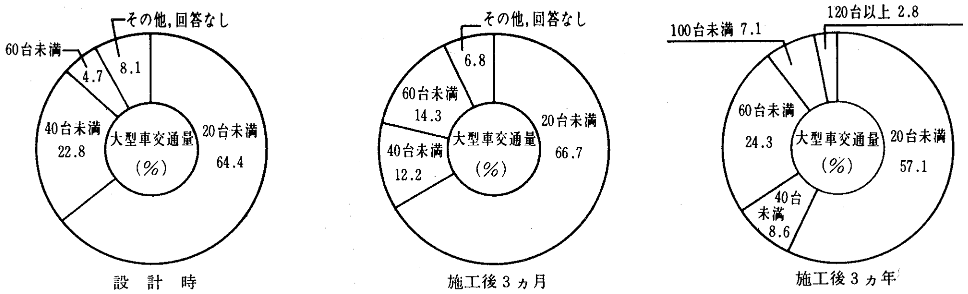


図2　大型車交通量の推移

1．はじめに

本分科会は昭和47年度に砂利道の瀝青路面処理指針を作成した。これに基づいて設計および施工を行ない，瀝青路面処理の耐久性，施工性，汎用性などを検討するため，建設省道路局地方道課市町村道室の協力を得て全国各地の市町村86箇所189工区（うち日本アスファルト協会路面処理分科会直営3箇所を含む）にわたって昭和48年度に試験施工を実施した。

これら試験施工現場の施工後3ヵ月，6ヵ月，1ヵ年および1.5ヵ年までの追跡調査結果については，すでに取りまとめられ，アスファルト協会機関誌「アスファルト」第19巻第105号に発表されているとおりである。

本報告は，前記した試験施工現場86箇所，189工区について施工後3ヵ年の追跡調査を行ないパンチカードに調査結果を記入し，そのデータを集計整理した結果を，すでに取りまとめられている施工後3ヵ月，6ヵ月，1ヵ年および1.5ヵ年の調査結果に追加して報告するものである。

2．追跡調査結果

2-1　調査の方法

試験施工は指針（2次案）に基づいて設計され全国市町村86箇所，189工区にわたって施工された。

試験施工時の資料を基に調査，設計，施工の面から検討を加えた結果，構造，設計時の調査方法と評価を改訂し，昭和49年6月に指針（3次案）を作成し，現在に至っている。本報告書は指針（3次案＝以下指針案とする）の語句に統一し整理した。

表1　交通量構成率の推移

交通量の別	設計時	施工後3ヵ月	施工後3ヵ年	備考
大型車交通量40台/日未満	87.2%	78.9%	65.7%	建設省採択基準
〃　60台/日未満	91.9	93.2	90.0	
全交通量300台/日未満	91.3	80.4	74.3	

2-2　車輛交通の量的ならびに質的変化

図3　施工個所の分布

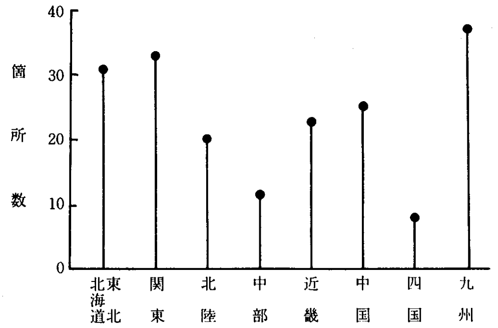
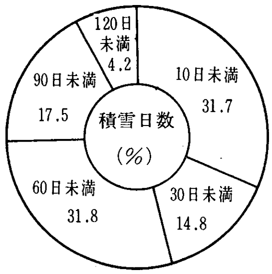


図4　積雪日数からみた施工現場の分布



試験施工現場の設計時，施工後３ヵ月ならびに３ヵ年を経過した時点での大型車交通量と全交通量の推移は**図1〜2**に示すとおりである。この結果を本工法の対象とする交通量ならびに建設省採択基準に照査してみると，**表1**に示すような推移になっており，試験施工現場の大型車交通量，全交通量ともに漸次増加の傾向を示している。その中でも施工後３ヵ年の時点での大型車交通量にあっては，全路線の約$\frac{1}{3}$が建設省の採択基準を上回っている。しかし，本工法が，おおむね大型車交通量60台／日未満の道路を対象としている点からみて，試験施工現場の現況は，ほぼ満足すべきものであると思われる。

2-3　試験施工箇所の分布

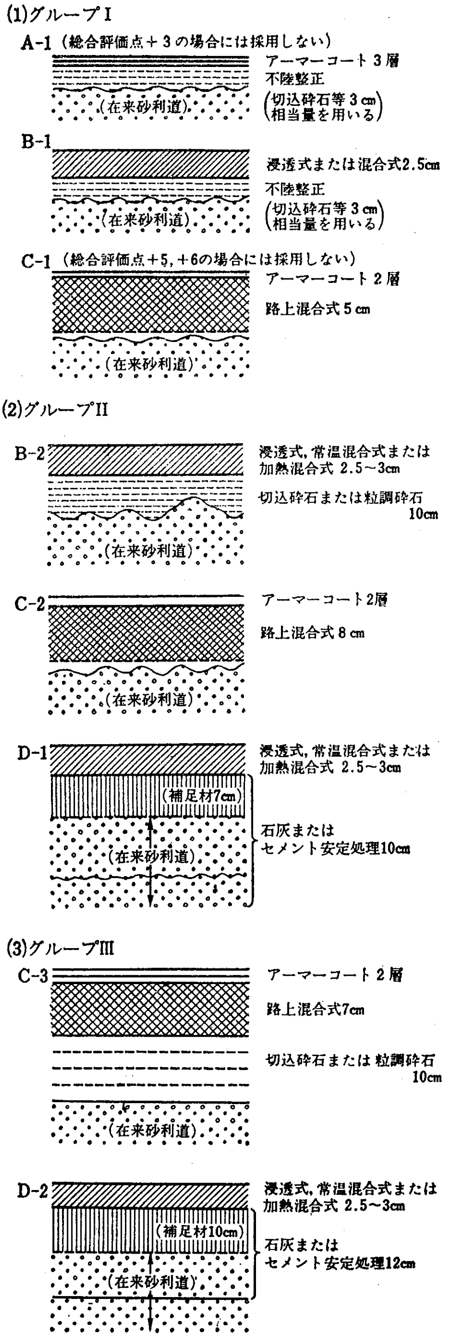
施工箇所の分布を**図3**に，また，積雪日数からみた現場の分布を**図4**に示す。試験施工現場のうち約70%が約１ヵ月程度以上の積雪に見舞われる箇所にあることがうかがわれる。

2-4　実施設計断面と表面処理工法

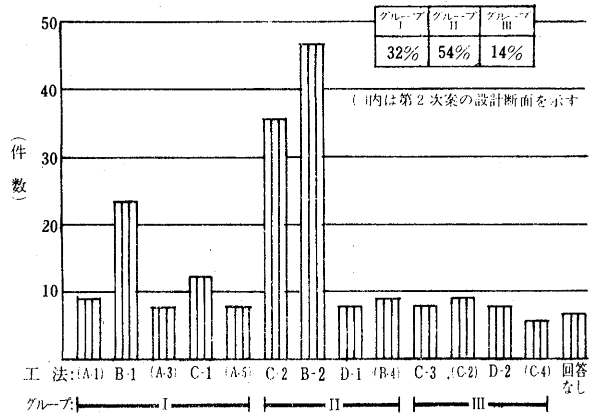
指針の総合評価の結果に基づいて**図5**に示すＡ−１〜Ｄ−２の計８種ならびに２次案の設計例から５種の合計13種の中から断面を選択，実施された。設計断面の分布は**図6**に示すとおりであり試験施工現場の総合評価はグループⅠに属するもの：32%，グループⅡに属するもの：54%，グループⅢに属するもの：14%となっておりグループⅡに属するものが半数を占めている。

図−5　標準設計断面

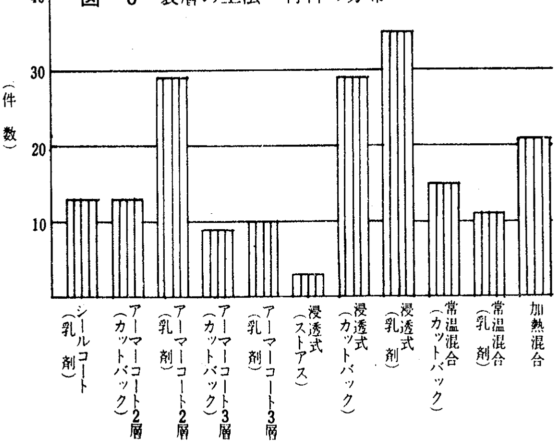
〔解説〕
(1)　この標準設計は，本工法による最も一般的なものである。
(2)　各グループ内での標準設計の選択に当っては，材料の入手事情（主として骨材の品質，量，単価）および施工性を考慮すること。



図−6　設計断面の分布



図−8　表層の工法・材料の分布



また，13種の設計断面のうちB−2が全体の24%用いられ，B−1，B−2，C−2の3断面で56%を占めている。さらに各設計断面と使用材料の関係を**表−2**，その使用構成比を**図7**に示す。

また，表層の工法と使用材料について整理すると**図8**

表−2　設計断面と使用材料（使用工区数）

設計断面 ＼ 使用材料		アスファルト乳剤	カットバックスアスファルト	ストレートアスファルト 加熱混合式	ストレートアスファルト 浸透式	不明
グループI	A−1	6	3	−	−	−
	B−1	5	16	−	2	−
	(A−3)	3	2	1	−	−
	C−1	7	5	−	−	−
	(A−5)	5	−	−	−	2
グループII	B−2	20	16	10	−	1
	C−2	29	5	−	−	−
	D−1	3	3	2	−	−
	(B−4)	3	2	4	−	−
グループIII	C−3	5	2	−	−	−
	D−2	4	3	−	−	−
	(C−2)	2	4	3	−	−
	(C−4)	2	1	1	−	−
不明		4	2	−	−	1
計		98	64	21	2	4

注：( )は第2次案の設計断面を示す。

図−7　使用材料の構成比

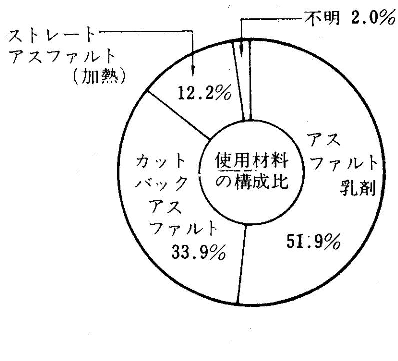


図9　ひびわれの経年変化

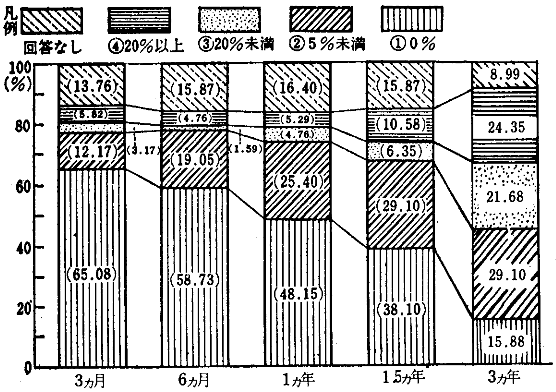
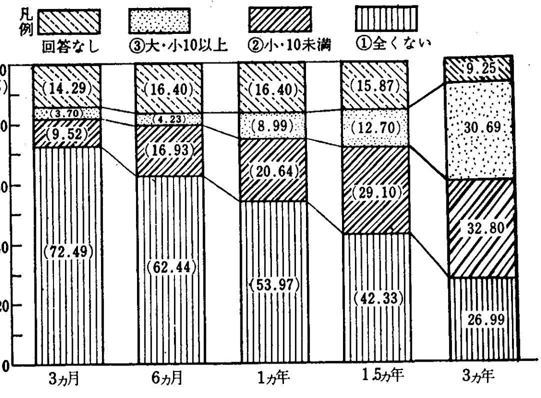


図10　ポットホールの経年変化



に示すとおりであり，アスファルト乳剤，カットバックアスファルトを用いた浸透式およびアーマーコードが，189工区中，124工区約66％を占めている。さらに全体の88％が常温式工法であった。

2-5　供用3ヵ年後の路面状況

供用後3ヵ年までのひびわれ，ポットホールの推移を示すと**図9，10**のとおりである。

図9は，ひびわれ率を示したものである。本工法の性格上，供用開始後，間もなくひびわれの発生の可能性状があることが予想されるが，それは経年により大きい方へと移行しつつあることがうかがわれる。供用後3ヵ年のそれは，ひびわれ率0～5％未満のもの約½，5％，20％未満のもの約⅙，20％以上のもの約¼，その他（未回答含む）となっており，約半数の工区にあっては，直ちにシールコート等の処置が必要な時期に到達している。

他方，ポットホールについては図10に示すように，ひびわれの次にくる現象ということからして，全く発生のないもの27％，小さなポットホール10未満のもの33％，大小のポットホール10以上のもの31％，その他（未回答含む）となっており，なんらかのパッチングを必要とする工区は，約6割に達している。

これら，ひびわれ，ポットホールの状況からして，本工法の性格を加味すれば，供用後1.5ヵ年頃の時期に第一期のシールコート等による軽微な維持補修が必要のようである。

また，施工件数の多い表面処理工法および使用材料について大型車交通量60台／日未満を対象にして，ひびわれ，ポットホールの経年変化を示すと**図11，12**のとおりである。

図11は，ひびわれの発生状況を示したものであるが，前記したように，本工法はその性格上，供用開始後比較的早期にひびわれ発生の可能性が予想されることを考慮すれば，特に異状とは思われない。ただ，加熱混合式にあっては，供用後3ヵ年の時点でひびわれが多発し，他の常温工法と同じ状況に立ち至っていることが注目される。

