

アスファルト

第37巻 第183号 平成7年4月発行

183

特集・わが国の道路用アスファルトの現状

特集に当って	飯島 尚	1
21世紀に向けてのエネルギー需給展望について		
～新しい長期エネルギー需給見通しを巡って～	山本良樹	3
アスファルト用原油の輸入動向とその製造方法について		
	(社)日本アスファルト協会技術委員会	9
アスファルトの需給動向について		
	(社)日本アスファルト協会調査委員会	16
アスファルト乳剤の生産と需給動向について		
	社団法人日本アスファルト乳剤協会	21
改質アスファルトの生産と市場動向について		
	日本改質アスファルト協会	28
アスファルト合材の現況	社団法人日本アスファルト合材協会	34

第8回論文賞論文募集

舗装施工管理技術者資格試験の実施について

<シリーズ 石油ミニ知識>

～石油開発～ 室賀五郎 39

アスファルト舗装技術研究グループ第20回報告

「第4回道路および空港舗装の支持力に関する国際会議」

の論文抄録 峰岸 順一・アスファルト舗装技術研究グループ 41

<用語の解説>

リサイクル法 小島逸平 61

PL法 板垣和芳 64

総目次第176号～第182号(平成6年度) 66

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料 68

ASPHALT

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

第 8 回 論 文 賞 論 文 募 集

主催 (社)日本アスファルト協会

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

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

〔 応 募 要 項 〕

●テーマ

「アスファルトの製造・品質・利用・流通」に関するもの。

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

●応募条件

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

●応募資格

資格は問わない

●賞 金

- 入選1席 ……賞金30万円 1編
入選2席 ……賞金10万円 1編
佳 作 ……賞金 5万円 4編

●締切り

平成8年2月29日（木）必着

●発 表

アスファルト誌第188号（平成8年7月）にて発表

●選考委員

委員長

多田 宏行 (財)道路保全技術センター理事長

委 員

阿部 頼政 日本大学理工学部土木工学科教授

飯島 尚 建設省土木研究所所長

牛尾 俊介 昭和シェル石油(株)商品技術室長

河野 宏 (社)土木学会専務理事

千葉 博敏 グリーンコンサルタント(株)
常務取締役

南雲 貞夫 (株)ガイアートクマガイ
常務取締役 技術研究所長

橋本鋼太郎 建設省近畿地方建設局長

長谷川 宏 日本石油(株) 中央技術研究所
トライボロジー研究室主管研究員

藤井 治芳 建設省技監

真柴 和昌 パシフィック石油商事(株)
取締役社長

森永 教夫 建設省道路局国道課道路保全対策官

矢野 善章 大分県土木建築部長

●送り先

〒105 東京都港区虎の門2-6-7 和孝第10ビル

社団法人 日本アスファルト協会

TEL 03-3502-3956

FAX 03-3502-3376

舗装施工管理技術者資格試験の実施について

(財) 道路保全技術センター

平成7年度から新たに実施される「舗装施工管理技術者資格試験」の受験申込みは既に去る3月24日にメ切られておりますが、これまでに資格試験と試験の内容、方法に関する問合せが多くありました。これらは「受験の手引き」に説明済のことですが、ここに重ねてこの資格試験の実施概要および試験内容について紹介致します。

舗装施工管理技術者資格試験は、舗装工事に携わる技術者の技術水準と能力を適切に評価することによって、より水準の高い安定した舗装工事の施工を図ることを目的として、財団法人道路保全技術センターが実施するものです。

受験資格は1級・2級別に、学歴または既取得資格と舗装施工管理に関する実務経験の2つの条件を定めております。

試験日：1級、2級ともに6月25日（日）

試験地：札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、福岡

資格試験は1級と2級の別に実施しますが、両者ともに、舗装に関する専門知識に加えて、法令、一般土木技術、施工管理等について、一般試験（択一式）と応用試験（記述式）で行います。

およその出題範囲としては、表－1が参考になります。

試験時間： 一般試験 応用試験
（択一式） （記述式）

1級 180分 180分

2級 120分 160分

合格発表：1級 10月26日（木）

2級 9月22日（金）

合格通知：合格者にのみ通知書を発表日に発送

この試験に合格すると、登録申請を行うことにより、「1級舗装施工管理技術者」または「2級舗装施工管理技術者」の資格登録証が当センター理事長から交付されます。

なお、合格後も最新技術の習得のため5年毎に技術講習を実施致します。

表－1 出題範囲（参考）

分類	種別	細別	項目の例
舗装工学等	土木工学（一般）	土工・コンクリート構造物	
		安全施設	
		機械・電気	
		造園	
		共通	契約約款 設計図書 検査 測量・調査 試験
	舗装工学（専門）	設計	路床 アスファルト舗装 セメントコンクリート舗装 特殊舗装
			骨材 アスファルトおよびセメント 路盤材料 加熱アスファルト混合物 舗装用セメントコンクリート その他の材料
			材料試験
			道路土工 路床土工 路盤工 舗装材料の製造 舗装工 側溝・街渠等構造物 施工機械・器具
		補修	在来舗装の評価 再生舗装の設計 再生混合物 舗装補修工法
		施工計画	施工計画 仮設計画 廃材の活用
			工程管理
			原価管理
			安全管理
			品質管理
			出来形管理
			共通仕様書
法規	施工管理法	法規	労働基準法 労働安全衛生法 建設業法 道路法 道路交通法 公害対策基本法 騒音規制法 振動規制法 再生資源の利用の促進に関する法律 大気汚染防止法 産業廃棄物に関連する法律等

特集に当って

飯 島 尚

建設省土木研究所所長

去る1月17日早朝、日本はおろか全世界を震撼させた阪神・淡路大震災により5500名以上の尊い人命が失われ、現在でも10万人に近い方々が避難生活を余儀なくされています。全体としては10兆円にのぼる膨大な資産が一瞬に失われてしまいました。

亡くなられた方々には喪心より哀悼の意を表しますと共に被災されました多くの方々に心から御見舞を申し上げます。

今回の地震に際して近畿地方建設局を中心に建設省の対応は非常に早く、生命線ともいべき国道2号がいち早く復旧したのも適切な現場の判断があったからこそと考えています。

土木研究所に於いても1月17日の朝9時に災害対策本部を設置すると同時に、同日夜半までに道路、河川、ダム、砂防、下水道等の専門家からなる4班総勢14名の緊急調査団を現地へ派遣致しております。さらにその後今日に至るまでに詳細調査、復旧工事のアドバイスのために延150名近い専門家を派遣致しております。

都市計画、区画整理等今後の大きな課題もありますが、何はともあれ一日も早い復旧工事の完成と、被災されました方々の立ち直りを祈念するものであります。

ところで、今回の地震で、多くの家屋、建築物が倒壊し、その後の火災により未曾有の大災害となってしまいましたが、我々道路技術者にとっても大変なショックであったといわざるを得ません。特に橋梁や多くの高架道路が、あのように無残な姿になろうとは誰一人として考えていなかったと

思われます。それだけ直下型地震の破壊力はすさまじく、構造設計の基本的な考え方が問い直されているといっても過言ではありません。

土研がいち早く収集した強震記録の解析では神戸市内で800ガル以上の値が得られ、西宮や尼崎でも300~400ガルの値が得られています。

地震波の解析や構造物の応答計算もすべて終わった訳ではありませんが、構造物の応答値は固有周期により、地盤の2~3倍程度に増複されることから考えて、2G近い加速度が働いたといってもよいと思います。

関東大地震の時は正確な記録がないといわれていますが、震源地からかなり離れた都内で300ガル程度であったといわれていますから、今回は数倍以上の大変な力が働いたと考えられます。

今後、各種構造物の復旧に当り、経済性と安全性のバランスをとりつつ、いかに高い耐震性を確保するかという重い課題に直面している訳です。当面考えられる対策としては、例えば高架道路の場合であれば、帯鉄筋を更に密に設置することによる鉄筋段落2部の補強、免震支承の採用、落橋防止装置の強化、地盤の流動化防止技術の導入、さらに動的解析法による照査等により耐震性を向上させることが有効であるといえます。

さて、土木研究所では今回の地震に鑑み、平成7年の研究計画を軌道修正しつつあります。昨年夏に道路技術5ヶ年計画を始めとして建設事業に係わる技術5ヶ年計画が作成され、まさにこの4月から本格的に取り組みがなされようとしていた矢先きでありました。その計画においても地震対

策や防災は重要な研究課題でありましたが、今回の修正では道路や河川、下水道など各種分野に於いて耐震設計に関する課題に最優先で取り組むこととしています。取り組みのポイントはまず、各種構造物について、震前対策のための技術開発、次に万が一、被災した場合の震後対応技術、さらに都市における複合防災技術の開発の3つに大分類し、これらの研究課題に予算を集中させようということでもあります。

例えば震前対応技術でいえば地盤、地質に関する各種調査法の開発と適用技術の評価が挙げられます。又今回の地震で特徴的に見られた構造物の被害が地盤によって著しく異なるということから、地震による衝撃力に対する応答特性を詳細に解析する手法の開発が挙げられます。震後対応技術でいえば、各種構造物の被災程度の評価判定手法、特に杭やトンネル、共同溝等の他に構造物の被災制定法の開発が大きな課題であります。

その他都市内には各種ライフラインが輻湊している訳ですが、これらの施設を複合的に見た場合の耐震性の確保も非常に重要なテーマであります。一つの施設の被害が次々に二次的な被害を拡大してしまうことがあり、このような場合の波及構造を系統的に分析する必要がある、これまでほとんど研究がなされていなかった分野であるといえます。

ところで話は横道にそれますが、都市の火災では思い出すことが一つあります。

私は今の住所である柏市に長く住んでおりますが、40年前の中学生の時のことであります。12月24日の晩、町の中心地から出火、強風にあおられて40軒近い家が燃え、我家にも大きな火のかたまりが落ちて来たのであります。

数時間の後延焼の危険がなくなったので現場まで行って見ました。焼け落ちた家々にも驚きましたが、日頃歩いていたアスファルト舗装がすっかり砂利道になっていることに驚かされました。つ

まりアスファルトが燃えてしまったのです。

この時以来、道路近傍で火災があるとアスファルトが燃えることがあるものだと思っていたのです。

今回の地震後の大火災で、そのようなことがあったのかどうか、調査に行った何人かの人に質問をして見ました。又自分でも現地を調査して来ましたが、どうもそのような現象は見あたりませんでした。

恐らく当時のアスファルト舗装はアスファルト量が多い常温浸透式か、あるいはアスモルに近いものではなかったかということと、一方、近年のアスファルト舗装は密粒タイプがほとんどであり、アスファルト量でいうと半分程度ではなからうかということが原因であろうと考えられます。アスファルト量の違いが火災に強い道路を作り出している訳であり、心強いことであると思います。

その他、地震時に多く見られる切り土や盛土の境部での破壊や、盛土路肩部の沈下が少なかったように思われます。

元来、都市内道路で平面部分が多いということも理由の一つかも知れません。いずれにせよ、舗装技術の中にも、地震や火災等に対する配慮が必要であると感じた訳であります。

今回の特集はわが国の道路用アスファルトの現状について、21世紀に向けてのエネルギー需給動向、原油と製造方法、アスファルト及び乳剤の需給動向、改質アスファルトの生産と需給動向、アスファルト合材の現状等の内容でまとめられています。執筆者もそれぞれの分野の第一人者に御願いし、最新のデータを使った中味の濃い内容となっています。昨年の181号で特集したアスファルトの規格・試験法と合わせて読むことによって更に知識の整理に役立つことと思います。

又、特に最近円高の影響等により建設資材も海外の動向に左右される時代になりました。需給の動向に細心の注意を払う必要があります。

21世紀に向けてのエネルギー需給展望について

～新しい長期エネルギー需給見通しを巡って～

山 本 良 樹*

はじめに

通産大臣の諮問機関である総合エネルギー調査会が、昭和42年以来2～3年毎に策定している「長期エネルギー需給見通し」がわが国のエネルギーの長期展望をする上で一つの指標となっている。

昨年6月に4年ぶりに改訂された新しい長期エネルギー需給見通しの概要を解説することにより、わが国の21世紀に向けてのエネルギー需給を展望する。

1. 長期エネルギー需給見通しの性格・歴史

長期エネルギー需給見通しは、1960年代半ば、高度成長に伴うエネルギー消費の増大、石炭に代わる石油の重要性の増大といったエネルギー供給構造の変化の中で、総合的なエネルギー政策を確立する必要があるとの指摘から、総合エネルギー調査会の答申により策定されてきた。

当初は、日本経済の高度成長を支えるエネルギーの安定供給を図るため、エネルギー需給を長期的に予測し、エネルギー供給をあらかじめ計画的な配慮のもとに確保するためのものとしての位置づけであった。

しかし、石油危機以降の見通しにおいては、省エネルギー対策の推進と石油代替エネルギーの導入の必要性が強調され、官民をあげて最大限の努力を図った場合のエネルギー需給に関する政策目標としての性格を併せ持つこととなった。

前回の長期エネルギー需給見通しは、平成2(1990)年6月に、エネルギーの安定供給という伝統的課題に加え、地球温暖化問題への対応という新たな課題が顕在化する中で策定された。

2. 今回(1994)長期エネルギー需給見通しの特徴

(1) 今回改訂された背景として、1994年3月に「気候変動枠組条約」が発効し、同9月に先進工業国各国は、条約の目標達成のための対応策を事務局に通報する必要がある、対応策の中に近時および2000年のCO₂

の排出量を明記せねばならず、CO₂排出量の安定化目標が実現できるような長期エネルギー需給見通しとする必要があった点が挙げられる。

(2) 今回の見通しは、2つのケースを提示している。現在の取り組みを前提としたエネルギー需給の想定(現行施策織り込みケース)と、省エネルギー強化や新エネルギーの導入加速等の、新たな政策を強化することを前提としたエネルギー需給の想定(新規施策追加ケース)を並列させて提示している。

(3) 前提としたマクロフレーム

経済成長率

1992年度から2000年度まで：3%程度

(1993：0.2% 1994：2.6%)

2000年度から2010年度まで：2.5%程度

原油価格

2000年度時点：20ドル/バレル

2010年度時点：30ドル/バレル

3. 最終エネルギー消費の見通し(表-1)

今回の見通しでは、前回見通しよりも省エネをさらに強化し、1992年度～2000年度は年率1%に、2000年度～2010年度は年率0.7%にエネルギー消費を押さえるという見通しとなっている。(いずれも新規施策追加ケースの年率、以降の対比等の数字も新規施策追加ケース)

(1) 産業部門

今後2000年に向けて、素材型産業においては国内における需要の鈍化、輸入の増加等に伴い、構造調整が進展することが見込まれること、加工組立産業においても、伸びがこれまでよりも小さいものとなることが見込まれること、2000年以降は産業構造調整も一巡し安定的な成長となると見込まれること等から、エネルギー需要は緩やかに増加する見込みとし、前回見通しと比較すると、2000年度までの年率1.0%から0.4%へ、2000～2010年度は年率0.6%から0.7%へと2000年度

*やまもと よしき (財)日本エネルギー経済研究所 総合研究部研究企画室長

上段：1994.6 下段：1990.6 (単位：百万kl)

年 度	1992 [1988]	2000		2010	
		現行施策 織込 ケース	新規施策 追加 ケース	現行施策 織込 ケース	新規施策 追加 ケース
最 終 エネルギー 消 費	360 [325]	395 (1.2)	388 (1.0) 395 [1.6]	446 (1.2)	423 (0.7) 444 [1.2]
産業	181 [173]	187 (0.4)	187 (0.4) 194 [1.0]	205 (0.9)	200 (0.7) 206 [0.6]
民生	93 [80]	113 (2.4)	109 (2.0) 110 [2.7]	136 (1.9)	128 (1.6) 134 [2.0]
運輸	86 [72]	95 (1.3)	92 (1.0) 91 [1.9]	105 (0.9)	95 (0.4) 103 [1.3]

(注) () 内は、1992年度～2000、
2000年度～2010年度の年平均伸び率
[] 内は、1988年度～2000、
2000年度～2010年度の年平均伸び率

表－1 日本の最終エネルギー消費の見通し－新旧比較

までの伸びを低くしている。

(2) 民生部門

高齢化の進展，利便性，豊かさを追求するライフスタイルの浸透等を反映した家庭部門の堅調な伸び，OA化の進展等を背景とした業務部門の堅調な伸びにより，全体として伸びは堅調に推移する見込みとし，前回見通し比較で，2000年度まで2.7%から2.0%へ，2000～2010年度は2.0%から1.6%へと，増勢の強いこの部門の伸びを低くしている。

(3) 運輸部門

旅客部門では，燃費改善が期待される一方，車両の大型化・高機能化の進展，安全対策，公害対策に伴う燃費の悪化が見込まれること，および貨物部門での輸送量の増加により，堅調に増加する見込みとしているが，前回見通し比較で，2000年度まで1.9%から1.0%へ，2000～2010年度は1.3%から0.4%へと，いずれも伸び率を大幅に低くしている。運輸部門の伸びを低く抑え，石油の伸びを低く抑えようということであろうが，今後も根強い需要が見込まれる運輸部門を，このような伸びに抑え込むためには，抜本的な省エネ対策が必要となろう。

(4) 最終エネルギー消費の見通し（合計）

部門別の概要は以上だが，最終エネルギー消費トータルの見通しは，発射台が前回の石油換算3億2,500万kl（1988年度）から同3億6,000万kl（1992年度）へ

3,500万kl（約11%）上昇した一方，2000年度見通しは前回の3億9,500万klから今回の3億8,800万klへ700万kl（約2%），2010年度は前回の4億4,400万klから今回の4億2,300万klへ，2,010万kl（約5%）下方修正された。その結果，最終エネルギー消費の伸び率を前回の1988～2000年度までの1.6%から今回の1992～2000年度までの1.0%へ，2000～2010年度は1.2%から0.7%へ下方修正し，地球温暖化防止目標との整合性を図るため，省エネルギーを更に強化した見通しとなっている。

(5) 省エネ対策強化策

今回の見通しの中で，以下の分野に重点を置いた省エネルギー対策の強化が必要だとしている。

①産業部門

- ・当面の対策：省エネ法等既存対策の着実な実施
- ・中長期的な課題：汎用設備の一層の省エネ化，生産方法の転換等

②民生部門

- ・当面の対策：建築物の構造の一層の省エネ化，エネルギー有効利用システムの導入，個別機器の一層の効率化（待機中電力消費の削減），省エネマーク
- ・中長期的な課題：抜本的省エネ技術の実用化（次世代液晶表示技術等）
- ・サマータイム制の導入

③運輸部門

- ・当面の対策：ガソリン乗用車の燃費改善目標の設定等，物流・交通円滑化による交通システム全体の省エネ化
- ・中長期的な課題：抜本的省エネ技術の実用化（ハイブリッド電気自動車等）

4. 二次エネルギー需要の見通し（表－2）

(1) 電力

クリーン性，安全性および利便性等から今後も総エネルギー需要に占める電力エネルギーの割合は増加傾向となっている。

(2) 都市ガス

ガスコージェネレーションの一層の普及等を背景に都市ガス需要は着実に増加する見込みとなっている。

(3) LPG

民生用需要は堅調な伸びを見込み，軽油トラックの代替としての環境負荷の少ないLPG自動車の増加の見込み等により，堅調に増加する見込みとなっている。

(4) 石油製品

表－２ 二次エネルギーの需要の見通し

年 度 項 目	1992年度 (実績)	2000年度				2010年度			
		現行施策 織込ケース		新規施策 追加ケース		現行施策 織込ケース		新規施策 追加ケース	
			年平均 伸び率 1992～ 2000 (%)		年平均 伸び率 1992～ 2000 (%)		年平均 伸び率 1992～ 2000 (%)		年平均 伸び率 1992～ 2000 (%)
電力需要 (億kWh)	7,980	9,510	2.2	9,420	2.1	11,200	1.6	11,030	1.6
産業用 (億kWh)	4,420	4,860	1.2	4,860	1.2	5,320	0.9	5,300	0.9
民生用 (億kWh)	3,550	4,650	3.4	4,560	3.2	5,880	2.4	5,730	2.3
都市ガス需要 (億m ³)	177	248	4.3	237	3.7	352	3.6	320	3.0
LPG需要 (万t)	2,020	2,320	1.7	2,260	1.4	2,740	1.7	2,540	1.2
石油需要 (百万kl)	284	282	－0.1	274	－0.4	296	0.5	268	－0.2
輸送用 (百万kl)	84	93	1.3	89	0.8	102	0.9	91	0.2
燃料用 (百万kl)	166	158	－0.6	154	－1.0	160	0.1	143	－0.7
原料用 (百万kl)	34	31	－1.1	31	－1.1	34	1.0	34	1.0

2000年に向けて、原料用および燃料用需要は減少する一方、輸送用需要は堅調に増加する見込みとなっているが、燃料用、原料用の減少が輸送用の伸びを相殺し、全体でも減少する見込みとなっているが、実際には、輸送用需要は年率2～3％、石油需要全体でも年率1～2％程度伸びるとの予想もある。

5. 一次エネルギー供給の見通し (表－3)

(1) 石油

石油構成比の推移をみると、1973年度（第一次オイルショック時）の構成比77.4％が、1992年は58.2％となり、約20％減分は天然ガス、原子力でそれぞれ約10％増となっている。今回見通しでは、構成比において、前回見通しを上方修正しているものの2000年度には52.9％、2010年度には47.7％まで落とし、今後も石油依存度低減を目指す見通しとなっている。

前回見通し時の発射台である1988年度の供給量2億7,600万klは、1992年度3億1,500万klへ上昇しているが、2000年度は前回見通しのままであり、2010年度は前回見通しよりも3百万kl供給量を下げた見通しとなっている。従って、2000年度、2010年度共、年率マイナス0.2％の見通しとなっているが、実際には、運輸部門を中心とした省エネの困難さ等からみて、前述のように、年率1～2％増加の予想もある。石油は、これからもわが国エネルギー供給の5割を越える水準を持ち、エネルギーの大宗としての位置づけは変わらないであ

ろう。

(2) 石炭

鉄鋼業等の需要産業の活動水準の見通し（粗鋼生産の低下による原料炭消費の減少）を反映して、前回見通しを下方修正している。石炭はエネルギー資源として、埋蔵量が多いが、環境負荷の点では厳しい面があり、クリーンコールテクノロジー等の環境技術が課題となっている。

(3) 天然ガス

環境面での対応を反映して、2000年では前回見通しから、プラス700万トン大幅に上方修正しているが、2010年ではプラス100万トンにとどめている。これは、天然ガス用途の最大部分を占める発電分野で原子力や石油、石炭の間で電源のベストミックスを図ろうとしている結果だと思われる。わが国は、天然ガスをアジア太平洋地域の国々からLNGとして輸入しているが、最近では、LNG開発プロジェクトの資金が膨大となっていること、将来は、中東、ロシア等の遠隔地に供給源を求めざるを得ないことが課題となっている。

(4) 原子力

原子力は、「非化石エネルギーの最大限の導入」というエネルギー政策の要として、基幹的なエネルギーとして位置づけられてきたが、2000年度時点の原子力発電所の立地状況は既に見えており、2000年度の前回見通しを下方修正せざるを得ない見通しとなっている。2010年度でも、発電設備では前回見通しを200万kw下

表-3 日本の一次エネルギー時給の見通し-新旧比較

上段：1994.6 下段：1990.6

年 度	1992 [1988]	2000		2010	
		現行施策 織込ケース	新規施策 追加ケース	現行施策 織込ケース	新規施策 追加ケース
一次エネルギー総供給 (百万kl)	541 [482]	591 (1.1)	582 (0.9) 597 [1.8]	662 (1.1)	635 (0.9) 666 [1.1]
石 油 (百万kl)	315 276 58.2% [57.3]	316 (0.0) 53.4%	308 (△0.2) 308 [0.9] 52.9% [51.6]	331 (0.5) 50.1%	303 (△0.2) 306 (-) 47.7% [46.0]
石油 (L P G輸入除く) (百万kl)	295 54.5%	293 49.5%	285 48.9%	304 46.0%	277 43.6%
L P G輸入 (万トン)	1,530 [1,740] 3.7%	1,770 3.9%	1,740 [2,200] 3.9%	2,080 4.1%	2,000 2,300 4.1%
石 炭 (万トン)	11,630 [11,460] 16.1% [18.1]	13,400 16.6%	13,000 (0.4) 14,200 [1.8] 16.4% [17.5]	14,000 15.3%	13,400 (0.3) 14,200 [0.0] 15.4% [15.7]
天 然 ガ ス (万トン)	4,070 [3,280] 10.6% [9.6]	5,400 12.8%	5,300 (3.4) 4,600 [2.9] 12.9% [10.9]	6,000 12.7%	5,800 (0.9) 5,700 [2.2] 12.8% [12.2]
原 子 力 (億kWh)	2,230 [1,790] 10.0% [9.0]	3,100 12.1%	3,100 (4.2) 3,300 [5.2] 12.3% [13.3]	4,800 16.2%	4,800 (4.5) 4,740 [3.7] 16.9% [16.9]
水力 (一般水力) (億kWh)	790 860 3.8 [4.6]	860(1.1) 3.3% [3.7]	860 (1.1) 910 [0.5] 3.4% [3.7]	1,050 3.5%	1,050 (2.0) 1,050 [1.4] 3.7% [3.7]
地 熱 (万kl)	55 [40] 0.1% [0.1]	100 0.2%	100 (7.8) 180 [14.5] 0.2% [0.3]	380 0.6%	380 (14.3) 600 [12.8] 0.6% [0.9]
新エネルギー等 (万kl)	670 610 1.2% [1.3]	940 1.6%	1,210 (7.7) 1,740 [9.3] 2.0% [3.0]	1,150 1.7%	1,910 (4.7) 3,460 [7.1] 3.0% [5.3]

(注) %の数値は、各エネルギーが一次エネルギー総供給に占めるウエイト
() 内は、1992年度～2000年度、2000年度～2010年度の年平均伸び率
[] 内は、1988年度～2000年度、2000年度～2010年度の年平均伸び率
但し、各欄4段目の [] 内は前回 (1990.4) 見通し時のウエイト

回っているが、設備利用率 (稼働率) を上げることに
より、発電電力量では前回見通しを、60億kwh上回る
見通しとなっている。

(5) 新エネルギー

経済性、技術面等の面から、前回見通し比で、2000
年度は石油換算マイナス530万kl、2010年度は同マイ
ナス1,550万kl下方修正し、構成比も2010年度で5.3%

の目標を3%へ大幅下方修正しているものの、経済性、
技術面等の課題は多く、依然として過大な見通しとの
印象は拭いきれない。

6. 地球温暖化問題とエネルギー需給

冒頭で述べたように、地球温暖化問題がエネルギー
需給上の大きな課題として顕在化する中で1990年6月

に前回見通しは策定され、同年10月には「地球温暖化防止計画」をわが国は閣議決定した。1994年3月に「気候変動枠組条約」が発効し、同年9月末までに国別行動計画を条約事務局に提出しなければいけないという状況の中で、今回見通しが同年6月に策定された。行動計画の中に近時および2000年のCO₂の排出量を明記する必要がある、このことが今回見直しの大きな要因となっており、CO₂排出抑制に対応したエネルギー需給政策目標という性格を色濃く持っている。今後もこの傾向は変わらないものと思われる。

そこで、地球温暖化問題とエネルギー需給について考えてみたい。

(1) 地球温暖化問題の顕在化

1992年6月にブラジルのリオデジャネイロで「環境と開発に関する国連会議」（地球サミット）が史上空前の規模で開かれ、地球環境問題に対する関心が非常に高まった。

環境問題は地球環境問題と従来型環境問題（産業公害、都市型、生活型公害）に大きく分類され、地球環境問題はさらに、①地球温暖化問題、酸性雨等のエネルギー系環境問題、②オゾン層破壊問題、有害廃棄物の越境移動問題等の非エネルギー系環境問題、③森林減少、砂漠化等の自然生態系環境問題に細分される。

地球環境問題は科学的知見が必ずしも十分ではないが、予防的対応が求められ特にエネルギー系については、人類の経済活動や生活水準に密接に関連することから、片方を進めれば片方がマイナスになるというトレード・オフの関係にあるという点で、非常に難しい対応が求められている。

また環境問題への対応を複雑にしているのは、先進工業国、新興工業国、開発途上国の間で、それぞれ環

境問題に対する認識および優先順位の置きかたにおいて基本的なズレ、あるいは対立がみられることである。先進工業国にとってはオゾン層の破壊や地球温暖化などグローバルな問題が、新興工業国にとっては水や大気汚染などのローカルな問題が、また開発途上国にとっては飢えや貧困などもっと基本的な問題が、緊急の課題となっているからである。

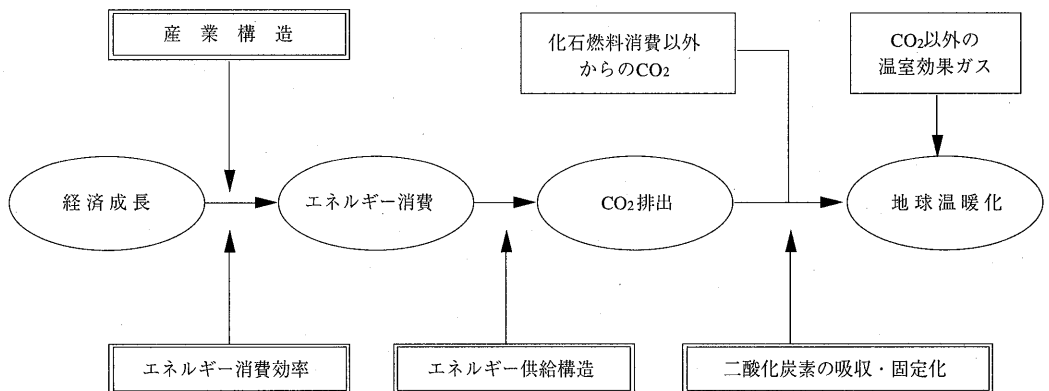
これらのこともあり、地球サミットにおける焦点の一つであった地球温暖化防止のための先進国の具体策とも言える国際条約、「気候変動枠組条約」では、二酸化炭素の具体的な共通削減目標については合意できず、「90年代の終わりまでに、温室効果ガスの排出量を従前のレベルに戻すことが重要である」との玉虫色の表現がとられるのにとどまった。

地球温暖化問題では、日米欧諸国の間でも基本的な考え方、および対応策の面で大きな隔りがある。米国が二酸化炭素の排出規制に非常に慎重であった理由の一つは、90年11月に議会で成立した改正大気浄化法によって、すでに米国産業界がSO_xやNO_xなどの大気汚染防止のための膨大なコスト負担増に苦しんでいるからである。

経済大国となった日本にとって環境問題は国際的なイニシアティブを取れる恰好の課題であるとの政治的判断も働き、政府は90年10月に地球温暖化防止行動計画を閣議決定し、「一人あたりの二酸化炭素排出量を2000年以降概ね1990年レベルでの安定化を図る」という目標を内外に表明した。

(2) 経済成長・エネルギー需給・環境保全（図－1）

わが国のCO₂の排出量のうち9割がエネルギー関係だといわれている。経済成長とエネルギー消費は相関関係にあり、経済成長とエネルギーと環境はリンクし



図－1 経済成長・エネルギー・地球環境関係図

ていることになるが、経済成長→地球温暖化のプロセスにはエネルギー多消費型であるか否かといった「産業構造」、工場や家庭等で消費されるエネルギー消費の多寡の「エネルギー消費効率」およびどのようなエネルギー源であるかという「エネルギー供給構造」が、CO₂排出量に大きく影響を与えるパラメーターとして介在する。

70年代の2度にわたる石油ショックによりエネルギー価格の高騰に見舞われた日本の産業界は、コスト削減のために省エネルギー関連の技術革新や最新鋭設備の導入、さらには付加価値の高いエレクトロニクスなどの新分野への投資に全力を挙げ、世界で最もエネルギー利用効率の高い経済構造を造り上げ、産業の国際競争力を強化するのに成功した。また、この間、石油代替エネルギーへの転換も進んだ。

つまり、日本は既に「産業構造」の変革や「エネルギー消費効率」の向上、「エネルギー供給構造」の転換をかなりのレベルまで押し進めているのである。

政府は92年春「生活大国5カ年計画」で、この先5年間3.5%成長という数字を出したが、バブル崩壊後、低成長が続いており、エネルギー消費の伸びも鈍化し、CO₂排出抑制目標は相対的に達成しやすくなったように見える。

しかしながら、今回見通しの2000年度時点の一次エネルギー総供給の対GNP弾性値は0.3と、省エネルギーを極めて大幅に織り込んでいる。前に述べた省エネルギー対策強化策はいずれの部門でも決して実施容易なものではない。「地球温暖化防止行動計画」のCO₂の排出削減目標との整合を図るためには、今回見通しで大きな省エネルギー率を目標とせざるを得なかったともいえよう。

7. 石油需給展望

わが国のエネルギー供給構造をのあり方を考えるに当たっては、地球環境問題への対応に加え、エネルギーの安定供給の確保という視点から、特定のエネルギー供給源に過度に依存せず、バランスのとれたエネ

ギーミックスを構築することが課題とされている。

この観点からも、これまで、石油依存度の低減が重視されてきた。今回のエネルギー需給見通しの中で、石油需給の実勢、他のエネルギー源の供給見通し等を踏まえ、石油の一次エネルギー供給構成比は、前回見通しに比べ、上方修正されているが、今後とも高まるであろう中東地域への依存度増大への懸念、他の先進国に比べ依然として石油依存度が高いこと等から、引き続き石油依存度低減が必要だとされている。

しかしながら、近年、中東和平の時代を迎えつつあること、80年代半ばからの原油価格の低位安定が当分継続すると見込まれること、原子力、石炭、LNGも需要・供給面でそれぞれ固有の問題を抱えていること等により、従来考えていたような石油依存度低減は困難になっている。

今後は、世界の他の国に比べ、2倍以上のスピードでエネルギー需要が伸びているアジアの開発途上国の動向も重要となり、エネルギー安全保障の問題を考える場合、アジア地域全体を視野に入れた取組も必要となろう。

石油は用途が広く、供給に柔軟性があり、運輸部門等に置き換えられない固有の需要分野を有する等、わが国のエネルギーミックス上、重要な役割を果たしており、今後もこの役割は変わらないものの、石油も有限な化石燃料である。

石油の究極可採埋蔵量として広く受け入れられているのは、約2兆バーレルという量だが、3兆から4兆バーレルという見方も一部の専門家から出されている。この見方が正しいとすると、これから100年から150年位は資源的に大丈夫ということになるが、今後資源が発見されるのは極地や深海底など開発コストが非常に高い地域が中心になることを覚悟しなければならない。今後100年位を展望すると、重要なことは石油資源がいつ物理的に枯渇するかどうかということよりも、どの程度のコストで供給されるのかという経済的な問題にあると考えるべきであろう。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

アスファルト用原油の輸入動向とその製造方法について

(社) 日本アスファルト協会技術委員会

1. はじめに

現在わが国は、原油の100%近くを外国に依存しており、図-1に示すように約7割を中東から輸入している。

アスファルト用原油は、古くは国産原油や北米産原油が使用されていた時代もあり、また、時代と共に製造方法も異なってきたので歴史の変遷を交えて原油の輸入動向と製造方法について記述したい。

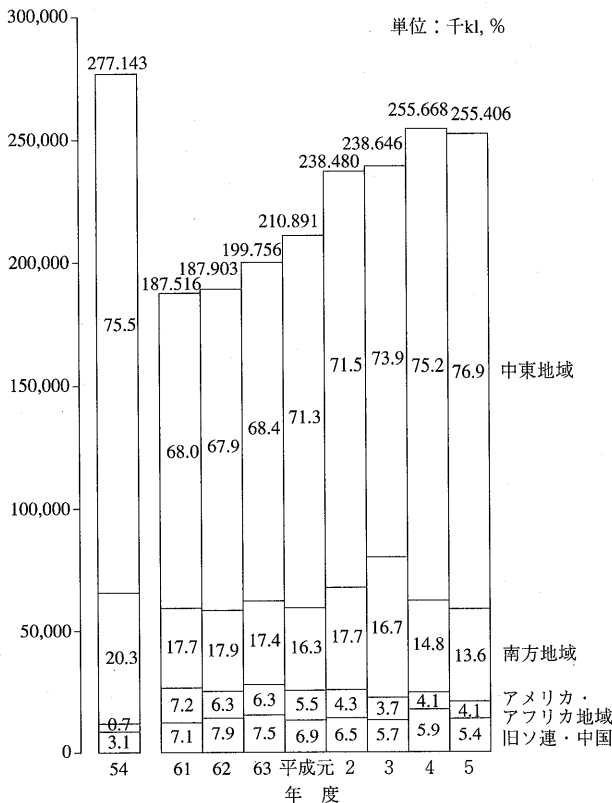


図-1 供給地域別原油輸入量の推移

2. 原油について

2.1 原油の輸入状況

世界の原油産出量は、図-2に示すように中東が一番多く、ついで北米、東欧、旧ソ連の順になっている。

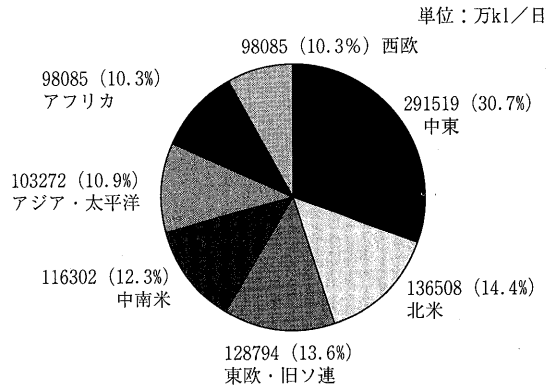


図-2 世界の原油生産量

世界各地で産出された原油はおおまかに図-3のような流れで世界各地に送られている。

日本へ運ばれてくる原油は90種近くにもなり、各地の石油精製会社で各種石油製品として精製・加工される。日本における石油会社の原油処理量及びシェアは図-4に示す通りになっている。

図-5には、原油のAPI度*1と輸入量の関係の推移

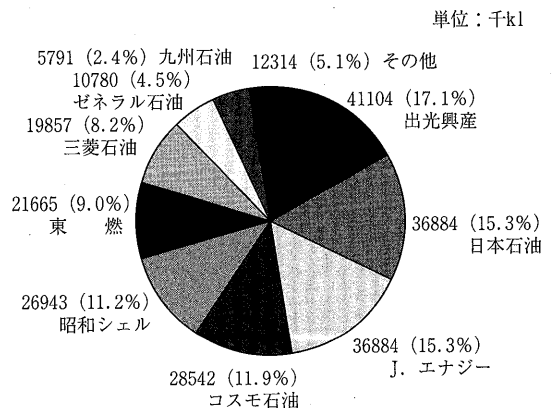
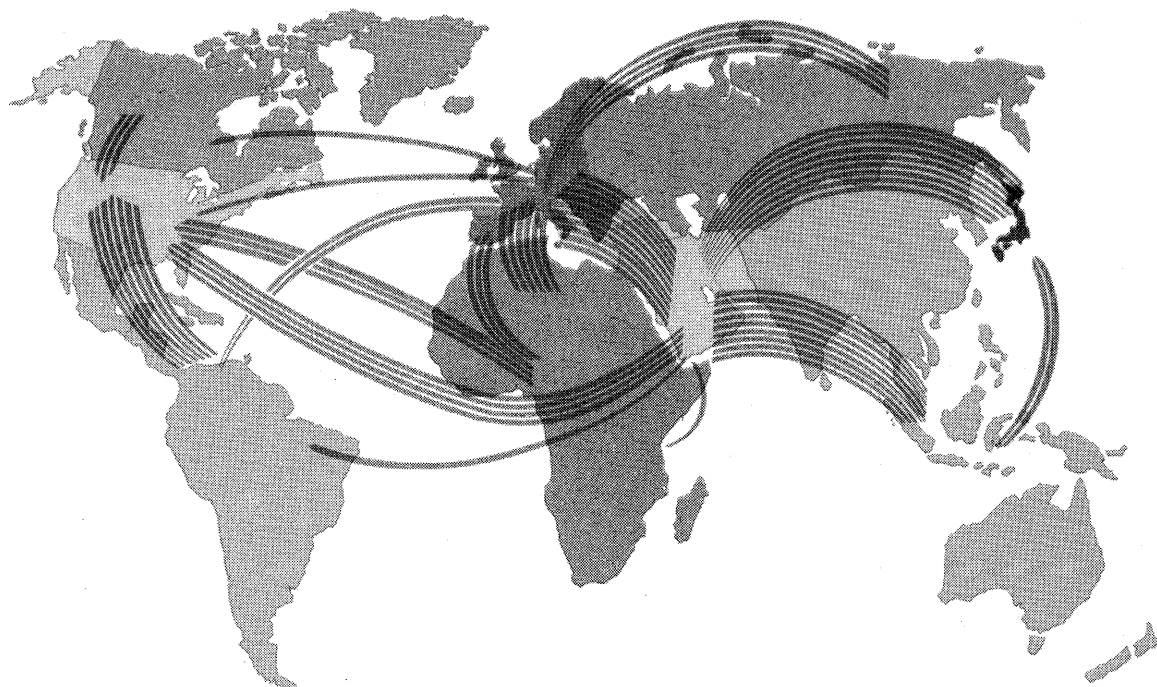


図-4 日本の会社別原油処理量

*1 API度 アメリカ石油協会 (American Petroleum Institute) の定めたものでAPI比重ともいう。API度と比重60/80°Fとの間には次の関係がある。

$$\text{API度} = \frac{141.5}{\text{比重}_{60/60^\circ\text{F}} - 131.5}$$



米国	中南米	旧ソ連他	アフリカ
カナダ	西欧	中東	アジア・オーストラレーシア

図-3 世界の原油の流れ

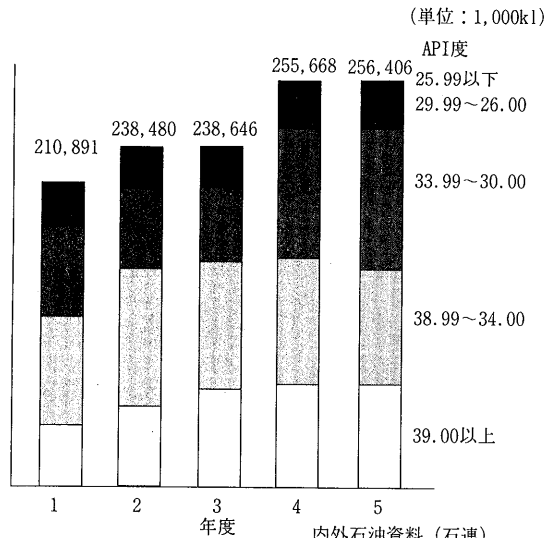


図-5 原油のAPIランク別輸入量

後もますます持てはやされる傾向にある。

API度による分類で見ると平成5年度は、39以上が26%，39～26までが71%，26以下が3%である。

また、原油を組成で分類すると、その中に含まれる炭化水素の種類によって次のように分けられる。

(a) パラフィン基原油

パラフィン系炭化水素を多く含む原油で、高級潤滑油やパラフィンワックスの製造に適しているもののワックス分が多いためアスファルトには不向きである。大慶原油 (中国) やミナス原油 (インドネシア) がこれに属す。

(b) ナフテン基原油

ナフテン系炭化水素を多く含む原油で、多量のアスファルトが得られるのでアスファルト基原油ともいわれ、カリフォルニア、メキシコ、ベネズエラなどの原油がこれに属す。

(c) 中間基原油 (混合基原油)

パラフィン基原油とナフテン基原油の中間に位置するもので、含ろう原油でありながらアスファルトも得られる。ワフラ原油、クウェート原油、アラビア原油、カフジ原油、イラン原油などの中東原油がこれに属す。

を示す。このように、わが国はガソリン、灯油、軽油などの軽質な製品が多く採れるAPI度が大きい原油が多く輸入されている。これは原油価格や産油国側の政策などにもよるが、主に日本の石油製品の需要構造によるもので、重油やアスファルト分の少ない原油が今

る。ただし、ワフラ、クウェート、アラビア、カフジについては、パラフィン基に分類する場合もある。

昭和30年代の前半頃には中東系の原油からは良質のアスファルトは製造できないと考えられていたが、性能のよい減圧蒸留装置の出現により、中東系の原油からも良質のアスファルトが採れるようになり、今日では日本におけるアスファルトはほとんど中間基原油から製造されるようになった。

2.2 原油の流通

2回の石油危機、湾岸戦争（1975年）を経て日本の石油各社は、購入形態、供給元の多様化、スポット市場からの調達等で、コストの低減を図ってきた。

現在、わが国に原油が入ってくるルートは、DD（Direct Deal＝直接販売）原油、GG（Government to Government＝政府間取引）原油、自主開発原油および商社、石油会社からの取引の4つのルートがある。商社、石油会社からの取引は、短期取引のものが多く、1994年現在で原油輸入量全体の約20%となっている。自主開発原油は、わが国の企業が開発・生産した原油で、例えばアラビア石油(株)やアブダビ石油(株)等が開発した原油などがこれに相当し、1994年現在で原油輸入量の約11%になっている。いずれのルートの場合でも、各石油会社の生産計画（原油価格・国内製品価格・国内の需給状況等）に従ってどのような原油をどの位輸入するかが決定されている。

2.3 原油の受入れ

原油は、産油国からタンカーによって運ばれてくるが、そのタンカーは自己運営し運航する船舶（自社船）と、借り受けた船舶とに分けられる。全世界のタンカーの34%は石油会社または直営の船会社が所有している。

また、全世界のタンカーの国別保有率はリベリア21%、パナマ11%、ギリシャ8%、日本は4.3%となっている。

原油は、例えば中東からで約40日（往復で80日）を経て輸送される。わが国に到着してからは、原油受け入れ基地あるいは製油所の原油タンクに保管される。

いずれの場合も、基本的には同一原油ごとに保管されるが、タンクの使用状況により原油が少し残っている状態で新たな原油を受入れることもある。

3. アスファルト用原油

3.1 石油アスファルト用原油の推移

日本でアスファルト舗装が行われたのは、明治11年

（1878）に神田昌平橋の橋面舗装を行ったのが最初である。このとき、使用したのは秋田産の天然アスファルトであった。また、わが国で始めて石油アスファルトが製造されたのは、明治41年（1908）に南北石油(株)がカリフォルニア原油を処理したのが最初である。

石油アスファルトが本格的に製造されるようになったのは、大正2年（1913）からである。大正時代になると天然アスファルトの生産量は減少の一途をたどり、代わって石油アスファルトの生産が増加した。そして、大正12年（1923）に採掘は中止となり、国産の天然アスファルトは、その幕を閉じた。

大正初期に始まったわが国での石油アスファルトの製造は、昭和元年（1926）には1万4,200 tに達し、輸入品とほぼ拮抗するまでになった。その後、アスファルトは豊川原油、メキシコ原油、カリフォルニア原油などのアスファルト基原油だけでなく、新津原油、東山原油、米国テキサスおよびオクラホマ原油など混合基原油からも製造された。

昭和16年（1941）第2次世界大戦が始まると、それまで輸入原油の大半を占めていたアメリカからの原油がストップし、アスファルトを採る原油の選択も困難な状況となった。戦後、国産原油を原料として、アスファルトの生産は細々と続けられたが、昭和24年（1949）、太平洋岸製油所の操業再開および原油輸入が許可されると中東原油が輸入されるようになり、この混合基原油からアスファルトが製造されるようになった。

一方、戦前にも輸入されていたコーリガン、サンノークンなどの米国のアスファルト基原油も再び輸入され、アスファルトの製造に用いられた。その後、昭和39年（1964）には、北米産の原油が輸出中止となり、アスファルトの製造が中東系混合基原油に集約されるようになった。

しかし、図-6に示すように2回の石油危機を経て、カフジ、イラン、クウェートなどのアスファルトの採取に適した中東系重質原油の輸入比率は、次第に低下し、最近では中東系の中質原油もアスファルト採取用として用いられるようになってきた。

3.2 石油アスファルト用原油の輸入状況

アスファルト協会技術委員会で取りまとめた資料によると、平成5年では、石油アスファルトの製造原油は、主に中東系の中間基原油で、アラビアン・ヘビー、アラビアン・ミディアム、アラビアン・ライト、イラニアン・ヘビー、カフジ、クウェート等で全体の約

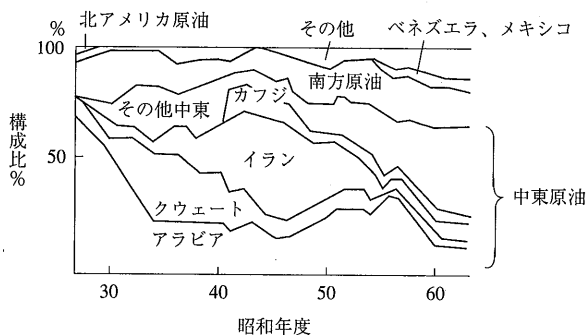


図-6 わが国輸入原油構成比の推移

昭和に入り蒸気精製法と真空蒸留法の2方式で行われ、バッチ式で生産されていた。

昭和30年代に入ると性能のよい大型の減圧蒸留装置が出現したことにより、常圧蒸留装置の残油を減圧蒸留装置で連続的に処理する方式が主流となった。

しかし、燃料油や潤滑油の大量生産に合うように装置が大型化されたことによって、装置を限られた一定期間だけ運転してアスファルト製造用原油を処理するという、いわゆるブロック運転によって生産することもある。

4.2 ストレートアスファルト

ストレートアスファルトは、通常、原油を常圧蒸留、ついで減圧蒸留して得られるもので、生産工程を図-7に示す²⁾。

まず、常圧蒸留装置でLPG、ナフサ・ガソリン、灯油、軽油、常圧蒸留残油等に分留され、常圧残油は約400℃に加熱された後、数mmHg～数十mmHgに減圧された減圧蒸留装置に送られ、さらに蒸留される。減圧蒸留装置では潤滑油留分を採取したのち、減圧残油としてストレートアスファルトが製造される。この際に蒸留温度を低くして熱分解を防ぐために水蒸気が吹き込まれる。

通常、減圧蒸留装置の蒸留温度またはフラックス量を調整してアスファルトの針入度を調整する。

70%を占めている。また、マヤ、ティアファナなどのナフテン基原油も用いられている。この傾向はここ数年大きな変化はない。

また、主な石油アスファルト製造用原油（アラビアン・ヘビー、イラニアン・ヘビー、カフジ、クウェート）の輸入状況を表-1に示すが、これらが原油の全輸入量に占める割合は、平成5年度で14.6%となっており、ここ数年10～15%程度であり大きな変化はない。

4. 石油アスファルトの製造方法

4.1 製造方法の変遷

大正の頃は蒸気精製法によって製造されていたが、

表-1 主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況

年度	アラビアンヘビー		イラニアンヘビー		クウェート		カフジ		小 計		総輸入量	
	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比
55	16,250	6.5	2,865	1.1	8,865	3.5	8,449	3.4	36,404	14.6	249,200	100
56	17,571	7.6	7,329	3.2	7,451	3.2	5,685	2.5	38,036	16.5	230,231	100
57	14,888	7.2	8,849	4.3	1,865	0.9	8,126	3.9	33,728	16.3	207,395	100
58	15,071	7.1	13,057	6.1	3,498	1.6	11,378	5.3	43,004	20.2	212,844	100
59	13,447	6.3	6,422	3.0	5,130	2.4	10,385	4.9	35,384	16.6	212,911	100
60	6,790	3.4	6,232	3.2	3,330	1.7	8,409	4.3	24,761	12.6	197,261	100
61	6,422	3.4	7,636	4.1	5,990	3.2	8,982	4.8	29,000	15.5	187,516	100
62	13,793	7.3	7,311	3.9	11,758	6.3	4,577	2.4	37,439	19.9	187,886	100
63	7,619	3.8	6,406	3.2	7,126	3.6	8,259	4.1	29,410	14.7	199,756	100
元	4,736	2.2	9,143	4.3	10,318	4.9	7,966	3.8	32,163	15.3	210,900	100
2	8,209	3.4	9,787	4.1	4,522	1.9	6,417	2.7	28,935	12.1	238,480	100
3	10,877	4.6	8,756	3.7	2,095	0.9	5,033	2.1	26,761	11.2	238,646	100
4	3,534	2.6	8,411	3.3	10,004	3.9	7,551	3.0	32,500	12.7	255,667	100
5	7,715	3.0	11,740	4.6	10,930	4.3	7,116	2.8	37,501	14.6	256,444	100

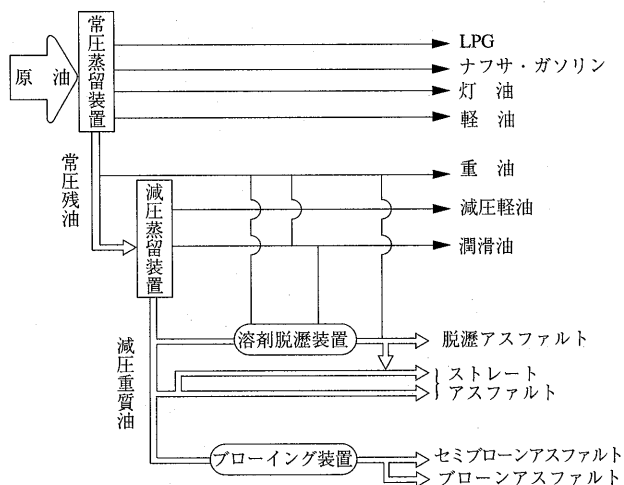


図-7 アスファルトの生産工程

また、針入度の大きいものと小さいものの2種を製造し、それらを混合して各種の針入度のアスファルトを製造することもある。

表-2に、アラビア系原油からアスファルトを製造する場合、減圧蒸留装置のフラックス量を変えて針入度調整したストレートアスファルトの製造例およびその性状を示す。

4.3 セミブローンアスファルト

図-8³⁾にセミブローンアスファルトの製造工程図を示す。

軟質な減圧残油に高温で空気を吹き込み（ブローイング）、酸化や脱水素、重縮合など化学的に反応させたものがブローンアスファルトで、ブローンアスファ

表-2 ストレートアスファルト製造例

針入度グレード	40/60	60/80
減圧軽油+潤滑油留分 %	58.6	58.2
フラックス %	2.6	0.9
アスファルト %	38.8	40.9
針入度 (25℃) 1/10mm	50	68
軟化点 ℃	53	49
伸度 (15℃) cm	90	150以上
三塩化エタン可溶分 %	99.9	99.9
引火点 ℃	360	360
薄膜加熱試験質量変化率 %	0.10	0.08
薄膜加熱試験針入度残留率 %	72	71
蒸発後の針入度比	98	100
銅粘度 (120℃) mm ² /s	1,200	1,050
(150℃) mm ² /s	260	240
(180℃) mm ² /s	84.0	78.5

ルトとしては針入度10～60のものが製造される。

道路用のセミブローンアスファルトは、感温性を改善する目的で空気の吹き込み量を軽度にして針入度を40～60程度に調整したものである。

4.4 溶剤脱瀝アスファルト

減圧残油中には、高粘度潤滑油を製造するための重質油とアスファルトが含まれている。

一般にメタンからペンタン (C₁～C₅) などの低分子量炭化水素は、油分を容易に溶解する性質がある反面、分子量の大きいアスファルト分を分離・沈降させる特性がある。この特性を用いて、重質油を抽出し、アスファルト分を分離する方法が溶剤脱瀝法である。この方法で得られるアスファルトは、パラフィン分が選択的に抽出・除去されるために良質のアスファルトが得られる。

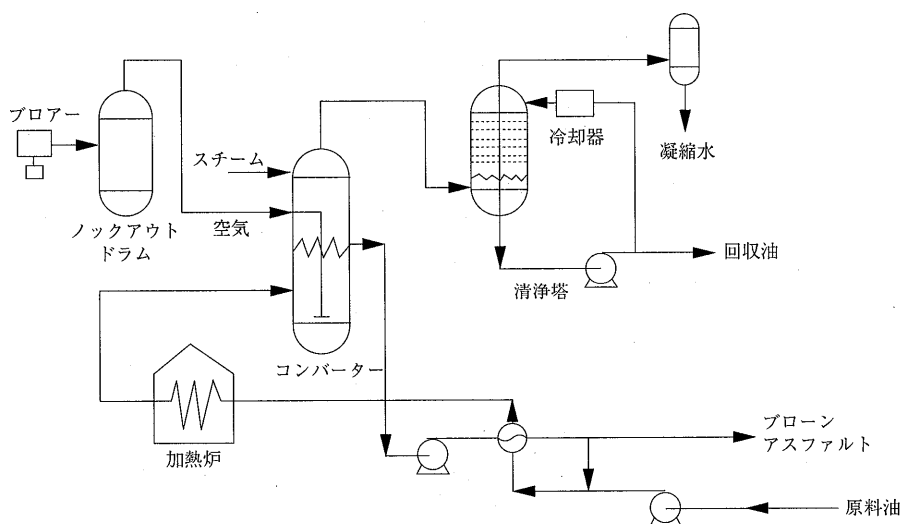


図-8 セミブローンアスファルトの製造系統図

溶剤脱瀝法の装置は、通常、図-9³⁾の系統図で示すように回転円盤型の抽出塔（脱アスファルト塔）が用いられる。液化プロパンを溶剤とするプロパン脱瀝法（PDA=Propane Deasphalting Process）の運転条件は、溶剤比300～600%，温度50～85℃（塔底と塔頂の間に温度勾配を付ける）で行われる。減圧残油は図中の原料油入口から、液化プロパンは溶剤入り口から塔内に入り、減圧残油とプロパンが回転円盤により向流接触する。重質油はプロパン中に抽出され、塔頂から精製油として抜き出され、アスファルト分は、比重差により沈降し、抽出液として塔底から抜き出される。これを通常PDAアスファルトと呼んでいる。

通常、溶剤脱瀝は潤滑油の製造を主目的として運転されることが多く、得られるアスファルトの針入度は0～20程度のものが多い。

このようにPDAアスファルトは、一般に針入度が小さくこのままでは舗装用アスファルトとして使用できないため、ストレートアスファルトに一部混合して道路用アスファルトとして製造される。

4.5 ブレンドによるアスファルトの製造

道路用アスファルトの規格は、針入度グレードによ

って分類され40～60、60～80、80～100および100～120の4種類がある。貯蔵タンクや流通の問題から通常は一カ所の製油所でこれらすべてのグレードを独立して生産する事は稀で、多くは1～2種類程度のグレードを生産し、製油所ごとに特徴を持たせている。

しかし、場合によっては、2種のアスファルトを混合してその中間グレードを製造する事もある。このようなアスファルトの混合は、そのコロイド構造が大きく異なる場合、例えばゾルの構造とゲルの構造のものを混合すると、性状に加成性が成り立たなくなることもあると言われており⁴⁾、あらかじめ予備実験を行った上で混合比を決定することが必要であろう。

一般に、同一の原油から得られたアスファルト同士を混合する場合には、コロイド構造も類似しているため混合性状は概ね対応関係にある。

同じ原料油から同じ方法で造られた異種の針入度品を混合する場合、調合アスファルトの針入度はおおそ次式で求められるといわれている。

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

$$\text{または、} \log (M) = \frac{P_s}{10} \times \log (S) + \frac{P_h}{10} \times \log (H)$$

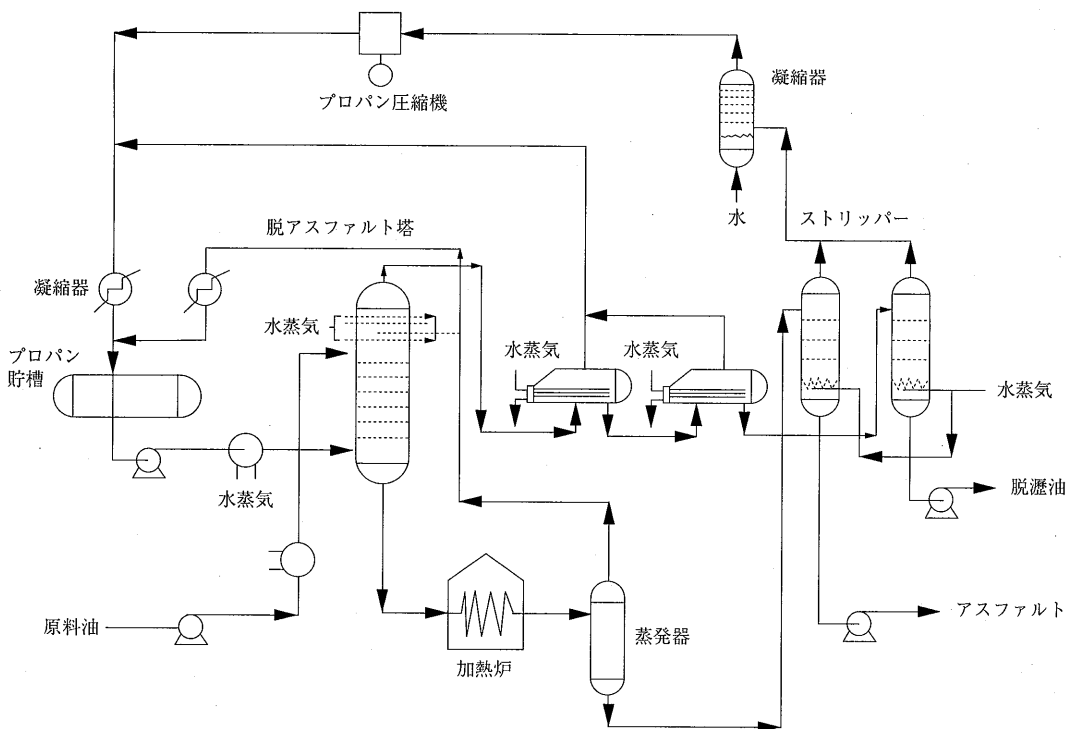


図-9 プロパン脱瀝装置系統図

M：所要の針入度，

Ps：軟質成分のアスファルトの質量%，

S：軟質成分のアスファルトの針入度，

Ph：硬質成分のアスファルトの質量%，

H：硬質成分のアスファルトの針入度，

混合基材として同一原油からの減圧残油とPDAアスファルトを用いた場合のアスファルト製造例を表－3に示す。PDAアスファルトは，針入度が低く，軟化点の高い，固いアスファルトである。このアスファルトを針入度の高い減圧残油と調合することで，各種のグレードのアスファルトが製造できる。

5. おわりに

石油製品の需要構成が軽質化している昨今，アスファルトの製造に適した原油は石油精製の効率化・経済性を考えると必ずしも好ましいものではない。とかく燃料油や潤滑油に主体をおいた生産体制が採られる傾向にある。アスファルトの市場が採算性のよいものとなれば，当然の事ながら経済原理からしてアスファルトを主体とした生産体制が組まれるものと思われる。

アスファルトが採算性のよい商品となり，日本の気候や道路の交通事情に合ったアスファルトがきめ細かに生産できる環境になれば幸いである。

表－3 ブレンドによるストレートアスファルトの製造例

銘 柄	材料1	材料2	ストレートアスファルト		
			40－60	60－80	80－100
減圧残油 vol%	100		58	68	76
PDAボトム vol%		100	42	32	24
針入度 25℃	192	8	50	70	90
軟化点 ℃	40.5	66.0	49.5	47.5	45.5
引火点 ℃	318		358	356	354
動粘度 (120℃)	447	3930	1030	836	710
c St. (150℃)	128	633	237	203	180
(180℃)	50	166	80	71	65

－参考文献－

- 1) (社)日本アスファルト協会資料
- 2) 久下晴己：ブレンドによるアスファルトの製造，アスファルト，VOL. 33，No.164，P61 (1990)
- 3) 日本石油（株）編：“石油便覧”，(1994) 燃料油脂新聞社。
- 4) 金崎，岡田：アスファルトの化学，アスファルト，VOL. 2，No.7 (1959)

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費頒価500円（送料実費）

目 次

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

アスファルトの需給動向について

(社) 日本アスファルト協会調査委員会

1. はじめに

平成に入って早や7年となり、この間、バブル経済の台頭及び崩壊、また、政治混乱に加え、ここ数年来の異常気象、さらに阪神大震災等の各地での災害もあり、何かと不安定な世相となっている。

ところで、アスファルトを取り巻く環境について見ると、本年は平成5年度よりスタートした第11次道路整備五箇年計画の3年目に当たり、石油アスファルトトータルの需要量は570万トン強が見込まれている。

この内、約70%を占める道路用アスファルトの需要動向は、社会資本ストック整備の根幹を形成する道路整備事業と極めて深い関わりを持っている。

そこで、ここでは主要な公共建設資材としての道路用アスファルトについて、その需給動向を見ていくこととしたい。

2. これまでの推移

道路用アスファルトの内需量は、国の公共事業投資規模、特に数次にわたり実行されている道路整備五箇年計画の進捗状況に大きく支えられている。表-1は昭和48年度を初年度とする第7次の道路整備五箇年計画以降の道路用アスファルトの需要量の推移を示したものである。