図11　表面処理工法とひびわれの経年変化（大型車交通量60台未満/日）

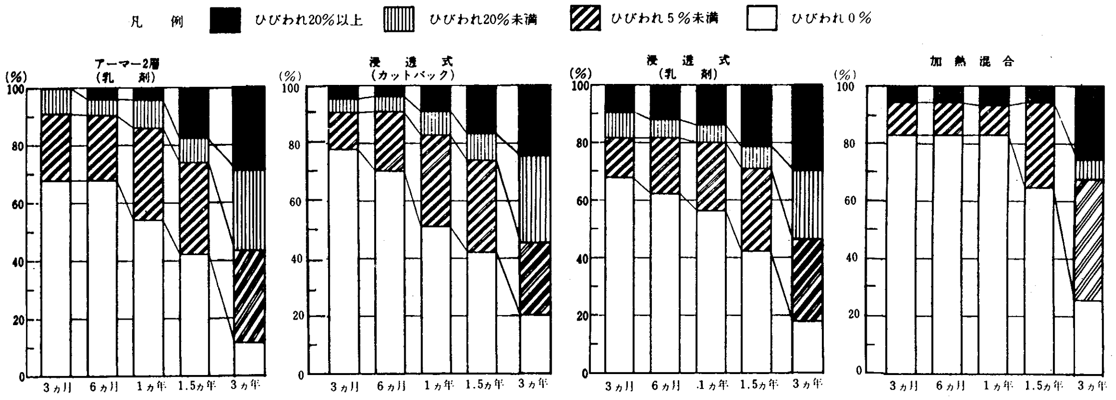
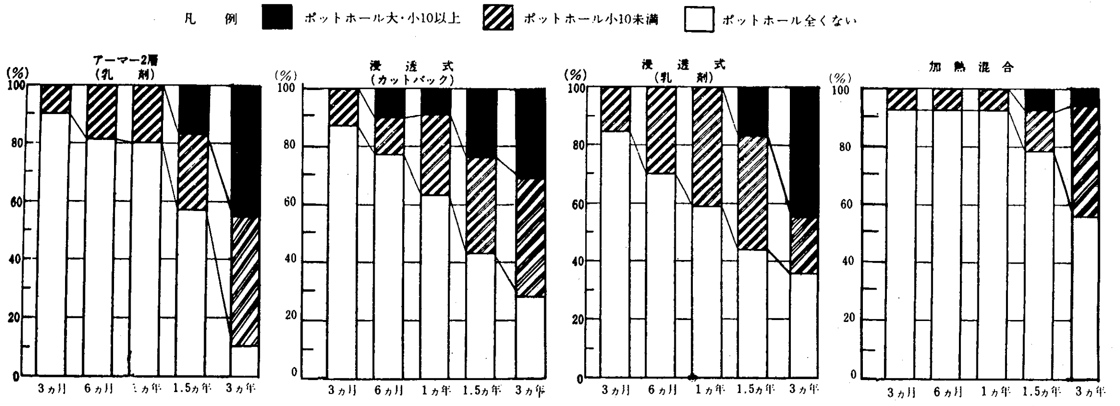


図12　表面処理工法とポットホールの経年変化（大型車交通量60台未満/日）



工法A－1　パッチングされた状況（供用後3ヵ年）

工法B－1　ポットホールの状況（供用後3ヵ年）

工法B－1　カットバックアスファルトによるブリージング フラッシュの状況（供用後3ヵ年）

工法C－1　良好な路面状況（供用後3ヵ年）

図13　地表に雪のある日数とひびわれの経年変化

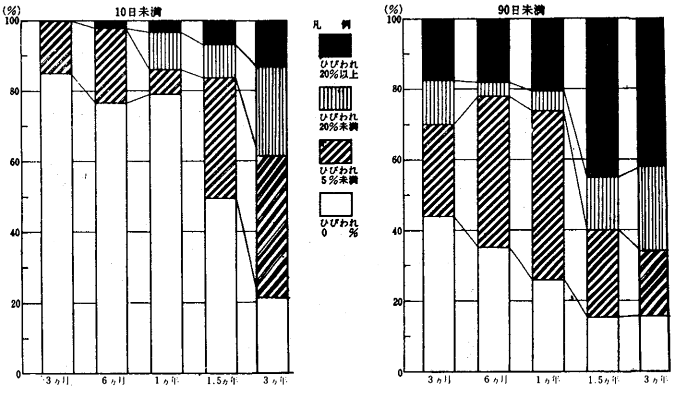
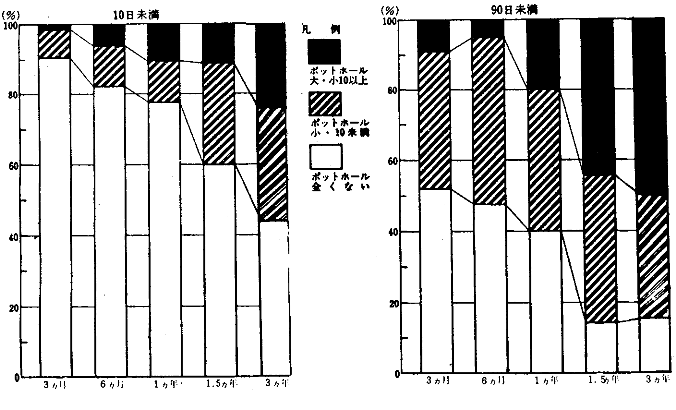
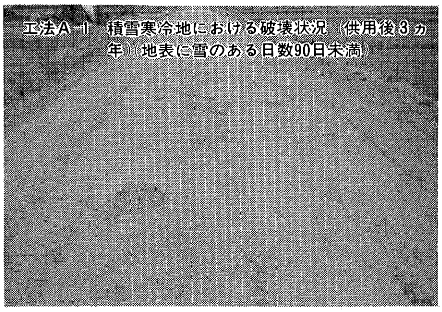


図14　地表に雪のある日数とポットホールの経年変化





工法A－1　積雪寒冷地における破壊状況（供用後3ヵ年）（地表に雪のある日数90日未満）

工法C－1　積雪寒冷地における良好な状態（供用後3ヵ年）（地表に雪のある日数90日未満）

工法C－2　積雪寒冷地における良好な状態（供用後3ヵ年）（地表に雪のある日数90日未満）

2-6 施工地域と路面の状況

2-3 に試験施工箇所の分布を示したが，所謂，積雪寒冷地域と温暖地域に区別し，その路面の状況について一例を示すと**図13，14**のとおりである。

図13，14は地表に雪のある日数10日未満と典型的な積雪寒冷地である90日未満の施工例について，ひびわれ，ポットホールの発生状況を示したものであり，それらの発生は，かなりの相関が認められる。また，典型的な積雪寒冷地域である地表に雪のある日数90日未満の地域にあっては，ひびわれ，ポットホールともに，供用後 1.5ヵ年の状態がピークであり，この時点で維持補修がなされ，以後，その状態で維持管理されていることがうかがわれる。即ち，供用後 1.5ヵ年と 3ヵ年のそれらは，ほぼ同じ水準に保持されている。

図15 補修の情況（供用後3ヵ年）

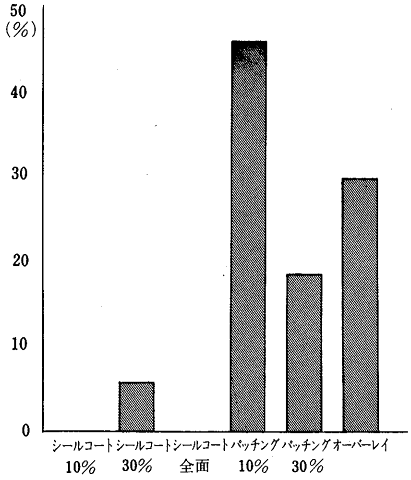


図16 工法別の補修情況（供用後3ヵ年）

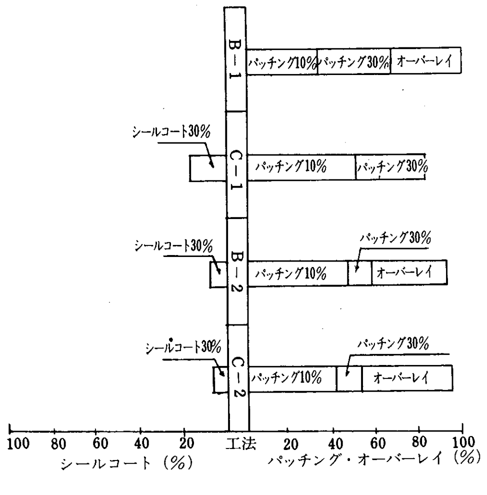


図17 設計断面とひびわれ（供用後3ヵ年）

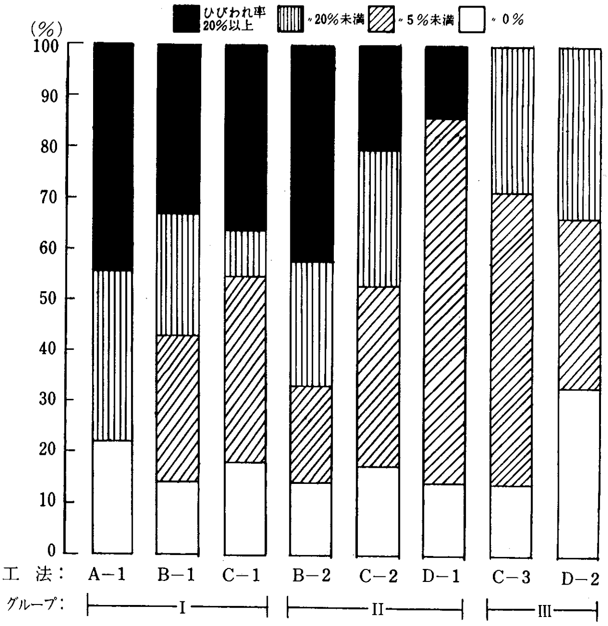
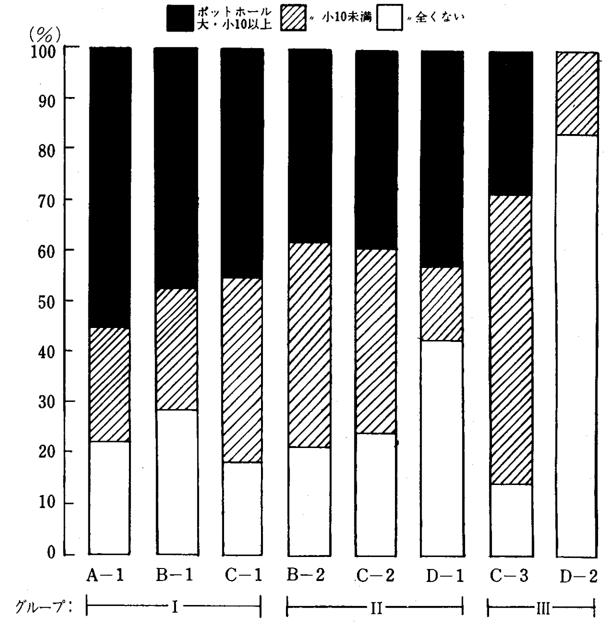


図18 設計断面とポットホール（供用後3ヵ年）



2-7 供用3ヵ年後の補修状況

供用後3ヵ年までの，ひびわれ，ポットホールの状況については，2-5 2-6に述べたとおりであるが，その補修の実施状況をみると**図15，16**に示すとおりである。図15は使用後3ヵ年の間に実施された補修の情況を示すも

ので，補修の内容としては，その65%がパッチングであり，残りはオーバーレイ30%，シールコート５%程度となっている。なかでも，パッチングにあっては，工区の10%程度の面積にわたって行なっているものが46%を占めており，補修の主体は，ひびわれよりパッチングにおかれているようである。
図15，16は，施工件数の多い代表的な工法について，補修の実施情況を示したもので，補修の内容としてはパッチングが主体であり，各設計断面による差は認めにくい。

2-8　実施設計断面とひびわれ，ポットホール

指針案に示されている標準設計断面８種について供用後３ヵ年を経過した時点での路面状況を示すと**図17，18**のとおりである。

これらの結果をもとにして，施工件数，施工場所（温暖地，寒冷地）設計条件（過大，過小など）等の相違を無視して単純比較した場合，供用性に優れた断面は，

グループIII＞グループII＞グループＩの順となる。

この結果をさらに具体的に図示すると**図19**に示すようになる。

３．まとめ

全国市町村86箇所 189工区にわたって実施した試験施工現場の供用３ヵ年後までの追跡調査を行ない上記した結果を得た。これをまとめてみると次のようになる。

3-1　供用後の交通条件の変化

試験施工現場の設計時，施工後３ヵ月ならびに３ヵ年を経過した現時点での交通条件は，量的にも、質的にも大きくなっている。しかし，本工法がおおむね，全交通量300台/日未満で，かつ大型車交通量60台/日未満の道路を対象としている点からして，３ヵ年後の現時点で交通量の構成比は前者が74%，後者90%となっており漸次増加の傾向にあるが舗装の破壊が主として輪荷重の大きい大型車によるものであることを考慮すれば，試験施工現場の現況は，ほぼ満足すべき状態にあるものと思われる。

3-2　試験施工箇所の分布

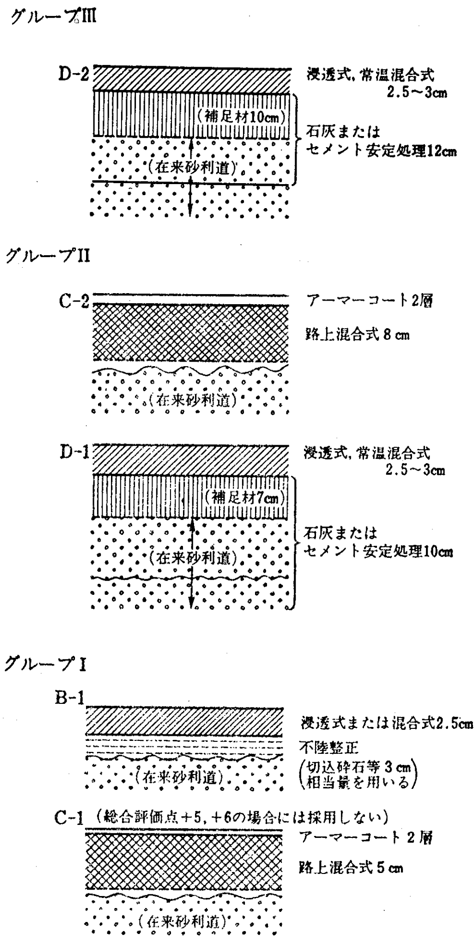
試験施工実施箇所の分布は，図３にも示したように，その約70%が約１ヵ月程度以上の積雪に見舞われる地域にあり，タイヤチェーン，スパイクタイヤの装着がうかがわれる。

3-3　実施設計断面と表面処理工法

試験施工現場の砂利道の総合評価はグループＩに属するもの32%，グループIIに属するもの54%，グループIIIに属するもの14%となっており，グループIIに該当するものが半数を占めている。

また，８種の標準設計のうち実施事例の多い設計は，Ｂ－１，Ｂ－２，Ｃ－１，Ｃ－２の４種類である。

図19　供用性が良好な断面および材料



3-4　供用３ヵ年後の路面状況

供用後３ヵ年を経過した路面の状況は，ひびわれ，ポットホールの発生が多くみられ，ひびわれにあっては，約半数の工区は直ちにシールコート等の処置が必要であり，また，ポットホールについては，なんらかのパッチングを必要とする工区が約６割に達しており，各いずれも早い時期に適切な維持補修が必要である。

3-5　施工地域と路面の破壊状況

試験施工箇所は前述したように約70%が所謂，積雪寒冷地域にある。その中で，温暖地域ならびに積雪寒冷地域として，それぞれ地表に雪のある日数10日未満，同90日未満の現場について路面の状況をみると，かなりの相関性が認められる。

積雪寒冷地域においては，路盤厚は凍結深さを考慮し，表層は必要に応じてシールコート等の摩耗層を施工することが望ましい。

3-6　補修の状況

供用後３ヵ年を経過した試験施工現場は，かなりのひびわれ，ポットホールが発生しており，補修が行なわれていいる。補修の状況は，パッチングがその主体をなし，補修作業の65%を占めている。他にオーバーレイ30%，シールコート５%程度となっている。

3-7　実施設計断面と供用性

供用後３ヵ年における，ひびわれ，ポットホール等の路面状況からして供用性に優れた実施設計断面はグループIII(Ｄ－２)＞グループII(Ｃ－２，Ｄ－１)＞グループI(Ｂ－１，Ｃ－１)のようである。

4．あとがき

昭和48年度に実施した「砂利道の歴青路面処理」に関する試験施工現場については，昭和50年度に供用後 1.5ヵ年経過までの現場の情況を調査した。今回，本試験施工の最終調査として供用後３ヵ年を経過した時点における施工現場について追跡調査を行ない、本工法の耐久性，汎用性ならびに維持管理のあり方等に関する貴重なデータを把握できた。

今後，指針の改訂の是非を検討するための資料とすると同時に本工法を踏まえた市町村道舗装のあり方についての基礎資料としての見直しも必要と思われる。

いずれにしても，歴青路面処理は生活道路の舗装の最大の担い手であり，これを健全に伸ばしていくためには現道の利用，現地産材料の活用，舗装廃合材の活用（リサイクル)，設計の簡便化（路床土評価の単純化）を幹に，現状にマッチした維持管理を考慮して，適用路線の選択と工法の決定を行なうことが肝要である。

「砂利道の歴青路面処理指針」は試験施工当時に適用した第２次案から試験施工の実態を基にして種々検討がなされ，新たに第３次案が作成され現在に至っている。

今後，本指針（第３次案）が実際の現場に広く適用され各方面のご意見がいただければ幸いである。

おわりに長年にわたって追跡調査に御協力を賜った関係市町村の各位に深甚なる謝意を表する次第である。

（文責　太田　健二）

市町村道の歴青路面処理分科会の活動について

本協会では昭和46年度に建設技術研究補助金の交付を受けて，市町村道の路面処理指針案の検討を行ない，建設省の協力，指導により別項の報文のとおり試験施工を行ない，３ヵ年の追跡調査をまとめました。

この成果をもとに本年度は，建設省ならびに日本アスファルト乳剤協会の協力により分科会の再編成を行ない，市町村道における歴青路面処理工法の確立に取組みたいと存じます。

関係各位のご協力をお願いします。

歴青路面処理分科会

分科会長	金子　晃	建設省道路局市町村道室
委員	茨木龍雄	中央大学理工学部土木科
	岩瀬　正	東京都土木技術研究所
	堤　恭男	日本石油商品技術部
	南雲貞夫	建設省土木研究所舗装研究室
	成田保三	建設省道路局地方道課
	橋本鋼太郎	建設省道路局市町村道室
	真柴和昌	丸善石油潤滑油一部
幹事	荒井孝雄	日本舗道技術研究所
	太田健二	日瀝化学工業技術課
	川野敏行	東亜道路工業総合技術研究所
	小島逸平	建設省土木研究所舗装研究室
	鈴木　勲	東京都土木技術研究所
	宮塚吉信	建設省道路局市町村道室
	森　道夫	日本道路技術研究所

本協会技術委員２名

昭和52～56年度石油アスファルト需給見通しを中心とした最近のアスファルト事情について

日本アスファルト協会調査委員会

はじめに

石油アスファルト需給見通しについては，**表－1，2**の通り策定され，4月初旬，資源エネルギー庁石油部精製課より公表された。

これを機会に石油アスファルトの需要想定に関する解説と最近のアスファルト事情について簡単に述べる。

石油アスファルトの需要想定については，資源エネルギー庁石油製品需要想定委員会石油アスファルト小委員会において作業が行われ，その想定手法については，アスファルト誌107号に詳報されている。

今回は重複を避け，石油アスファルトの品種別内需動向，4半期別内需動向を中心として，最近のアスファルト事情を述べる。

アスファルトの用途は多岐にわたり各方面で利用されているが，大別して道路舗装用ストレート・アスファルト，防水工事用ブローン・アスファルト，製鉄用コークス・バインダーおよび分解技術の開発による液体燃料，気体燃料の製造原料等の工業用ストレート・アスファルトに分類される。

需要量の大部分が道路用ストレート・アスファルトであったものが，昭和47年度以降工業用需用が急速に増大しつつあり，ストレート・アスファルトの需要構造が二元化され，今後のアスファルト事情は，用途別の需要構造と原油の軽質化に伴う生産タイミング（減圧蒸溜装置のブロック運転による製造）の問題，規格の厳格化（高品質のアスファルトが要望されつつある）等により，大きな転換期に入りつつある。

(1) 石油アスファルトの内需量は，昭和52年度 4,382千トン見込まれている。昭和48年度 5,146千トンをピークに，石油ショック以降一時後退し，本年度以降一般的な経済見通しに近いレベルで上昇を示すと予測されている。石油アスファルトの需要量は，表－2の品種別明細で明らかな通り，需要量の88％を占める道路用一般ストレート・アスファルトの内需動向が大きく作

表－1　昭和52～56年度石油アスファルト需給見通し（総括表）

年度＼項目		供給				需要					
		期初在庫	生産	輸入	合計	内需	（対前年度比）	輸出	小計	期末在庫	合計
47		146	4,768	30	4,944	4,711	(113.0)	33	4,744	198	4,942
48		198	5,167	27	5,392	5,146	(109.2)	11	5,157	226	5,383
49		226	4,571	16	4,813	4,586	(89.1)	29	4,615	182	4,797
50	上期	182	2,164	0	2,346	2,059	(88.4)	1	2,060	285	2,345
	下期	285	1,922	0	2,207	1,957	(86.7)	12	1,969	236	2,205
	年度	182	4,086	0	4,268	4,016	(87.6)	13	4,029	236	4,265
51	上期	236	2,104	0	2,340	2,042	(99.2)	18	2,060	266	2,326
	下期	266	2,037	0	2,303	2,083	(106.4)	4	2,087	216	2,303
	年度	236	4,141	0	4,377	4,125	(102.7)	22	4,147	216	4,363
52	上期	216	2,222	0	2,438	2,213	(108.4)	10	2,223	215	2,438
	下期	215	2,193	0	2,408	2,169	(104.1)	10	2,179	229	2,408
	年度	216	4,415	0	4,631	4,382	(106.2)	20	4,402	229	4,631
53		229	4,683	0	4,912	4,649	(106.1)	20	4,669	243	4,912
54		243	4,959	0	5,202	4,925	(105.9)	20	4,945	257	5,202
55		257	5,248	0	5,505	5,213	(105.9)	20	5,233	272	5,505
56		272	5,550	0	5,822	5,514	(105.8)	20	5,534	288	5,822

（注）　1．51年度上期まで実績・下期実勢であり，ロスその他でバランスしない。
　　　2．52年度以降の見通し (1)内需＝道路事業費等を用い想定 (2)輸出入＝各社計画等により算定 (3)期末在庫＝在庫パターンから算定

表－2　昭和52～56年度石油アスファルト内需見通し（品種別明細）

年度 ＼ 項目		内需量（千トン）					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
		一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
47		4,348	48	4,396	315	4,711	92.3	1.0	93.3	6.7	100.0	112.0	－	113.2	110.1	113.0
48		4,648	148	4,796	350	5,146	90.3	2.9	93.2	6.8	100.0	106.9	308.3	109.1	111.1	109.2
49		4,209	136	4,345	241	4,586	91.8	3.0	94.8	5.2	100.0	90.6	91.9	90.6	68.9	89.1
50	上期	1,860	87	1,947	112	2,059	90.4	4.2	94.6	5.4	100.0	86.7	135.9	88.1	94.9	88.5
	下期	1,705	112	1,817	140	1,957	87.1	5.7	92.8	7.2	100.0	82.7	155.6	85.2	112.9	86.7
	年度	3,565	199	3,764	252	4,016	88.8	5.0	93.8	6.2	100.0	84.7	146.3	86.7	104.1	87.6
51	上期	1,825	93	1,918	124	2,042	89.4	4.6	93.9	6.1	100.0	98.1	106.9	98.5	110.7	99.2
	下期	1,833	113	1,946	137	2,083	88.0	5.4	93.4	6.6	100.0	107.4	100.9	107.0	98.6	106.4
	年度	3,658	206	3,864	261	4,125	88.7	5.0	93.7	6.3	100.0	102.6	103.5	102.6	104.0	102.7
52	上期	1,972	112	2,084	129	2,213	89.1	5.1	94.2	5.8	100.0	108.1	120.4	108.7	104.0	108.4
	下期	1,885	137	2,022	147	2,169	86.9	6.3	93.2	6.8	100.0	102.8	121.2	103.9	107.3	104.1
	年度	3,857	249	4,106	276	4,382	88.0	5.7	93.7	6.3	100.0	105.4	120.9	106.3	105.8	106.2
53		4,077	280	4,357	292	4,649	87.1	6.0	93.7	6.3	100.0	105.7	112.5	106.1	105.8	106.1
54		4,306	310	4,616	309	4,925	87.4	6.3	93.7	6.3	100.0	105.6	110.7	105.9	105.8	105.9
55		4,546	340	4,886	327	5,213	87.2	6.5	93.7	6.3	100.0	105.6	109.7	105.9	105.8	105.9
56		4,798	370	5,168	346	5,514	87.0	6.7	93.7	6.3	100.0	105.5	108.8	105.8	105.8	105.8

用し，それは道路投資額との相関性が極めて高い。

道路投資額が決定され，将来の投資額の推定の基礎となるのは，政府の「昭和50年代前期経済計画」であり，「計画の目標と新しい政策体系……社会資本」の中で「限られた資源の中で国民生活の充実の基礎となる社会資本等の整備を重点的に進める。大規模な投資を要する交通通信体系の形成等については，長期にわたり着実に整備する。そのため計画期間中に社会資本，事業別公共投資額は，おおむね100兆円(昭和50年度価格）の投資を行う。」と述べ，そのうち道路投資額19兆5,000億円(51～55年度)が，昨年5月閣議決定された。

道路整備事業費は，建設省所管の一般道路整備事業費，有料道路整備事業費，自治省所管の地方単独道路整備事業費が主であり，この他に，農林省所管の農道，林道を主とする各種道路事業費があり，さらにアスファルト需要に関連する事業費としては，運輸省所管の空港整備５ヵ年計画のうち，特に，滑走路長別空港整備計画等が国の行政計画として推進されている。

石油危機発生に続く異常な物価上昇の沈静化と，激しい不況から脱出するという課題を達成しつつ，経済を安定した成長路線に移行させるための，プログラムの一環として，地方自治体の道路投資額（臨時市町村道事業債51年度2,000億円，52年度2,500億円）および農道整備事業費の増大が，石油アスファルトの需要増に大きく寄与している。

道路投資額の推移，農林省所管各種道路事業費は表

表－3　道路投資額の推移

年度	一般	有料	地方単独	道路投資計
				（億円）
32	672	79	356	1,108
33	832	83	466	1,381
34	1,147	146	466	1,759
35	1,243	281	589	2,113
36	1,922	450	790	3,162
37	2,363	745	1,017	4,125
38	2,936	1,061	1,238	5,235
39	3,561	1,220	1,437	6,219
40	4,109	1,254	1,628	6,991
41	4,771	1,957	1,959	8,686
42	5,568	2,350	2,244	10,163
43	5,787	2,490	3,020	11,296
44	6,601	2,694	3,863	13,159
45	7,784	3,100	5,095	15,979
46	10,067	4,408	5,991	20,467
47	13,341	5,671	6,776	25,789
48	14,090	7,085	7,596	28,772
49	14,048	6,984	8,144	29,176
50	14,140	7,517	7,893	29,550
51	15,422	8,187	9,869	33,478
52	16,871	8,926	11,742	37,539