昭和48年の第一次石油危機を引き金とする急激な物価上昇と物不足は、時の政府を総需要抑制策をとらざるを得ない状況に追い込んだ。その結果、表-1に示した通り、昭和48年度には4,653千トンと過去最高を誇ったアスファルトの需要は、わずか2年で一挙に3,565千トンにまで落ち込んだ。

その後一時はこの影響を克服したかに見えたが、昭和53年12月に起こった第二次石油危機により、原油価

表-1 道路用アスファルト需要量の推移

(単位：千トン、%)

	年 度	需要量	前年増減	前年比	世の中の動き
第7次道路整備 五箇年計画	48	4,653		107.1	第一次石油危機
	49	4,211	▲442	90.5	
	50	3,565	▲646	84.6	
	51	3,630	65	101.8	
	52	4,242	612	116.8	
第8次道路整備 五箇年計画	53	4,639	397	109.4	第二次石油危機
	54	4,617	▲22	99.5	
	55	4,232	▲385	71.7	イラン・イラク戦争勃発
	56	4,080	▲152	96.4	
	57	3,943	▲137	96.6	予算伸率0
第9次道路整備 五箇年計画	58	3,951	8	100.2	初の予算マイナスシーリング
	59	4,000	49	101.2	
	60	3,739	▲261	93.5	
	61	3,979	240	106.4	景気回復
	62	4,252	273	106.9	
第10次道路整備 五箇年計画	63	4,307	55	101.3	
	元	4,359	52	101.2	
	2	4,416	57	101.3	湾岸戦争勃発
	3	4,317	▲99	97.8	バブル経済の崩壊
	4	4,599	242	105.6	
第11次五箇年計画	5	4,336	▲223	95.1	

格は1バレル30ドルを越え、日本経済は戦後最長といわれる36カ月間もの長い不況に突入した。こうした中で政府は年度予算のゼロシーリングあるいはマイナスシーリングと呼ばれるような緊縮財政をとった。これはとりまなおさず、一般公共事業費の抑制、総道路投資額の抑制を意味した。表－1の昭和54年から60年の間のアスファルト需要の落ち込み傾向は、そうした政策をよく反映している。この時期、公共事業費への依存度の高いアスファルト業界が受けたダメージは容易ならぬものがあつた。

昭和60年代にはいと日本経済は回復へと向かい、平成3年にバブルの崩壊による一時的な需要減は見られたものの、第9次五箇年計画の後半から第10次五箇年計画期間中のアスファルトの需要は比較的安定した推移を示してきた。

平成5年度より総額76兆円の第11次道路整備五箇年計画がスタートしているが、その初年度である平成5年度の道路用アスファルトの需要量は、4,336千トン（対前年度比95.1%）、平成6年度の実勢は、対前年5.5%減の4,098千トン（238千トン減）と大幅な減少が見込まれているというのが今日までの状況である。

以上、第一次石油危機に始まる第7次道路整備五箇年計画以降のアスファルト需要の推移と日本経済の流れを辿ってきた。

非常に定性的ではあるが、長いスパンで見ると道路整備五箇年計画の初年度はいずれもエポックメイキングな出来事で幕が開いていることがわかる。

まず、第7次の初年度である昭和48年には、日本の高度経済成長を破綻に追い込んだ第一次石油危機、第8次の初年度である昭和53年は、それを決定的にした第二次石油危機、第9次の昭和58年には、アスファルトの需要量を大きく左右する国家予算の初のマイナスシーリングがおこなわれ、第10次の昭和63年は、反対にアスファルトの需要、特に民間需要を喚起した、所謂「バブル経済」の台頭があつた。昭和48年からの20年間は、日本経済という意味からは、石油危機にはじまる不況と「バブル」に象徴される好景気のくりかえしではあつたが、高度経済成長下に計画された高規格道路網、新たな国際空港・地方空港、瀬戸大橋等に代表される長大橋梁、あるいは青函トンネルといった長大トンネルの着工～竣工の時期である。アスファルト需要を左右する程度の大規模舗装工事の多くはこの時期に完成されたのである。

3. 今後の需要動向について

3.1 道路用アスファルトの需要量想定の前提

道路用アスファルトの今後の需要量を想定する場合については色々な手法が考えられるが、ここでは道路整備五箇年計画を参考に検討してみたい。

平成5年度を初年度とする第11次道路整備五箇年計画は、平成5年5月26日の道路審議会で原案通り（総投資規模76兆円）答申を得、平成5年5月28日の閣議で決定しているので、本稿ではこの第11次道路整備五箇年計画で示された計画投資規模に基づき、当該期間中の道路用アスファルト需要量を想定する。

第11次道路整備五箇年計画では、表－2の通り、一般道路事業、有料道路事業及び地方単独事業それぞれの計画投資規模が示されている。

このうち、有料道路事業については、道路新設事業が比較的長期間にわたって行われ、最終段階に道路用アスファルトが使用されるという特徴があることから、当該年度の予算と需要との間に相関は見られない。

そこで、有料道路用アスファルト需要量は別に推計することとし、先ず、一般道路事業と地方単独事業に用いられる一般道路用アスファルト需要量について想定する。

表－2 第11次道路整備五箇年計画投資規模

(単位:億円)

区 分	第11次五箇年 計画額 (A) (平成5～ 平成9年度)	第10次五箇年 計画額 (B) (昭和63～ 平成4年度)	倍率 (A)/(B)
一般・有料計	494,000	378,000	1.31
一 般	288,000	238,000	1.21
有 料	206,000	140,000	1.47
地方単独	252,000	139,000	1.81
計	746,000	517,000	1.44
調整費	14,000	13,000	1.08
合 計	760,000	530,000	1.43

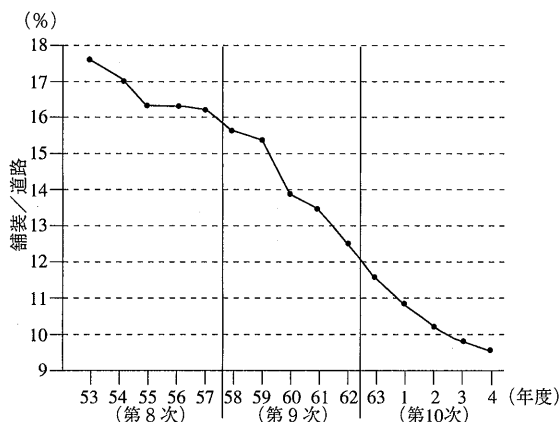
出所:建設省

3.2 一般道路用アスファルト需要量の想定

(1) 舗装事業費の推定

アスファルト需要に直接関係する予算は、道路投資額に含まれている舗装事業費が対象となるので、第11次道路整備五箇年計画における舗装事業費の規模を、過去の道路投資額に占める舗装事業費の割合を参考に推定した。

第8次～第10次道路整備五箇年計画期間中における道路投資額に占める舗装事業費の割合は、図－1の通りで、年々減少傾向を示しているが近年は減少が鈍化



図－1 道路投資額にしめる舗装事業費の割合

してきており、3年度から4年度では0.2ポイントの落ち込みとなっている。ここで、第11次の5カ年についても0.2ポイントずつ落ちると仮定すると5年度9.4%、9年度は8.6%となり、5カ年の平均では9.0%となる。

この結果から、第11次の舗装事業費の規模は48,600億円（名目額）と推定した。

(2) 舗装事業費の実質額の推定

舗装事業費とアスファルト需要量の関係を検討するためには舗装事業費を名目額から実質額へ置き換える必要がある。建設工事費デフレーター「舗装」を用いて表－3の通り実質額を求めた。なお、第11次については、4年度のデフレーターが99.0、5年度が100.3、6年度が近時点の実勢から102.2程度になると考えられるので、7～9年度も同程度上昇するものと仮定すると、第11次5カ年のデフレーターの平均は103.7となる。

この結果から、第11次の舗装事業費の実質額は46,866億円と推定した。

表－3 道路投資額と舗装事業費の関係

（単位：億円）

項目	五箇年計画	第8次	第9次	第10次	第11次
道路投資額（a）		220,320	267,938	406,769	540,000
舗装事業費（b）		36,724	37,548	41,960	48,600
（b）／（a）（％）		16.7	14.0	10.3	9.0
デフレーター（舗装）		84.1	92.9	95.6	103.7
舗装事業費（実質額）		43,653	40,439	43,905	46,866

出所：建設省

(3) 原単位の推定

舗装事業費と道路用アスファルト需要量の原単位

（t／億円）を求めるには、道路用アスファルト需要量には、再生合材の使用に伴うアスファルト量の減少分と、民間で使用される需要分が含まれていることを考慮する必要がある。

①. 再生合材の使用に伴う減少分の補正

再生合材は、旧合材に含まれる既存のアスファルトの不足分追加や品質向上のため新規アスファルトや再生添加剤を加えて製造するが、その際に加える新規アスファルトの量は旧合材の品質が一定ではないため定量的にははっきりしていないが、通常重量比1～2%程度加えることが多いことから、ここでは1.4%と推定した。一般合材には平均5.7%のアスファルトを使用することを考えると、4.3%のアスファルトが減少することになる。そこで、この減少分を再生合材製造量から推定し実際のアスファルト需要量に加えることにより、再生合材の使用に伴うアスファルト需要量の減少の影響を取り除いた。（なお、通常、再生合材の製造には粒度調整等のためにある程度新骨材等を加えるが、ここでは全量を旧合材から再生したものと考えて推定した。）

②. 民間需要分の補正

道路用アスファルト需要量には官公庁向け需要分以外のものも含まれているので、舗装事業費との関係を見るには、民間需要分のアスファルト量を取り除く必要がある。そこで民間向け合材製造量から使用されたアスファルト量を推定し実際のアスファルト需要量から差し引いた。

この結果、表－4の通り、舗装事業費と道路用アスファルト需要量の原単位は、第8次が409、第9次が408、第10次が409と相関を示しているので、第11次についても第10次の原単位をそのまま使用しても差支えないと判断した。

(4) 一般道路用アスファルト需要量

上記の原単位を用いて第11次の一般道路用アスファルト需要量は、19,168千tと算出されるが、これには再生合材の使用に伴う減少分と民間需要分が考慮されていない。

①. 再生合材の使用に伴う減少分の補正

再生合材の製造量は、4年度で対前年度比134.8%、5年度で同133.8%と大きく伸びており、今後もこの傾向は続くと考えられるので、6年度以降の製造量については4年度から5年度の製造量の増加分を順次上乘せしていく形で合計し、第11次5カ年の再生合材製造量は115,005千tと推定した。これにより、再生合材の

表－4 舗装事業費と一般道路用アスファルト需要量の関係

(単位：億円、千t)

項目	五箇年計画	第8次	第9次	第10次	第11次
舗装事業費(a)		43,653	40,439	43,905	46,866
アスファルト量 (d) + (c) - (b))		20,643	19,287	21,281	19,150
再生合材製造量 アスファルト量(b)		980 42	13,434 578	36,987 1,590	115,005 4,945
民間向け合材製造量 アスファルト量(c)		50,000 2,850	59,336 3,382	86,436 4,927	86,436 4,927
アスファルト量(d)		17,835	16,483	17,944	19,168
原単位(d) / (a)		409	408	409	409

出所：(社)日本アスファルト合材協会

- [注] 1. (b)は再生合材の使用に伴い減少したと考えられるアスファルト量である。
2. (c)は民間向けに使用されたと考えられるアスファルト量である。
3. (d)は一般道路用アスファルト需要量に再生合材の使用に伴う減少分を加え、民間向けの使用量を引いたアスファルト量である。

使用に伴うアスファルト量の減少分は4,945千tと推定した。

②. 民間需要分の補正

民間需要分は、近年の傾向と平成5年度の民間向け合材製造量の実績から、第11次についても第10次並とし、4,927千tと推定した。

以上のことから、第11次5カ年の一般道路用アスファルト需要量は、19,150千tと推定した。

3.3 有料道路用アスファルト需要量の想定

先にも述べた通り、有料道路用アスファルト需要量と道路投資額との間には相関が見られないので、近時点の供用延長とアスファルト需要量の原単位を用いて求める。

表－5の通り、第10次五箇年計画期間中に供用を開始した有料道路の延長とこの期間中に使用されたアスファルト量との原単位(t/km)を求め、第11次五箇年計画の供用予定にこの原単位を乗じることにより、有料道路用アスファルト需要量は1,369千tと推定した。

表－5 有料道路供用延長と有料道路用アスファルト需要量の関係

項目	五箇年計画	第10次(実績)	第11次(計画)
供用延長(a)		87 km	176 km
アスファルト量(b)		677千t	1,369千t
原単位(b) / (a)		7.78	7.78

出所：建設省

3.4 道路用アスファルト需要量の想定

以上の結果から、第11次道路整備五箇年計画期間中の道路用アスファルト需要量のトータル数量は、一般道路用アスファルト需要量19,150千tに有料道路用アスファルト需要量1,369千tを加えた20,519千tと想定した。

なお、5カ年各年度の需要量は、既に5年度の実績、6年度の実勢は判っており、7年度については資源エネルギー庁から見通しが発表されているので、それらのデータを使い、残りを8・9年度に同じ伸び率になるように振り分けると、表－6の通り、8・9年度は対前年度比101.6%とやや増加することになる。五箇年計画の後半にあたる年度は、道路整備事業の最終段階である舗装事業が多く実施され、それに伴いアスファルト需要も旺盛になると考えられるので、概ねこの傾向に添った内容になっていると言えよう。

表－6 第11次五箇年計画の各年度における道路用アスファルト需要量

(単位：千t、%)

項目	年度	5	6	7	8	9	合計
アスファルト 需 要 量		4,336 (実績)	4,098 (実勢)	3,964 (見通し)	4,028 (推定)	4,093 (推定)	20,519 (推定)
前年度比		95.1	94.5	96.7	101.6	101.6	93.4

出所：通産省

4. アスファルトの供給

4.1 原油需給

OPECは昨年11月の総会において、現行総生産枠(日量2,452万バレル)を本年末迄据え置くことで合意した。本年の世界の石油需要は、昨年比日量100万バレル程度増加すると予想されており、非OPECの増産傾向はあるものの、イラクが復帰する迄の間は原油市況は底堅く、WTI(米国の軽質原油)で18～20\$/バレルの範囲で推移していくとみられるが、イラク復帰後には、一時的に1～2\$/バレルの下落もありえよう。

イラクの復帰については、本年後半のどこかのタイミングで、原油価格に与える影響を最小限に止める数量で輸出再開を認めるというのが最も現実的なシナリオと思われる。

この場合、輸出量が日量100～150万バレル程度であれば価格への影響は軽微であると考えられる。

但し、最近2～3年の原油価格を支配・決定しているのは、OPECでも消費国でもない。現在の石油市場はニューヨーク主導となっており、価格に大きな影響

力を与えているのは、石油産業とは無関係な、銀行・証券会社といった機関投資家達である。

OPECの一手一投足や世界の石油需給バランスのみならず、こうした先物市場の動きを見逃してはならない。

一方で軽質原油と重質原油との価格差は縮小傾向が続くと予想される。限られた生産枠内で収益の極大化を図るサウジアラビアは重質原油の輸出を一貫して削減してきており、92年平均で日量約130万バレルを占めていたアラビアンヘビー原油の生産は現在では約80万バレルにまで減少している。サウジは今年中にも同50万バレル程度の生産とする方針と言われ、重質原油の需給は今後ますます逼迫していくと見られる。

昨年夏以降、重質原油の品薄を背景にシンシガポール市場のC重油価格は高値で推移している。日本でも、アスファルト・C重油のコスト高傾向は続いていくと思われる。

4.2 C重油中長期需要予測

アスファルトと並ぶ黒油の代表的油種であるC重油の需給見通しは表-7の通りである。

本試算によれば、C重油の需要量には大差はないものの各社の二次設備の高度化が今後進めば、C重油需給は適正化ないしはタイト化することが予測される。

表-7 C重油の需給見通し
(平成5年度/平成9年度対比)

(単位:千kl)

	平成5年度	平成9年度	差
需要			
内需			
電力用	19,004	18,000	▲ 1,004
その他	20,578	21,587	1,009
内需計	39,581	39,587	6
外需			
一般	3,804	3,450	▲ 354
ボンド	6,759	7,050	291
外需計	10,562	10,500	▲ 62
合計	50,143	50,087	▲ 56
C重油減産能力	67,206	79,377	12,171

出所:通産省

〔注〕1. 需要は、平成7年石油資料の数値を使用。

2. C重油減産能力は、石油各社の分解設備増強計画を基に試算したもの。

4.3 アスファルト需給見通し

同様のことが、アスファルト需給についても予測されよう。

上記のC重油の需給見通しにアスファルトの需要減

の要素(年次平均426千t減)を加えても、バランス上十分に吸収し得ており、なお需給の適正化ないしタイト化が予測される。

分解装置をはじめとする二次設備が増強されてゆく中で、アスファルトは、C重油・潤滑油の副製品ではなく、アスファルト生産のためにアスファルト用原油を敢えて調達するという製品としての独自性を強めてきている。

現在、石油産業が進めている生産構造改善対策の中で、アスファルトの安定供給を維持するためには、市場での適正価格の形成が必要不可欠である。

社会からのアスファルトの安定供給の要請—品質の安定保証を含めて—に應えるためにも、アスファルトを魅力の乏しい位置づけのものとしてはならない。

5. おわりに

以上のように、今後の道路用アスファルト需要の見通しは、結論からいえば、何らかの異常事態でも起きないかぎり、短中期的には横這いもしくは微増減の繰り返し、長期的なトレンドとしては漸次減少に向かうと考えられる。

その理由や背景については以下の通りである。

- ①景気低迷による税収の伸び悩みから道路予算が減少する。
 - ②用地買収費等の増大により道路整備事業費に占める舗装事業費が減少する。
 - ③道路整備事業が一段落し、舗装事業の主体が新設から補修へと移行する。
 - ④バブル経済に裏打ちされた民間需要も景気回復もはかばかしくなく、今後は大きな需要も見込めない。
 - ⑤平成3年度より施行された「再生資源の利用の促進に関する法律」等により再生生材の積極的な活用が図られ、今後もさらに再利用が促進されていく。
 - ⑥道路整備の基本的方向が変化し量的拡大から質的充実へと重点が移り、景観を重視した舗装、耐久性の高い改質アスファルト等、舗装材料が多様化する。
- このように、アスファルト業界としては厳しい局面も予想されるが、需要家及び関係各位のご理解・ご協力を得ながら、公共建設資材の安定的供給に向け最善の努力をしていく必要があろう。

アスファルト乳剤の生産と需給動向について

社団法人日本アスファルト乳剤協会

1. はじめに

アスファルト乳剤は、水の中にアスファルト粒子を分散させたもので（稀には逆の場合もある）、外見は茶褐色または黒褐色の液体である。アスファルト粒子の大きさは、乳剤の種類によって異なるが $1\sim 10\mu\text{m}$ ぐらいといわれている。

アスファルト乳剤の用途は、防水材や遮水壁用材料等の土木用、建材や自動車用制振材に使用する工業用、法面保護や発芽促進のために使用する農業用、省力化軌道に使用する鉄道用などがあるが、最大の需要先はなんといっても道路用材料としてである。したがって本報では、道路用にしばって述べることにする。

2. アスファルト乳剤の種類とその特徴

アスファルト乳剤にはカチオン系乳剤、アニオン系乳剤、ノニオン系乳剤、クレー乳剤があり、それぞれ次のような特徴がある。

(1) カチオン系乳剤

現在道路用に使用されている大部分の乳剤がカチオン系乳剤である。石や砂の表面は水に濡れると陰（－）に帯電し、そのためアスファルト粒子が陽（＋）に帯電しているカチオン系乳剤は骨材と電気的に吸引しあい、乳剤中の水が蒸発しなくても骨材の回りにアスファルトの皮膜ができるといわれている。

乳剤は一般的に $\text{pH}2\sim 5$ の酸性である。

(2) アニオン系乳剤

道路用としてはほとんど使用されていないが、アニオン系乳剤は多価金属イオンやその他の化学物質により分解し易いので、これを利用して急硬性スラリーシーリング等に使用されることがある。

乳剤は一般に $\text{pH}9\sim 13$ のアルカリ性である。

(3) ノニオン系乳剤

電氣的に中性であり化学的にも安定であるため、セメント混合用乳剤として使用されている。

(4) クレー乳剤

クレー乳剤は電解質の影響を受けにくく、混合安定

性がありまた分解硬化したのちアスファルト皮膜は高温でもべたついたり、だれたりしにくい。このような性質を利用して表面保護材や床材などに使用されている。

3. アスファルト乳剤の規格

日本における乳剤は、大きく分けて次の3つになる。

(1) 日本工業規格JIS K 2208において規定されているPK-1~4, PA-1~4, MK-1~3, MA-1~3, MN-1の15種類。

JISに規程されている乳剤は、一般的に使用されているものではあるが、最近道路用にはアニオン系乳剤はほとんど使用していない。そのためアスファルト舗装要綱ではJIS規格からアニオン系乳剤を除いたものを(社)日本道路協会規格としており、これを表-1に示す。

(2) (社)日本アスファルト乳剤協会規格JEAASにおいて規定されているPK-P, PK-H, PKR-T(1), (2), PLR-S(1), (2), MK-Cの7種類。

JEAASに規定されている乳剤は、特殊な使用法または特別な使用箇所限定して使用するものである。

(3) (1)及び(2)で規定されていない乳剤（例えばマイクロサーフェイシング用乳剤）。ここに分類される乳剤は、使用量がきわめて少ないか製造会社が限られており、規格として載せるのにまだ条件が整っていないものである。

4. アスファルト乳剤の製造および出荷

4.1 製造設備

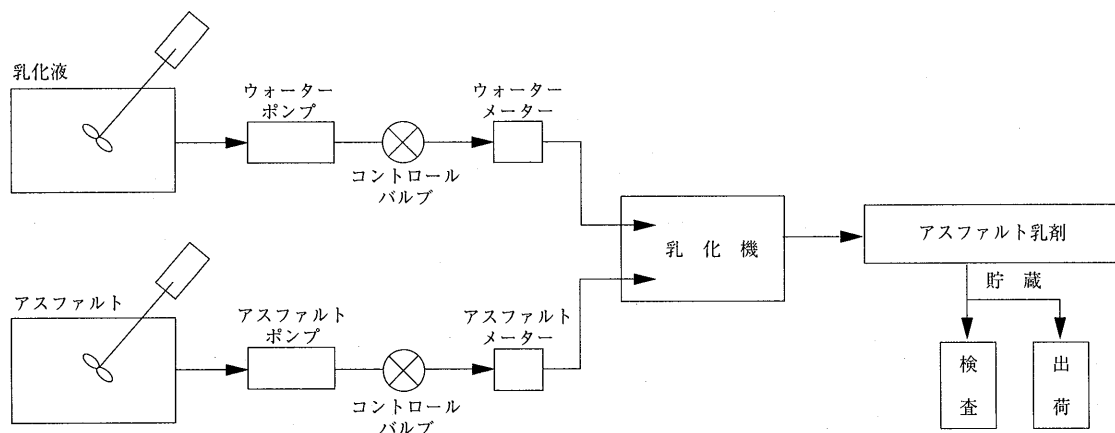
乳剤製造工程の概念図を図-1に示す。乳剤の製造にはこのような基本的な装置の他に、原料アスファルト貯蔵タンク、乳剤製品貯蔵タンク、出荷用設備、薬品倉庫、ボイラーなどの設備も必要になってくる。

4.2 乳化機

乳化機は乳剤製造の中心的な機械なので、以下に簡単に説明する。乳化機は、その機構の違いによりホモ

表－１ 石油アスファルト乳剤の品質規格（（社）日本道路協会規格）

種類および記号 項 目		カチオン乳剤 (JIS K 2208-1983)							ノニオン乳剤
		PK-1	PK-2	PK-3	PK-4	MK-1	MK-2	MK-3	MN-1
エングラー度 (25℃)		3～15		1～6		3～40			2～30
ふるい残留分(1.18mm) %		0.3 以下							0.3 以下
付 着 度		2/3以上				—			—
粗 粒 度 骨 材 混 合 性		—				均等であること	—		—
密 粒 度 骨 材 混 合 性		—				均等であること			—
土まじり骨材混合性 %		—						5 以下	—
セメント混合性 %		—							1.0以上
粒 子 の 電 荷		陽 (+)							—
蒸 発 残 留 分 %		60以上		50以上		57以上			57以上
蒸発残留物	針入度 (25℃) 1/10mm	100を超え 200以下	150を超え 300以下	100を超え 300以下	60を超え 150以下	60を超え 200以下	60を超え 200以下	60を超え 300以下	60を超え 300以下
	伸 度 (15℃) cm	100以上				80以上			80以上
	三塩化エタン可溶分 %	98以上				97以上			97以上
貯蔵安定度 (24時間) %		1 以下							1 以下
凍結安定度 (－5℃)		—	粗粒子、塊のないこと	—					—
主 な 用 途		温暖期浸透用および 表面処理用	寒冷期浸透用および 表面処理用	養生用 およびセメント安定処理層 用	タックコート用	粗粒度骨材混合用	密粒度骨材混合用	土まじり骨材混合用	安定処理用 セメント・乳剤



図－１ アスファルト乳剤製造工程図

ジナイザ、コロイドミル、ホモミキサなどと呼ばれる。日本では多くの場合ホモジナイザが使用されている。

(1) ホモジナイザ

ハレル型ホモジナイザが代表的である。高速回転円盤中にアスファルトおよび乳化液を流入させ、円盤の回転により生ずる高圧部と低圧部を通過させることにより乳化させる。

(2) コロイドミル

細い溝の付いたロータとステータをすり合わせ、その間を中央部より外側にアスファルトと乳化液を押し出して乳化させる。この方法は乳化効率がよい。

(3) ホモミキサ

種々な形状の数葉の羽根を主軸に取り付け、主軸の回転により液の攪拌を行うものである。比較的粒子の大きな乳剤の製造に用いられる。

4.3 出荷

製造された乳剤はいったん貯蔵タンクで均一に混合し、24時間静置して品質を確認したのち出荷する。出荷形態はタンクローリまたはドラム缶であったが、最近ではドラム缶による出荷は少なくなっている。その代わり乳剤メーカーがディストリビュータにより現場に運搬し、散布まで行うケースが多くなっている。

5. アスファルト乳剤の使われ方

図-2は平成5年日本において出荷された乳剤の用途別内訳である。最近では浸透用として分類されている乳剤のほとんどがプライムコート用乳剤(PK-3)、またはタックコート用乳剤(PK-4)である。また混合用乳剤の大部分が路上再生路盤工法に使用するノニオ

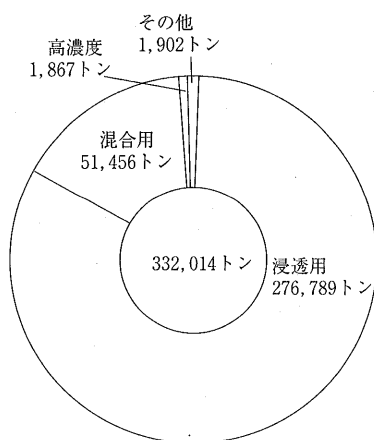


図-2 日本における乳剤の種類別出荷量 (平成5年)

ン系混合用乳剤(MN-1)である。高濃度乳剤はシーコートに使用されている。以下に各工法の概要を簡単に説明する。

5.1 プライムコート

プライムコートは路盤(瀝青安定処理路盤を除く)を仕上げたのち、通常はPK-3を使用するが、特に路盤への浸透性を必要とするときはPK-P(高浸透用乳剤)を使用する。一般に散布量は $1 \sim 2 l/m^2$ である。

プライムコートの目的は次の通りである。

- (1) 路盤とその上に施工するアスファルト混合物のなじみをよくする。
- (2) 路盤表面部に浸透し、その部分を安定させる。
- (3) 降雨による路盤の洗掘または表面水の浸透などを防止する。
- (4) 路盤からの水分の上昇を遮断する。

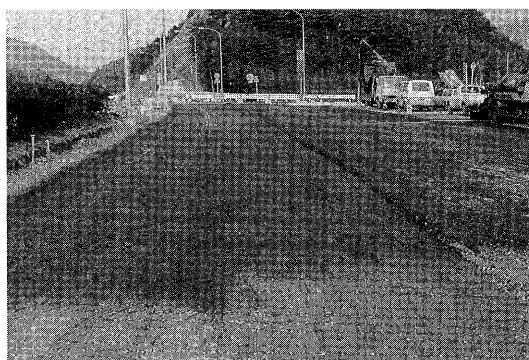


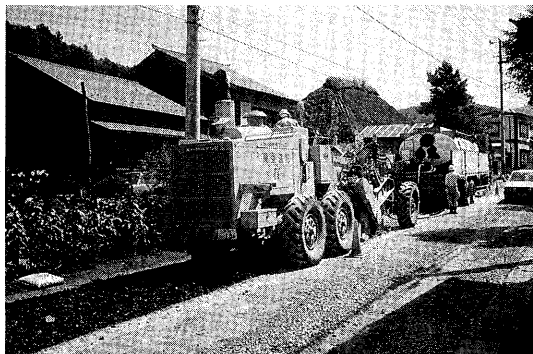
写真-1 プライムコート散布直後の路面

5.2 タックコート

タックコートは、舗設する混合物層とその下の瀝青安定処理、中間層、基層との付着および継目部や構造物との付着をよくするために行う。通常はPK-4を使用するが、特に層間接着力を必要とするときはPKR-T(ゴム入りアスファルト乳剤)を使用する。散布量は一般に $0.3 \sim 0.6 l/m^2$ である。

5.3. 路上再生路盤工法

この工法は傷んだ古いアスファルト混合物層とその下の路盤の一部を使って新しい路盤を構築するものである。アスコン層を専用機械を使って細かく砕き、これにセメントとアスファルト乳剤(MN-1)を散布し、それを路上で攪拌・混合して新しい上層路盤として再生させるものである。セメントのみを用いる場合は、路盤が剛性化してひびわれを生じ易いが、乳剤を併用するとアスファルトによるたわみ性が加わり、耐久性の高い路盤が構築できる。

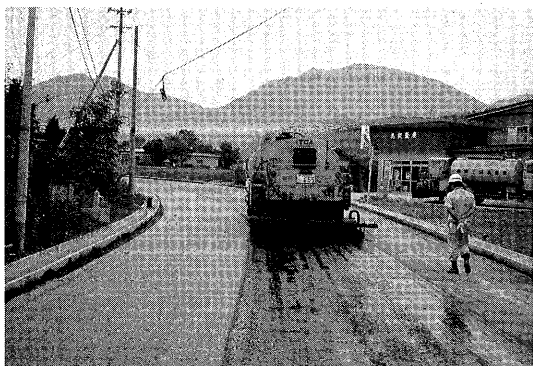


写真－２ 路上再生路盤工法の施工

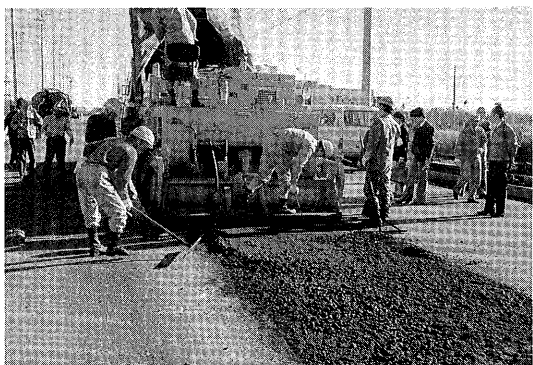
5.4 シールコート

シールコートは、既設路面に乳剤と碎石を散布し転圧して仕上げる工法で、舗装の寿命を延ばすために行う予防的処置である。シールコートを施工する目的は次の通りである。

- (1) 路面の水密性を上げて路盤、路床を保護する。
- (2) 既設舗装の老化を防止する。
- (3) 表面の肌目を改良して若返らせる。
- (4) 耐摩耗性を向上させる。



写真－３ シールコートの施工（乳剤の散布）



写真－４ ミックスパーバによる常温舗装の施工

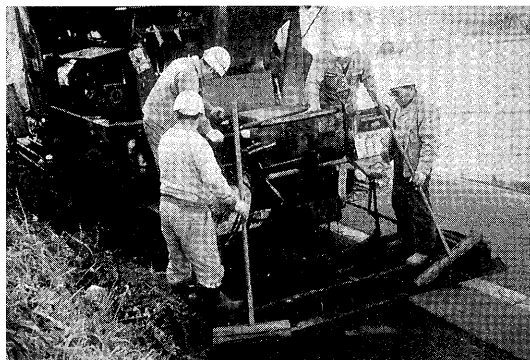
(5) 小さいひびわれの目つぶしを施し、耐久性を増す。

この工法はコストが低く施工が簡単なわりには効果が大きく、欧米では広く行われている。

乳剤を使用した工法には上記に述べた以外にも、褥層工法、スラリーシール、常温混合型舗装などがある。



写真－５ 開粒度常温混合物による生活道路の舗装



写真－６ スラリーシールの施工

6. アスファルト乳剤の需要動向

6.1 アスファルト乳剤の技術の変遷

アスファルト乳剤が、道路用材料として使用されたのは1915年（大正4年）コールドスプレーという名称でイギリスにおいて砂利道の瀝青表面処理に使用されたのが初めてである。