注１）　投資額のうち一般，有料は50年度までは最終予算，51年度は補正後，(調整費等を含む）52年度は当初。地方単独は50年度まで建設省調べによる決算，51，52年度は地方財政計画による見込。本四公団は道路分のみ。（以下同様）

－3，表－4に示す通りである。

(2) 石油アスファルトの内需量は，前記の各種道路投資額に裏打ちされた形で需要の増大が計られており，特に本年度は景気刺激策の一環として，公共事業の早期執行と中小企業対策が促進されており，一般経済指標を上廻る伸び率を示している。

公共事業の早期執行は，本年4月19日閣議決定され，公共事業等施行推進本部の設置および公共事業等の上期契約目標73%が設定され，事業別の上期契約目標が定められた。道路整備事業費については**表－5**の通り上期70.6%となっている。公表された5月末現在の公共事業の契約状況は，予算総額9兆9,706億円に対し3兆9,670億円，契約率39.8%に達している。これは前年同月の契約率38.3%を1.5%上廻り，契約額では18.6%，約6,200億円の増加となっている。

6月は例年公共事業の契約が大幅に進むことから，4～6月に契約率50%に達することは，ほぼ確実であり，上期の目標も実現する見通しが強くなった。

さらに，自治省所管の市町村道整備事業の促進を計る都道府県の単独公共事業（公共事業等推進本部の計画とは別個）も予算総額1兆8,840億円に対し，5月末現在で，5,306億円が契約（契約率28.2%）済みで順調に進んでおり，石油アスファルトの内需量は前述したように，「各種の道路整備事業費との相関性が極めて高いこと」および「本年度上半期は公共事業等の積極推進策が採られていること」に起因して，当初の想定を若干上回る伸び率が見込まれている。

(3) 石油アスファルトの需給実績は月次に通産省より公表される。現時点では，52年度4，5月の需給速報が公表されており，6月以降は，エネルギー庁石油製品需要想定委員会石油アスファルト小委員会の最近の作業内容から表－6Bの「実勢数字」を用いた。

52年度第1・4半期の内需動向は**表－6A**，**表－6B**の4～6月計が示す通り，一般ストレート・アスファルトおよびブローン・アスファルトは需要見通しと合致しており，工業用ストレート・アスファルトが需要予測に対し112.2%と高い伸び率を示している。

対前年度比では

表－4　農林省所管各種道路事業費

（国費＋地方負担）　　　　（単位 100万円）

	52 年 度	51年度当初	対前年比 %
〔農道整備〕			
都道府県営農道	60,844	51,658	117.8
広域農道	44,992	38,530	116.8
一般農道	15,852	13,128	120.7
団体営農道	44,475	37,550	118.4
計	105,319	89,208	118.1
〔農村総合整備事業〕			
農村基盤総合整備	11,476	5,884	191.6
農村総合整備モデル	27,375	15,671	174.6
計	38,851	21,555	179.8
〔農免事業〕			
農免農道整備	38,456	32,856	117.0
農免林道整備	6,456	5,311	121.6
農免漁港関連道	3,884	2,882	134.8
計	48,796	41,049	118.9
〔林道事業〕			
広域基幹林道	19,624	15,189	129.2
普通林道	35,197	29,021	121.3
計	54,821	44,210	124.0
〔林道改良事業〕			
林道改良事業	3,038	2,771	109.6
〔森林公団施行事業〕			
特定森林地域開発林道	6,037	5,059	119.3
大規模林業圏開発林道	5,921	4,022	147.2
計	11,958	9,087	131.6
合　計	262,783	207,880	126.4

表－5　建設省所管事業上半期契約目標

	(%)
〔一般会計〕	72.5
海岸等	77.3
住宅対策	61.0
都市計画	74.8
災害関係	82.5
官庁営繕	78.1
〔特別会計〕	70.5
道路整備	70.6
治水	70.4
〔公　団〕	72.2
日本住宅公団	71.9
日本道路公団	74.2
首都高速道路公団	70.2
阪神高速道路公団	71.2
本州四国連絡橋公団	57.8

表－6　石油アスファルト　昭和52年度上期内需動向

単位：屯

	表－6A					表－6B									
	昭和51年度実績					昭和52年度上期内需見通し									
	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	
	一般用	工業用	計			一般用	前年比	工業用	前年比	計	前年比		前年比		前年比
									%		%		%		%
4月	333,241	14,039	347,280	21,262	368,542	358,100	107.5	17,300	123.2	375,400	108.1	22,600	106.3	398,000	108.0
5月	259,886	12,410	272,296	18,787	291,083	310,700	119.6	19,300	155.5	330,000	121.2	20,000	106.5	350,000	120.2
6月	282,620	11,973	294,593	20,033	314,626	301,600	106.7	11,000	91.9	312,600	106.1	21,400	106.8	334,000	106.2
4－6月	875,747	38,422	914,169	60,082	974,251	970,400	110.8	47,600	123.9	1,018,000	111.4	64,000	106.5	1,082,000	111.1
7月	341,909	19,128	361,037	22,228	383,265	347,100	101.5	21,300	111.4	368,400	102.0	22,600	101.7	391,000	102.0
8月	287,399	17,566	304,965	20,181	325,146	308,200	107.2	21,300	121.3	329,500	108.0	20,500	101.6	350,000	107.6
9月	319,828	17,459	337,287	21,470	358,757	345,800	108.1	22,300	127.7	368,100	109,1	21,900	102.0	390,000	108.7
7－9月	949,136	54,153	1,003,289	63,879	1,067,168	1,001,100	105.5	64,900	119.8	1,066,000	106.3	65,000	101.8	1,131,000	106.0
上期計	1,824,883	92,575	1,917,458	123,961	2,041,419	1,971,500	108.0	112.500	121.5	2,084,000	108.7	129,000	104.1	2,213,000	108.4

	表－6B															表－6C			
	昭和52年度実勢															昭和52年度			
	ストレート・アスファルト									ブローンアスファルト			合計			建設省労働資材対策室			
	一般用	前年比	見通比	工業用	前年比	見通比	計	前年比	見通比		前年比	見通比		前年比	見通比	内需	前年比	見通比	実勢比
		%	%		%	%		%	%		%	%		%	%		%	%	%
4月	393,391	118.0	109.9	20,152	143.5	116.5	413,543	119.1	110.2	21,457	100.9	94.4	435,000	118,0	109.3	380,000	103.1	95.5	93.8
5月	305,629	117.6	98.4	13,201	106.4	68.4	318,830	117.1	96.6	21,170	112.7	105.9	340,000	116,8	97.1	339,000	116.5	96.9	99.7
6月	306,195	108.3	101.5	20,039	167.4	182.2	326,234	110.7	104.4	21,766	108.7	101.7	348,000	110,6	104.2	328,000	104.3	98.2	99.6
4－6月	1,005,315	114.8	103.6	53,392	139.0	112.2	1,058,607	115.8	104.0	64,393	107.2	100.6	1,123,000	115,3	103.8	1,047,000	107.5	96.8	95.5
7月																378,000	98.6	92.6	
8月																348,000	107.0	101.5	
9月																386,000	107.6	98.4	
7－9月																1,112,000	104.2	98.3	
上期計																2,159,000	105.8	97.6	

一　般ストレート・アスファルト　　114.8%
工業用ストレート・アスファルト　　139.0%
ブローン・アスファルト　　107.2%

であり，一般経済指標の伸び率と比較すると異常と思われるほど高い伸び率である。

これは，(イ)51年度の第1・4半期が対前年度比96%と大きく落ち込んでおり，過去の季節変動指数と照らしても「異常値」の部類に入るほど一時的に内需が低下した。

(ロ)反面51年度末に大型補正予算が組まれ，その執行は52年2月以降となり，石油アスファルトの実需量としては，52年4月以降にずれ込んだ部分があると推定される。

(ハ)52年度公共事業の早期執行

(ニ)自治省による市町村道整備事業費として，昨年度2,000億円に引続き52年度2,500億円が組まれている。

等により，大幅な対前年度比アップとなった。

表－7　石油アスファルト月末在庫量と在庫日数

単位：千トン

	昭和50年度		昭和51年度		昭和52年度	
	在庫量	日数	在庫量	日数	在庫量	日数
4月	254	22.4	277	29.2	254	22.9
5月	281	27.9	303	29.0	273	
6月	274	22.5	300	24.2		
7月	257	25.2	259	23.9		
8月	285	24.4	278	23.5		
9月	285	25.8	265	21.7		
上期計	285	26.5	265	23.3		
10月	276	24.5	254	19.5		
11月	270	23.0	242	20.3		
12月	226	30.9	196	26.9		
1月	230	25.9	230	24.6		
2月	274	18.6	264	18.9		
3月	236	19.2	252	17.6		
下期計	236	21.1	252			
年度計	236	20.9	252			

(4)　昭和52年度第2・4半期については，内需量の対前年度比 106.0%が見込まれており，上半期計では内需量2,254千トン，前年同期比110.4%と予測される。

供給面については，当協会調査委員会では数字を把握できないので，在庫の推移から触れることにする。**表－7**で48年度以降の各月(期)末在庫数量と翌月(期)の需要量に対する在庫日数を示した。現在石油アスファルトの在庫能力は，製油所400千トン，油槽所240千トン，合計640千トンあり，52年4月末在庫254千トン，5月末在庫 273千トンの在庫量は，前年同期と比較して数量で約30,000トン減，在庫日数で約5日分の減という状態で推移している。

前述の通り，品種別の内需量は，一般ストレート・アスファルト，ブローン・アスファルトは 需要想定と合致しており，工業用ストレート・アスファルトが第1・4半期約10,000トン増の中にあって在庫の減少があるということは，生産量が内需予測数字に対し減少したことを意味する。

石油アスファルトの適正在庫日数が何日分であるかという点については，過去余り議論がなされておらず，実績的に在庫量が20日分を割った場合，地域的に一時供給が不能の地域が発生することもある。また遠隔地は非常に輸送コストが高く，余りに大幅な赤字が発生する地域（個々の石油メーカーにより製油所，油槽所の配置により異なるが)は，販売を中止せざるを得ない等の理由から，現在の在庫量はほぼ適正在庫であると認識している。

(5)　次に，品種別に石油アスファルトの問題点につき極く簡単にふれる。

《一般ストレート・アスファルト》

一般ストレート・アスファルトの問題点としては――

(1)　需要の季節変動が非常に大きい。

(2)　配送単位が特殊なアスファルト専用ローリー車で，すべて10トン単位以下である。

(3)　価格が安く，関連商品であるハイサルC重油よりさらに採算性が悪い。

(4)　一方，配送経費は㋑特殊専用タンカー（積込温度190～195度C)，㋺油槽所保管時は中断することなく加温する，㋩専用ローリー車（配送温度170度C前後）等，流動性を保持したまま配給する経費が1トン当たり約5,500～6,500円必要であり，他油種に比較して大幅な経費増となる。

(5)　製品規格が順次高品質化の傾向にあり，減圧蒸溜装置の残渣油＝アスファルトにはならない。

(6)　需要側は近い将来，さらに高品質アスファルトを求める傾向にあり（需要側の要請により，日本アスファルト協会舗装技術委員会舗装用アスファルト分科会において研究，試験中であり，当該事項に関し建設省より補助金を受ける)，そうなると現在のアスファルト製造に適した原油を選考した場合でも，減圧蒸溜装置からストレートに採取した製品を二次加工して，高品質アスファルトを得る方法へと移行せざるをえず，石油アスファルト

は高品質アスファルトと現在の一般ストレートに二分化した需要・供給体制がとれるか否か検討されつつあり，石油アスファルトは品質と価格が連動して働く傾向が一段と強まりつつある。

《工業用ストレート・アスファルト》

昭和47年度後半から工業用ストレート・アスファルトが新規需要分野として出発した。石油アスファルトの化学的利用分野は多岐にわたっているが，中でも熱分解による液体，気体燃料の製造は，今後わが国エネルギー問題の一環として急速に増大することが予想され，1980年代には道路用に匹敵する可能性がある。

わが国の一次エネルギーは昭和48年度77.4%を石油に依存しており，55年度68.9%，60年度63.3%と依存率を下げ，代替として原子力，輸入ＬＮＧへの依存率を高める総合エネルギー政策が決定されたが，原子力エネルギーはウランの安定的確保，再処理放射性廃棄物処理の技術開発，安全性の確保等，困難な問題をかかえており，エネルギーの多様化の中でアスファルトの熱分解に関する技術開発の進歩は目ざましいものがある。

現在の石油アスファルト需給見通しにおける工業用ストレート・アスファルトの数字は，製鉄用コークス・バインダー需要相当分と一部のガス化原料およびパイプコーティング等のストレート・アスファルトの数字が統計上「アスファルト」の分類で明示されており，大量に消費される熱分解向けの数量は「石油アスファルト」の項目に含まれていない。

そこで工業用ストレート・アスファルトの需給見通しについては，統計上正確な数字は把握できる範囲に限定されており，その大部分は製鉄用コークス・バインダー向けである。

この分野に関しては，昭和48年度以降，本格的商業段階に入り，現時点では技術的研究開発が石油各社－製鉄各社間で盛んに進められているが，不確定要素が多く十分な需要予測をすることは困難である。

《ブローン・アスファルト》

ブローン・アスファルトの需要量は昭和52年度 276千トン見込まれ，これは昭和45年度の内需量 275千トンと同一レベルである。石油ショック以前の需要レベルに回復する時期は，昭和56年度の見込みであり当面数量的には需給バランスは安定しているといえる。

ブローン・アスファルトの問題点としては――――

① 現在の生産設備は老朽化しており，増設または新設するには多額の公害防止等関連投資が必要となり，一部地域ではすでにブローン・アスファルトの設備廃棄が行われた。今後，ユーザーの協力等がない限りビルド工場がなく，安定供給の確保が憂慮されている。