日本に最初にアスファルト乳剤を使ったのは東京市で、大正15年輸入業者がアスファルト乳剤を20トン東京市に納入したのが始まりである。その後昭和3年東京市道路課試験所が直営の乳剤工場を設置し、日本においても乳剤を製造するようになった。

昭和5年頃から、民間会社でも乳剤の製造を行うようになり、乳剤舗装は常温で施工できるという便利さと、施工コストも安価であったため急速に普及していった。

昭和25年日本において石油精製が再開されアスファルトが生産されるようになったが、昭和30年頃から中近東産の原油が輸入されるようになり、それまで使用していた乳剤に適する北米産のアスファルトが入手しにくくなってきた。

昭和33年自走式ロードスタビライザが国内で開発された。これ以後アスファルト乳剤を使用した路上混合式工法が、防塵処理としてまたステージコンストラクションの路盤として20年間にわたって日本各地で行われるようになった。

昭和35年カチオン乳剤が登場し、中近東産の原油から製造したアスファルトからも良好な乳剤が作れるようになった。またカチオン乳剤は骨材と接触すると分解が促進されるため、施工後舗装の安定が早く、アニオン乳剤のときと比較して舗装の品質も向上した。

昭和50年代からセメント・乳剤を使用した路上再生路盤工法は行われていたが、昭和62年から(社)日本道路協会から「路上再生路盤工法技術指針(案)」が発表され、配合設計法や施工法が統一されたことにより、全国的にこの工法が普及していった。

6.2 乳剤の出荷量の変遷

図-3は昭和3年から平成5年までの日本における年間出荷量の推移である。

昭和5年頃から日本において乳剤製造業者が設立されるようになり、東京市をはじめ都市部における道路の舗装化の要望とあいまって、乳剤出荷量は増大していった。昭和8年からは出荷量は年間5万トンを超えるようになり、昭和10年前後の数年間は乳剤の第1次

隆盛期となった。しかし昭和15年から太平洋戦争が始まったことにより、原料の入手難、軍需物資の優先的な生産などのため減少しはじめ、昭和19年からは年間1万トンを下回るようになった。

昭和25年日本において石油精製が再開されるにともない、国産のアスファルトが生産されるようになり、原料面で安定に供給されるようになった。またこの頃から道路整備事業が各地で行われるようになり乳剤の需要は増大していった。昭和29年頃から各自治体は失業対策事業の一つとして、舗装工事の一部を直営施工で行う傾向となり、乳剤舗装は比較的施工に熟練を必要とせず、また使用する機械も簡単なものでよいいため、直営施工のほとんどが乳剤舗装を採用するようになった。そのため昭和25年から35年の10年間にかけて、乳剤出荷量は次第に増えていった。

昭和33年に国産化されたスタビライザと昭和35年に開発されたカチオン乳剤は、その後の乳剤の需要に大きく貢献した。スタビライザは乳剤タンクを搭載した自走の路上混合機で、在来の砂利道に安価な現地産の碎石、山砂などを加え、このスタビライザを用いて、路上で乳剤と混合する。この工法は施工速度が速く(1日3000㎡位)、経済的で地方道の舗装化に適していたため、全国各地の地方道の舗装整備事業推進に大きく寄与し、昭和33年以降、実に1億2000万㎡の施工実績をあげた。またこの工法は1回の舗装厚が厚く(5~15cm)、単位面積当たりの乳剤使用量が多く、またその上をシールコートなどで表面処理を行うのが一般的であったため、混合用乳剤ばかりでなく浸透用乳剤

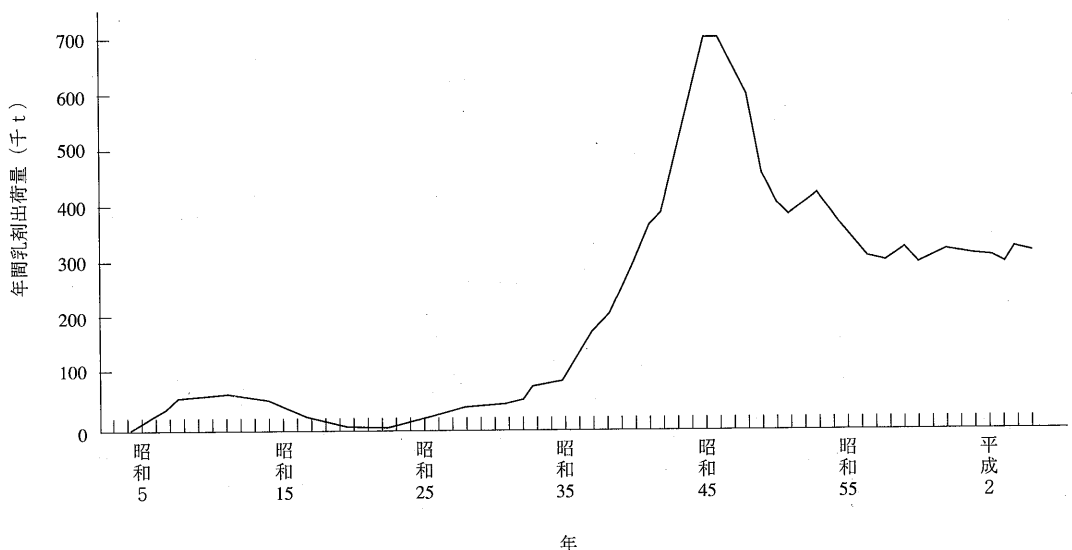


図-3 日本における乳剤出荷量の推移

や高濃度乳剤の出荷にも寄与した。また従来のアニオン乳剤では、施工後内部まで固まるのに長時間の養生が必要で、この間降雨などがあると未分解の乳剤が流れ出すなど問題があったが、カチオン乳剤の開発により分解・硬化が速くなり、この種の問題が減少し乳剤舗装に対する信頼性と評価が高まった。これらが昭和35年以降の10年間に急激に乳剤出荷量が伸びた理由である。

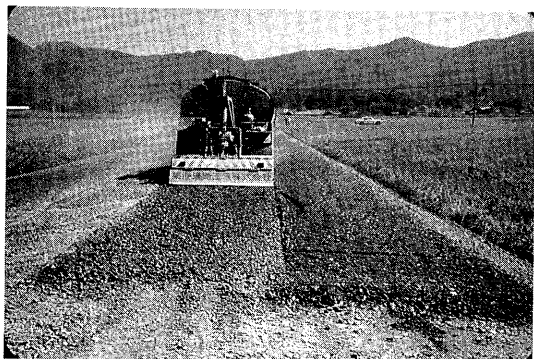


写真-7 スタビライザによる路上混合

しかし昭和40年代からモータリゼーションが進み、交通量が増加するにともない、スタビライザによる安定処理にシールコートを実施しただけでは、強度的に不

十分な場合が多くなってきた。そのため表層に加熱アスファルト混合物を使用するようになっていったが、その頃から加熱アスファルトプラントが各地で建設されるようになり、全国のどこでも加熱アスコンが比較的安い価格で入手出来るようになっていった。合わせて我が国の産業の発展により、雇用人口が増加し、失業対策事業を行う必要性が薄れ、そのため乳剤舗装が主力であった各自治体の直営部隊はなくなっていった。そのためスタビライザ工法、常温混合物は減少していき、それにとまってシールコート用に使用された浸透用、高濃度乳剤も減少したため、昭和45年を境にしてその後10年間に、乳剤出荷量は急激に減少した。図-4は昭和45年から平成5年までの乳剤の用途別出荷量である。

昭和55年以降、シールコートなどの表面処理は一層減少するが、加熱アスファルト舗装の増加にともない、プライムコート、タックコートは増え、浸透用全体としてはほぼ一定に推移している。また通常の常温混合物は減少していくが、セメント・乳剤を使用した路上再生路盤工法は着実に増えており、そのため混合用全体としてはほぼ一定に推移している。そのため乳剤総出荷量も、昭和55年から現在にいたるまでほぼ一定に推移している。

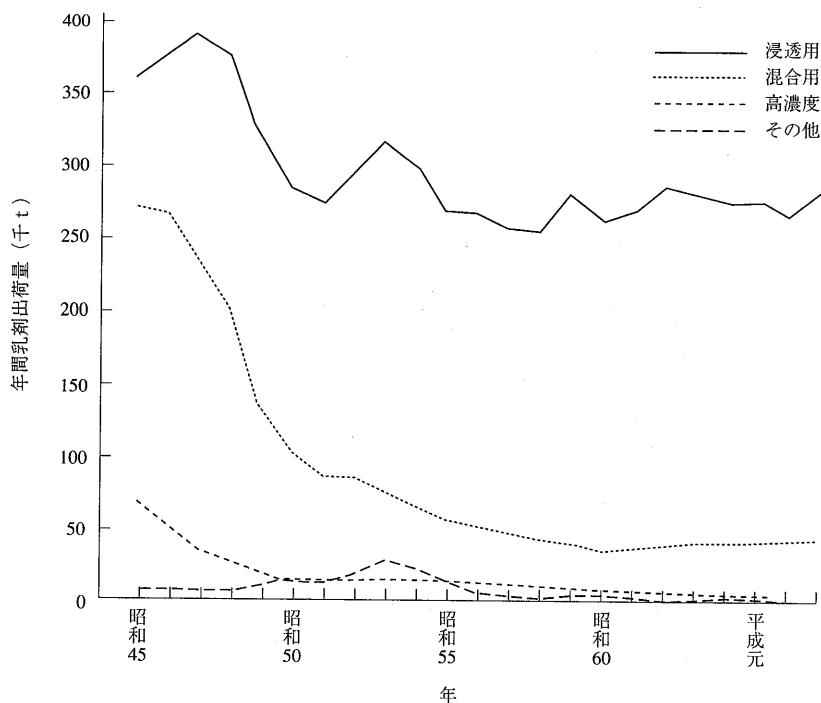


図-4 日本における乳剤出荷量の推移（種類別）

7. 今後の予想

いままでの推移から今後の需要動向を予想してみると、プライムコート、タックコートについていえば加熱アスファルト舗装量にほぼ比例しているので、舗装事業量の大幅な増減がないかぎり、今後も大きな変動はないものと思われる。

混合用についてみると、通常の常温混合物は現在ほとんど出荷されていず、混合用乳剤の大部分は路上再生路盤工法用乳剤である。この工法は現在においても着実に増えており、今後も増えていくものと思われる。したがって混合用乳剤の出荷量は急激な増加は期待できないものの、堅調に推移するであろう。

以上は今までの推移からの予想であるが、最近になってアスファルト乳剤に対する状況が変化しつつあるように感じられる。道路技術五箇年計画、第11次道路整備五箇年計画において、「環境保全・省エネルギー・省資源への新たな挑戦」、「地球温暖化の防止」が

大きな課題となっており、乳剤舗装が注目され始めている。今後技術開発を進めることにより、性能的にも、コスト的にも加熱アスファルト混合物に比肩するものができれば、乳剤の需給に新たな変化が起こる可能性もある。

8. おわりに

以前は舗装材料の主役であったアスファルト乳剤も、最近では舗装材料の脇役にすぎなくなっている。これは一面では時代の要求で止むをえなかったことではあるが、反面乳剤舗装に対する技術開発が不十分であったことも事実であろう。我が国において乳剤舗装は、今まで技術開発が不十分であった分だけ、改良の可能性が高いともいえよう。今後省資源・省エネルギー材料として、アスファルト乳剤が舗装に対して大きな役割を果たすことが期待される。

日本のアスファルト事情 1994年版

A 5・52ページ・実費頒価 ¥800 (送料実費)

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

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 社団法人 日本アスファルト協会

105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号

和孝第10ビル

目 次

★需 要

用 途
需要の推移

★供 給

生 産
流 通
施 策

★課 題

★参考資料

品質規格、試験法、品質管理
アスファルト舗装の特長
アスファルト関連統計
道路投資額の推移
年度別舗装延長
主要諸国の道路事情

世界の国別原油確認埋蔵量

道路財源の推移

原油・石油製品のCIF単価

OECD諸国のアスファルト生産量・内需量

OECD諸国のアスファルト輸入量・輸出货量

地域国別原油輸入状況

平成5～9年度石油需給計画

改質アスファルトの生産と市場動向について

日本改質アスファルト協会

1. はじめに

今、アスファルト舗装の話題は交通安全・環境問題から排水性舗装に集中しているようである。これは技術的に新しく、降雨時に運転しやすい、将来性がありそうである等によるものと思われる。しかし全国レベルではやはり実務上耐流動舗装が相変わらず中心とならざるを得ない。いずれにしてもより良い舗装には改質アスファルト（以下改質アスと云う）の存在が欠かせないほど普及してきている。

改質アスの歴史は古く、日本では昭和30年代中頃より試験的に使われ始め、43年頃より全国的に広まっていった。これはモータリゼーションが進み寒冷地ではタイヤチェーンによる摩耗、温暖地では大型車によるわだち掘れや波うちへの対応が課題となってきた時期でもあった。また未舗装の多かった山間部の道路舗装に対し交通安全対策からすべり止め舗装を施すことが求められた。その後日本経済の発展と共に大型車が増加し、わだち掘れがより深刻になり、骨材配合の見直しやより大きな流動抵抗性を付与する改質アス・改質材が開発され現在の改質Ⅱ型が生まれた。そして排水性舗装用の改質アスもまだ規模は小さいが、着々と地歩を築いている。

この様に改質アスの需要が拡大している中で、ここ数年間でアスファルトのメーカーや大手道路会社はそれぞれのブランド名で相継いで上市し、市場では大変な競争が行われている。

本稿では改質材及び改質アスの概要について触れた後これらの市場動向を中心に分析した。

2. アスファルト改質材の種類とその特性

改質アスを構成する改質材の主要なもの（現在使用されているもの、過去にかなりの実績のあったものを表-1に示す）についてその製造法、特性は以下の通りである。

1) 天然ゴムラテックス

ヘベア樹より採取されたラテックスを遠心分離、ク

表-1 アスファルト改質材と主な用途

改質材名	主な用途	
	性状区分	使用区分*
天然ゴムラテックス	改質Ⅰ型	プレ
SBRラテックス（ゲル無）	改質Ⅰ型	プレ&ブラ
〃（ゲル有）	改質Ⅰ型、Ⅱ型	ブラ
CRラテックス	改質Ⅰ型、Ⅱ型	プレ&ブラ
SBS	改質Ⅰ型、Ⅱ型	プレ&ブラ
SIS	改質Ⅰ型、Ⅱ型	プレ&ブラ
EVA	改質Ⅰ型	プレ
EEA	改質Ⅰ型	プレ
SEBS	改質Ⅰ型	プレ

*プレ；プレミックス ブラ；プラントミックス

リーム化、水分の蒸発により固定分60%以上にする。ラテックスは蛋白質で安定を保っているが、長期保存の為にアンモニアが添加される。アスファルト改質材として使用するには加硫することが必要で、製造時に加硫促進剤やアンモニアの臭気の問題により最近では殆ど使用されなくなった。

2) SBRラテックス

高圧反応缶に於て乳化剤水溶液中でモノマーを反応させてゴムや樹脂にする乳化重合法で重合し、脱臭・濃縮工程を経て製品化されるスチレン・ブタジエン共重合体である。ポリマーとしての性質はスチレン／ブタジエン比、分子量の大小、ゲル（トルエン不溶解分）の有無、他のモノマーの有無によって異なり、その他粒子径及び粒子径分布、粒子構造、乳化剤の種類等を変えることにより非常に幅広い用途に使用されている。高濃度ラテックスはラテックス粒子を機械的・物理的に肥大化させることによって得られる。アスファルト用にはスチレン量が20～30%程度が適し、分子量（指標としてムーニー粘度が使われる）を大きくするとバインダー物性は向上するが混合物物性への影響は小さく、むしろ施工性が低下する傾向がある。ゲルを含有するものは分子量の大小にあまり関係なく混合物の流動抵抗性を大幅に改善させる。このようにSBRラ

テックスは適正なポリマー設計により改質Ⅰ型にもⅡ型にも対応させることが出来る。

3) CRラテックス

クロロプレン重合体でSBRと同様乳化重合によって製造される。モノマーとしてはクロロプレン単独又は硬い成分と併用される。アスファルト改質材として本四公団仕様のバインダーに使用される他プラントミックスのⅠ型、Ⅱ型として実績を付けている。CRの改質効果はタフ・テナを非常に大きくすることにある。他の物性は種類によって異なり、針入度が大きくなり、軟化点や60℃粘度があまり高くないもの、これと逆の（他の改質材と同様の）物性を示すものもある。

4) SBS

スチレン・ブタジエン・スチレン・ブロック共重合体の略称のSBSは常温ではゴム弾性を示し、高温では粘稠な流動状態になることから熱可塑性ゴムとか熱可塑性エラストマーと呼ばれている。一般的な製造法は溶媒中で重合させる溶液重合である。溶媒中でスチレンブロックを造った後ブタジエンを加えてSBブロックとし、これをカップリング剤で結合させてSBSにするか、或は更にスチレンを加えてSBSにする方法がある。重合終了後凝固、乾燥して製品にする。SBSを使用した改質アスはタフ・テナが大きく軟化点が高い等の物性改善がなされ、混合物に大きな流動抵抗性を付与することから主にⅡ型に使用されている。一部Ⅰ型にも使われている。排水性舗装用の高粘度バインダーは物性向上の他に施工性の向上が図れるために熱可塑性のあるSBSが主材となっている。

5) SIS

SBSのブタジエン部分をイソプレンに替えたものでアスファルトへの溶解性が良く、諸物性の改善効果も大きい。耐熱性が劣る為最近では少くなっている。長時間の熱履歴を受けないプラントミックスには向いているが粉末状のため人力投入が必要となる。

6) EVA

エチレン酢酸ビニル共重合体で、組成を変えることにより接着剤等幅広い用途があり、アスファルト用にはエチレン量の多いベレット状のものが使われる。EVAはアスファルトの軟化点をかなり上昇させるが他の物性改善効果は小さい。混合物には大きな流動抵抗性を付与するので過去には改質Ⅱ型の主材であったが、低温性状（クラック）が好ましくない為か最近ではあまり使われていない。欧州では使用されているので他の材料との組合せにより見直される可能性は残ってい

る。

7) EEA

エチレン・エチルアクリレート共重合体の略称でアスファルトに溶け難いと云われているが、溶解させると60℃粘度の他は改善効果は小さい。しかしプラントミックスで使用すると著しく流動抵抗が大きくなる特徴がある。

8) SEBS

SBSのブタジエン部分に水素を付加して耐熱耐候性を改良したスチレン・エチレン・ブチン・スチレンブロック共重合体で、高価の為量的には少ないようである。

3. 改質材と改質アスの製造及びプラントへの搬入

1) プラントミックス

プラントミックスに使用するラテックス系は前述の様に製造されたものをドラム缶に詰めてプラントに搬入され、自動計量投入装置によりミキサに添加される。最近では空ドラムの処分問題やドラムの切換えに人手を要することから1tコンテナに充填されて搬入されるケースが増えており、また投入装置も印字記録付きに徐々に切換えられつつある。

粉末やベレット状の改質材はポリ袋に入れてミキサに投入されることが多い。新たに開発された計量機付きコンベアやエアー搬送の装置で自動投入されることも行われるようになったが高価のためまだ少い。

2) プレミックス

プレミックスは前述の改質材を単独または複数をアスファルトに添加して製造される。ラテックス系は加熱アスファルトを攪拌しながら添加され水分蒸発後少し熟成して製品化される。EVAやSISが主の時は従来の攪拌機で対応出来たが、より物性の良いSBSは溶解に時間を要し、特に高粘度バインダーの様にSBS量の多い場合には顕著となるためせん断力の大きいミルタイプ等の混合機が使われ製造時間の短縮化が図られているものと思われる。この様に生産された改質アスはローリーで搬入される。従ってプラント側では改質アス用の専用タンクを持つかストアスのタンクを空にしておく必要がある。高粘度バインダーの場合は高速道路の大型工事以外では規模が小さいこともあってローリーをアスファルト計量槽ラインに直結させて使用することが多い。

4. 改質アスファルトの使われ方

1) 改質Ⅰ型

改質Ⅰ型は寒冷地の耐摩耗舗装から温暖地の耐流動舗装まで、またすべり止め舗装や橋面舗装に幅広く使われている。最近ではスパイクタイヤの禁止により摩耗問題は減少しているが、タイヤチェーン摩耗は残っている。耐摩耗舗装はアスファルト量、フィラー量を多くし併せてF/Aの大きな混合物が一般的で、バインダーは低温で脆くならず、凍結融解抵抗も改善する改質Ⅰ型が使われることが多い。後述のように大都市周辺の交通量の多い箇所は夏期の流動を考慮してⅡ型も使われてきた。

耐流動舗装への適用は、流動抵抗の大きい粗粒アスコンや密粒ギャップに対しより流動抵抗を高めつつひび割れや粗骨材の飛散の抑制を目的としている。配合からみればすべり抵抗性にも配慮していると思われる。

すべり止め舗装は粗面になる密粒ギャップや開粒アスコンにひび割れや粗骨材飛散抑制を目的としてⅠ型を用いることが全国的に行われている。特に重交通の交差点でわだち掘れが大きい箇所では価格は少しアップするがⅡ型を使った方が好ましい。

橋面舗装では本四橋の特殊以外に首都高速が鋼床版の上層を粗粒ギャップにⅠ型を用いてひび割れ対策を主にして流動抵抗の向上も図っている。

2) 改質Ⅱ型

過去には樹脂入りアスとかゴム樹脂入りアスと呼ばれていたが、現在は材料区分でなく性能区分になり改質Ⅱ型になった。耐流動舗装用として開発された改質Ⅱ型はバインダー自体が混合物の流動抵抗を大幅に向上させる機能を持っている。従って寒冷地の重交通から温暖地まで混合物の種類に左右されずに耐流動舗装に使われている。この他橋面舗装のコンクリート床版上の舗装等幅広く使われている。

3) 高粘度バインダー

排水性舗装は高空隙にする必要があり、その結果空気や水によってアスファルトが劣化し易いので膜厚を大きくし、これによるデメリット（ダレによる目詰り）を防止し、かつ粗骨材の飛散を防止することを目的として高粘度、高タフ・テナ、低脆化点のバインダーが求められる。このバインダーはプレミックスタイプとして平成元年に上市され、その後各社が続々と名乗りを上げて、発注者、道路会社と共に必死に取り組んだことが成果に結びつき既に94年末に全国で200万㎡に達している。最近SBSを主材とするペレット状のブラ

ントミックスタイプも上市されて高速道路の大規模工事から極く小さな補修工事まで実績を付けている。

5. 改質アスファルトの需要動向

アスファルト協会が実施したアンケート調査によると改質アスは供用性については概ね良好な評価を得ており、需要量が伸びているのはこれが反映されているものと思われる。需要動向は前述の改質材の種類、使われ方の項で簡単に述べたが、少し定量的に考察する。

1) 全体の動向

図-1に示すように改質アスは年々増加しており、特にここ数年は改質Ⅱ型の増加が著しい。これは関東の需要量が3年間で約22,000tも増え、改質Ⅱ型の増加分のうち45%を占めており、これが大きく寄与している。一方Ⅰ型は北海道の減少分を他の地域で少しづつカバーして約8,700tの増加になっている。

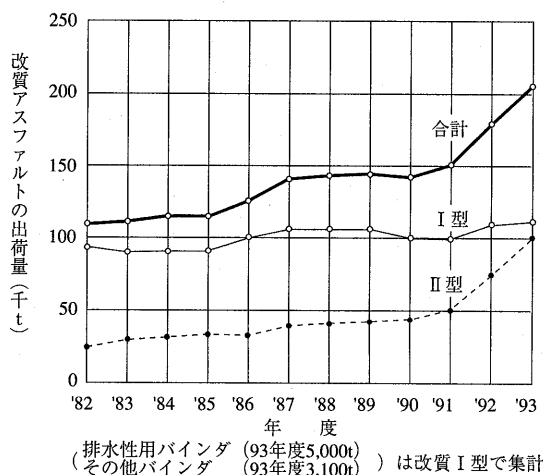
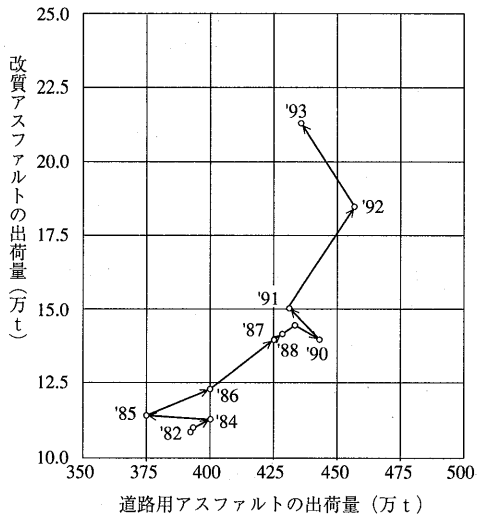


図-1 改質アスファルトの種類別出荷量推移

道路用アスファルトと改質アスの出荷量を年度毎にプロットすると図-2が得られる。ストアスは凹凸があるものの概ね横バイなのに対し改質アスは増加し、その比率が高まり、93年度には4.9%に達している。補修が多い現在アスファルトの1/3が表層に使用され、また改質アスの全量が表層に使用された（実際には関東をはじめとして重交通箇所は基層にも使用されている）と仮定すると93年度工事のうち15%が改質アスとなる。

地域別に改質アスの出荷量の種類別推移を図-3に示す。北海道、北陸が横バイの他は各地域とも増加しており、特に関東のⅡ型が顕著である。

90年頃までは地域別の道路面積の比率と改質アスの



図－2 ストアスと改質アスファルトの出荷量

需要量の比率はかなり均衡していたが、93年に関東が31%になり目立っている（表－2、図－4）。

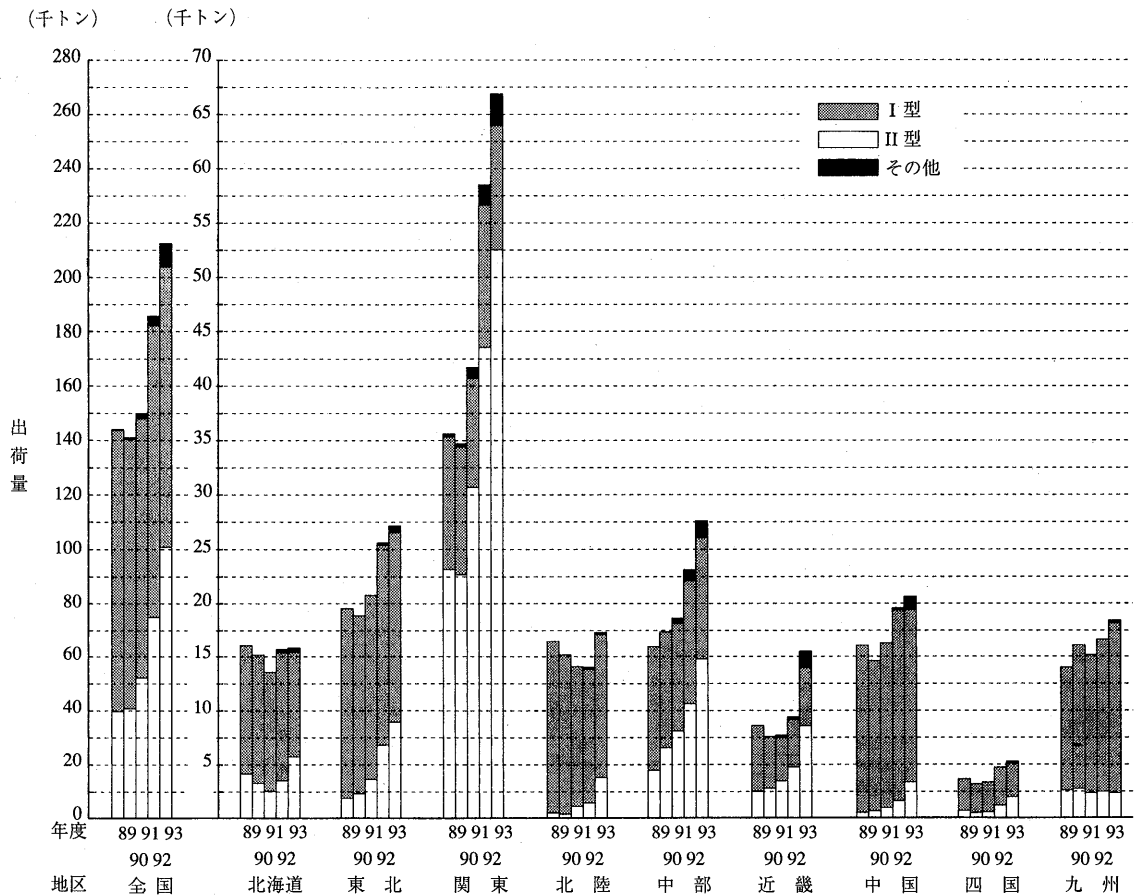
種類別にみると改質アスの半分以上を占めるⅠ型は最も

表－2 地域別道路面積比と改質アスファルト需要量比

地 域	道路面積*		改質アスファルトのシェア**	
	(km ²)	(%)	90年度 (%)	93年度 (%)
北海道	428.1	9.6	10.7	7.4
東 北	567.7	12.8	13.3	12.7
関 東	1,067.9	24.0	24.5	31.8
北 陸	254.3	5.7	10.6	8.1
中 部	519.7	11.7	12.2	12.9
近 畿	450.5	10.1	5.3	7.2
中 国	351.3	7.9	10.2	9.5
四 国	181.6	4.9	2.1	2.4
九 州	630.3	14.2	11.1	8.5
合 計	4,451.3	100	100	100

* 道路統計年報（1994）より

**改質アスファルト協会調べ



図－3 地域別・改質アスファルトの出荷量推移

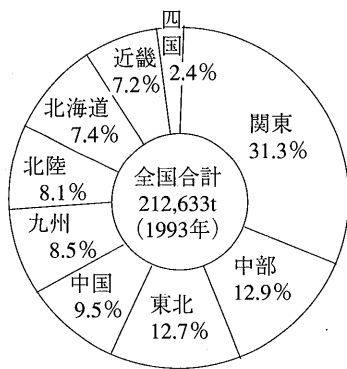


図-4 改質アスファルトの地域別シェア

多い東北で17%，次いで中国の16%，最も少い四国でも3%と突出している地域はなく万遍なく使用されている（図-5）。改質Ⅱ型は関東の52%が最大で，次いで中部の14%と続き，地域格差が大きい（図-6）。道路面積，交通量だけでなくコストその他を含めた流動対策への取り組み方が違うことがうかがえる。

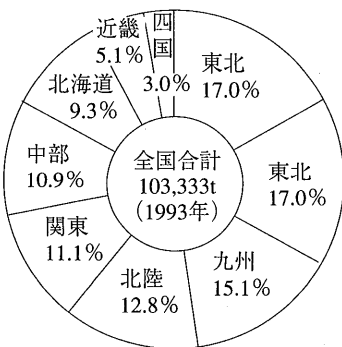


図-5 改質Ⅱ型の地域別シェア

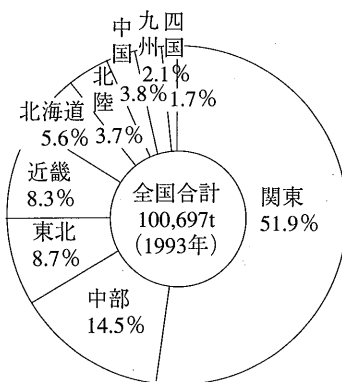


図-6 改質Ⅰ型の地域別シェア

2) 地域別の動向

前項で地域別にも少し触れたが，表-2，図-4，5，6，を見ながらもう少し細かく改質アスの動向を述べる。

①北海道：Ⅰ型が圧倒的に多かった地域であるが，スパイクタイヤの禁止により，摩耗問題はタイヤチェーンのみになり需要は減少している。一方大都市周辺では流動対策が主要な課題となりⅡ型が増えて全体では横バイである。流動対策に対し骨材配合の見直し検討がなされていると思われる。従来通りの配合でDSの基準値3,000回／以上に対し一般の改質Ⅱ型では対応が困難で，各社とも新製品を上市した。いずれ配合を含めたDSの見直しがあると思われる。

②東北：改質Ⅰ型はスパイクタイヤ禁止の影響もあるが，すべり止め等が伸びて横バイにある。Ⅱ型はⅠ型の半分だが増加しており，全体では伸びている。地域別シェアは90年，93年とも約13%と殆ど変らず道路面積比（13%）との関係もバランスがとれている。

③関東：改質Ⅱ型はⅠ型の4.5倍の需要があり，道路面積が大きいこともあるが，如何に交通量が多く流動対策に対処しているかが判る。首都圏の国道や都道の主要道は表層（密粒アスコン）だけでなく基層にも改質Ⅱ型を使用することが増えている。このような事情から専用の改質アスのタンクを保有しているプラントが多く，そのためⅡ型はプレミックスが非常に多い。地域別の改質アスのシェアはⅠ型で11%，Ⅱ型で52%，全体で31%に達している。

④北陸：北陸の国道は以前からD交通については流動抵抗の大きい改質Ⅰ型（一般のⅠ型とは異なる）を使用してきたが，スパイクタイヤがなくなった今日混合物の種類を変えてB交通以上でDS $\geq$ 1500回／の基準を設定し，Ⅰ型，Ⅱ型の区別なく使用可能のため上記Ⅰ型の使用が多い。この基準は県道にも適用されており，またL，A交通でも消雪パイプ部やすべり止め舗装には一般のⅠ型が使われ，両Ⅰ型を合すると改質アスの77%を占めている。この地域では関東とは逆に設備上の問題や過去の多くの経験が引き継がれてプラントミックスが圧倒的に多い。数量的に伸びていないので地域別シェアは少し低下している。

⑤中部：改質Ⅱ型が伸びてきて93年には初めてⅠ型を抜いた。これが寄与して改質アスの出荷量が東北と肩を並べ2位に並んだ。流動対策には従来から力を入れていたがセミブローン以外に改質アスへの認識も深まった結果と思われる。道路面積比と交通量を考慮すれ

ば地域別シェアが13%では大きいとは云えず今後伸びる余地が十分にある。

⑥近畿：関東に次ぐ経済圏で当然重交通道路が多いにも拘らず改質アスの需要量は少ない。道路面積比10%に対し改質アスのシェアが5~7%ではいかにも少ないが93年度にⅡ型が急増した。単にスポット的なのか或は従来から使用されている材料に問題が出たのか判明していないのでもう少し推移を見たい。また近畿技術が以前からDSの事前チェックを行っていることがわだち掘れがひどくならない要因かもしれない。

⑦中国：国道2号線を中心とする耐流動舗装や9号線を中心とする耐流動耐摩耗舗装及び山間部のすべり止め等にⅠ型が多用され改質アスの80%を占めている。地域別シェアと道路面積比がバランスしており、またプラントミックスとプレミックスも同等のシェアを有している。なお耐流動対策として表層に粗粒アスコンを使用している。

⑧四国：国道では過去に耐流動用の配合が検討され、これにDSの基準も設定された。まだⅠ型が多いがⅡ型も僅かに増加傾向にある。

⑨九州：改質Ⅱ型は主に福岡や北九州の交通量の多い箇所採用される程度で、国道は密粒ギャップに改質Ⅰ型で大きなDSが得られていることや、山間部のすべり止めが多いためかⅠ型が優位にある。またⅠ型でもプレミックスが多いのがこの地域の特徴である。

以上地域別に分析したが、地域毎に発注者の考え方が現われ、施工者又はプラントの事情、更にはメーカーの販売力の強弱が現われているように思える。

6. 改質アスファルトの今後の予測

建設省が策定した7項目にわたる道路技術五箇年計画を踏まえつつ現状も考慮して改質アスの今後の予測をしてみた。

道路整備予算のうちアスファルト舗装への大幅な増加があまり期待できない中で改質アスは着実に伸びていくものと予想される。その要因は、

①ライフサイクルコストの考え方が定着し、改質アスのコストアップは補修回数減少、交通渋滞等に係わる諸費用の減少等を考慮すれば十分に採算が合う。

②交通安全、環境対策がより重視され、改質アスが必須の材料である排水性舗装が高速道路をはじめ市街地道路にも広がっていく。また耐流動舗装では改質Ⅰ型であれⅡ型であれB交通以上への適用が拡大される。

③長寿命化舗装（コンポジット舗装）が推進されアスコン部に耐流動を目的として改質アスが使用される。

④再生合材の高品質化に改質材、改質アスが寄与して新材が減少しても影響は小さい。

7. おわりに

改質アスは今日まで比較的順調に伸びてきた。これは建設省をはじめとする各発注機関、施工会社、舗装材料の各協会との情報交換、また共同研究等を通じて改質アスへの認識が深まってきたことが大きな要因と云える。今後も前項の予測を達成するためには自らの調査・研究に力を注ぐと共に関係各位のご協力・ご理解を得て邁進していかなければと考えている。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

アスファルト合材の現況

社団法人日本アスファルト合材協会

1. 合材販売事業の成立

(1) 社会的ニーズの変化

アスファルト舗装が地方都市にここまで広く普及するようになったのは、昭和30年代に入ってからである。それ以前は国道や県道など比較的規模の大きい工事が多かったので、単独でアスファルトプラントを設置していたが、工事の規模が小さくなり、工事件数が増えてくると、今までのシステムでは採算があわなくなってきた。そこで、地方都市で小工事を施工する場合には、最寄りの大型アスファルトプラントからアスファルト合材を購入する場合が増え、これがアスファルト合材販売事業を成立させることになった。

この事態に拍車をかけたのは、昭和40年代の高速道路工事の減少であった。大手舗装会社各社は余剰の大型のアスファルト合材製造設備の転用先を合材販売事業に求めたからである。この時期、富山県でイタイイタイ病が発生し、これを端緒に公害問題が社会的事件としてクローズアップされた。こうした社会風潮を反映して、アスファルト合材工場も騒音、振動、大気汚染などの適切な防止対策なしでは操業することが困難となった。

アスファルトプラントの建設には最低5,000m²程度の土地が必要で、その上公害防止対策に更に資金が必要となると、初期投資額や諸経費がますます増大して、製造原価を高騰させることになった。こうしたことから、アスファルト合材の使用が少ない企業や小規模工事においては、生産性の高いアスファルトプラントから購入する方が自家生産するよりは、はるかに有利とする考え方が支配的になった。

昭和44年ころのアスファルト合材の総需要は、年間約5,000万tで、それも大部分が大都市周辺に集中していた。そこで大手舗装会社各社は都市周辺部には製造能力100t/h程度のものを、地方部には40t/h程度のものを基準としてアスファルト合材工場の建設を行い、アスファルト合材の販売を開始したのである。

(2) 公害防止対策の強化

こうしたアスファルト合材工場では、構内を緑化し、油水分離槽を設置し、率先して敷地内の環境整備を推進した。大気汚染防止法による煤塵の排出規制が始まったのは昭和38年のことである。当時の集塵装置は、1次に乾式サイクロン、2次に湿式集塵機を設けた簡単なものであったので、この排出規制に合わせて、昭和40年代前半には、ロートクロン、ジェットクロンなどが次々と開発されることになった。そして、昭和44年にバグフィルタが開発され、昭和46年の規制強化によって急速に普及することになった。

アスファルトプラントから発生する騒音は、前述の煤塵よりもっとやっかいな問題であった。その理由は、この騒音が各装置が個別に発する音の複合体であることであった。従って、個々の音源について対応を考えるよりも、アスファルトプラント全体を建屋で覆って遮音しようとする考え方が主流となった。

昭和48年には、懸案の低騒音形バーナが開発された。以前のバーナは気流噴霧形とよばれ、ブロワの気流騒音と燃焼騒音が重なって非常に大きな音がした。新開発の低音バーナは「高油圧噴霧形」と呼ばれ、油圧で気化した燃料に低圧ファンで供給した空気を混合させて燃焼させる方法で、バーナも密閉構造になったため、気流騒音、燃焼騒音をともに著しく低下させることができた。

(3) オイルショックを越えて

アスファルト合材の製造についての統計作業が開始されたのは、昭和48年のことであった。当時の統計は会員各社の申告を基礎に、道路用アスファルトの出荷状況等も勘案して総需要を推定する方法を採っていたので、精度については若干の問題を残していた。

この統計資料によれば、昭和48年度のアスファルト合材の総製造数量は、7,036万tであったが、この年の暮に発生したオイルショックの影響によって、翌49年度には6,526万tに落ち込み、その翌年度は5,686万tと下降の一途をたどることになった。この時期、建

設資材の高騰に加え、公共投資の抑制と民間設備投資の減少で、アスファルト合材販売会社、特に地方の中小業者は苦しい経営を余儀なくされることになった。

こうした事態がいくらか好転するのは、昭和51年度に入ってからである。政府の中小企業優先措置によって、アスファルト合材の需要が徐々に増勢に転じ、総製造数量は、6,592万tと3年振りに上昇することになった。そして、この時以降、道路工事における中小企業優先政策が継続することになり、アスファルト合材の製造設備を持たない地方業者が主要な需要先として定着し、全国的にアスファルト合材販売を安定した事業として成立させる素地となった。各地で老朽化したアスファルトプラントの統廃合が行われ、やがて合材販売専業の大規模工場の数が増え始めた。その以後の経緯は、図-1のアスファルト合材製造数量推移を参照して頂くことにする。

2. 合材種類の用途による分化

(1) 常温合材の開発

アスファルト舗装が普及するに従って、ガス管や水道管の敷設跡の埋戻し、ポットホールと呼ばれる道路のひびわれやくぼみの補修などに、少量のアスファルト合材が必要になってきた。しかし、これら少量の合

材を製造するにも、その都度アスファルトプラントを稼働させなければならず、アスファルト合材工場の運営面からみて大変不経済であった。こうした状況の中で、長期保存のきくアスファルト合材として登場したのが「常温合材」であった。

常温合材は、加熱アスファルト合材の製造設備の一部に必要な装置を付加することによって製造が可能であった。この製品は貯蔵がきくので操業の閑散期を活用して製造でき、工場操業度の向上に大きく貢献することになった。一方、購入する側にも、輸送距離や舗設作業時間等が制限されず安心して施工ができ、狭い道路から比較的規模の大きな道路までを舗装できるメリットがあった。

それに加えて常温合材には、従来の加熱アスファルト合材にはない次のような大きな特長があった。①特殊添加剤の働きで、長期保存（特に袋詰の場合）が可能となる。②精選した材料を使用して大量生産するため、品質にムラがなく安心して使用できる。③運搬に便利に必要なときに必要な量だけを使用するので、ロスが少なく経済的である。④現場でそのまま使用でき、手軽にいつでも、どこでも舗装することができる。こうしたことから、やがて水道管・ガス管敷設工事等の掘削跡の埋戻し、信号線の防鼠・防蟻保護、住宅床下

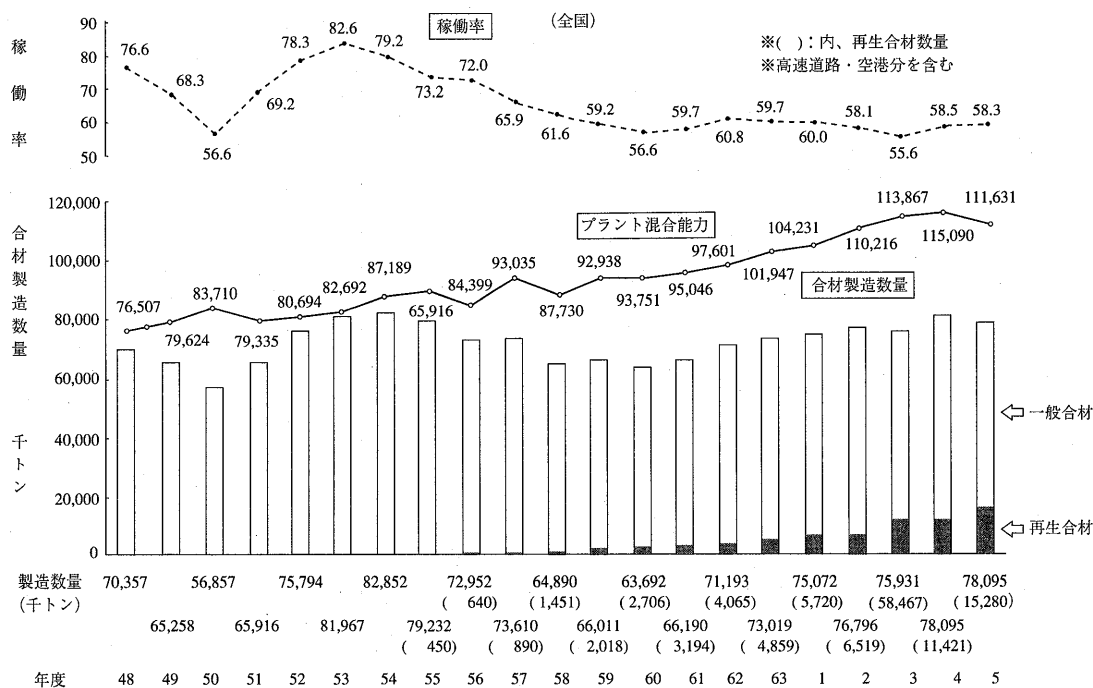


図-1 アスファルト合材製造数量推移

の防白蟻・防湿，家庭の庭先舗装等と，道路の舗装以外にその用途を広げ，それに従って種類も豊富になっていった。製品の出荷形態としては，当初は保存性を考えた袋詰めが主であったが，次第に作業性がよく価額が安いバラ合材（袋詰めでない）が増加することになった。

(2) 改質アスファルト合材の登場

改質アスファルトには，①ゴムや樹脂などの高分子材料をストレートアスファルトに添加したもの，②ストレートアスファルトをブローイング操作したもの，③天然アスファルトをストレートアスファルトに混合したもの，などがある。この中で生産量が最も多く，用途が一般的な①については，「ゴム・熱可塑性エラストマー入りアスファルト」として，現在日本改質アスファルト協会で「改質アスファルトの選定基準および作業基準」の策定作業を行っている。

改質アスファルトが注目を集めるようになったのは，昭和30年代中頃のことであった。当時の舗装はまだ未成熟で，舗装表面に荒れやひび割れが目立った。こうしたことからアスファルトの中にゴムをいれて，接着力，把握力を大きくすることが考えられたのである。アスファルト改質専用のSBRラテックスが国産化されたのを機会に，合成ゴムラテックスのアスファルト舗装への利用技術の確立を目ざして昭和43年に「ゴムアスファルト研究会」が発足した。この努力が実って昭和

50年には，ゴムや樹脂を加えたアスファルトは「改質アスファルト」の総称で特殊材料として認知され，この内のゴム入りアスファルトは，「アスファルト舗装要綱」で標準的な性状が規定されることになった。

これが本格的に舗装工事に採用されるようになったのは，昭和63年の「アスファルト舗装要綱」の改訂で，改質アスファルトの標準的な性状が規定されてからである。この時の規定内容を具体的に述べれば，「プレミックスとプラントミックスタイプを一本化した，」ゴム及び熱可塑性樹脂入りアスファルトの種類を。型（ゴム），「型（ゴム・樹脂系）」として，それぞれの特性に応じた基準を定めたといえるであろう。

これらの改質アスファルトを使用したアスファルト合材は，その特長を活かし，主として橋面舗装を始め重交通路線における耐流動性舗装，積雪寒冷地における耐摩耗舗装および最近では排水性舗装等に用いられている。

(3) 再生アスファルト合材の開発

前述の第1次オイルショックの結果，資源が有限であることが明らかとなり，これを契機に資源再利用の風潮が生まれ，石油を材料とするアスファルト舗装においても，再生アスファルト合材が可能かどうかで各機関が検討に入った。

建設省は昭和51年度の研究課題として，「アスファルト舗装の再生利用技術に関する研究」を取り上げた。

表－1 橋面舗装（車道部）の実績

橋 名 項 目	大三島橋	門崎高架橋	因島大橋	大鳴門橋	伯方大島大橋	瀬戸大橋	生 口 橋
施 工 年 月	昭和54年3月	昭和58年4月	昭和58年7月 昭和58年8月	昭和59年9月～12月 昭和60年3月～5月	昭和62年4月 昭和62年10月	昭和62年6月 昭和62年12月	平成3年8月 平成3年9月
鋼床版上面 の 塗 装	鋼格子床版	厚膜型無機 ジンク 50 μ	無機ジンク 20 μ	厚膜型無機 ジンク 50 μ	厚膜型無機 ジンク 50 μ	厚膜型無機 ジンク 50 μ	厚膜型無機 ジンク 50 μ
鋼 床 版 研 掃 工		4種又は 3種ケレン	1種ケレン	4種ケレン	3種又は 1種ケレン	1種ケレン	1種ケレン
接 着 層	ゴム溶剤	瀝青ゴム系 接着剤	瀝青ゴム系 接着剤	瀝青ゴム系 接着剤	瀝青ゴム系 接着剤	瀝青ゴム系 接着剤	瀝青ゴム系 接着剤
舗装本体 下 層		グース 35mm	グース 35mm	グース 35mm	グース 35mm	グース 40mm	グース 35mm
タ ッ ク コ ー ト		ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤	ゴム入りアス ファルト乳剤
舗装本体 上 層	改質Ⅰ型 40mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 30mm	改質Ⅰ型 35mm	改質Ⅰ型 30mm

具体的には、研究助成金を交付して研究を促進するため、実施業者の公募を行ったのである。研究課題は、！再生加熱混合物を製造するための配合設計法の確立、”再生加熱混合物を製造するための機械装置の開発であった。この研究が昭和52年3月に無事完了し、この成果をもとに、再生アスファルト合材の実用化に向けてさまざまな製造装置が開発されることになる。

初期の段階では、再生アスファルト合材専用のアスファルトプラントの開発に主力がおかれていたが、再生合材の普及につれて、既存のバージンバッチプラントを利用して再生アスファルト合材も生産出来る兼用プラントの研究開発が盛んになってきた。しかし、舗装発生材の量や形態に地域的な差が大きく、再生骨材混入率なども地域によって異なるため、その機種や形式を統一することは難しく、多くのシステムが紹介される結果となった。その代表的なものを挙げれば、①再生骨材を再生専用ドライヤ内に直接投入し加熱するドラムミキサ方式、②再生用ドライヤで再生骨材を加熱し、これに新しい加熱骨材を合わせてバッチ式ミキサで混合する併設加熱方式、③高温に加熱した骨材のなかに常温の再生骨材を直接投入し、その熱で再生骨材を加熱する間接加熱方式、の3つのシステムに集約されるようである。

こうして再生アスファルト合材の生産体制が確立されたことを受けて、平成4年12月には(社)日本道路協会が「プラント再生舗装技術指針」を改訂、重交通の表層への適用が認められるようになった。

再生アスファルト合材の生産量は年々増加し、平成5年度には1,528万tに達し、アスファルト合材全体の2割近くを占めるまでになった。

3. 多様化する情勢への対応

(1) 事前審査制度の制定

これまで述べてきたようにアスファルト合材の工場販売体制が確立し、設備の大型化・自動化により生産管理が進んで品質が次第に安定してくるようになった。そこで、これまで工事単位で行っていたアスファルト合材の品質管理に関する基準試験等を合材工場における事前審査により認定し、そのアスファルト合材をその合材工場から出荷することを前提に省略する「事前審査制度」の創設が望まれるようになってきた。

こうした業界の要望を受けて、平成4年度の「改訂アスファルト舗装要綱」では、アスファルト合材の試験及び品質管理について、①基準試験のうち、材料試

験及び配合試験については、試験成績表をもって試験の実施にかえることができる、②アスファルト合材の品質については、アスファルト混合所を単位とする日常管理データを用いる方法がよい、③粒度及びアスファルト量の品質管理は工事の規模にかかわらず、印字記録の結果を利用して管理していくことが望ましい、④定期試験を実施しているアスファルト混合所においては、その試験結果をもって試験の実施にかえることができる、という合理化・省力化に向けての積極的な改訂が行われた。

これより数年前から、試験的に数々の事前審査についての試みがなされていた。具体的には、昭和63年度に建設省北陸地方建設局では事前審査制度を実施し、平成3年度からは建設省道路局が「アスファルト混合物の製造管理に関する検討委員会」を設置して検討に入った。そして、関東地方建設局では、平成6年4月から千葉県地区において、建設省直轄事業等で施行することにし、その第三者機関として(財)道路保全技術センターを指定した。

その事前審査制度の概要は、以下のとおりである。

- ① アスファルト混合物製造業者から申請のあった混合物を審査・認定する審査機関（関東地方建設局の場合は前述の(財)道路保全技術センター）の中に審査委員会を設ける。
 - ② 認定にあたって基準試験等は、申請にあわせ提出された供試体の試験を指定試験機関（審査委員会が指定した公的試験所）が行い、認定にあたって混合物の品質を確認する。
 - ③ 審査委員会に立入調査部会を設け、立会審査（申請時の供試体のサンプリングの立会、混合所の設備等の調査）、立入調査（認定後混合所に立入り、混合所の設備、品質管理の状況等の調査）を行い、混合所の品質管理状況をチェックする。
 - ④ 認定を受けた混合物は、認定から1年間を有効期間とする。
 - ⑤ 認定を受けたアスファルト混合物を使用する工事は、事前審査の認定書の写しを監督職員に提出することにより、従来の工事毎に行われていた配合設計、基準試験、試験練り等の作業はその都度実施せず、本制度により省略できることとする。
 - ⑥ 日々の混合物の製造にあたっては、アスファルト混合物製造管理指針（案）による混合物製造者の自主管理による。
- 建設省では、この試行を成功させて、対象地域を

徐々に拡大していくことにしている。だが、ネックになるのは、アスファルト合材の種類が多すぎることである。しかし、これも地域ごとに統合をはかることである程度は解決でき、ここ数年で新制度に移行できるものと思われる。

(2) トラックの過積載取締りの強化

自動車はその重量が増すに従って、ブレーキをかけたときの制動距離が長くなり、またカーブの際に横転する危険性が増し、交通事故につながる恐れがあることが指摘されている。こうしたことから、平成5年度の「道路交通法」の改正では、平成6年5月からダンプトラック等による車検証記載の最大積載量を超える、いわゆる「過積載」についての規制が強化された。その改正内容は、①過積載車両に対する警察官の措置の新設、②過積載に対する罰則の強化、③車両の使用者、荷主、荷受人等に対する措置規定の整備等であった。

この過積載の規制強化は、骨材の大部分をトラック輸送にたよっている合材業界にとっては大きな問題であった。改正法実施以降、ダンプトラックの積載量が減少し、骨材の出荷量は激減して輸送コストの増加に伴う値上げは必至の状況となった。関東の例を挙げれば、栃木県葛生砕石の5月出荷量は、前月比50%の減となっている。アスファルト合材製造販売業者のなかには、長期的な展望にたって海上輸送の検討を始めたところも出てきた。

こうした骨材価格の高騰はタイムラグはあるものの、やがては工事費の見直しとなって吸収されるとしても、トラック1台の積載量が減った分だけ台数が必要となり、ダンプトラックの不足は当面深刻な問題となった。まず最初に建設各社の廃材処理や資材の運搬に直接の影響が出始め、各アスファルト合材工場では運搬用のトラック確保を地方に求めて奔走することになった。こうした事態が一応の終息を迎えるのは、本年の夏以降になるものと思われる。

おわりに

これまで順調に推移してきた道路舗装業界も成熟期に差し掛かり、一つの転機を迎えつつある。第11次道路整備5箇年計画の主要テーマは従来の舗装一辺倒ではなく、生活大国を目指した「ゆとり社会」の実現にあると規定したことも、その一つの表れである。これを字義通りに解釈すれば、道路建設は都市景観の創造、高齢者・障害者への配慮、歴史的景観の保存等環境形成にあることになるであろう。しかし、高速道路を中

心にした幹線ネットワークの充実、環状道路・バイパスなど都市とその周辺部に通じる道路の整備、鉄道・空港・港湾へのアクセスなどを求める声もまた強いのである。だが、社会が、その方向を向いているのは間違いない事実である。

こうした状況に対処して、アスファルト合材は今後益々多様化の道をたどることが予想される。自然と調和した道路空間の形成ともなれば、環境創造への支援や公共交通機関との輸送分担等が必要となり、こうした特殊な機能や構造を持つ舗装の要請に応えるためには、半たわみ性舗装、ゲースアスファルト舗装、ロールドアスファルト舗装、排水性舗装、フォームドアスファルト舗装などが考えられる。そして、これらのアスファルト合材を製造するにあたっては、特殊な条件を克服するために解決を迫られるさまざまな課題が生じてくることが予想される。

この原稿を執筆中、平成7年1月17日に淡路島北端を震源地として死者5千人を超える阪神大震災が発生した。刻々と報じられる報道をみていると、これらの災害復旧に道路の果たす役割の大きさが実感される。なかでも、アスファルト舗装は補修が簡単で、施工後すぐに交通に解放されるので、舗装施工の原点をみる思いがした。今後の道路舗装は長寿命化を目指した高耐久性舗装の台頭が予想され、それに明色舗装・着色舗装、滑り止め舗装などが増えるであろうが、アスファルト合材に変わる新たな材料は当分現れないことを確信した次第である。

～ 石油開発 ～

読者の皆様は、「メジャーといわれる国際石油資本は、アップストリームからダウストリームまで一貫操業体制を確立しているが、日本においては両者が分断された形で推移してきている……」といった表現を目にされたことがお有りかと思います。

地中から採り出された原油が製油所に運ばれて、各種の精製工程を経て消費者に渡るまでのプロセスを一連の流れとしてとらえ、原油の探鉱・開発・生産に関する部分をアップストリーム、それ以降の精製・輸送・販売に関する部分をダウストリームと呼んでいます。今回はアップストリーム部門に関するテーマをとり上げてみました。

なお、上述のように探鉱・開発・生産といった場合の「開発」とは油田発見後生産開始に至るまでに必要な原油を汲み上げるための井戸の掘削、生産のために必要な施設や積出施設の建設などの段階を指すのですが、単に石油開発と言うときの「開発」はもっと広義に使われることが多いようです。

近代石油開発の嚆矢とされるエドウィン・ドレークによる石油の掘削は、1859年、アメリカはペンシルベニア州タイタスビルにおいてでした。彼は石油が滲み出ているような地面に目星を付け、ボーリングを行い石油を掘り当てました。この時の井戸の深さは約70フィート、生産量は日量30バレルで、現在から見れば実に小規模なものでした。当時は石油は土からの滲出物との考えが強かったようで、ボーリングして汲み出すという考えはまったくの少数意見だったようです。ドレークの成功の裏には当時アメリカにおいて、岩塩を採取するためにボーリング技術が発達していたことが挙げられます。

それでは現在の石油開発に目を転じてみましょう。

〔探鉱〕

有望と判断された地区に鉱業権を取得すると（ここでも大変ですが）その地域の広域地質調査を行います。このための手段として主要なものに、磁力探査、重力探査、地震探査があります。磁力探査、重力探査は重力や磁力を測定して地下構造を推定するもので、広範囲を短期間に探査可能という特長があります。

さらに有望地域を詳しく探査するために地震探査が広く行われています。地震探査は、人工的に起こした

微弱な地震による地震波の伝達の仕方を調べることによって、地下構造を把握するものです。地震波の発生と反射波の測定は延長数千kmに及ぶこともあり、膨大なデータ処理のためスーパーコンピュータが駆使されます。地震探査の震源は陸上ではダイナマイトとパイプレーターが多く用いられ、海上ではエアガンが主となっています。

これらの探査結果に基づき試掘ポイントを決定し、実際に試掘して、幸いに油層を発見することができれば油田としての評価作業に入るわけです。試掘によって油層を発見する確立は10%程度、採算性ありとして商業生産までいく確率は2%程度といわれています。

〔掘削〕

掘削は石油の探鉱から生産に至る各段階で行われます。現在行われている掘削方法はロータリー式と呼ばれるもので、長さ9m程のパイプ（掘管）を接続した先端にビットという掘削用の刃を取り付け、地上で掘管を回転させビットのドリリング作用で掘り進むものです。ビットによって破碎された岩石屑は、ビットの先端から噴出し掘管の外側を通して上昇してくる泥水によって坑井外に運び出されます。この岩石の掘り屑から地下の情報を得ることができます。掘削工程において、泥水は掘り屑の排出のほかにも坑内の圧力バランスを保つ作用、ビットの冷却作用など種々の重要な働きをしており、増粘剤、加重剤などを加えて性状を調整されています。

掘削深度が進むにしたがって、掘管を継ぎ足していきます。またビットは途中で何回も交換する必要がありますから、その度につないで長くなった掘管を揚げ下げすることになります。このために高い櫓を組みます。掘削が進むと井戸を保護するためにケーシングパイプを挿入し、ケーシングパイプと坑壁の間にセメントを入れて固定します。一度ケーシングパイプを入れると以後はより径の小さいビットで掘削していくことになります。（図-1）

油層が見つかったと油層部分にもケーシングを行い、後にこの部分のケーシングに火薬で孔を開けます。最終的にはケーシングの内側にチュービングパイプをセットし、地上にクリスマスツリーと呼ばれているバルブ類や計器類の組み合わせからなる坑口装置を組みま

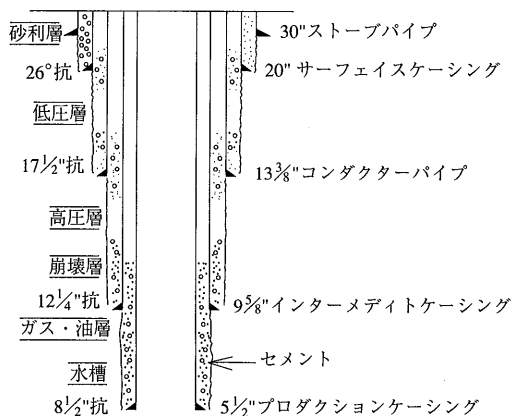


図-1 ケーシング計画の一例
(石油学会編“新石油事典”より)

す。石油はこのチュービングパイプを通して生産されます。地下数千メートルまで苦勞して掘った油井であっても、地上で見ることができるのはこのクリスマスツリーのみとなります。(図-2)

掘削技術は大変進歩しており、掘管を回転させずにビットだけを泥水の圧力により回転させる技術やビットを予定方位に向ける制御技術の発達によって、傾斜掘りや水平掘りも行われています。

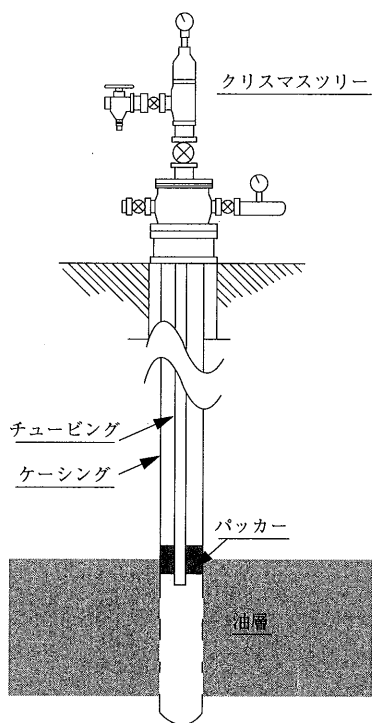


図-2 石油井戸の模式図

最近では、海洋における石油開発も盛んに行われ、海洋油田からの石油の生産量は20数%に達し、この割合は今後さらに増加するものと予想されています。

〔二次回収、三次回収〕

原油が油層自身の圧力、あるいはポンプなどが採油できるまでを一次回収といいます。一次回収の回収率は原始埋蔵量の20～30%といわれており、この回収率を高めることは石油開発上大変有利なことです。

そこで採油井とは別に掘った井戸から、ガスや水を圧入して原油を押し出す方法を二次回収といい、水を用いる方法が一般的で水攻法と呼んでいます。

三次回収とは圧力による方法だけでは回収困難な残りの原油を回収する場合を指し、水蒸気を送り込むなどの方法で加熱し流動性を高める熱攻法、界面活性剤によって原油の分離を促進するケミカル攻法などがあります。三次回収法のことを増進回収法(EOR: Enhanced Oil Recovery)とも言いますが、最近では生産の初期から上述の二次回収法を適用することもある、二次・三次という表現が適当でない場合もあり、二次・三次の区別をせずにこれらを増進回収法と呼ぶ場合も多いようです。