② 高品質のブローン・アスファルトの需要量が増大しており，特に建材関係に消費されるブローン・アスファルトはすべて高品質のコンパウンド・アスファルトへ切り替えられており，本年度以降急速に高品質の需要が増大すると予想される。

③ 一方，生産面では高品質のブローン・アスファルトを生産した場合，ブローイング装置の能力は低下し生産の絶対量が減少する。

むすび

石油アスファルトの需給見通しを中心として，最近の石油アスファルト事情の概況を述べたが「石油アスファルト」は最近に至り「量と質と価格」の三側面から論じられる段階に入った。

今後の重質原油の輸入状況，ハイサルＣ重油の需給と価格の動向，高品質アスファルトの生産コストと価格，流通経費の合理化，流通機構の改善，熱分解による石油エネルギーへの環元等から，直接，間接の影響を受け，石油アスファルトの有効利用は多面的に研究される時代となり，当協会としても，石油アスファルトの安定供給に責任を果たしていくことを努力目標としているが，これには石油メーカーサイドだけでは解決し得ない問題もあり，諸官庁はじめ関係各位の御協力を是非ともお願いする次第である。

別冊「アスファルト」をおわけしております

☆頒価　各号〒とも300円（郵便切手にても可）
☆ハガキ（あと払い）のお申込みはご遠慮下さい。

☆申込先　日本アスファルト協会　別冊係
105 東京都港区芝西久保明舟町12　和孝第10ビル
9月1日より港区虎ノ門2－6－7に変更

号　数	内　容	執筆者
別冊 No.17 昭和47年2月発行 （第23回アスファルトゼミナール）	積雪寒冷地の高速道路の舗装について アスファルト舗装の破損とはく離現象 札幌市における防塵処理 アスファルトの供給について	瀬戸　薫 南雲貞夫 出来岡謙三 山本高英
別冊 No.18 昭和47年7月発行 （第24回アスファルトゼミナール）	アスファルトの生産について 本四連絡橋と国土開発の構想 四国の道路整備について アスファルト舗装の施工上の問題点 アスファルト乳剤による表面処理	古田　毅 福井迪彦 藤井寿明 物部幸保 檜垣一彦
別冊 No.19 昭和48年2月発行 （第25回アスファルトゼミナール）	湿潤時作業可能な舗装補修材料の開発研究 くらしの道路 積雪寒冷地のアスファルト舗装の問題点 アスファルト舗装要綱のその後の問題点	萩原　浩・阿部頼政 鳥居敏彦 西野徹郎 藤井治芳
別冊 No.20 昭和48年7月発行 （第26回アスファルトゼミナール）	市町村道舗装の現状と今後の問題点 アスファルト舗装の現状と今後の適用 道路舗装破壊の要因分析と維持補修計画 中国地建管内の舗装の実態と問題点	三野四郎 藤井治芳 山本弘夫 松延正義
別冊 No.21 昭和49年11月発行 （第27回アスファルトゼミナール）	舗装の設計におけるアスファルト混合物の活用 アスファルト系材料の問題点 アスファルト乳剤の活用とその実例	藤井治芳 昆布谷竹郎 額田　穣
別冊 昭和51年5月発行 （第30回アスファルトゼミナール）	アスファルトの品質について アスファルト業界へ望む これからの道路の方向と舗装技術の問題点 最近の石油事情について 最近のアスファルト事情と本協会の事業活動について	根来一夫 谷藤名誉会長 藤井治芳 一柳良雄 中山才祐
別冊 No.23 昭和51年7月発行 （第31回アスファルトゼミナール）	今後の道路整備と舗装技術の動向 山梨県の道路現況と展望 瀝青路面処理の試験舗装追跡調査報告 市町村道舗装と農林道舗装の施工について	坂上義次郎 中本正則 太田健二 物部幸保
別冊 No.24 昭和51年12月発行 （第32回アスファルトゼミナール）	北海道の開発の現状と展望 最近の石油事情とアスファルト アスファルト舗装要綱・維持修繕要綱の改訂と最近の舗装技術の動向について 積雪寒冷地舗装の最近の問題点について	高木譲治 杉浦和夫 藤井治芳 久保　宏
別冊 No.25 昭和52年5月発行 （第33回アスファルトゼミナール）	重交通道路の舗装用アスファルトとはどういうものか 最近の石油事情とアスファルトについて わが国に適用されるフルデプスアスファルト舗装について 新しい用途：バインダー，ガス化，粘活炭への利用	林　誠之 杉浦和夫 阿部頼政 尾崎博巳

研究者のノートから・その1

アスファルト舗装のクラック

阿　部　頼　政*

1．はじめに

編集委員会からの依頼により，本号から「研究ノート」の連載を担当することになった。一回ごとの完結で解説的に書くようにという注文である。有意義な企画なので筆者も出来るだけ努力するつもりでいるが，将来は，数人の執筆者グループを作り，それぞれが得意な分野を解説する方法なども検討して見たいと思う。当面の方針としては，重要なテーマをいくつか選び，それぞれについて現段階で得られる知識を集約していく予定である。

本号では，アスファルト舗装のクラックの問題をとりあげた。最初に舗装のモデルを概説し，次に単純梁の断面力を求めて引張応力の発生することを確認してから，材料的な問題を検討することにする。

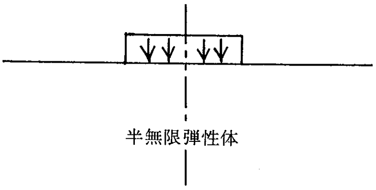


図1　半無限弾性体

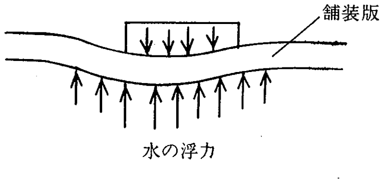


図2　水の上の舗装版

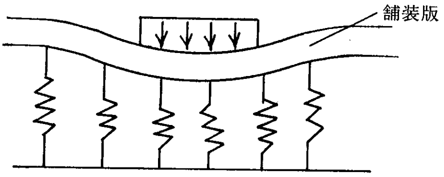


図3　スプリング上の舗装版

2．舗装の力学的モデル

アスファルト舗装は一般に，表層・基層，上層路盤・下層路盤からできている。この構造を，簡単なモデルに置きかえ，力学的に取り扱おうとする試みが古くから行なわれてきた。広く知られているものの中から代表的なモデルをあげると，次のようになる。

①半無限弾性体として考える方法（図1）
②地盤反力を考慮した舗装版（図2，3）
③半無限弾性体上の薄板（図4）
④多層弾性体（図5）

①はイギリスで舗装厚設計に試みられた方法で，一様地盤中の応力のうち特にセン断力に注目していることからセン断力法として知られている。これは，舗装と路床を一様な弾性体として考え，路床土に生ずる最大セン断力の分布をもとにして，路床土の許容値を超えないように舗装厚を設計する方法であるが，現在のように，cmのオーダーできめの細かい設計を求められては，もう実用的でないと言っても過言ではなかろう。

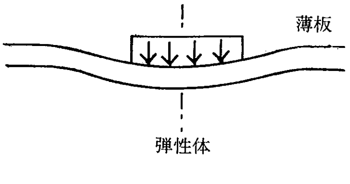


図4　弾性床上の薄板

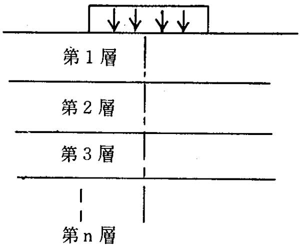


図5　多層弾性体

＊日本大学理工学部 土木工学科　講師

②は，地盤反力を，液体の浮力や(図２)，スプリング（図３）で表現した方法であり，特に後者はコンクリート舗装に広く利用されてきた。このモデルの特徴は舗装版より下の層を単に反力を与えるもの見なして，版自体の応力のみを議論することにある。アスファルト舗装におけるアスファルト混合物層は，荷重を分散して下方に伝えることが主な役割であり，版としての効果は期待しないというのが一般的な考え方であったから，この版理論はほとんど利用されなかった。

③は，②のモデルをさらに一歩進めたものであり，たわみの計算に便利であるが，アスファルト舗装では一部の研究者に利用されている程度である。

多層構造理論は，Burmisterが二層構造における表面変位の図表を発表して以来，広く注目されるようになり，三層構造におけるJonesの数表等を経て，現在では，電子計算機用のプログラムもいくつか開発され，理論的な舗装設計法として実用化されつつある。

以上の例からある程度推察できるが，舗装のモデルは①のように路床の応力を対象とするもの，②，③のように舗装体の応力を対象とするもの。さらに④のように両者を考慮するものとにわけられる。これは，設計の根拠として，路床の破壊や永久変形に重点を置くか，又は舗装体（特にアスファルト混合物層）の破壊に重点を置くかの問題に対応している。いずれを重要視すべきかは，簡単に決められることではなく，実際の舗装では両者が相互に影響しあって究極的な破壊に到達すると考えられる。

本号でとりあげようとしている問題は，アスファルト混合物層（表層・基層あるいはアスファルト安定処理層を含む）に生ずるクラックであるから，②，③あるいは④のモデルで考えればよいのであるが，これらはいずれも数式が複雑であり，かえって本質を見失うおそれがあるので，**図６**に示すような単純梁に生ずる応力からクラックの発生を考察することにする。舗装に生ずる応力を定性的に理解するにはこれで充分である上，アスファルト材料の有力な研究手段である曲げ試験の原理をも考察できるからである。

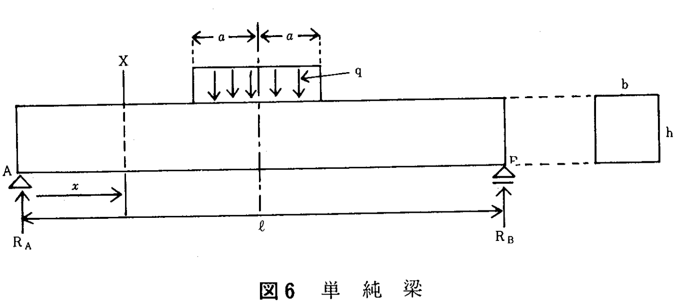


図６　単　純　梁

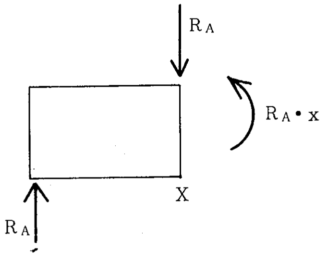


図７　左側の梁のつりあい

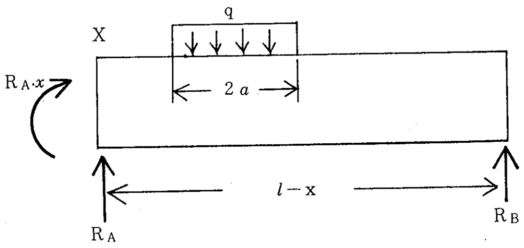


図８　右側の梁のつりあい

３．梁の断面に生ずる応力

図６に示すように，長さℓの単純梁の中央において単位長さあたりqの等分布荷重がかかっているものとする。支点反力をR_A, R_Bとすれば，左右対象であるから，荷重は両支点に均等に配分される。したがって

$$R_A=R_B=qa\cdots\cdots\cdots(1)$$

いま，ＡＣ間の任意の点Ｘで梁を切断して考えると，Ｘの左側に働らいている力はR_Aのみである。このR_Aとつりあうために，切断される前は右側の梁から左側の梁に何かを与えていたわけであるが，その〝何か〟を考えて見よう。まず単純に考えれば，R_Aと向きが反対で大きさの等しいものを与えればよさそうに思えるが，**図７**で直感的にも明きらかなように，２つのR_Aなる力が偶力を構成し，左側の梁全体が時計まわりにぐるりと回転してしまう。つまり，この回転をとるための$R_A \cdot x$なるモーメントも加えてやってはじめて左側の梁はつりあいを保つわけである。言いかえれば，切断面Ｘでは，梁の右側から左側に対して，R_Aなる力と$R_A \cdot x$のモーメントを与えているのである。

次にＸの右側を考える。切断される前に左側から右側に及ぼしていたものは，これまでの考察から，反作用としてのR_A（上向き）と$R_A \cdot x$（時計まわり）と予想されるが，これで右側の梁全体がつりあっていることを証明しよう。それには，鉛直方向の力の和と任意の点のまわりのモーメントの和がゼロになることを示せば充分である。**図８**において，

鉛直方向の力の和＝$R_A-2qa+R_B=qa-2qa+qa=0$……(1)

X点のまわりのモーメントの和＝$R_A\cdot x+2qa(\frac{\ell}{2}-x)$

$-R_B(\ell-x)$

$=qax+qa\ell-2qax-qa\ell+qax=0$ ……(2)

(1), (2)より，右側の梁はつりあっており，予想が正しかったことを示している。

以上の考察をまとめると，断面Xにおける微小巾dxの部材では，**図9**のような力とモーメントを受けていると言える。これをさらに分解すれば，**図10**(a), (b)のようににモーメントと力の作用に分けられるが(a)は部材を(a')のように曲げる働らきをするので曲げモーメントと呼ばれ，(b)のR_Aは部材を(b')のようにずらす働らきをするのでセン断力と呼ばれている。このように，梁の断面では，曲げモーメントとセン断力が働らいているが，舗装のクラックを問題にするのに重要なのは曲げモーメントの作用であるため，ここでは曲げモーメントだけについて考察していこう。

AC間の梁において，曲げモーメントの大きさM_{AC}はCの左側にある荷重の作用を考えて

$M_{AC}=R_Ax=qax$……(3)

同様にしてCD間では

$$M_{CD}=R_A\cdot x-q(x+a-\frac{\ell}{2})\ \frac{(x+a-\frac{\ell}{2})}{2}$$

$$=-\frac{q}{2}\{x^2-\ell x+(a-\frac{\ell}{2})^2\}\ \cdots\cdots(4)$$

左右対象であるから曲げモーメント図は，**図11**のようになり，中央で最大曲げモーメント$\frac{1}{2}qa(\ell-a)$を得る。このように梁の断面にはその位置によって異なった曲げモーメントが働らくが，この曲げモーメントによってどのような応力が発生するかを次に考えてみよう。