〔世界の大油田〕

それでは最後に大油田について一言。

埋蔵量50億バレル以上の油田を超巨大油田、5億バレル以上の油田を巨大油田といっていますが、世界最大の油田は1948年に発見されたサウジアラビアのガワール油田で究極可採埋蔵量実に820億バレル(130億kl)、油田の規模は長さ255km、幅約20kmといわれています。わが国の主要輸入原油であるアラビアンライト原油はこのガワール油田からのものが中心となっています。第二位は1938年に発見されたクウェートのブルガン油田で究極可採埋蔵量750億バレル(120億kl)です。第三位の油田の埋蔵量が300億バレル台ですから上記二油田が両横綱と言えましょう。

—参考文献—

- 1) 石油工業連盟, 1993, “石油開発技術のしおり”
- 2) 猪間明俊, 1993, “新編 石油開発の技術” 石油文化社
- 3) 手塚真知子, 1990, “石油の素顔”, 裳華房
〔室賀五郎, 三菱石油(株)開発研究所〕

「第4回道路および空港舗装の支持力に関する 国際会議」の論文抄録

“4th International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields”

今回の研究報告は、1994年7月17日から21日に米国のミネソタ州ミネアポリスで開催された第4回道路および空港舗装の支持力に関する国際会議の発表論文の抄録である。発表論文は、全110編約1,800ページであり、舗装各層の弾性係数の逆解析、たわみ測定、舗装設計、環境の評価、材料、オーバーレイの設計、舗装の供用性、舗装の評価の8章から構成されている。今回の抄録は、これらのうちボリューム1の舗装各層の弾性係数の逆解析、たわみ測定、舗装設計、環境の評価に関する52編の抄録を紹介する。今回報告する論文

は、非破壊で舗装構造を調査する装置としてFWDに関するものが多く、他の静的なたわみ測定装置等との比較に関するもの、FWDの測定結果から舗装各層の弾性係数の逆解析に関するもの、FWDの測定値に影響する因子として温度や環境条件との関係から測定精度を検討したもの、FWDの測定結果の設計への利用に関するものが大半を占めている。

なお、残りの論文については、7月号で紹介する予定です。

(研究グループ代表幹事：峰岸順一)

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

* は班長 **は副班長

峰岸 順一 東京都土木技術研究所技術部

阿部 長門 東亜道路工業(株)技術研究所
飯田 健一 鹿島道路(株)技術研究所
池田 和則 世紀東急工業(株)技術研究所
伊藤 達也 ニチレキ(株)技術研究所
遠藤 桂 日本道路(株)技術本部技術研究所
岡藤 博国 世紀東急工業(株)技術部
小笠 幸雄 大林道路(株)技術管理部
小林 正利 福田道路(株)技術研究所
金井 利浩 鹿島道路(株)技術研究所
川端 浩平 日本舗道(株)技術研究所
北沢 弘明 ニチレキ(株)総務部
黒田 智 日本舗道(株)技術研究所
小関 裕二 大林道路(株)技術研究所
佐々木 巖 建設省土木研究所材料施工部化学研究室
佐藤 雅規 世紀東急工業(株)技術研究所

島崎 勝 大成ロテック(株)技術研究所
**菅野 伸一 常盤工業(株)技術研究所
杉内 正弘 飛鳥道路(株)技術研究所
**鈴木 秀輔 大成ロテック(株)技術研究所
鈴木 康豊 (株)パスコ道路技術センター
高橋 修 長岡技術科学大学建設系
田中 秀明 東亜道路工業(株)技術研究所
* 谷口 豊明 大林道路(株)技術研究所
深沢 邦彦 大成ロテック(株)技術研究所
**増山 幸衛 (財)道路保全技術センター関東支部
水口 浩明 前田道路(株)技術研究所
水野 卓哉 福田道路(株)技術研究所
* 南沢 輝雄 (株)パスコ道路技術センター
村田 信之 日本舗道(株)企画部
森久保道生 昭和シェル石油(株)東京支店
* 吉村 啓之 前田道路(株)技術研究所

計 32 名

(1)著者名 (2)原文題名 (3)ページ (4)和文題名(抄訳者名) (5)論文概要

(1) Hide, H. and Parker, N. (アメリカ)

(2) The Economic Implications of Bearing Capacity

(3) pp.1~18

(4) 支持力の経済的関連性

(峰岸順一)

(5) 道路および空港の支持力は、人や物の流通のトータルコストに直接重要な影響を与える。このトータルコストには、建設コスト、維持コスト、ユーザコストが含まれ、支持力の変化はユーザコストに影響を及ぼす。高速道路の場合ユーザコストは、トータルコストの90%を超える。本文では、この影響を道路および空港の初期建設基準、維持、ユーザコストの相互作用をとおして調べた報告である。適切な初期支持力が得られるかどうかで、トータルコストへの影響が大きいとし、支持力が適切な値以上や以下であった場合の経済的損失について調査している。道路および空港の破損によるユーザコストの増加は、経験的に供用可能期間の予測に関する研究から導きだされる。そして、道路および空港の早期の破損を避けるため高い支持力とすることが、真に経済的であるかどうかについて問題提示されており、舗装技術者は、最小限のコストで最大限のサービスを提供するために重要な役割を果たさねばならないとしている。支持力とトータルコストの関係を経済性の面から検討する際の参考となる。

(1) Irwin, P. E., (アメリカ)

(2) Practical Realities and Concerns Regarding Pavement Evaluation

(3) pp.19~46

(4) 実用的な舗装の評価方法と現状

(阿部長門)

(5) この論文では、材料特性の違いや季節変動および室内試験方法や現場試験の手法を述べている。また、室内試験に基づく予測値と現場測定値の比較検討を行っている。

材料特性の違いや季節変動の検討は、追跡調査区間のデータを用いて内側と外側の車輪通過位置でFWDによる測定を実施している。この結果、外側と内側の車輪通過位置で計算した必要オーバーレイ厚さは、2~4cm異なっている。これより、外側車輪通過位置のデータのみで設計を行うと、内側で安全側となる。季節変動は、凍結地域と一般地域の差はあるものの年単位の違いは少ない。これより安全側で設計をするならば、融解期や雨期の弾性係数で設計すればよい。

室内試験における材料の弾性特性値の算定には繰返し三軸圧縮試験が最もよく適合しており、材料の応力依存(非線形)性を考慮することができる。Mrの算定モデルは、材料により主応力 σ_1 と σ_3 の偏差応力 σ_d を選択し、材料係数 K_1 , K_2 を使う。このモデルでは、両対数グラフよりも片対数グラフの方が他の関係と一致度が高い。

4層系の舗装構成でFWDによるたわみを使って4種類の逆解析プログラムの比較を行った結果、上層路盤の弾性係数の13%に比べアスコン層では37%の違いがある。もしこの計算結果を用いてわだち掘れ予測を行うと、基準値までに達する期間の差は36%になる。それぞれの計算プログラムの応力依存を受けている粒状路盤の算定モデルが異なっているが、どの計算手法がもっとも現地の状況をあらわしているかの検討が更に必要であると考えられる。

(1) Molenaar, A. A. A. (オランダ)

(2) State of the Art of Pavement Evaluation

(3) pp.1781~1801

(4) 舗装の評価方法(技術)について

(飯田健一)

(5) 現場における舗装の評価としては、ベンケルマンにより提唱されたベンケルマンピークによる舗装のたわみ測定以来、様々な国において多くの評価方法が開発されてきたが、近年では、多くの機械・コンピュータプログラムの利用により、舗装寿命の予測あるいは維持修繕工法の選定にあたり、舗装技術者にとって役立つものとなった。本報文は、舗装の変形量(たわみ量)の測定、弾性係数の逆解析手法、舗装材料の試験方法、舗装寿命の算出・オーバーレイ工法の設計が紹介されている。現在用いられている幾つかの手法も解説されており、さらに舗装評価の調査結果の利用方法についての提言もされている。

本報文は、現場における舗装の評価手法についてのガイドブック的なものであり、変形量の測定から舗装寿命の算定・修繕工法の提唱まで一連の流れをつかむ上で有効なものである。

1. Backcalculation of Layer Moduli 舗装各層の弾性係数の逆解析

(1) Alexander, D. R. and Barker, W. R. (アメリカ)

(2) Backcalculation of Material Properties Based on Non-Linear Material Behavior

(3) pp.47~60

(4) 非線形な材料の挙動に基づいた材料特性の逆解析

(池田和則)

(5) 近年、舗装の材料特性は、非破壊試験や線形弾性解析で評価されている。最も一般的な試験法は、FWDである。FWDでは、円形の載荷板を通じて衝撃荷重が舗装上に載荷され、舗装の表面たわみ量がさまざまな距離で測定される。また、正確に測定された表面たわみ量を用いて層係数の逆解析が行われる。本論文は、有限要素法を用いた非線形な舗装材料のパラメータに関する逆解析プログラムについて述べたものである。

本逆解析プログラム2DBは、舗装の層係数に依存する非線形な応力を決定するために開発され、FWDによって生じた表面たわみや双曲線的な応力とひずみの関係を用いて非線形な材料パラメータを逆解析している。これらの解析結果が空港におけるたわみ性舗装と剛性舗装でそれぞれ示されている。

このプログラムによって、密着した層におけるそれぞれの材料の合理的な係数が求められる。線形弾性解析手法で求めた1つの層係数が、1層を代表するのに対し、ここで求められる路盤や路床の層係数は、層内において垂直および水平方向に変化し、係数範囲が幅広く存在している。このプログラムを使用すれば舗装が最も現実的にモデル化されると述べている。

わが国においてもFWDの研究が盛んに行われ、さまざまな逆解析プログラムが開発されつつあり、参考になる文献であると思われる。

(1) Hossain, M., Zaniewski, J. and Rajan, S. (アメリカ)

(2) Back Calculation of Pavement Layer Moduli Using a Nonlinear Optimization Technique

(3) pp.61~76

(4) 非線形の最適化手法を用いた舗装各層の弾性係数の逆解析法

(伊藤達也)

(5) FWDにより測定した舗装のたわみ量を用いて各層の弾性係数を推定する場合、その手法は、測定したたわみ量と有限要素法や多層弾性理論等から求める計算上のたわみ量とがより一致するような各層の弾性係数を見つけだす逆解析法が一般的である。その方法論はさまざまな研究者によって開発されている。ここでは、その一つとして非線形な最適化手法を用いた逆解析法として、①Linearization法、②Feasible Directions法、③Gradient Projection法の3手法があり、ここでは④Feasible Directions法を用いている。

この逆解析法は、ADAMと呼ばれるコンピュータプログラムに組み込まれており、3~6層の舗装に適用できる。実際にアリゾナ州の13箇所で測定されたFWDによるたわみ量を用い、ADAMで求めた弾性係数は、アリゾナ交通局で使用されている既存の逆解析プログラムBKCHEVMで推定したものより、順解析を繰り返して得られたものに近い結果となった。

(1) Ioannides, A. M. and Khazanovich, L. (アメリカ)

(2) Backcalculation Procedures for Three-Layer Concrete Pavements

(3) pp.77~92

(4) 3層構造のコンクリート舗装における逆解析手法

(遠藤 桂)

(5) 3層構造のコンクリート舗装の2つの逆解析問題について考察している。1番目のモデルは弾性層の上に版が施工された場合、2番目は両方の層が版として挙動する場合である。この逆解析手法はパーソナルコンピュータの表計算ソフトで実行可能である。この手法は等価厚さの概念に基づいており、実際の舗装を等価2層構造に変換する。元の3層構造に対するパラメータは等価厚さの概念から引き出される式を利用して、粒状路盤上のスラブモデルの逆解析の結果から得ることができる。本来は現場たわみ測定からの情報だけでは不十分であり、層間の接着具合や弾性係数比の情報が必要であることになるが、この手法で現実的なスラブの弾性係数を評価することができるとしている。なお、SHRPで収集されたデータがこの目的のために使用されている。

- (1) Hurtgen, H. and Straube, E. (ドイツ)
- (2) Theoretical Analysis of Falling Weight Deflectometer Measurements and their Interpretation
- (3) pp.93～108
- (4) 「FWDでの測定と解析に対する理論的な分析」

(大竹和彦)

- (5) FWDは20年もの間、動的なたわみ測定試験機として使用されており、FWDによる試験結果は、舗装の残存寿命の予測や、舗装の維持・修繕の設計に用いられてきた。しかしたわみデータの解析に関しては多くの問題が指摘されていた。

多層弾性理論において、材料は線形弾性特性として考えるが、実際アスファルト混合物層は粘弾性体であり、粒状層は、非線形弾性特性を示す。そこでFWDでの測定と解析に対する理論的な分析を行い、検証することになった。

FWDにより異なった性状の層の動的なたわみデータの分析を行う際には、単純化した載荷条件において分析を行うのが一般的である。粘弾性の2層系モデルの場合や、第1層目が粘弾性体で第2層目が弾性体のモデルの場合においては解析は容易であるが、静的な弾性モデルの場合には、 E_{eff} (effective modulus)を用いることにより解析が可能であるとしている。

本報告では、多様な舗装構造と載荷条件より、発生するたわみ波形や各層の弾性係数の解析を行うにあたり、理論的な解析手法の検討を試みている。また、たわみ測定時における種々の影響（慣性・減衰）に関しても検討を行っている。載荷モデルが解析結果に与える影響を考察するうえでは参考となる報告である。

- (1) Yue, Z. and Svec, O. J. (カナダ)
- (2) Effect of Vertical Non-Homogeneity in Pavement Structural Layer Moduli on Non-Destructive Evaluation
- (3) pp.109～122

- (4) 変形係数の深さ方向の不均一性が非破壊評価に及ぼす影響

(岡藤博国)

- (5) 通常、舗装モデルの解析の条件として各層内は構造的に均一であると仮定する 경우가多いが、実際の構造は必ずしも均一でない。この論文は、深さ方向の構造的な不均一を変形係数の変化で表わし、舗装の評価に与える影響について調べたものである。

解析は、各層の弾性材料の特性が均一と仮定した多層弾性モデルと深さ方向で不均一と仮定した多層弾性モデルを用いて行われている。各層の変形係数はレジリエント係数の加重平均やたわみ形状からの逆解析を利用しており、各層の不均一性を表わすための変形係数の変化は、線形的に変化するものとランダムに変化するものが、それぞれ深さの関数で表わされている。非破壊試験であるFWDと関連付けるために、これらの変形係数とコンピュータプログラムVIEMを用いてたわみ形状を求め、比較している。

舗装の構造的なパフォーマンスが3つのタイプの変形係数により、表面たわみ、アスファルト層下面の引張りひずみ、路床上面の圧縮ひずみ、圧縮応力について深さ方向の関数として示され、舗装の評価に用いられている。

その結果、深さ方向に不均一な舗装構造に対しては、加重平均により求めた変形係数よりも逆解析によって求めた変形係数の方が舗装全体の挙動を評価するのに適していることや各層の材料特性の局所的な変化によっても影響を受けることが示されている。

非破壊評価であるFWDにより舗装の構造評価を行う上で各層の変形係数の考え方の1つとして参考になると思われる。

- (1) Mork, H. (ノルウェー)
- (2) Backcalculation of In-Depth Deflection Measurements with Linear Theory and Stress Dependent Material Models
- (3) pp.123～138
- (4) 舗装体内の垂直変位測定結果に基づく逆解析

(小笠幸雄)

- (5) 本論文は、舗装の構造評価手法として通常使用されている舗装表面のたわみ形状から多層弾性理論の逆解析による手法に対して、新しい弾性体モデルを作成し、舗装体内に生じる変位に対する計算結果と測定結果がよく一致したケースの紹介である。

舗装試験ヤードには、深さ方向の各所にLVDTを設置し、たわみ測定にはダイナフレクトやFWDを利用している。載荷荷重に対する水平方向の測定位置をいろいろと変化させながら、舗装体内の深さ方向で垂直変位を測定している。測定結果の解析には、CHEVRONを使用した逆解析による舗装体各層の弾性係数およびILLI-PAVE有限要素プログラムによる弾性係数から求められる応力が利用されている。また、本論文では線形解析と非線形解析の比較も行っている。

通常のモデルによってはシミュレートできないものを、この新しい弾性体モデルでは、舗装体内の垂直変位の計算結果と測定結果がよく一致するとしている。

舗装の表面たわみ形状から舗装の構造評価を行うケースは、日本をはじめ各国で実施されているが、舗装体内の垂直変位を測定することにより、さらに綿密な解析モデルを考案したことは、今後の舗装構造評価手法の開発の参考になる。

- (1) Peter Pooh S. H., (北アイルランド)
(2) In-situ Evaluation of Pavement Structures Containing Discontinuities Using Deflection Techniques
(3) pp.139~165

(4) たわみ測定技術を用いた、不連続部を含む舗装構造の現場における評価 (金井利浩)

- (5) パッチングや開削・埋め戻し、拡幅といった不連続部を含むアスファルト舗装の構造解析には連続体を仮定した多層弾性理論を適用することはできない。著者らは、有限要素法(FEM)を用いてこのような不連続部を含む舗装の応答を逆解析するとともに供用性の調査・予測を行ない、それらを基にした舗装の補修ならびに管理システムの確立を目指している。

研究の一例として、一般道に異なる幅で開削・埋め戻しを行った3つの試験工区を設け、それぞれに圧力セルやひずみゲージなどの計測器を埋設して、定期的にFWDなどの非破壊試験や縦横断の平坦性試験を実施することにより載荷荷重に対する舗装の応答と供用性を測定・解析した事例が紹介されている。

それによれば、逆解析で得られる路床、路盤の弾性係数は埋め戻し後により低下していること、また埋め戻し部分に近接する舗装体ではわだち掘れの増加率がそうでない部分に比べ2倍程度大きいことなどから、限られた条件下ではあるが、埋め戻しによる不連続部の導入により舗装の寿命が18~25%低減するとしている。また、著者らはこのような寿命の低下を抑制するには、適切な開削・埋め戻し幅を設定するなど、施工技術を向上させ、埋め戻し用に高品質材料を使用することが重要であると提唱している。

本報は、地下埋設物設置のための開削・埋め戻しが多い日本の都市道路の舗装マネージメントを考えるうえで参考となる報告である。

- (1) Simonin, J. M. and Köbisch, R. (フランス)
(2) Automatic Fitting of Model Using Surface Deformability Measurements
(3) pp.167~182

(4) 舗装の構造解析における逆解析手法について (川端浩平)

- (5) フランスでは、30年来にわたり、舗装の構造解析または維持修繕の必要性の評価のためにたわみ量測定の結果が使用されている。測定されたたわみ量から実際の舗装の構造解析を行うには、逆解析が用いられるが、本論文では、各種の逆解析手法を比較し、その適用性について評価している。

たわみ量の測定には、ラクロアデフレクトグラフを、逆解析の計算にはLCPC開発のZEPHIRを使用している。解析モデルとしてバーミスタの3層モデルを用いている。また、解析のパラメータとして曲率半径、最大たわみ、たわみ影響面積(距離方向のたわみ量を示すグラフ上でのたわみ曲線とX、Y軸に囲まれる面積)を用いている。なお、曲率半径は、表層の弾性係数に影響され、最大たわみ及びたわみ影響面積は、路床の弾性係数を決定するのに用いられる。

検討された解析アルゴリズムは、ノモグラフ法、二分法、Nested Cubes法および勾配法である。このうち勾配法を除く三法は、内挿法を使用する。

比較検討の結果、ノモグラフ法と勾配法が实际的であるとされた。ノモグラフ法は、多くの計算手順を必要とするが、他の解析ポイントにも再適用可能であり、多くのポイントで解析を必要とする場合に適している。また、勾配法は計算手順の再適用はできないが、手順自体は少なく済み、ある特定の地点での研究などに適している。

我が国においても、逆解析を用いた舗装の構造解析手法について研究が重ねられているが、参考になる報告と考えられる。

- (1) Vuong B. T. (オーストラリア)
(2) Evaluation of Back-Calculation and Performance Models Using a Full Scale Granular Pavement Tested with the Accelerated Loading Facility (ALF)
(3) pp.183~197

(4) ALFによる載荷試験と逆解析の評価 (北澤弘明)

- (5) 本論文では、再配置が可能な荷重設備で調整された輪荷重を実際の舗装に載荷する促進試験機(ALF)による試験の結果と逆解析による粒状材の評価および供用性モデルについて述べられている。

本研究では、筆者の考案による舗装解析手法(NONCIRL)と逆解析の手法(FORMD2)を使用し、荷重位置、荷重の水平力、載荷履歴、環境と路面の状態なども考慮し、またFWD試験とベンケルマンビームによって測定された舗装のたわみのデータと室内での三軸圧縮試験で得られたデータで解析を補っている。

FWDとベンケルマンビーム並びに室内試験による荷重と層係数の関係と、荷重と限界疲労寿命の関係がそれぞれ比較

されており、上層路盤係数の逆解析の大きな誤差の為に、AUSTRODSの路盤ひずみ基準が導いた限界疲労寿命の予測には大きな誤差があることが判明した。わだち掘れ量による予測は層係数の逆算における誤差に敏感でないため、舗装構造評価においては、限界疲労寿命の予測よりも交通量の増加にともなうわだち掘れ量の予測を行うことがより有用であると述べられている。

これに基づいて、AUSTRODSの路盤ひずみ基準より適切なわだち掘れ量のモデルが示されている。

(1) Gurp, C. V. (オランダ)

(2) Effect of Temperature Gradients and Season on Deflection Data

(3) pp.199～214

(4) 温度勾配と季節の変化がたわみ量に与える影響

(久保知裕)

(5) FWDで測定を行う場合、アスファルト層のスティフネスは載荷時間や試験温度の影響を強く受けるため、たわみやスティフネス係数は、温度補正しなければならない。しかし、舗装体の温度に関するデータは不足しており、様々な深さの温度データから導いた加重平均温度があればたわみ量への換算にも利用できるとしている。

本研究の目的は、たわみ量や層係数の変化と温度、季節、材料の特性の変化の間に意味のある関係を見いだすというだけでなく実際の道路管理に役立つようにすることである。すなわち、温度や季節の影響を簡単に評価する方法を開発することである。

たわみとスティフネス係数の変化はFWDで測定し、含水量や地下水の水位は定期的に記録した結果、約60カ所の測定箇所ですべてのまったく違う変化のパターンが確認された。変化の原因を調査すると、全て温度に関わっていることがわかった。様々な深さで記録された温度から舗装体の温度分布を考慮した補正方法が必要となり、路床の強度の季節による変化を予測するシステムが開発された。この結果は、ほとんど凍結することのない温暖な海洋性気候下で適用できるとしている。

この研究は温度とたわみ量の関係を測定しただけではなく、実際に道路管理に使用可能な舗装体温度とたわみ量のシステムを作った点にも意味があり興味深い。

(1) Nishizawa, T., Himeno, K., Maruyama, T., and Saika, Y. (日本)

(2) Comparison of Static and Dynamic FEM Analyses in Connection with backcalculation of Pavement Layer Moduli Based on FWD Deflection Data

(3) pp.215～228

(4) FWDによるたわみに基づく静的及び動的FEM解析による舗装各層の弾性係数の比較

(阿部長門)

(5) 近年、舗装各層の弾性係数を求めるための逆解析プログラムが数多く開発されてきた。しかしこれらの多くは、静的多層弾性解析に基づくものである。FWDは錘を落下させ、その時のたわみを測定する動的なたわみ試験機である。それゆえに、舗装の動的な反応を考慮したFWDによる測定データの逆解析手法が必要である。3種類のフルスケールの試験舗装を構築し、FWDでたわみを調査するとともに路面に加速度計を設置し、動的な測定結果と静的及び動的FEM解析による変位と加速度の比較を行なった。動的FEM解析では、速度に依存するレイリー(Rayleigh)のダンピング定数を考慮し、荷重波形にはFWDの波形に類似した $\sin^2$ 波を用いた。

FWDの動的たわみのピーク値で逆解析を行ない得られた弾性係数を用いて、速度に依存する減衰項を考慮せずに動的たわみと加速度を算定すると、FWD測定で得られた動的なたわみや加速度とは多少異なる。そこで、ダンピング定数を考慮すると測定値と計算値の動的たわみと加速度がほぼ一致する。

これより、FWDによるたわみのピーク値のみで各層の弾性係数を推定する場合には、静的解析と動的解析で得られる弾性係数の相違は少なく、たわみ曲線もほぼ一致する。しかし、動的たわみ波形の計算値と測定値を一致させるには、位相差や地盤の減衰を考慮したダンピング定数を求める必要がある。これらの結果、FWDによる弾性係数の逆解析には、アスファルトの粘性が重要なファクターとなっている。

(1) Leykauf, G. (ドイツ)

(2) Back Calculation of Longterm Deflections on Asphalt Pavements and Overlay Design

(3) pp.229～244

(4) アスファルト舗装の長期間のたわみ測定及び逆解析とオーバーレイの設計

(佐々木蔵)

(5) ドイツにおける舗装の構造設計は、大型車交通量によって規定される交通量区分に応じ仕様の表中から層厚を求めることによって行っている。そこで本報では、長期間にわたるたわみ解析と多層弾性理論による評価を通してオーバーレ

イの設計方法を検討している。

セメント安定処理路盤を含む3種類の舗装構造について、1967年から20年以上にわたり測定を行っている。たわみ測定は、当初は100kN一軸ダブルタイヤによるベンケルマンビームを用いて行い、後にBASiによって開発された自動測定車を用いている。層厚は車輪通過部分から100mおきに採取したコアから測定した。

そして線形多層弾性理論(BISAR)を用いてたわみ量を求めるための解析をし、比較を行っている。解析には、50kNの円形載荷ばかりでなくダブルタイヤを模した25kN×2の載荷条件と、採取したコアをもとにミュンヘン工科大学で試験した材料データを用いている。

これらの調査解析結果からアスファルト舗装の層厚とたわみ量との間には明確な相関関係があり、2層及び3層の弾性理論により逆解析を行うことによって、既存舗装の支持力を評価することが可能であるとしている。そして一つの標準的な舗装構造に対するオーバーレイの設計ダイヤグラムの提案がなされている。

2. Deflection Measurements たわみ測定

(1) Beaty, A. N. S. and Fenton, R. E. (カナダ)

(2) Bearing Capacity of Airfield Pavements : Plate bearing and Falling Weight Deflectometer Tests Compared

(3) pp.245~258

(4) 空港舗装の支持力：平板載荷試験とFWD試験の比較

(佐藤雅規)

(5) カナダでの空港舗装の路床の支持力は、第二次世界大戦以来、静的な平板載荷試験を基礎として評価されてきた。このような試験は、時間がかかり、費用も高価であった。このため、この試験に替わる方法としてFWDが選ばれ、従来の静的な平板載荷試験と比較された。

本論文は、1985年および1990年の2度にわたる試験について述べたものである。1985年の試験ではFWD試験車の荷重が最大105kN、載荷板直径300mmであったが、従来からの平板載荷試験と比較するには、荷重が小さいということから、1990年にはFWDを改良し、荷重の最大を240kN、載荷板直径457mmとして試験を行った。1990年の試験では、8空港180箇所において平板載荷試験と同じ箇所についてFWD試験を行い比較している。平板載荷試験の条件は、最大荷重445kN、載荷板直径762mmとしている。

この結果、従来からの設計法の荷重に相当するFWD試験の荷重は120kN($R=0.85$)であるとしており、この荷重—たわみデータから、舗装厚の設計方法を提案している。

本研究は、空港舗装の設計において、FWDを適用するにあたり、従来の平板載荷試験との関連を知る上で、有用な文献であると思われる。

(1) Hasim, M. S., Hameed, A. M. and Mustaffa, M. S. (マレーシア)

(2) The Effect of Restraint on FWD Deflection Values Tested on Asphalt-Road Pavement

(3) pp.259~272

(4) 路肩による舗装体の拘束状態がFWD測定結果に与える影響

(菅野伸一)

(5) FWDによるたわみ量測定は、舗装体が最も苛酷な状況下にあると想定される車輪の通過位置で行われるのが通常である。しかしながら、路肩の状態が悪い場合は舗装端部が構造上の弱点となり大きなたわみ量を示すこととなる。

本報告は、路肩を残した状態と、舗装端部から路肩部分を深さ2m除去した状態で、路肩から異なる距離でのたわみ量を測定し、路肩の有無および異なる路肩材料がFWD測定結果に与える影響を検証したものである。

試験は路面温度40℃、載荷荷重700kPa(7.1kgf/cm²)で3回載荷し、そのうちの最大たわみ量を採用している。測定位置は舗装端部から横断方向に0.7, 1.3, 1.9, 2.5mを標準とし、縦断方向に20m間隔で6箇所測定しており、測定箇所はいずれもひびわれ等の損傷のない良好な性状を示している箇所である。また、たわみセンサーは6点にジオフォンを設置している。

以上の条件で測定した結果、路肩を除去した場合には路肩がある場合よりも50%程度たわみ量が大きくなり、路肩に最も近い部分が大きなたわみ量を示している。また、路肩の状態(地山、盛土)、舗装幅員、車線数、排水施設等によっても最大たわみを示す位置は異なり、必ずしも車輪の通過位置とは一致しない。

今後、FWDによるたわみ量調査の際には、路肩による拘束状態や最大たわみを示す位置等の確認が必要かと思われる。

(1) Baksay, J. and Boromisza, T. (ハンガリー)

(2) Correlation between the Dynamic (FWD) and Traditional Deflection Measurement Methods

(3) pp.273~280

(4) FWDによる動的なたわみと従来の静的たわみ測定法の相関

(杉内正弘)

(5) 近年、既設舗装の構造的評価をFWDによる動的たわみにより行うことが増えてきている。

ハンガリーにおいては舗装のたわみ量測定に、過去40年間ベンケルマンビームを、また20年間ラクロワ・デフレクトグラフを用いてきており、これらの測定結果を基に舗装構造の強化、あるいは設計を行ってきた。

本論文は、従来から行ってきた静的なたわみ量の測定方法に対し、FWDによる動的なたわみ量の測定結果がどのような関係にあるのかを、1991年から行った調査に基づいて報告したものである。測定は、ハンガリーにおいて典型的な、舗装構造や交通条件あるいは路床条件を有する62地点について定期的に行い、主に次の4点について検討されている。

① 静的な弾性係数と動的な弾性係数との関係

② 静的なたわみ量と動的なたわみ量との関係

③ 静的なたわみ量と動的な弾性係数との関係

④ 春期におけるたわみ量と秋期におけるたわみ量との関係

その結果、ある限定された範囲では、それらの相関が求められているが、その有効性については限界があると結論づけている。ここで求められた相関式の妥当性については、今後なお一層の調査が必要であるものと考えられる。

(1) Lepert, P., Simonin, J. and Meignen, D. (フランス)

(2) An Alternative to Bearing Capacity : Impulse Dynamic Investigation

(3) pp.281~296

(4) 支持力に対する別のアプローチ：衝撃による動的調査

(鈴木秀輔)

(5) たわみ性舗装において、支持力を測定する手法として既知の荷重のもとでのたわみの測定が多く用いられる。しかし、この方法は、近年の安定処理路盤を有する舗装に適合したものとは言えない。

本報告は、衝撃による動的調査について述べたもので、その中間報告である。

測定に用いる装置は、インパクトと呼ばれる約1kgの金属のシリンダーを30cmの高さから落下させる打撃装置とレシーバー（受信機）からなり、インパクトによる衝撃を、打撃地点から20cm以内の位置に設置されたレシーバーで測定するものである。

インピーダンスの測定によって、連続的な舗装におけるインピーダンス関数の振幅が様々な要素を持つ舗装構造の物理的な条件を特徴づけるものであることがわかった。また、Colibriマルチ機能システムと呼ばれる自動インパクトと3台のレシーバーを持つ乗用車で牽引可能な測定用トレーラーが開発された。

収縮クラックの発生等の特殊な場合の調査や、安定処理に用いる材料を変化させての調査結果から、動的調査は、表面の許容変形測定の拡張の一つであり、安定処理路盤を持った最近の舗装に適合したものである。

Colibriシステムの開発は、これらの技術の発展の1つのステップにすぎないが、経験的なデータの蓄積のためのシステムを持つことと舗装路盤からの測定・解析の方法の改善が可能である。

本装置は、近年の舗装に多く用いられる各種安定処理に適合した支持力測定装置として興味深いものである。

(1) Matsui, K., Kasahara, A. and Okada, K. (日本)

(2) Error Sensitivity and Reliability Approach to Stiffness Estimates

(3) pp.297~310

(4) 舗装各層の弾性係数推定における誤差の感度と信頼性

(鈴木康豊)