図12は，曲げモーメントの作用により，梁が曲がった状態を示したものである。図のab部分は$a'b'$に圧縮されcd部分は$c'd'$に伸ばされている。この伸びと縮みはそれぞれ両端で最大になるが，連続的に変化しているはずであるから，途中に伸びも縮みもしないところがあることは容易に推定できよう。これが中立軸($n-n$)と呼ばれるものである。すなわち，$a'-b'$で縮みは最大の状態から中立軸に近づくにつれて徐々に小さくなり，中立軸でゼロとなる。さらに中立軸を超えて$c'-d'$側に入るとこんどは伸びが始まり，端の$c'-d'$で最大の伸びを示すわけである。この縮みと伸びによってそれぞれ発生する圧縮応力と引張応力の分布を，圧縮弾性係数と引張弾性係数が等しい場合について**図13**に示した。中立軸からの任意のきょりをyとすれば，その位置に生ずる応力と曲げモーメントの間には次の関係が成立する。

$\sigma=\frac{M}{I}y$……(5)

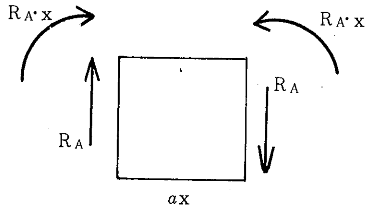


図9　梁の断面に生ずる力とモーメント

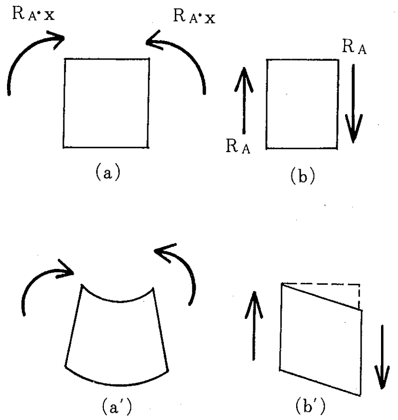


図10　モーメントと力の作用

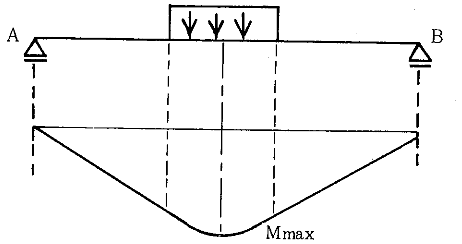


図11　曲げモーメント図

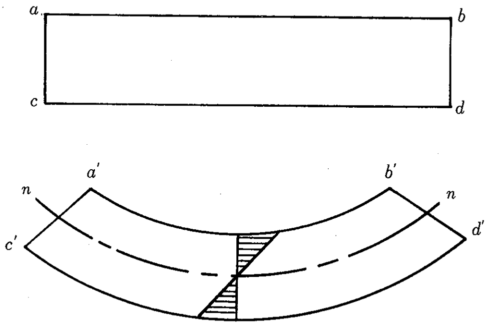


図12　梁の曲げと中立軸

ここにＩは断面二次モーメントでこの梁の場合，$\frac{bh^3}{12}$ で与えられる。

図13からも明きらかなように引張応力は下縁で最大値を示す。また，引張歪も下縁で最大になる。

アスファルト舗装のクラックは，この下縁に生ずる引張応力あるいは引張歪が原因である。下縁に生じたクラックが上方に伝播して，舗装表面に現られるクラックとなるのである。

4．アスファルト舗装のクラック

前章までに簡単なモデルを使って，アスファルト混合物層に発生する応力を考察してきたが，層の上部で圧縮を受け下部で引張を受けるということは，舗装体の実測でも明きらかにされている。[1]・この圧縮と引張は，舗装の破壊の典型的な２つのタイプ，すなわち，わだちぼれとクラックに直接結びつくものである。この場合，圧縮の影響が通常の破壊形態をとらず混合物の流動という形をとっているのは，アスファルト混合物の特殊性であるが，引張によるクラックの発生，進展というプロセスは，金属材料やセメントコンクリートの破壊ときわめて類似している。従来，アスファルト混合物の破壊に関する研究は，引張を中心に行なわれてきたが，引張強度が圧縮強度に比べて極端に小さいことを考えれば当然と言えよう。セメントコンクリートの引張強度は圧縮強度のほぼ10分の１と言われている[2]が，温度や載荷速度による影響はあるにせよ，アスファルト混合物もほぼ同様の傾向があると考えてよい。**図14**に両者の関係の一例[3]を示す。引張強度は圧縮強度の約８分の１になっている。

アスファルト舗装においてクラックが発生する原因は破壊の形態から次の２種類に分類できる。

①引張強度または限界の歪を超える単一荷重による破壊

②輪荷重の繰り返しによる疲労

以上の原因のうち①はアスファルト混合物層の比較的薄い舗装に生じやすい。施工後２，３年以内に発生するクラックは，主としてこれが原因と考えられる。数年を経た舗装においては，一般に疲労が原因と見なされがちであるが，実際には引張強度の低下にともなうこの種の破壊がかなりの部分を占めている可能性がある。特に加速・減速の激しい交差点のようなところでは，この傾向が強いと思われる。過度の歪による破壊はアスファルト混合物の特殊性がうかがえる。弾性体では応力と歪は表裏一体の関係にあるが，アスファルト混合物は，塑性変形をするため，応力は小さくとも歪はかなり大きくなる場合がある。例えば，小さな輪荷重でもこれが静止していれば，特に高温時で下層の支持力が小さい場合など，容易に破壊歪を超えてしまう可能性があるわけである。

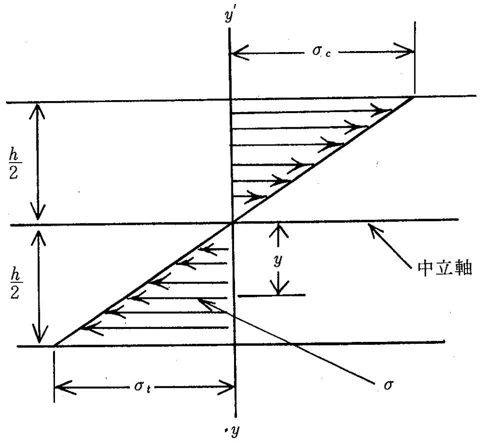


図13　曲げにより生ずる引張と圧縮

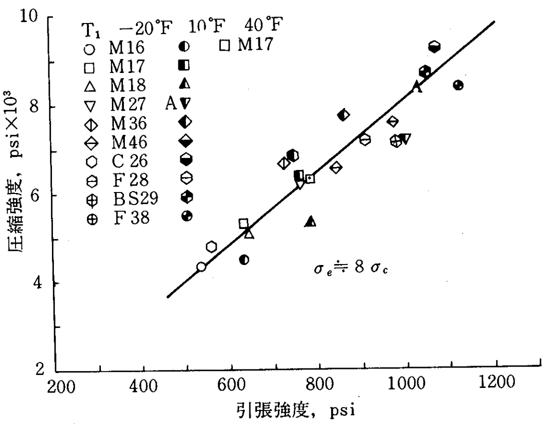


図14　引張強度と圧縮強度の関係（Monismith）

②の形態は，アスファルト混合物に限らず，繰り返し荷重のかかる材料一般に共通する現象で，このような形態による舗装の破壊は逆に理想的とも言える。すなわち材料を耐久限度まで利用できたことになるからである。

次章以下で　①の検討としてアスファルト及びアスファルト混合物の引張強度を種々の文献から整理し，②の形態については，疲労試験の成果として一般に認められている部分を定性的に紹介する。

5．アスファルト単体の引張強度

混合物の引張強度を左右するものは，いうまでもなくアスファルトである。したがって，アスファルト単体の引張強度については多くの研究者によって実験が行なわれてきた。その代表的な方法は，**図15**のように円筒の間に試料をはさみ，一定の速度で引張るものであるが，強度

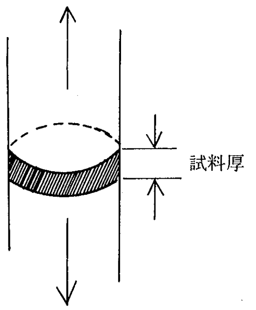


図15　アスファルトの引張試験

に影響を与える大きな要因として次の項目があげられる。

①試料の厚さ（膜厚）

②温度

③載荷速度

一般的な傾向としては，膜厚が薄い程，温度が低い程さらに載荷速度が速い程，引張強度は大きくなる。**図16**は，Marek[4)]が，WLFの式を変形して求めたシフトファクターを使い①②の実験結果をまとめたものである。膜厚10μ程度で引張強度は1000psi（約70kg/cm²）に達している。実際の混合物で骨材を被覆する膜厚は6～8μ程度であるから，これよりさらに高い値が得られる可能性がある。しかし，この実験データは，他の研究者に比べてかなり大きく出た例であり，一般的には，Van der Poelや，Ericksonその他の研究者が一致して示している30kg／cm²前後の値が平均的なもの（低温，高速で）とされている。[5)]このような実験は，試料の作製法，試験法等にも影響されるので定量的な考察はなかなかむずかしいと言えよう。また，多くの研究者によって実験されてきたにもかかわらず，アスファルト単体の強度は二次的な問題であり，混合物の強度特性を説明する根拠としてのみ価値があると考えられる。なお，アスファルトの種類や針入度については，温度，載荷速度が複雑に影響しあうので，引張強度と明確な関係を見い出し難いようである。

6．アスファルト混合物の引張強度

これまで引張強度という言葉を定義せずに使ってきたが，これは実験から直接求まる値でないことは言うまでもない。普通，引張強度は，その供試体の示す最大応力として使用されているが，応力は測定されるものでなく与えた力を断面積で割って求めている。この場合，応力は供試体中に一様に分布するという仮定が入り，また，供試体が伸びたことによる断面積の減少も考慮されないことが多い。歪も同様に，供試体の伸びを供試体の寸法で割って求めている。したがって実験も，供試体の一部に応力集中が生じない方法をとる必要がある。アスファルト混合物の場合，圧縮試験は比較的簡単であるが，引張試験では，供試体を試験機に取り付ける方法が難かしく，曲げ試験の結果から計算で求める方法も多くとられてきた。すなわち，3章で説明した方法により，供試体を弾性体と仮定して，曲げモーメントの大きさから引張応力を求める方法である。特にこの方法は，次章で述べる繰り返し試験に多く利用されてきた。この場合，歪は，（引張応力／弾性係数）として定められている。しかし，近年，エポキシ樹脂等，接着剤の発達によって取りつけ部分の問題もある程度解決され，直接の引張試験が容易になってきた。

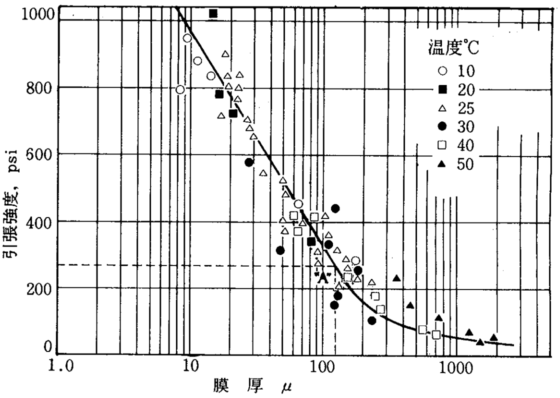


図16　引張強度と膜厚の関係

アスファルト混合物の引張強度に影響する要因はきわめて多い。したがって，いかなる条件のもとでの引張強度かということが，常に重要な問題となる。要因の主なものを列挙すると

①試験温度

②載荷速度

③アスファルトの硬さと量

④骨材の粒度と質

⑤フィラー量

⑥混合物のスティッフネスと空隙率

以上の要因が複雑に影響しあうため，完全に整理することはきわめて難かしいが，比較的まとまった実験を行なっているEppsとMonismithらの研究に注目しながら，以上の要因を考察していくことにする。

(1)引張強度と破壊歪の関係

図17はMonismithら[6)]が，アスファルト混合物引張強度と破壊時の歪の関係を示したものである。縦軸のとり方が特異であるが，これは高分子材料の分野で使用されている方法で，Tは絶対温度を表わしている。点線は破壊包絡線と呼ばれるもので，温度がさがる（材料の強度

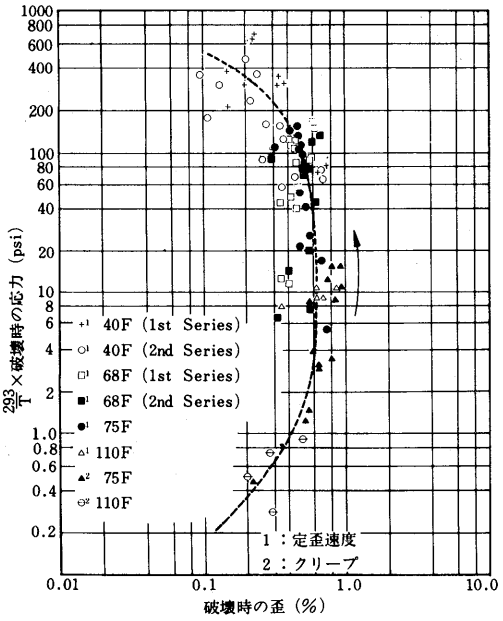


図17 破壊時の応力・歪・温度の関係
(Monismith)