(5) 近年、FWDのような非破壊試験機が、舗装機能を評価するためによく使われており、表面たわみから舗装の弾性係数を逆解析により推定している。しかし、舗装各層の弾性係数を求める逆解析結果から、時々、受け入れられない値が算出されることがある。本論文は、舗装各層の逆解析弾性係数に及ぼす各種の誤差の影響について述べたものである。

本研究では、逆解析弾性係数に影響を与える因子として、舗装各層の層厚、ポアソン比、たわみ測定値の誤差を取り上げ、舗装を4層構造モデルとして、モンテカルロシミュレーションと誤差に対する感度解析により舗装各層の逆解析弾性係数に影響する誤差について研究を行っている。

この研究では、①ポアソン比の誤差は逆解析弾性係数に対し影響が小さい、②舗装厚の誤差は逆解析弾性係数に影響する、③たわみ測定の誤差は逆解析弾性係数に大きく影響する、④ポアソン比と舗装厚に誤差がある場合、たわみセン

ターを増やしても逆解析弾性係数の精度が良くならない、⑤たわみセンサーを増やすと逆解析弾性係数の変動が小さくなる、ことが示されている。

逆解析によって求められた弾性係数の推定値に対する各種誤差の影響を把握することは、舗装の構造評価を検討する上で必要であり、参考になる文献である。

(1) Hanssen, P. K. and Krokeberg, J. (ノルウェー)

(2) Dynaflect and FWD - Quality Assurance of Bearing Capacity Measurements -

(3) pp.311～316

(4) ダイナフレクトとFWDの支持力測定における測定精度の保証

(高橋 修)

(5) ノルウェーにおける道路ネットワークの管理は、17台のダイナフレクトと4台のFWDで舗装の支持力を測定して行っている。支持力の測定は膨大な費用を要し、管理において重要な位置を占めている。そのため、支持力の評価において各装置間にバラツキがないことを調べる必要があり、毎年すべての装置について共通の比較測定を実施している。

本論文はこの比較試験についての紹介で、大まかな実施方法と結果の評価例について取りまとめられている。この比較試験は、異なる支持力を有する3つの路線において各20ポイントづつ、計60ポイント同一の位置で測定を行い、DMD、SCIおよび支持力を評価指標にして装置間を比較する。比較においては、NRRL(Norwegian Road Research Laboratory)の装置のデータを基準としており、その偏差で各装置を評価している。このような比較試験により、不適切な装置を限定しその欠点の要因を見いだすことができる。そして、全国において同じ基準で道路管理を行うことができるとしている。

本論文で著者らは、装置の不具合を見つけるためにも比較試験は不可欠であると強調している。定期的な比較試験が必要であることは、考えてみると当然なことであるが、このような取り組みはまだ少ないといえる。何が正しく、またどれくらいバラツキは許容できるのかを判断、決定することがきわめて難しいためと考えられる。本論文ではこの点について明確な記述がなく、曖昧としていた。

(1) Kestler, M., Harr, M. M., Berg, R. L. and Johnson, D. M. (アメリカ)

(2) Spatial Variability of Falling Weight Deflectometer Data : A Geostatistical Analysis

(3) pp.317～330

(4) 舗装構成とFWD測定結果のバラツキについて

(田中耕作)

(5) FWDにより得られるデータ(たわみ量)、それに相当する舗装の弾性係数、変形を受けた部分は、測定時間と測定位置に大きく影響される。そこで本報文は、主にFWD試験により得られるたわみデータのバラツキに焦点を絞って検討した結果について述べている。測定位置によるデータのバラツキは、舗装の水平・鉛直方向の両方に生じるものであり、これは路床を構成する材料・密度・含水比のバラツキや、路盤あるいは表・基層の厚さのバラツキが影響するものである。

そこで今回の実験では、路床の構築から表層に至るまで各層毎にFWD試験を行った。試験は、各層71測点において行い、これらのデータの処理を統計的に行った。試験舗装区間として、幹線道路および軽交通路のそれぞれ2箇所を選定した。

それぞれの試験区間において、FWDの測定距離を同様に变化させて得られるデータを比較した結果、測定データが前後の測点の影響を受けない測定距離が判明した。

この手法を用いることにより、FWDデータは経済的に価値のある情報を生むことが可能となり、試験の能率を向上させるとともに、評価・修繕工法の選定に当たり有効なものと思われる。

(1) Jansson, H. and Wiman, L. G. (スウェーデン)

(2) Pavement Analysis Based on Measured In-Depth Deflection Data

(3) pp.331～342

(4) 詳細なたわみ測定データに基づく舗装解析

(田中秀明)

(5) 舗装材料は、線形あるいは非線形弾性挙動を示し、これらの弾性挙動から得られる応力とひずみは、舗装構造の評価と設計のために適用されている。本論文は、ノルウェー・スウェーデン共同プロジェクトの一部として、季節的条件下でスウェーデンの代表的な3タイプの舗装構造上で、ある深さに設置したLVDTから測定された詳細なたわみデータ、FWDから求められた表面たわみ測定データならびに4種類の線形、非線形弾性モデルからなるコンピュータープログラムにより求められた各層の計算たわみについての比較、また、各層の計算たわみから求められた垂直ひずみの比較について述べている。

舗装各層のたわみならびに垂直ひずみの計算に用いた4種類のコンピュータープログラムは以下に示すものである。

- ① CHEVRON (線形弾性モデル)
- ② FALP (4層解析 異方性線形弾性モデル)
- ③ ILLI-PAVE (線形・非線形弾性モデル)
- ④ MODULUS (線形弾性モデル)

本プログラムより計算された舗装各層のたわみおよび圧縮ひずみは、舗装表面に近い層ほど高い相関関係が得られた。また、季節的条件下(凍結の有無)に関する見解ならびに路床の評価方法等についても考察している。

本研究は、3年間継続的に実施されており、舗装を構成する各層の垂直ひずみの計算は、既存舗装の評価ならびに設計を行う上で必要不可欠な要素であり、今後、一貫性のあるより簡易的な評価方法が望まれる。

- (1) Ese, D., Myre, J., Nose, P. and Værnes, E. (ノルウェー)

- (2) The Use of Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for Road Strengthening Design in Norway

- (3) pp.343~358

- (4) ノルウェーにおける道路設計のためのダイナミック・コーンペネトロメーター(DCP)の利用 (谷口豊明)

- (5) ノルウェーの気候は湿潤で、特に舗装の上部では凍結融解を繰り返している。そのため、当初の路盤が良好でも供用後に強度の減少が激しく、路盤材料のCBRとたわみ測定(FWD, ダイナフレクト)による弾性係数の逆解析とに良い関係が得られなかった。そこで1985年よりダイナミック・コーンペネトロメーター(DCP)による測定を開始した。

本論文では、表層の損傷とFWDおよびダイナフレクトによる測定たわみとDCP測定との関係を示し、サービス性能が落ちるDCP値を明らかにしている。また、CBRとDCPの関係を現場と室内試験により述べ、CBRとDCPとの関係について、最終的に関係式を導いている。最後に、手動によるDCP測定の実績から自動DCP装置の試作を行っている。

気候が乾燥していれば、路盤は通常良好な状態を保つが、凍結融解を繰り返すような地域では、路盤の強度低下は著しい。本研究は、ノルウェーの独自の気候から始められたものだが、湿潤な気候で凍結融解を繰り返す地域は日本にも存在する。そのような地域では、このDCPは、有効な装置であると思われる。

- (1) Livneh, M. and Livneh, N. A. (イスラエル)

- (2) The Double Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Test with an Extended Penetrating Rod

- (3) pp.359~373

- (4) 延長貫入棒を用いたダブルダイナミック・コーンペネトロメータ(DCP) (深沢邦彦)

- (5) イスラエルでは、路床の支持力評価をCBR法で行っているが、実際にCBR試験を行うことは少なく、比較的簡便に試験が行えるDCP試験を行い、その結果をCBR値に換算している。

本文は、このDCP試験の試験機の改良と測定方法の改善を提案したものである。

従来のDCP試験は、路床上面から1m部分までの貫入抵抗を測定していたが、今回の検討では、貫入棒を延長して路床上面から2m部分までの貫入抵抗を測定する。その結果路床上面から1~2m部分の貫入抵抗は路床上面から1m部分までより大きくなることがわかった。この貫入抵抗値をCBR値に換算すると、路床上面から1~2m部分のCBR値は路床上面から1m部分までに比べて約20%大きな値となった(但し、路床の土質が粘性土、砂質系粘性土の場合のみ)。この方法で路床の支持力評価を行い、舗装構造設計をすれば、舗装全層の厚さを薄くできると述べている。

筆者らは、ダブルDCP試験の方法は、まず舗装施工前の路床面に2mの貫入棒でDCP試験を行う。さらに舗装施工後、舗装全層にドリルで穴を開け、もう一度DCP試験を行う。その結果、舗装施工後の路床の支持力評価と付随的に舗装全層の厚さの確認が可能となった。

ダブルDCP試験は舗装終了後の路床の支持力の変化(施工が路床支持力に与える影響)を簡易に確認できるものと考えられる。

- (1) Kasahara, A., Fukuhara, T., Ishida, T., and Kawamura, K. (日本)

- (2) Development of FWD with Water-Bag Loading Plate and Linear Encoder Sensor

- (3) pp.375~384

- (4) FWDにおけるウォーターバッグを用いた載荷板とリニアエンコーダの開発 (増山幸衛)

- (5) FWDにおいて、現在使用されている載荷板は、平坦な路面では荷重が均等に分布するものの、特にアスファルト舗装面において発生するわだち部などにおける測定では、荷重が均一に分布しているとは言えず、測定誤差の原因となっている。このような荷重伝達の不均一による測定誤差を防ぐため、直径300mmの鉄の版の下に、水の入った特殊なゴム袋

を取り付けた載荷板を開発した。平坦性の悪い路面で、在来型の載荷板と新型の載荷板を用いて荷重伝達についての試験を行なった結果、新型はほぼ均一な荷重伝達を示し、その優位性が示された。

また、たわみを測定するためのセンサとして用いられている、加速度計、速度計、変位計などは、キャリブレーションに高度な技術が要求されている。今回開発したセンサは、リニアエンコーダを用いたものであるため、キャリブレーションが必要なく、計測ビームの支えについても、ハート型のスプリングを用いることによってビームへ対する路面のたわみの影響を押さえることができた。

これらの新しい装置を取り付けたFWDを用いてわだち部および非わだち部で測定を行なったところ、その結果にほとんど差は見られず、路面の凹凸に影響を受けないことが確認された。

我が国の場合、わだちの発生が大きいため、荷重伝達が均一に行なえる今回の載荷板の開発はFWDの測定範囲を大きく広げると思われるが、著者自身も指摘しているように、その耐久性については、検討が必要と考えられる。

(1) Wambura, J. H. G. and Odera, M. S. (ケニア)

(2) Comparative Study of Three Different Equipment for Pavement Strength Evaluation in Kenya

(3) pp.385～400

(4) ケニアにおける舗装の強度評価のための3種の異なる装置の比較研究

(水口浩明)

(5) 本論文はケニアの典型的な舗装（最大でもアスコン層10cm）において交通量の異なる9つの区間をとりあげ、舗装の強度評価の方法を検討している。評価に用いた装置は、ベンケルマンビーム、ダイナフレクト、ダイナミックコーンペネトロメータの3種である。

それぞれ、①先端の位置を変えたベンケルマンたわみの測定、およびその結果から得られる曲率半径 ②ダイナフレクトで求められる最大たわみと表層の曲率指数(S.C.I) ③CBRと一軸圧縮強度に相関のあるダイナミックコーンペネトロメータによる表層の貫入値と深さ800mmでの構造指数を用いて比較している。しかし、記述は主にベンケルマンビームとダイナフレクトに終始しておりダイナミックコーンペネトロメータの結果は示されていない。

ベンケルマンビームとダイナフレクトの最大たわみの関係式が導かれ、またそれら二つの方法で求められた曲率半径では、特に独特なパターンは認められないとしている。ダイナミックコーンペネトロメータは非破壊試験でないため性格が異なり、比較はされていない。しかし現場含水比での締め固めや、CBRと関係するであろうさまざまな舗装の層強度測定には利用できるとしている。なお各方法での、コスト評価も加えている。

地域独特の舗装構造を取り挙げており、参考として目を通すには興味深かった。

(1) Stubstad, R. N., Blatzler, S., Lukanen, E. O. and Ertman, H. J. (アメリカ)

(2) Prediction of AC Mat Temperatures for Routine Load/Deflection Measurements

(3) pp.401～412

(4) たわみ測定時のアスファルトコンクリート層の温度の予測

(水野卓哉)

(5) アスファルト混合物は典型的な粘弾性体であり、混合物の温度とモデュラス・スティフネスは密接な関係にある。FWDによりたわみ量を測定する場合、測定する層の代表温度を把握しておくことは大変重要である。これまではたわみ測定の際に、測定地点にドリルで穴をあけ、舗装厚さと舗装体深さ方向の温度を直接的に測定してきた。

本研究では、アスファルトコンクリート層の温度を非破壊により推定するために、「舗装表面温度」「測定前5日間の最高気温と最低気温の平均」「舗装厚さ」のパラメータを使用して、舗装体温度推定のシミュレーションを行ったものである。この新しい温度推定システムは「BELLS」と呼ばれ、これにより計算されるアスファルトコンクリート層の代表温度（アスファルト層の上部1/3地点）は、実測された温度分布と非常に近い値を示していることが示された。

実際の温度推定手法は、FWDの付属機械として、赤外線センサーによる舗装表面の温度測定、レーダーによる舗装厚の測定をたわみ測定と同時にを行う。これより得られたアスファルトコンクリート層の推定温度は、逆解析を行う上で大変有用なものになるものと予想される。

本研究より、舗装体温度の推定システムとして、ひとつの手法が提案されたことにより、弾性係数の逆解析に利用することが出来るものと期待される。

(1) Kim, Y. R., Hibbs, B. O. and Lee, Y. C. (アメリカ)

(2) New Temperature Correction Procedure For FWD Deflections of Flexible Pavements

(3) pp.413～443

(4) たわみ性舗装のFWDたわみに関する新しい温度補正法

(南沢輝雄)

- (5) 1986年AASHTO舗装構造設計指針のオーバーレイ設計解析では、既設舗装の構造強度を評価する手段として、非破壊たわみ試験を紹介している。たわみ測定または逆解析した層の特性は、個々の荷重や環境条件で補正する必要がある、その主な環境要素の1つは舗装体温度である。AASHTO指針の温度補正ファクターは、特に高温では非現実的であるという様々な報告がされていることから、本論文は、ノースカロライナのオーバーレイ設計解析における新しいたわみの温度補正法について述べている。

層材料と層厚が異なる4つのアスファルト舗装の試験箇所を選定し、たわみ測定を春夏秋冬の4シーズンにわたって4種類の荷重で1日中、1時間ごとに行ない、同時に、舗装表面と各層の温度、路床の湿度、風速を測定した。その結果をもとに、AASHTO設計指針のたわみ・温度補正法の適合性をチェックするとともに、アスファルト混合物層厚が異なる舗装に対する新しい温度補正ファクターの開発を行っている。

アスファルト混合物層の中間深さでの温度を用いたたわみの温度補正精度を向上させているため、今後、舗装の表面温度や気温から中間深さでの温度を推定する手法が望まれる。

- (1) Hoyinck, W. Th. and Kuijper, R. (オランダ)

- (2) Visco-Elasticity in Travelling Deflectometers

- (3) pp.445～456

- (4) 移動荷重式たわみ測定装置と舗装の粘弾性について

(村田信之)

- (5) 舗装機能の健全度に対する評価は、多層弾性理論を基に舗装の構造解析を行うのが一般的である。FWDに代表されるたわみ測定装置は、衝撃荷重に対する舗装の応答が動的なものであるのに対し、多層弾性理論は静的な舗装の応答に準じた解析である。移動荷重で計測を行うカービアメータなども同様である。さらに解析における舗装構造のモデル化の問題として、碎石などを用いた路盤は完全弾性体と言い難いことも挙げられる。

著者らは、移動荷重に対する舗装の応答に関し、たわみ量の最大値が移動速度と各舗装材料の物理性状に影響され、荷重載荷の中心位置からずれることを指摘している。移動荷重によるたわみ測定装置の一つであるラクロア・デフレクトグラフで生じるこのずれを、逆解析の中で粘弾性理論として考慮することにより、たわみ性状の再現性の逆解析を試みており、FWDから得られたたわみ性状の逆解析結果と一次の回帰解析により比較し考察を行っている。残念ながら、逆解析の中で粘弾性理論を考慮する考え方は、結果としてあまり変化のないことが確認されている。

しかしながら、実際の荷重条件は車両走行による移動荷重であることや、アスファルトの代表的な性質は粘性であることから、測定条件と構造解析のモデル化をより現実化した手法の提案として参考となる文献の一つであろう。

- (1) Jansson, H. (スウェーデン)

- (2) A Simple Structural Index Based on FWD Measurement

- (3) pp.457～466

- (4) FWDによる測定値より求められる構造指数

(森久保道生)

- (5) FWDによる測定から得られる結果はしばしば各層の弾性係数を決定するために、逆解析のプログラム中で使用される。また、舗装内の応力やひずみの計算にも使用される。本論文はFWDの測定値だけで、直接アスファルト混合物層の底面の水平方向ひずみを計算する簡単なアルゴリズムと、舗装の構造状態を表す簡単な方法としての構造指数について検討したものである。

解析方法としては、アスファルト混合物層のひずみと荷重の中心から、0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200mm離れた地点におけるたわみ量の間の相関を一次回帰している。FWDによる測定値から容易に結論を求めるため、変数の中には層厚などの他の項は省略してある。この結果、アスファルト混合物層のひずみとたわみ量の間の3種の相関式が提案されている。この3種類の相関式はいずれも、誤差がほとんど10%以内に収まっており、誤差が20%を超えることはまれにしか無い。

次に、求められたアスファルト混合物層のひずみを、簡単な舗装の構造的強度を表す指数として用いるため、構造指数 $[SI=Ea, Ea: \text{アスファルト混合物層のひずみ}]$ を用いることを提案している。この構造指数は1～10までの値をとり、数値が大きくなるほど構造状態が良好なことを示している。

本論文に提案されている方法は、FWDによる測定結果から舗装の構造状態を評価するための簡便な方法として非常に有用であると思われる。

(1) Lenngren, C. A. (スウェーデン)

(2) Non-Destructive Testing Utilizing Controlled Variable Rise Time

(3) pp.467~490

(4) 載荷荷重のピークまでの時間を変化させたときの非破壊試験(FWD)

(吉村啓之)

(5) FWDでは荷重パルスの形状、ピークに達するまでの時間が機種によって異なることが報告されている。特に、荷重を伝えるラバーの硬さがこれらに大きく影響を与えている。そこで、荷重パルスの影響を調べるために、フィンランドとアメリカのミネソタの試験舗装区間で荷重の大きさ、ピークまでの時間を変えて測定を行い、逆解析して各層の弾性係数を推定した。

荷重パルスの変動は特に厚いアスファルト混合物層の逆解析した弾性係数に大きな影響を与え、路床材にはほとんど影響しないことがわかった。ただし、アスファルト混合物層の弾性係数に関しては気温の違いも同程度に影響を与えていた。なお、現地ではアスファルト混合物層下面に埋設したひずみゲージによる測定も同時に行い、逆計算によるひずみとほぼ一致していることを確認している。

わが国でもFWDの動的な解析が行われており、重要性が指摘されている。本論文はその一助となろう。

(1) L. G. Hawker, C. K. Kennedy (イギリス)

(2) The Use of Deflection to Manage Structural Maintenance Requirements at Network Level.

(3) pp.491~506

(4) ネットワークレベルでの構造的維持管理のためのたわみの利用

(峰岸順一)

(5) イギリスにおける公道の管理延長は274,000kmであり、その管理は108の高速道路管理局によって行われている。

DOT(Department Of Transport)のHA(Highway's Agency)がネットワークの最高責任を負っている。そして、最も経済的に効果がある維持管理を行うためには、道路の状態に関する適切な情報を得ることが必要である。以前は、道路の構造に関する調査が切り捨てられていたが、この重要性が指摘された。WDM社によるこの報文は、ネットワークレベルでの道路の構造に関する調査の最初の例であり、道路の状態は、定期的に測定して管理することが理想であるとしている。また、調査の測定機器は、高速、低価格、交通を出来るだけ疎外しないもので、かつ、安全であることが要求される。HRM(High speed Road Monitor)は、これらの要件を満たすものであり、たわみと視覚的な舗装の状態を2年サイクルでネットワークを定期的に調査している。また、ネットワークレベルにおける舗装の残存寿命を決定するための舗装構造調査として、5年サイクルでデフレクトグラフの英国版であるPDDLM(Pavement Deflection Data Logging Machine)による調査が行われている。たわみの測定値は、イギリスにおけるアスファルト舗装の維持設計システムの主要な入力データであり、既存舗装の残存寿命を予測するために利用され、設定期間に必要なオーバーレイの厚さを決定するために用いられている。この設計方法については、TRLで実物大の試験舗装による調査によって20年にわたって検討されてきたものである。

3. Pavement Design 舗装設計

(1) Thompson, M. R. (アメリカ)

(2) Illi-Pave Based Thickness Design Concepts and Practices for Surface Treatment Pavement

(3) pp.507~526

(4) 表面処理舗装の現場とIlli-Paveに基づく構造設計の考え方の評価方法と現状

(阿部長門)

(5) 表面処理舗装(STP)は、粒状路盤上の表面処理を含んでいる。イリノイ州では、トラックの交通量600台/日未満の軽交通量の道路で表面処理舗装が使われている。この表面処理舗装の設計基準は、表面のわだち掘れ量である。これは、わだちが進行するとクラックが発生し、表面処理材料が剥離しポットホールが発生するという破壊形態を考えているためである。このため、表面処理舗装では、構造計算から粒状路盤層の必要層厚を求める設計手法とした。

この設計方法を開発するための検討では、各材料の弾性係数(変形係数)が既知でなければならないが、弾性係数はFWDによるたわみから逆解析で得られた弾性係数もしくは繰返し三軸圧縮試験で得られた M_r を使用している。また、永久変形量の算定はモニスミス等の面対数モデル($\epsilon_p = AN^b$)で行い、1)偏差応力 σ'_d 、2)主応力比(σ_1/σ_3)、3)偏差応力比 σ'_d/σ_3 の3つの応力との関係について調べた。この結果、路床の永久変形は路床にかかる偏差応力か路床応力比($SSR = \sigma'_d/\sigma_3$)で

限界を算定できることが明らかになった。これより、交通量を3段階に分類し、それぞれに対する路床応力比(SSR)を定めた。

本設計には、路床の弾性係数を用いるが、他の試験方法からの換算として一軸強度やダイナミックコーンペネトロメータで得られる貫入比を示している。また、FWDから推定した路床弾性係数(Eri)は、区間の変動が変動係数で20~50%程度あるため、設計Eriは平均値-標準偏差で求めている。

表面処理舗装用の設計は、上記に示した路床の設計Eriと破壊に至るまでの交通量の関数である路床応力比(SSR)から粒状路盤層の厚さが定められる。その後、表面処理のタイプを定め設計が終了する。この方法を取り入れると、設計期間中に先に述べたような舗装の破壊は起こらないとしている。

本研究は、軽交通の道路における舗装の設計方法に永久変形による破壊基準を取り込んだ設計であるが、今後の日本の地方道の軽交通量の道路における舗装の設計の参考になると思われる。

(1) Snaith, M. S. and Evdorides, H. T. (イギリス)

(2) A Systematic Knowledge-Based Approach to the Structural Analysis of Pavements

(3) pp.527~536

(4) 知識ベースに基づいた舗装構造解析への取り組み

(飯田健一)

(5) 近年、舗装の構造解析は数多くの手法が様々な国・機関で試みられている。これら解析手法の開発目的は、舗装の構造評価・寿命の推定・維持修繕工法の選定などである。しかし、解析によって得られる答えは現実的なものではなく、技術者の経験により最終判断がなされているのが現状である。そこで本研究は、既存の舗装構造解析手法に基づき、最適解の得られるシステム開発を目的として行われた。

研究内容は、以下に述べる3つのパートにより構成されている。

① 有限要素法を用いたコンピュータプログラムの構築

このプログラムにより現場の舗装構造解析を実行する。

② 既存の手法

ここで言う既存の手法とは、逆解析による舗装を構成する各層の弾性係数の算出方法のことであり、その算出にあたり以下の2条件を満足させることを検討している。

a. テストピットにて計測された舗装のたわみ量のデータとの整合性があること。

b. 技術者による材料の評価・現場の観察結果との整合性があること。

③ データベースを用いる

このデータベースには様々な種類の舗装材料の性状が記録されており、逆解析の行う時に必要なデータを与えてくれるものである。

これらの項目を満足させるシステムとしてPOPLOG-Prologを開発した。しかしシステムを運用したところ幾つかの問題点が生じ、今後さらに改良を加えることにより、完璧なシステムの構築を目指している。

(1) Zaghoul, S. and White, T. D. (アメリカ)

(2) Load Equivalency Factors for Rigid and Composite Pavements

(3) pp.537~558

(4) コンクリート舗装とコンポジット舗装に対する荷重の等価要因

(池田和則)

(5) アスファルト舗装によるオーバーレイは、破損したコンクリート舗装のサービス性能を改善するためにしばしば用いられ、コンクリート舗装の挙動や荷重の応答に重要な影響を与える。しかし、ほとんどの高速道路機関は、特定のモデル解析をせずにコンポジット舗装の挙動をコンクリート舗装やアスファルト舗装の挙動と近似させている。また、1993年のAASHTO設計指針は、コンポジット舗装上の交通荷重の影響を近似させるため、コンクリート舗装に対する荷重の等価要因(LEF's)を用いることを提案しているが、これは近似値であって、実際の計測値や現実的な解析手法によって確認されてはいない。本論文では、コンクリート舗装やコンポジット舗装のLEF'sが紹介され、三次元の動的な有限要素法(3D-DFEM)を用いてアスファルト舗装によるオーバーレイの効果を解析している。また、オーバーレイの層内に発達するリフレクションクラックの影響が述べられている。

LEF'sでは、3D-DFEMに基づき繰り返し動荷重が考慮され、舗装の表面変形(弾性変形および塑性変形)がすべて等価基準として用いられている。また、現実的な材料モデルを用いて解析を行っている。

コンポジット舗装のスティフネスは、ジョイント部からのリフレクションクラックにより減少し、その結果、たわみが増加する。コンポジット舗装のLEF'sは、アスファルト舗装によるオーバーレイが舗装のスティフネスを増加させると

いう理由から、本来のコンクリート舗装のLEFsより低くなると述べられている。

わが国においてもコンポジット舗装の理論解析が盛んに行われていることから、参考になる文献であると思われる。

(1) Xu, S. and Zhu, Z. (中国)

(2) Prediction and Control of Rutting in Asphalt Pavements

(3) pp.559～573

(4) アスファルト舗装におけるわだち掘れの予測と管理

(伊藤達也)

(5) 中国のアスファルト舗装は、交通量や軸荷重の増大により、わだち掘れが多発している。わだち掘れの進行予測方法や防止方法にはさまざまな提案がなされているが、十分でないのが現状である。本論文は、実用的で信頼性の高いわだち掘れの予測方法と中国の道路事情に見合ったわだち掘れの防止方法について述べている。わだち掘れを予測するための室内試験は静的と動的の一軸クリープ試験である。なお、この試験で得られたひずみ量は、パーガーモデルにおける直列部の粘性項($\eta t = Ae^{\eta t}$)を2因子(A, B)で表した「4要素5因子モデル」で表すことができる。このモデルは、アスファルト混合物の変形特性を評価するのに適している。わだち掘れの予測は、クリープ試験結果、交通量データおよび舗装温度を用いた計算により行われる。予測式から得られたわだち掘れ量と現場におけるものとの差異は10～12.8%であり、信頼性の高い予測方法であることを確認した。一般的舗装における掘れ量は、アスファルト混合物層の厚さと一軸クリープ試験から得られる粘性スティフネスモジュラスに大きく依存しているため、これらからわだち掘れを防止することが可能である。なお、走行性や安全性から検討した許容わだち掘れ量として、時速100km以上の高速道路で10～15mm、時速80～100kmの主要道路においては、走行部で10～15mm、交差点部で20～25mmを推奨している。

(1) Horat, M., Caprez, M. and Beligni, M. (スイス)

(2) Comparison of Recycled Road Construction Materials in a Full-Scale Pavement Test

(3) pp.575～589

(4) フルスケール試験舗装での再生材料の比較

(遠藤 桂)

(5) フルスケール試験舗装で再生アスファルト混合物を多く混入した常温混合路盤層は、表面性状測定によるPSIの検討あるいはひずみと動的たわみの測定により、十分な供用性を示すことがわかった。リサイクル材を用いることの利点として、経済性、環境問題に対する優位性などがあげられ、欠点として、加熱混合物に比べて微妙な施工が要求されること、表層を施工するまでより多くの養生期間が必要であることなどがあげられる。

多層弾性理論プログラムBISARやVESYSは逆解析のみならず舗装の設計に対しても有用であるとしている。また、ひずみと動的たわみの同時測定から、逆解析においてよく一致し、粘弾性舗装の挙動の弾性的な部分が大きいほど、逆解析ではよりよく一致することもわかったとしている。

(1) Apparao, K. V. S., Ganapatirao, E. and Ramana, T. V. (インド)

(2) Management of Flexible Pavements A Few Points on Design and Maintenance

(3) pp.591～604

(4) たわみ性舗装の設計とメンテナンスに関するマネジメントについて

(大竹和彦)

(5) たわみ性舗装の設計を行う場合、インドでは路床土のCBR値を基準としている。

CBR値は土の種類や粘土の含有量、締固め度に依存し、材料の乾燥密度が大きくなるとCBR値は大きくなり、含水量が高くなるとCBR値は小さくなるが、特に粒状材料の場合この傾向が顕著である。

材料のCBR値は粒度分布（各土質材料の混合割合）に依存している。このなかで細粒分（小粒径砂分、シルト分）は、空隙の充填材としての役割を持ち、材料に凝集力や可塑性を与え、さらに、不透水性となるような効果を持たせ、せん断抵抗力や強度を発揮させるものである。またこれら細粒分は、低含水量のときは接合材として働き、高含水量のときは潤滑剤の働きをするものと考えられる。

本論文は、試験時間が長く材料準備が大変なCBR試験を簡略化するために、上記の材料の特性とCBR値の特性に関して、土の分類および諸物性（乾燥密度、粒度分布）より、CBR値を推定しようとする既存の3つのモデル式について、インドにおける材料とモデル式との適合性を検討したものである。これより、CBR推定値と実際のCBR試験値との間に、0.5～0.7程度の相関があるものと報告されている。

これらのCBR推定式と路床材料の材料特性より、CBR試験の簡略化を検討しているとあるが、具体的な簡略化手法は示されておらず、モデル式との適合性の検討で終了している点は残念である。

- (1) Hopkins, T. C. (アメリカ)
(2) Minimum Bearing Strength of Soil Subgrades Required to Construct Flexible Pavements
(3) pp.605～617

- (4) **たわみ性舗装に必要な路床の最小支持力** (岡藤博国)
(5) 本論文は、たわみ性舗装の効果的で安全な建設が路床のせん断強度と建設機械のタイヤ接地圧に依存するという考えから、たわみ性舗装の建設初期段階の支持力について、路床の非排水せん断強度、CBR、タイヤの接地圧による沈下と安全率について、限界状態での支持力モデルを用いて試験したものである。

支持力モデルは、異なったせん断強度を持つ材料を含む層システムの破壊に対する安全率を計算するためのものである。各層の材料特性を表わすパラメータとして、内部摩擦角、粘着力、単位体積重量が挙げられている。

タイヤ接地応力と路床の非排水せん断応力の関係が安全率1.0（初期破壊状態）と1.5（安定状態と仮定）で表わされ、タイヤの接地圧と非排水せん断強度、CBR、沈下等の関係に相関性があることを示している。これらの関係を検討し、典型的なタイヤ接地圧を552kPaと仮定した場合のCBRと路床の改良厚さの関係を安全率別に示している。

仮定した接地圧552kPaに対し、安全率1.0と1.5を維持するのに必要な路床の非排水せん断強度は、それぞれ94kPaと144kPaであることが示されている。

また、これらの強度はCBRではそれぞれ6.5と10に相当し、これらの結果は現場における試験データと一致する。

材料や工法に違いはあっても路床構築段階での路床評価の考察に役立つと思われる。

- (1) Sha'at, A. A. (イギリス)
(2) Investigating the Premature Failure in Newly Overlaid Roads
(3) pp.619～634