があがる）につれて測定値の上方に移動していく様子が容易に読みとれる。実験方法や材料の詳細は省略するとして，この図から読みとれることは，まず温度が40°F～110°F (4.5°～43℃) の範囲で，引張強度は0.1kg/cm²～40kg/cm²ときわめて大きく変化することである。特にクリープ試験からは小さい値が得られている。歪は，ほぼ10^{-3}～10^{-2}の範囲に分布しており，常温以下では，温度がさがればさがる程，破壊時の歪は小さくなる傾向がある。すなわち，低温では引張強度はあがっても，許容できる歪が小さくなる。これは，舗装体が何かの原因で（たとえばアスファルト混合物層の下の支持力が弱かったり，空洞ができているような場合）大きく変形すると，瞬間的に破壊するおそれがあることを示している。

(2) 温度と載荷速度の影響

アスファルト混合物の一般的な性質から，温度が低く載荷速度が速い程，引張強度は大きくなると想像されるが，この種の実験の一例[7]を**図18**に示す。0℃以下では載荷速度にあまり影響されず，ほぼ80kg／cm²の一定値を示す傾向にある。これは，アスファルト混合物が低温においては弾性体的な挙動をすることから当然の結果のように思われるが，実際には，ある温度以下になると，混合物がもろくなり，引張強度は小さくなる傾向を示す実験結果が多い。その限界の温度は，載荷速度や混合物の種類によって異なるがほぼ－10℃～10℃の範囲にある。言

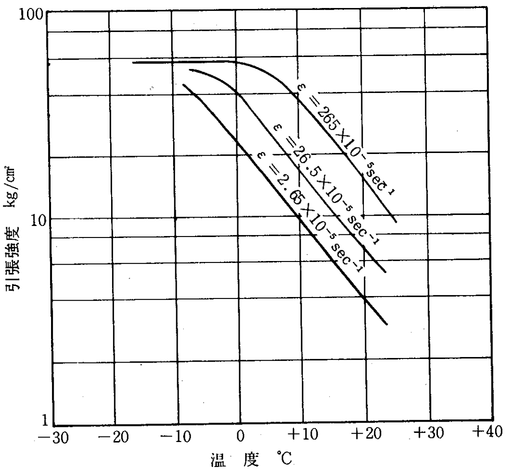


図18 引張強度，温度，載荷速度の関係
(Van del poel)

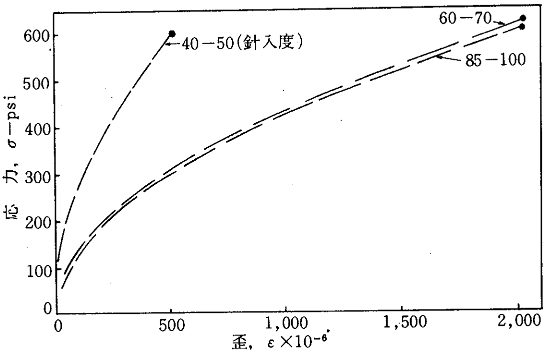


図19 アスファルトの針入度が応力－歪曲線に与える影響 (Epps)

いかえれば，アスファルト混合物は，この温度範囲で最大の引張強度を示すわけである。

(3)アスファルトの影響

図19はアスファルトの種類を変えた実験の一例[8]で粘度はカリフォルニア規格の中間粒度(Medium Grade)，アスファルト量 6.0％を使用している。データの数が少ないので，結論めいたことは言えないが，引張強度にあまり差がないにもかかわらず，硬いアスファルトで破壊歪の小さい点が目立っている。すなわち，混合物のスティッフネスの大きいものは破壊歪が小さいという結果になっている。この例で見るかぎり，針入度は必らずしも良いパラメーターと言えないが，一般に針入度の小さいアスファルトを使用した混合物ほど，スティッフネスは大きく，破壊歪は小さいようである。[8]

図20，21は，やはりEppsらが種類の異った混合物についてスティッフネスと引張強度，破壊歪の関係を調べたものである。図によれば，スティッフネスと引張強度の

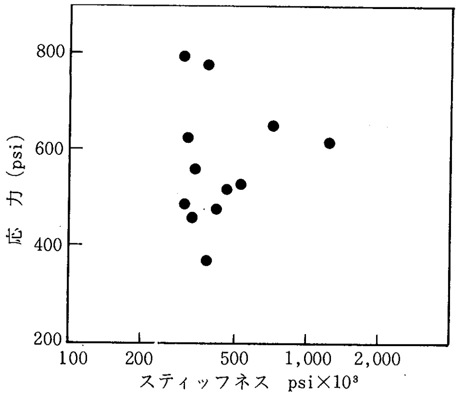


図20 破壊時の応力とスティッフネスの関係(Epps)

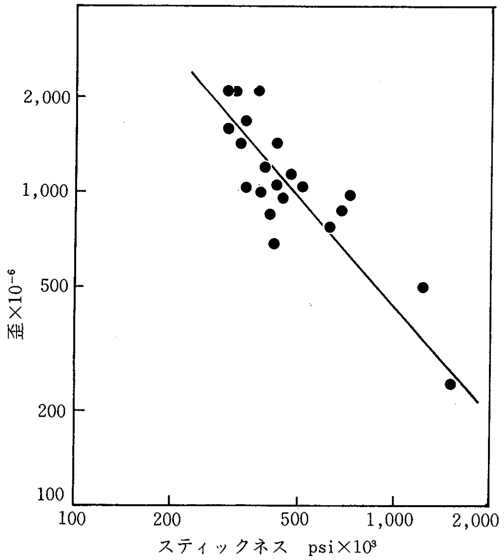


図21 破壊時の歪とスティッフネスの関係

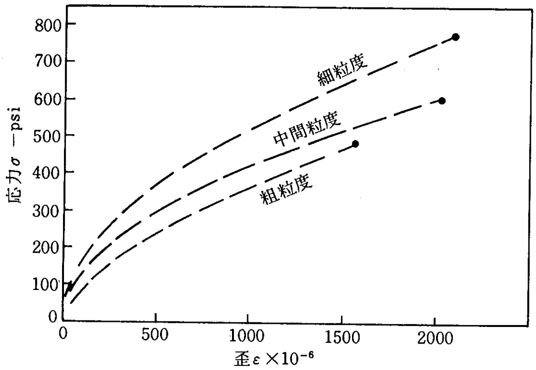


図22 応力—歪曲線に与える骨材粒度の影響

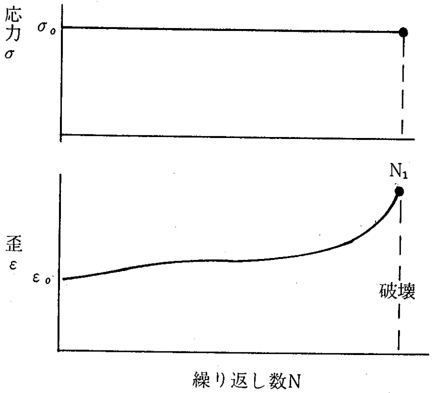


図23 一定応力による疲労

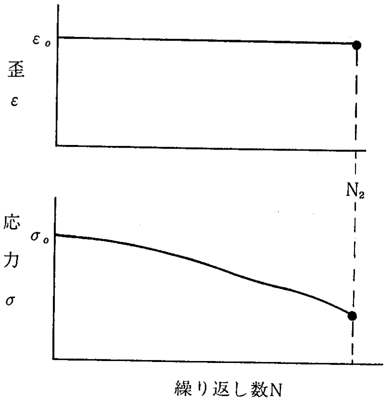


図24 一定歪による疲労

間には相関関係がほとんどないと言えよう。すなわち，スティッフネスの大きい混合物が，必らずしも引張強度が大きいとは限らないわけである。一方，破壊歪について言えば，スティッフネスの大きいものほど破壊歪が小さくなる傾向がはっきり現われている。

(4)骨材粒度の影響

図22は，Epps ら[8)]が粒度の異なる３種類の混合物について直接引張試験から求めた応力ー歪関係である。直線関係ではないから，完全な弾性体とは言えないが勾配がほぼ一定になったところで接線をとってみると，20,000kg／cm²前後の値が得られる。試験温度20℃であるから，常温におけるスティッフネスの目安になるかと思う。粒度については，細粒になればなるほど，引張強度も破壊時の歪も大きくなる。すなわち，クラック防止の立場から見れば細粒が有利と思われる。なお，この実験での引張強度は450～800 psi (30～55kg/cm²)，破壊時の歪は1500～2000×10⁻⁶が図から読みとれる。

フイラー量は，アスファルトの３～４倍程度までは，

多く入れれば入れる程，引張強度は大きくなるようである。しかし，これはアスファルト量とのかねあいもあるが，細粒で引張強度の大きい傾向を，強く拡大したものと見ることもできよう。

7．アスファルト混合物の疲労特性

アスファルト舗装は常に大小さまざまの輪荷重にさらされ，クラックの発生から破壊に結びつくため，材料の疲労についてはかなり古くから研究されてきた。しかし，今日に至っても研究はまだまだ未完成であって，定量的な整理はかなり難かしい。これは，アスファルト混合物の疲労特性に影響する要因がきわめて多く，さらに要因と要因の間に相互作用があったりして，実験結果の解析を困難にしているからである。言いかえれば，各研究者の発表する実験データの一つ一つが条件を非常に限定した特殊な例であって，実験データの比較が難かしいのである。しかし，定性的には多くの研究者が一致して認めている部分もかなりあるので，本章ではその概略を紹介することにする。

疲労の試験には一般に曲げ試験が利用されている。そして，外力を応力で与えるか歪で与えるかによってアスファルト混合物の挙動はかなり異なった結果を示す。

図23は一定応力を繰り返し与えた場合，載荷回数によって歪の変化する様子を模式的に示したものである。歪は徐々に大きくなり，ある回数を超えると破壊してしまう。一方，一定歪を与えた場合には**図24**のように，応力が徐々に減少する傾向にある。なお，一定応力の場合の最初の歪を初期歪，一定歪の最初の応力を初期応力と呼び，実験データは，これらの初期値で示されるのが普通である。

一定応力σによる破壊までの繰り返し数N_1と一定歪εによる繰り返し数N_2の間には，一般に次のような関係のあることが数多くの実験によって確認されている。

$$\begin{cases} N_1=K_1\sigma^{n_1}\cdots\cdots(6) \\ N_2=K_2\varepsilon^{n_2}\cdots\cdots(7) \end{cases}$$

これは，両対数紙上でN_1とσ，N_2とεがそれぞれ直線関係にあることを示しているが，n_1，n_2はその勾配であり，K_1, K_2はアスファルト混合物の性質によって決まる定数である。

(6), (7)式は，全く同一の形をしておるため，いずれの実験方法をとっても差はないように思えるが，材料的性質の面から見ると両者は根本的に相反する立場にある。すなわち一定応力の試験でN_1の大きい材料（寿命の長い材料）は，一定歪の試験では逆にN_2が小さくなるのである。

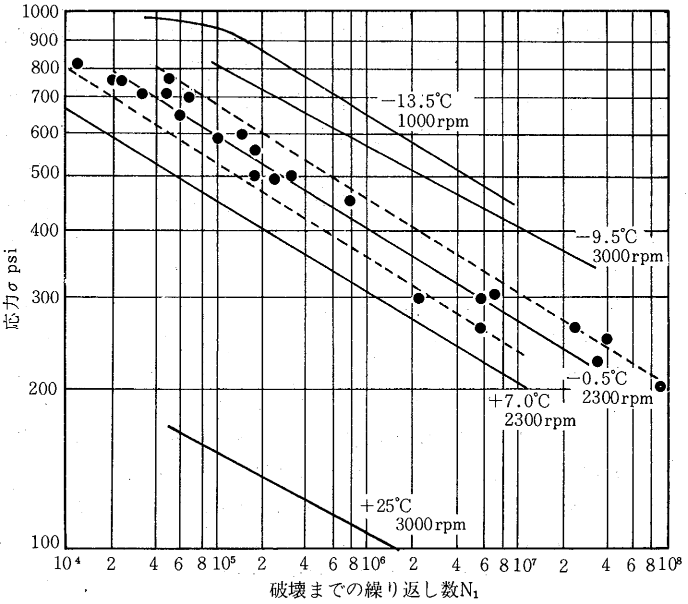
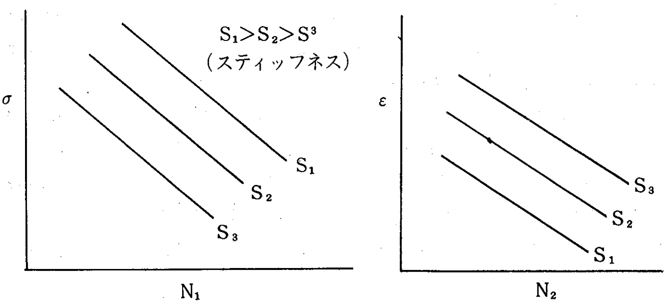


図25　応力制御による疲労（Dell）



（a）一定応力　　（b）一定歪

図26　スティッフネスの疲労に与える影響

図25はPell[9]が一定応力で行なった実験結果である。グラフ上で上方にある材料ほど寿命が長いわけであるが，表層材料が上方にあり路盤材料は下方に位置している。この上下関係を左右する主な要因は，材料のスティッフネスであることが多くの研究者によって確認されてきた。**図26**(a)(b)は，一定応力，一定歪の試験値に対するスティッフネスの影響を模式的に示したものであるが，前者に対しては，スティッフネスの大きいもの，後者に対しては逆にスティッフネスの小さいものが有利な結果を与えている。Pell[10]はこの理由を次のように破壊の形態が異なるからであると説明している。すなわち，一定応力の繰り

返し曲げ試験においては，クラックが発生すると応力集中によりクラックの先端の応力が増加してクラックの伝播速度が急に速くなり供試体の完全な破壊に致るが，一定歪の試験では，クラックの発生は応力を減少させ，伝播速度はおそくなるというのである。

このように，スティッフネスが疲労破壊の支配的要因である以上，他の要因はほとんどスティッフネスに与える影響として考察することができる。たとえば硬いアスファルトの使用，温度の低下，載荷速度の増加等，スティッフネスを大きくする要因は，N_1の増加（N_2の減少）に寄与することになる。

以上のように室内実験では，二つの相反する方法によって，かなり多くの情報を積み重ねてきているが，現実の舗装が受ける外力は，一定応力，一定歪等ではあらわせない複雑なものであり，タイムスケールも長く，さらに環境（温度等）もかなり変化に富んでいる。室内実験と現実のギャップを埋める方向での研究が今後の大きな課題となるであろう。

8．おわりに

アスファルト誌の読者層は非常に幅が広いので，どの程度の内容にすればよいのか非常に迷うところである。技術者だけに限っても，化学系と土木系の非常に異なった分野の人達が対象になるから，一方には常識程度のことでも他方にはきわめて理解しにくい内容となる。本稿の第3章などは，その代表的な例であろう。諸先輩をはじめ，読者の方々の御批判をいただければ幸いである。

参考文献

1） 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」P.193，1976年2月
2） 土木学会編「土木工学ハンドブック」P.868，技報堂
3） Y.M.Salam et al. "Fracture Characteristics of Asphalt Concrete" AAPT, Vol.41,1972,
4） C.R.Marek, "Estimation of the Tensile Strength of Asphalt Cements in Thin Films" Journal of Materials P.3, Vol.5, No.1, 1970
5） H.R.B. "Factors involved in the design of Asphalt Pavement Surfaces" NCHRP Report No. 39, P.25
6） C.L.Monismith et al. "Rheologic Behaviour of Asphalt Concrete" AAPT Vol.35, 1966, P.400
7） Van der Poel, "A General System Describing the viscoelastic Properties of Bitumens and its Relation to Routine Test Data" Journal of Applied Chemistry, May 1954
8） J.A.Epps et al. "Influence of Mixture Variables on the Direct Tensile Properties of Asphalt Concrete" AAPT Vol.39, 1970, P.207
9） P.S.Pell "Fatigue Characteristics of Bitumen and Bituminous Mixes" Proc. of the 1st International Conf. of the Structural Design of Asphalt Pavement, P.310 (1963)
10） P.S.Pell "Fatigue of Asphalt Pavement Mixes" Proc. of the 2nd International Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, P.577 (1972)

☆　☆　☆

☆　☆　☆

社団法人　日本アスファルト協会会員

〔メーカー〕

社名	住所	電話
アジア石油株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2−1−1	03 (506) 5649
大協石油株式会社	(104) 東京都中央区八重洲5−1−1	03 (274) 5211
エッソスタンダード石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5−3−3	03 (584) 6211
富士興産株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2−4−3	03 (580) 3571
富士興産アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2−4−3	03 (580) 0721
富士石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1−2−3	03 (211) 6531
出光興産株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内3−1−1	03 (213) 3111
鹿島石油株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2−2−3	03 (503) 4371
興亜石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町21−6−2	03 (270) 7651
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2−11−2	03 (580) 3711
極東石油工業株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1−7−2	03 (270) 0841
丸善石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1−5−3	03 (213) 6111
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町1	03 (501) 3311
モービル石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1−7−2	03 (244) 4359
日本鉱業株式会社	(107) 東京都港区赤坂葵町3	03 (582) 2111
日本石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1−3−12	03 (502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 東京都港区西新橋1−3−12	03 (502) 1111
三共油化工業株式会社	(108) 東京都港区三田1−4−28	03 (454) 4501
西部石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1−2−1	03 (216) 6781
シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3−2−5	03 (580) 0111
昭和石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2−7−3	03 (231) 0311
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1−11	03 (211) 1411
谷口石油精製株式会社	(512) 三重県三重郡川越町大字高松1622	0593 (64) 1211
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1−1−1	03 (213) 2211
東北石油株式会社	(983) 宮城県仙台市中野字高松238	02236 (5) 8141

社団法人　日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
〔ディーラー〕			
●北海道			
アサヒレキセイ（株）札幌支店	（064）札幌市中央区南4条西10-1003-4	011（521）3075	大協
中西瀝青（株）札幌出張所	（060）札幌市中央区北2条西2	011（231）2895	日石
（株）南部商会札幌出張所	（060）札幌市中央区北2条西2－15	011（231）7587	日石
株式会社ロード資材	（060）札幌市中央区北1条西10－1－11	011（261）7469	丸善
（株）沢田商行北海道出張所	（060）札幌市中央区北2条西3	011（221）5861	丸善
（株）トーアス札幌営業所	（064）札幌市中央区南15条西11	011（561）1389	共石
葛井石油株式会社	（060）札幌市中央区北5条西21－411	011（611）2171	丸善
●東北			
アサヒレキセイ（株）仙台支店	（980）宮城県仙台市中央3－3－3	0222（66）1101	大協
中西瀝青（株）仙台営業所	（980）宮城県仙台市中央2－1－30	0222（23）4866	日石
（株）南部商会仙台出張所	（980）宮城県仙台市中央2－1－17	0222（23）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(4)3293	共石
竹中産業（株）新潟営業所	（950）新潟市東大通1－4－2	0252（46）2770	シェル
●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	大協
アスファルト産業株式会社	（104）東京都中央区八丁堀4－4－13	03（553）3001	シェル
富士鉱油株式会社	（105）東京都港区新橋4－26－5	03（432）2891	丸善
富士油業（株）東京支店	（106）東京都港区西麻布1－8－7	03（478）3501	富士興産アス
伊藤忠燃料株式会社	（160）東京都新宿区新宿3－4－7	03（347）3961	共石
関東アスファルト株式会社	（336）浦和市岸町4－26－19	0488（22）0161	シェル
株式会社木畑商会	（104）東京都中央区八丁掘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
極東資材株式会社	（105）東京都港区新橋2－3－5	03（504）1528	三石
丸紅石油株式会社	（102）東京都千代田区九段北1－13－5	03（230）1152	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
三井物産株式会社	（100-91）東京都千代田区大手町1－2－1	03（285）6389	極東石
中西瀝青株式会社	（103）東京都中央区八重州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（212）3021	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	シェル
日東商事株式会社	（170）東京都豊島区巣鴨3－39－4	03（915）7151	昭石
瀝青販売株式会社	（103）東京都中央区日本橋2－16－3	03（271）7691	出光
菱東石油販売株式会社	（101）東京都千代田区外神田6－15－11	03（833）0611	三石
菱洋通商株式会社	（104）東京都中央区銀座4－2－14	03（564）1321	三石
三徳商事（株）東京営業所	（101）東京都千代田区岩本町1－3－7	03（861）5455	昭石
株式会社沢田商行	（104）東京都中央区入船町1－7－2	03（551）7131	丸善
新日本商事株式会社	（101）東京都千代田区神田錦町2－7	03（294）3961	昭石
昭和石油アスファルト株式会社	（140）東京都品川区南大井1－7－4	03（761）4271	昭石
住商石油株式会社	（160-91）東京都新宿区西新宿2－6－1	03（344）6311	出光

社団法人　日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
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) 東京都千代田区鍛治町1−5−5	03 (251) 0185	シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1−6	03 (274) 2751	三石
株式会社トーアス	(100) 東京都千代田区内幸町2−1−1	03 (501) 7081	共石
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町34	03 (591) 3401	富士興産アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿南2−3−15	03 (719) 0345	富士興産アス
東京菱油商事株式会社	(160) 東京都新宿区新宿1−10−3	03 (352) 0715	三石
東生商事株式会社	(150) 東京都渋谷区渋谷町2−19−18	03 (409) 3801	三共・出光
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2−13−5	03 (273) 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	大協
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区新小川町2−10	03 (269) 7541	丸善
宇野建材株式会社	(241) 横浜市旭区笹野台168−4	045 (391) 6181	三石
ユニ石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1−4−1	03 (503) 4021	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	昭石
横米アスファルト販売株式会社	(220) 横浜市西区高島2−12−12	045 (441) 9331	エッソ

● 中部

社名	住所	電話	
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	大協
千代田石油株式会社	(460) 名古屋市中区栄1−24−21	052 (201) 7701	丸善
富士フソー株式会社	(910) 福井市下北野町東坪3字18	0776 (24) 0725	富士興産アス
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市西区庭町2−38	052 (521) 9391	富士興産アス
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)名古屋営業所	(453) 名古屋市中村区則武1−10−6	052 (452) 2781	昭石
株式会社三油商会	(460) 名古屋市中区丸の内2−1−5	052 (231) 7721	大協
株式会社沢田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1−1	052 (361) 7151	丸善
新東亜交易(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区広井町3−38	052 (561) 3511	三石
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) 福井市大手2−4−26	0776 (22) 1565	シェル

● 近畿

社名	住所	電話	
赤馬瀝青工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3−10−4−304	06 (374) 2271	モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区北堀江5−55	06 (538) 2731	大協
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区此花町2−28	06 (358) 5531	三石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀3−20	06 (441) 5159	富士興産アス
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区宗是町1	06 (443) 2771	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	富士興産アス
関西舗材株式会社	(541) 大阪市東区横堀4−43	06 (271) 2561	シェル
川重商事株式会社	(651-01) 神戸市生田区江戸町98	078 (391) 6511	昭石・大協
木曽通産㈱大阪支店	(550) 大阪市西区九条南通4−26−906	06 (581) 7216	大協
北坂石油株式会社	(590) 堺市戎島町5丁32	0722 (32) 6585	シェル
株式会社松宮物産	(522) 彦根市幸町32	07492 (3) 1608	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	
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2−14−17	06 (301) 8073	丸善
三菱商事（株）大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜通1−15−1	06 (343) 1111	三石
中西瀝青（株）大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3−18−21	06 (303) 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	富士興産アス
大阪菱油株式会社	(541) 大阪市東区北浜5−11	06 (202) 5371	三石
株式会社菱芳砿産	(671-11) 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	昭石
（株）沢田商行大阪支店	(542) 大阪市南区鰻谷西之町50	06 (251) 1922	丸善
正興産業株式会社	(662) 西宮市久保町2−1	0793 (34) 3323	三石
（株）シェル石油大阪発売所	(530) 大阪市北区堂島浜通1−25−1	06 (343) 0441	シェル
梅本石油（株）大阪営業所	(550) 大阪市西区新町北通1−17	06 (351) 9064	丸善
山文商事株式会社	(550) 大阪市西区土佐堀通1−13	06 (443) 1131	日石
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨南細江995	0792 (35) 7511	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	大協

● 四国・九州

社名	住所	電話	
アサヒレキセイ（株）九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1−3−52	092 (77) 7436	大協
畑礦油株式会社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1−40	093 (871) 3625	丸善
平和石油（株）高松支店	(760) 高松市番町5−6−26	0878 (31) 7255	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
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1−1−1	0888 (22) 2141	シェル
伊藤忠燃料（株）福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3−2−8	092 (444) 8353	共石
株式会社カンダ	(892) 鹿児島市住吉町1−3	0992 (24) 5111	シェル
九州菱油株式会社	(805) 北九州市八幡区山王町1−17−11	093 (661) 4868	三石
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前1−9−3	092 (43) 7561	シェル
西岡商事株式会社	(764) 香川県多度津町新町125−2	08773 (2) 3435	三石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5−8	0886 (53) 5131	富士興産アス
三陽アスファルト株式会社	(815) 福岡市南区上盤瀬町55	092 (541) 7615	富士興産アス
（株）シェル石油徳島発売所	(770) 徳島市中州町1−10	0886 (22) 0201	シェル

☆編集委員☆
阿部頼政　高見　博　藤井治芳
石動谷英二　多田宏行　松野三朗
牛尾俊介　田中　宏　真柴和昌
加藤兼次郎　南雲貞夫　武藤喜一郎
黒崎　勲　萩原　浩

アスファルト　第112号
昭和52年8月発行
社団法人　**日本アスファルト協会**
〒105　東京都港区芝西久保明舟町12　TEL03-502-3956
9月1日より住所変更　港区虎ノ門2−6−7
本誌広告一手取扱
株式会社　広業社
〒104　東京都中央区銀座8の2の9　TEL 03-571-0997㈹

ASPHALT　Vol. 20　No. 112　AUGUST　1977
Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**

新　刊

アスファルトポケットブック

B6・50頁・¥ 350（送料は実費）

アスファルトに関する統計資料と関連資料を網羅した初のポケットブックです。
広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにて申込み下さい。
申込先　105 東京都港区芝西久保明舟町12
日本アスファルト協会
アスファルトポケットブック係

目　次

- アスファルト需要の推移
- アスファルトの製造及び流通
- アスファルトの品質・規格・試験・用途
- 石油供給計画
- 諸外国のアスファルト需給
- 道路投資額
- 道路の現況・整備の推移
- 諸外国の道路事情
- データーシート

9月1日より住居表示変更・〒105 東京都港区虎ノ門2－6－7

『アスファルト』第100号記念号をおわけしております

座談会・協会の歩み
アスファルト舗装と共に

谷藤正三　本協会名誉会長
高橋国一郎　建設事務次官（発行当時）
井上　孝　建設省道路局長（発行当時）
南部　勇　本協会初代会長
有福武治　シェル石油技術研究部長

アスファルトとその利用　―20年の変遷と将来―

▷アスファルト
需給・流通の推移と現状
品質・規格・試験

▷アスファルト舗装
アスファルト舗装の設計の変遷
アスファルト混合物試験
アスファルト舗装の施工
アスファルト舗装の施工機械
アスファルト舗装の補修の変遷と今後
アスファルト乳剤舗装・特殊工法

▷土木・その他
アスファルトの水利構造物への利用
農林省におけるアスファルトの工学的利用
スラブ軌道とアスファルト
空港へのアスファルトの利用
建築関係のアスファルトの利用
砂漠開発アスファルトバリアの利用
アスファルトの工業への利用
国際的にみたアスファルトの利用状況

〈随想〉　釣魚大全……………………………吾孀東二郎

パネルディスカッション
今後の舗装の動向について

領価　B5判 130ページ　〒共 1,000円
《切手にても可，あと払いはご遠慮下さい》

申込先　105 東京都港区芝西久保明舟町12
日本アスファルト協会　第100号係