- (4) **最近のオーバーレイにおける破損事例** (小笠幸雄)
(5) 本論文は、北アイルランドのオーバーレイ舗装で最近生じているずれ破損に関する調査研究である。

このずれ破損の調査研究では、発生箇所から切取供試体採取し実験室で試験を行うとともに、発生箇所上でフルスケールの補修試験を実施し、デフレクトグラフやFWDでたわみ測定も実施している。また、ずれ破損箇所の理論的モデリングも実施している。その結果、このずれ破損は、舗装の締固め不足と舗装構成層のスチフネス不足および付着欠如の3つの組合せで引き起こされていることが判明した。

解析の結果、以下のことが判明した。①10%のずれでも新しい摩耗層とその下のオーバーレイ層の両方の寿命を減少させる。②ずれ破損はオーバーレイ層下面に生じる引張ひずみとその下の既設舗装上面に生じる圧縮ひずみを増加させ、オーバーレイ層のクラックを誘発させる。③既設舗装の寿命は早い段階でのずれ破損の影響を受けないが、結果的に舗装の荷重分散効果の低下を招く。④10%以上のずれは、舗装全体の寿命をさらに減少させる。⑤タックコートは条件つきであるが、このずれ破損の防止に効果的である。

- (1) Slyugstad, T. and Evensen, R. (ノルウェー)
(2) Structural Design of Road Strengthening in Norway
(3) pp.635～646

- (4) **ノルウェーにおける道路補強のための構造設計** (金井利浩)
(5) 本論文は、軽交通舗装を構造的に補強するための、ノルウェーにおけるオーバーレイ設計法について述べたものである。

従来、ノルウェーでは経験的な手法に基づいて行ってきたが、新たに、FWDなどの非破壊試験結果を逆解析して得られる舗装各層の弾性係数（層係数に換算）と、各層の厚さから既設舗装の構造指数を算出するとともに、室内ならびに現場試験で求めた材料強度と、交通条件から必要な構造指数を決定するといった、原理的にはAASHTOの設計法と同様の半経験的な手法を開発した。材料特性の評価には、アスファルト混合物ではマーシャル試験や間接引張り試験などを、路床土や粒状材料ではCBR試験ではなく、一般にダイナミックコーンペネトロメータ測定を用いて行う。

本手法により強化された舗装の設計寿命と実際のサービス寿命（供用性）を関連付ける方法はまだなく、両者の比較を通じて設計手法を修正していくのが今後の課題である。なお、供用性の指標としてはわだち掘れとラフネスを採用しており、疲労ひびわれはあまり重視されていない。

オーバーレイなどの舗装の補強は世界各国で様々な方法によりなされているが、設計の基本的な考え方よりもむしろ、交通条件や環境条件、材料の評価方法などにそれぞれの特徴が見られる。本報はその意味において、ノルウェーの設計手法を知るよい手掛かりとなろう。

4. Environment Effects 環境の評価

(1) Coetzee, N. F. and Connor, B. (カナダ)

(2) Pavement Damage Factors during Spring Thaw in Alaska

(3) pp.647～660

(4) 凍結融解が舗装に与える影響—アラスカの例—

(川端浩平)

(5) アラスカのように冬季に舗装が凍結する地域においては、凍結融解する春における舗装の破壊の進行が著しい。本報告は、アラスカのDOTが行った春期におけるたわみ量と荷重の関係から導いた凍結融解が舗装に与える影響を報告するものである。

解析データの収集は、4月初旬から5月中旬に10～11の試験ポイントを含む8つの試験区間でFWDを用いて行われた。各区間の舗装構造は、ほぼ同じで5cmのアスファルト混合物、20cmの上層路盤、15cmの下層路盤及び60～75cmの凍結抑制層からなる。アスファルト混合物層以外の弾性係数の解析には、ELMODプログラムを使用し、アスファルト混合物層については、測定時の温度からAIの換算式を用いて5℃に換算した弾性係数を用いた。また、各測定における荷重とひずみの関係より測定時点での残存寿命を計算し(AI式)、それを基にダメージファクター(DF)の回帰分析を行っている。

測定及び解析の結果、ダメージファクターは $DF=A \times (\text{Load}/9000\text{lb})^B$ で表現され、アスファルト混合物層ではAは0.6～2.9、Bは2.4～3.1となり、下層路盤では、Aは0.6～13.9、Bは3.1～4.9となる。融解によるダメージが少なくなるにつれてAは1.0に近づく。また、上層路盤とアスファルト混合物層のダメージはほぼ同時期に最大となるが、下層路盤のダメージのピークはその後となる。したがって、荷重による舗装への影響を評価するときは、アスファルト混合物層と下層路盤の両方について検討しなければならない。

凍結融解及びそれに続く舗装の破壊は、我が国でも依然問題となっている。本報告は、融解時のたわみ測定により、破壊の程度を定量化しようと試みており、FWDと共に今後我が国でも検討に値する手法と考えられる。

(1) Hein, K. D. and Jung, F. W. (カナダ)

(2) Seasonal Variations in Pavement Strength

(3) pp.661～682

(4) 舗装の強度の季節変化

(北澤弘明)

(5) 本論文では、舗装強度の季節による変化率の定量化について述べられており、"Surface Modulus Profile", "Effective Subgrade modulus", "Tail modulus Function"を導く式が検討されている。

本研究では、1年間を通しての荷重による舗装の応答の変化を調べるために、南オンタリオで8箇所の舗装を対象に1992年の10月から1993年の4月までの間の6週間を選んでFWDによる試験を行っている。なお、その内の6箇所は、C-SHRP LTPP(Canadian Strategic Highway Research Program Long Term Pavement Performance)の研究も兼ねている。

舗装が最も弱い状態になる融解期に舗装の疲労の大部分が生じるとしている。AASHOの道路試験の結果も、舗装のダメージの80%以上が融解期に引き起こされると報告されている。

南オンタリオでの1年を5つのシーズン(シーズン1:1～2月 シーズン2:3～4月 シーズン3:5～8月 シーズン4:9～10月 シーズン5:11～12月)に分けての試験路でのFWDによる試験とPROBEプログラムを用いた解析の結果でも、融解期の数週間の間に舗装の強度の低下が引き起こされることが示されている。

(1) Deussen, D. A. and Newcomb, D. E. (アメリカ)

(2) Strains Due to Load in Frozen and Thawed Flexible Pavements

(3) pp.683～704

(4) 凍結融解を繰り返すアスファルト舗装の荷重によるひずみについて

(久保知裕)

(5) アスファルト舗装の場合、温度と湿度の変化は道路の構造の挙動に大きな影響を与える。舗装体の強度が弱くなる時期を予測することは道路技術者の長年の関心の的であった。本研究の目的は春先の融解による破壊を正確に予測すること、天候のデータとこの現象を比較すること、凍結融解を繰り返す期間のひずみ変化を測定することである。

凍結融解の起こる時期は、粒状路盤層のある深さで土中の水分が凍結した時点で始まり、春先、水分が土中に拡散し舗装体が強度を取り戻すまで続く。この期間を特定するためにたわみ試験や、日々の温度変化をセンサーを使って調べ、1992年と1993年の冬から春にかけて4カ所FWDによる測定を行った。測定したひずみは温度の変化と比較した。各層

の弾性係数の補正は測定値と理論値を比較しながら行った。

この実験から、支持力が回復する時期は予測できると考えられるが、測定できたひずみが小さかったため、補正値の算出は難しかった。また、フルデプス舗装の区間は強度が最も高かった。アスファルト混合物層の弾性係数と舗装の温度はアスファルトのひずみに強く影響するが、路床や路盤の弾性係数はほとんど影響しない。舗装が厚くなると疲労はアスファルトのひずみに依存するようになるとしている。

本研究はミネソタ州交通局が冬期間の舗装の挙動を調べることを目的に行った実験の一つである。凍上や凍結融解による舗装の破壊はしばしば問題となるが、温度を指標として予測しようと試みている点が興味深い。

(1) Zhou, H. and Elkins, G. E. (アメリカ)

(2) Pavement Responses to Seasonal Variations

(3) pp.705～720

(4) 舗装の物性の季節変化

(佐々木巖)

(5) SHRP研究計画の長期供用性試験舗装(LTPP)において、時間変化(日・季節・年間)による舗装の物性などへの影響調査の試験項目がある。この調査方法として舗装体の中に多数の環境計測機器を埋設して常時観測を行うとともに、毎月あるいはそれ以上の頻度でたわみ測定を行った結果の比較検討を行った。

LTPPのGPSテストセクションであるモンタナ州内の高速道路12号線の試験舗装道路において、温度(サーミスタ)、湿度(TDR)、凍結深さ(電気抵抗)などのセンサーを舗装表面から深さ方向に配置して継続的に観測を行っている。舗装のたわみデータはLTPPの手順に従ってDynatestのFWDにより4種類の荷重レベルで0～60インチの範囲にセンサー7個を配置して測定を行った。測定間隔は原則的に1ヶ月間隔としているが、融解時にはさらに密な間隔で実施している。たわみ測定データはMODULUS及びBOUSDEFの2種類のソフトウェアにより逆解析を行い、妥当な結果と良い相関性を得ている。

調査結果として、温度と凍結などによる舗装の弾性率の季節変化、路床や路盤の変化とアスファルト混合物層の弾性係数変化、凍結時の路床路盤の弾性係数、逆解析プログラムの差異、温度変化の深さ、測定に用いるセンサーなどについて多くの確認事項が得られている。

(1) Matter, N. S. and Farouki, O. T. (北アイルランド)

(2) Detailed Study on the Climatic and Seasonal variation Effects on Pavements in Northern Ireland.

(3) pp.721～738

(4) 北アイルランドにおける気候及び季節変動に対する舗装体の挙動の研究

(佐藤雅規)

(5) ここ数十年の間、非破壊によるたわみ試験(NDT)は、舗装構造の評価方法として広く用いられてきた。また舗装の応答が、その厚さや荷重の大きさだけでなく、温度および湿度にも影響されることが、最近の研究で発表されている。本研究では、北アイルランドの5地域において5種類の試験舗装を行い、舗装体の挙動を調査している。舗装体には温度および湿度を測定する装置が埋め込まれ、3年間毎月のデータを収集した。同時に舗装体の応答を調べるため、FWDと英国式デフレクトグラフが用いられ、これもデータが収集された。

調査データをもとに、舗装体の各層の弾性係数を各月ごとに逆計算により求め、室内試験の結果と比較した。

この結果、各層の材料ごとの弾性係数を、温度、荷重の大きさ、荷重の周期(速度)の3つのパラメータを用いて推定する式を提案している。

本研究は、温度および湿度の季節的な影響について述べており、日本でのFWDによる舗装体の判定方法に応用できる文献として参考になると思われる。

(1) Leben, B. (スロベニア)

(2) The Influence of Road Cross-Profile, Subbase and Subgrade and Precipitation on the Bearing Capacity of Flexible Pavement

(3) pp.739～752

(4) 路床、路盤の材料と施工形態および降雨量が舗装の支持力に及ぼす影響

(菅野伸一)

(5) 降雨量が多い地域あるいは融解期には路床の含水比が高くなり、舗装の支持力が低下することは良く知られている。

スロベニアではデフレクトグラフ(ラクロア)によって測定されたたわみ量データを道路データバンク、舗装マネージメントシステム(HDM III)に入力し、舗装の設計、修繕に活用している。また、地域、路床の形態、路床・路盤の材料特性、降雨量等を考慮した確実な季節ファクターを作成し、より合理的な設計ができるよう努めている。

本報告は、3種類の路床材(シルトおよび粘土、粘土質レキ・砂、レキ・砂・シルト混合土)、3種類の路床形態(切

土、盛土、地山)について、融解期と10日間の降雨後にたわみ量とCBR値を測定し、これらの影響を調査したものである。たわみ量は0.3mm以下、0.3～0.6mm、0.6mm以上の3段階に分け、降雨量とたわみ量との関係を路床材、路床形態毎に整理することにより、路床材・路床形態が不明な場合でも降雨量とたわみ量から簡易に舗装設計が行えるよう試みたものである。

わが国も積雪寒冷地から温暖地域まで気候が変化に富み、また梅雨時期にはかなりの降雨量があることから、興味深い研究である。

(1) Baltzer, S. and Jansen, J. M. (デンマーク)

(2) Temperature Correction of Asphalt-Moduli for FWD-Measurements

(3) pp.753～768

(4) FWDにより求められたアスファルト舗装の弾性係数の温度補正

(杉内正弘)

(5) 既設舗装の健全度を評価するための測定方法の一つとして、FWDがある。通常、FWDにより測定されたたわみ量は逆解析により、弾性係数などの材料特性として評価されるが、一般に弾性係数は基準温度のものに換算している。本論文は、FWDによる弾性係数の測定結果を基準温度に補正する際に用いるアスファルト混合物層の温度について最適な測定位置について検討するとともに、その温度補正式を求めたものである。

デンマークにおいては従来からアスコン層の厚さにかかわらず舗装表面から40mmの深さにおける温度を舗装体温度としていたが、今回の調査結果から、アスコン厚の表面から1/3の深さの温度がアスコン層を代表するものとして適当であるとしている。さらに、AASHTOの温度予測手法について検討した結果、この方法は理想的とはいえないこと等を明らかにし、温度補正モデル式を提示している。

わが国においてもFWDによる舗装の構造解析が盛んに行われているが、本研究はアスコン層の弾性係数に影響を与える舗装体温度について、温度勾配と弾性係数の変化について測定した結果を基に、温度の測定方法と弾性係数の補正について論じたものであり、参考になる文献である。

(1) Pereira, P. A. A. (ポルトガル)

(2) The Influence of Drainage and Climate Factors on Pavement Bearing Capacity

(3) pp.769～782

(4) 舗装支持力への排水と気象条件の影響

(鈴木秀輔)

(5) 舗装とオーバーレイの設計のためのアプローチとして応力と舗装構造の解析がある。

たわみの解析は、路床と舗装の弾性係数を決める有効な手段であるが、解析にあたっては応力と水分や温度のような環境因子を考慮する必要がある。また、排水状態や季節変動が与える影響についても考慮しなければならない。

本論文では、数多くの現場調査による実測データをもとに統計的解析を行い、それらの因子を考慮した様々な条件下におけるモデルを提示した。

たわみを評価するモデルの開発の試みとして、季節変動の影響を考慮するために舗装支持力に不利な条件下での観察として春期のたわみを用い、また有利な条件下での観察として秋期のたわみを用いた。その他の舗装構造につながる要因として、等値換算厚、アスファルト混合物層の厚さ、気象条件、排水条件に着目した。

これらをもとに開発されたモデルの使用により、実際の現場に近い条件を考慮に入れられることから、現場に即した排水設備を設けることで舗装の支持力を適正に保つ維持修繕が可能であることが確認された。

本報告は、舗装支持力に影響する要因として排水を取り上げ、実際の現場を考慮したモデルを提案したものとして興味深いものである。

(1) Kim, O., Nokes, W. A. and Buettner, M. H. (アメリカ)

(2) Electrical Resistance Tomography Imaging of Moisture Distribution in Pavement Sections

(3) pp.783～805

(4) 舗装における水分分布状態の電気抵抗の断面撮影映像

(鈴木康豊)

(5) 舗装や路床の水分分布や水分の変化状況を調査するための調査方法について述べたものである。

水分の状況を調査するために電気抵抗の断面撮影装置を使用して、粒状路盤とアスファルト混合物層で構成している舗装を試験箇所として設け、基礎的な実験を行っている。実験では電気抵抗の断面撮影装置により、舗装路面下の電気抵抗の分布を測定している。電気抵抗の分布は、舗装内部の水分と高い相関関係が認められたことから、水分の移動や分布を把握することができるとしている。

この電気抵抗の断面撮影装置は舗装を断面表示し、電気抵抗のレンジの色を変え、電気抵抗の強弱により舗装内部の水分分布をあらわすことができるようになっている。また、舗装に水を浸透させた実験から、水分の移動変化も映像表示し確認することができるとしている。

(1) Pooh, P. S. H. (北アイルランド)

(2) Moisture Content Determination of Unbound and Subgrade Materials in a Pavement Structure

(3) pp.807~826

(4) 舗装体における粒状材料と路床材料の含水量の決定法

(高橋 修)

(5) 本論文は、土質材料の含水量測定手法についてその概要と基本原理を説明し、有効性とより具体的な測定方法を実験によって検討しているものである。研究の目的は、本測定法が現場の舗装体や室内試験において精度や作業性の面で有効であることを検証し、さらにセンサーの設置方法や細かなセンサーの諸元を決定することである。この測定法は電磁気を利用したもので、時間領域反射法(Time Domain Reflectometry)を改善したものである。この手法と、同じ電磁気を利用した既往の方法である導電率法(Conductivity Method)を同一の試料について適用し、測定結果を比較した。精度の評価は、時間を要するが基本的である乾燥法による結果と比較して行っている。具体的な測定に関する事項は、それぞれをパラメトリックに変化させて乾燥法で評価している。検討の結果、著者の開発した方法は温度の影響を受けずに高い精度で測定することができ、さらに作業性やコスト面も優れていることが確認された。そして、センサーの特性についても把握することができた。

本研究では、比較のための試験をいろいろな材料に対してかなりの数で実施しており、実用性は期待できるものと考えられる。著者が本研究で用いた測定装置は、市販の製品を組合わせて作り上げた手製のものである。測定の原理が難解であったので、装置についてはもっと明確な記述が欲しいところであった。

(1) Gunaratne, M. (アメリカ)

(2) Fuzzy Sets Tools for Evaluating the Environmental Impact on Pavement Serviceability

(3) pp.827~844

(4) 環境の変化が舗装の供用性に与える影響について

(田中耕作)

(5) AASHTO舗装設計方法によれば、舗装のPSIの低下を評価する上で、舗装を構成する各層のうち、路床部における環境の変化すなわち、含水比の変化、膨潤・収縮の影響、凍結深さについて検討する必要があるとされている。また、土の膨潤はその土の塑性指数や締め固め状態に左右される。いずれにしてもこれらの土(路床)の性質を見極めることは、舗装の設計において重要なことである。研究は、現在のAASHTOに示されているPSIの低下を評価する上で、土の性質を明確にすることを目的として行われたものである。研究では、水分と土の構造の関係を図化することにより膨潤の度合いを明らかにし、次に降雨-排水機能-含水比の関係を数式化することにより、路床に作用する水分の影響によるPSIの低下の程度を説明している。今回の研究によりこれまで曖昧であった路床に作用する水分の影響をある程度明確にすることができたと述べられているが、本文には数式が幾つか紹介されているものの、そこに使用されている係数等が不明確な部分が多く、概略のみの説明となっていた。

リサイクル法

「再生資源の利用の促進に関する法律」の通称をリサイクル法と呼んでいます。

法律は平成3年4月26日に法制化され、同10月25日に施行されてきています。

ここでは有限な資源の有効利用を図るとともに、廃棄物の発生の抑制および環境の保全に資するため事業者、建設工事の発注者、消費者、国、地方公共団体がそれぞれに応分の責任を分担し対策を推進することを基本方針に定めています。

再生資源として利用を図る製品もしくは副産物は多岐にわたる事から、通産省、建設省、厚生省、大蔵省、運輸省、農林水産省、環境庁等7省庁に関係した法律となっています。

(1) 指定副産物

政令では再生資源として利用を図る上で有効な副産物として12種類を指定していますがこの内建設工事関係では①建設発生土、②コンクリート塊、③アスファルト・コンクリート塊、④建設発生木材の4種類が該当します。

(2) 役割分担

1) 建設工事業業者の役割

建設業に関係する事業を行う者（建設工事業業者）は、①工作物に要求される機能を確保する。②再生資源の利用に努める。③副産物の分別、破碎等を当該工事現場において行う。④再資源化施設の活用を図る。⑤副産物の発生の抑制に資する施工方法または資材の選択に努める。等の役割が示されています。

2) 発注者の役割

建設工事の発注者（発注者）は、①再生資源を資材として指定する。②副産物を再資源化施設に搬入するよう条件付ける。③設計において副産物の発生の抑制を図るよう努める。④建設工事業業者に行わせること

を設計図書に明示する。等の役割が示されています。

(3) 再生資源利用計画・利用促進計画

建設省令では指定副産物の再生利用を図るため以下のような判断の基準を定めています。

1) 建設工事で次のような量の建設資材を使用する時は施工計画段階で「再生資源利用計画」を作成する。

①体積が 1000m^3 以上である土砂

②重量が 500t 以上である碎石

③重量が 200t 以上である加熱アスファルト混合物
計画書には、イ) 建設資材ごとの利用量

ロ) 利用量のうちの再生資源の種類ごとの利用状況

等を記録する。

2) 建設工事で次のような量の推定副産物を搬出する時は施工段階で「再生資源利用促進計画」を作成する。

①体積が 1000m^3 以上である建設発生土

②コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊
または建設発生木材であって、これらの重量の合計が 200t 以上であるもの

利用計画には、イ) 種類ごとの搬出量

ロ) 種類ごとの再資源化施設または他の工事現場等への搬出量

等を記録する。

これら両計画の実施状況の記録は当該工事の完成後1年間保存することとされています。

(4) 再資源化施設

省令では建設工事に係る再生資源を利用するために必要な加工を行う施設のことを再資源化施設としており、イ) 再生加熱アスファルト混合物製造プラント、ロ) 再生クラッシュラン製造プラント、ハ) 土質改良プラント、ニ) 移動式コンクリート破碎機、ホ) 木材チップ化施設等があります。

舗装工事関係では再生利用技術を表-1のように分類し、それぞれの再生工法の設計・施工技術を指針で、

表-1 再生利用工法の分類

対象とする舗装発生材	再生する場所	再生材を適用する舗装構成層	再生工法
アスファルトコンクリート発生材、セメントコンクリート発生材、路盤発生材	プラント（定置式）	上層路盤 下層路盤	プラント再生舗装工法
	現 位 置		路上再生路盤工法
アスファルトコンクリート発生材	プラント（定置式）	基 層 表 層	プラント再生舗装工法
	現 位 置		路上表層再生工法

標準化しています。このうちプラント再生舗装技術指針（日本道路協会、平成4年12月）ではリサイクル法

に対する対応を表－2のように具体化しています。

〔小島逸平（株）ガイアートクマガイ技術研究所〕

表－2 リサイクル法とプラント再生舗装技術指針の係わり

再資源化法にもとづく基本方針、省令の内容	指針における取扱い
(基本方針) ①事業者、発注者、国、地方公共団体が、資源の有効利用、廃棄物の発生抑制のため対策を推進する。 一、再生資源の利用の目的 1. 当事者ごとの目標 (1) 建設工事業業者について ①建設工事業業者は、工作物に要求される機能を確保し、再生資源の利用に努める。 ②副産物の分別、破碎等を、当該工事現場において行う。 ③再資源化施設の立地状況等を勘案しつつ施設の活用を図る。 ④副産物の発生の抑制に資する施工方法又は資材の選択に努める。 ⑤請負契約の内容を踏まえ、計画的かつ効率的に行うこと。 (2) 発注者について ①発注者は再生資源を資材として指定すること、副産物を再資源化施設に搬入するよう条件を付すること等により、利用の促進に努める。 ②設計において、副産物の発生の抑制を図るよう努める。 ③工事業業者に行わせる事項については設計図書に明示すること。 2. 再生資源の種類ごとの利用の目標 (1) スラグ ①路盤材料などに利用されているが、さらに利用の拡大を図る。 (2) コンクリート塊 ①再生骨材等として利用されているが、さらに利用の拡大をはかる。 ②事業者、発注者は路盤材料、裏込材、埋め戻し材料として利用につとめる ③工事現場における分別、破碎、再資源化施設の活用にも努める。	「総説」で再生利用の積極的推進を述べている。 再資源化法が策定され、一層の利用推進が必要であることを「まえがき」で記述している。 ・「2-3品質規定」で、新材と同等に扱うことにしている。「総説」で再生利用の積極的推進を述べている。 ・指針は舗装の基準であるため、副産物の現場での分別破碎は指針の対象としない。 ・指針の対象としない。 ・指針の対象としない。 「総説」に、再生資源の計画的かつ効率的な利用促進を述べている。 ・「総説」で再生利用の積極的推進を述べている。 ・再資源化施設への搬入は、指針の対象としない。 ・指針の対象としない。 ・指針の対象としない。 アスファルト舗装要綱（平成4年12月）で「材料」として位置づけしているので指針では対象としない。 ・「2-3-1 下層路盤」、「2-3-2 上層路盤」で工法で記載している。 ・裏込材、埋め戻し材は指針の対象としない。 ・指針の対象としない。

再資源化法にもとづく基本方針、省令の内容	指針における取扱い
(3) アスファルト・コンクリート塊 ①再生骨材、再生加熱アスファルト混合物として利用されているが、さらにその利用の拡大を図る。 ②事業者、発注者は舗装用材料等として利用に努める。 ③工事現場における分別、破碎、再資源化施設の活用に努める。 (省令) (1) 再生資源の利用の原則 事業者は、工事施工の場所、状況、再資源化施設の立地状況を勘案し、再生資源の利用を行う。 (2) コンクリート塊 ①表上欄の区別に応じ、下欄の用途に利用する。 (3) アスファルト・コンクリート塊の利用 ①再生骨材として表の用途に利用する。 ②再生加熱アスファルト混合物として表の用途に利用する。 (4) 再生資源の発生した工事現場での利用 事業者は、再生資源が発生した工事現場での利用に努める。 (5) 事業者は工事を施工する場合、再生資源利用計画を作成する。	・「2-3-1 下層路盤」、「2-3-2 上層路盤」、「2-3-3 表層および基層」で工法を記載している。 ・「総説」で再生利用の積極的促進を述べている。 ・指針の対象としない。 ・「総説」で再生利用の積極的促進を述べている。 再資源化法では別表第2～第4のとおり区分しているが、表以外でも品質が確保される場合は、指針の表—1・2、表—2・3のとおり適用できることにしている。建築物から発生したコンクリートが混入していると思われるときは、品質を確認の上使用する。 コンクリート再生材は、表乾比重、吸水率、すりへり量が新骨材より劣るものの、すりへり減量と修正CBRが基準値以上であれば骨材として利用可能であるとしている。 (「2-2-1 再生路盤材」) 再資源化法では表のとおり区分しているが、表以外でも品質が確保される場合は、表—2・1の通り適用できることを追加する。 再資源化法では表のとおり区分しているが、表以外でも品質が確保される場合は、表—2・1の通り適用できることを追加する。 ・指針の対象としない。 「7-1 施工」概説で記述する。

PL法（製造物責任法）

PL法とは、製品によって消費者が被害を受けた場合におけるメーカーや輸入業者などの責任を定めたもので、「被害者の保護を図り、国民生活の安定向上と国民経済の健全な発展に寄与すること」を目的としている。

我が国で製造物責任（Product Liability）法の必要性が論議され始めてから約20年が経つが、昨年（2007）の7月1日に製造物責任法（以下PL法）は法律第85号として公布された。そして、1年の周知期間を置きいよいよ1995年7月1日から施行されることになった。

これまで我が国では、使っている製品に「欠陥」があり、その利用者が怪我を負ったり財産に損害が生じても100年も前に制定された民法に従って裁かれてきた。企業側の製造工程上のミス被害者が証明しない限り、その責任を企業側が負う必要はなかった。しかし、本年7月1日以降に販売する製品に関しては、PL法によって製造物の欠陥が確認された場合、与えた側はその損害の賠償を迫られることになる。

PL制度が世界で最初に誕生したのは、アメリカにおいてである。アメリカでは既に30年程前に、ある種の判決が下されたことが契機となり、以後幾多の裁判例の積み重ねによって、今日の確固たるPL制度が確立し定着するに至っている。ヨーロッパでは、EU（欧州連合）加盟国12カ国中11ヶ国がPL法の導入を終えており、今や世界では30ヶ国に迫ろうとしている。（参照：表－1）

我が国でPL法が成立するまでには極めて長期間を要した。既に昭和50年（1975年）の時点で、PL法制定に向けた検討を促す報告が国民生活審議会（首相の諮問機関）から出されていたが、当時はまだ産業優先の思想が根強かったこともあって、なかなか実現には至

らなかった。その後、欧米諸国における立法化に伴い、平成3年から具体的な審議が再度開始されたが、産業界を中心とする立法化慎重論もあって審議は難行をきわめた。一時は立法化は頻座するかに思えたが、次の3つの情勢変化により思いがけぬ程の事態好転が図られ、ここに日本初のPL法が成立したのである。

- ①PL法の制定に向けた国際的なすう勢
- ②細川連立内閣以降に基本政策としている「生活者重視」の姿勢
- ③同じく同内閣以降に重要政策課題としている「規制緩和」の方向

こうした中で、アスファルト製品を含む石油産業界でのPL法への取り組みは、石油連盟のPL表示検討部会が昨年10月から次のようなモデル作成を目指して作業を行っている。

- ・容器へのラベル表示
- ・サービスステーション（SS）でのステッカー表示
- ・石油製品の取り扱い説明書

作業としては、欧米視察から得られた成果を参考に、報告書の完成時期を3月末目処としている。また、アスファルト誌の前号で紹介したMSDS（製品安全データシート）とPL法の関係についても、その具体的な検討は今後の課題としている。

その中で、アスファルト製品のPL法に係わる情報が入手できた折りには、再度当誌を拝借して紹介したいと考えている。

〔板垣和芳 昭和シェル石油（株）アスファルト部〕

表－１ 諸外国におけるPL制度の導入状況

(経済企画庁国民生活局編の製造物責任法より抜粋)

加盟国		立法化の状況	オプションの採用状況		
			未加工の農産物や狩猟物への適用	「開発危険の抗弁」の採否	同一欠陥製造物に起因する人身損害についての責任限度額
E 					

総目次 第179号～第182号（平成6年度）

アスファルトの研究〔品質・規格・試験など〕

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
〈資料〉	平成5年市販アスファルトの性状調査	技 術 委 員 会	181	61～64	平成 6. 10（1994）

アスファルト需給・統計関係の解析

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
	主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況		180	53	平成 6. 8（1994）
（統計資料：石油アスファルト需給統計その1（総括表）、同その2（内需、品種別表）毎号巻末に掲載）					

道路舗装・舗装用アスファルト

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
特集・空港舗装 空港アスファルト舗装の研究 わが国における空港アスファルト舗装の設計 関西国際空港の舗装構造について 新東京国際空港：500トン荷重対応舗装 超軟弱不均一地盤上の空港：東京国際空港 新千歳空港舗装構造設計について 大阪国際空港：改質アスファルト・補修 改質アスファルトコンクリートによるオーバーレイおよび追跡調査 福島空港：高盛土における空港の舗装		佐 藤 勝 久 八 谷 好 高 鈴木 勝・江村 剛 川 上 淳 仁 山本 浩・伊藤和央 菅 野 利 明 大 林 正 和 梅 木 勇 二	179	1～2 3～9 10～16 17～25 26～31 32～39 40～44 45～51	平成 6. 4（1994）
特集・環境を配慮した舗装技術 環境と舗装技術 舗装の計画・設計面からの環境への取り組み 舗装材料からみた環境保全面への取り組み 環境を配慮したアスファルトプラント 施工面からの取り組み		中 村 俊 行 中村俊行・桐山孝晴 久保和幸 太 田 健 二 後町知宏・平野治行 稲 垣 竜 興	180	1～4 5～12 13～21 22～27 28～34	平成 6. 8（1994）
特集・舗装用バインダーとしての規格・試験法 舗装用バインダーに関する試験方法について 道路用ストレートアスファルトの品質規格／試験法の変遷と アスファルトの品質評価について 改質アスファルトに特有の規格・試験法 SHRPの提唱するアスファルト仕様と試験方法 アスファルト評価のための粘弾性理論		片 脇 清 士 牛 尾 俊 介 広津栄三郎・鈴木紀章 神 谷 恵 三 佐 々 木 巖	181	1～7 8～13 14～27 28～34 35～41	平成 6. 10（1994）
特集・脱スパイクへの対応 脱スパイク後の対応策の研究 脱スパイクの経緯と現状について 脱スパイクが舗装にもたらした新たな課題とその対応 凍結路面対策試験舗装 札幌市の冬期道路交通対策 タイヤ性能から見た脱スパイクへの対応 運転技術と車の装備から見た脱スパイクへの対応 外国における冬季の路面管理の現況		久 保 宏 二 鈴 木 捷 規 村 井 貞 規 武市 靖・川端 隆 足立敬允 川 端 隆 林 宏 二 相 川 潔 久 下 晴 巳	182	1 2～9 10～12 13～17 18～22 23～28 29～33 34～38	平成 7. 1（1995）
〈報文〉 SHRPアスファルト技術会議に出席して		片 脇 清 士	182	42～46	平成 7. 1（1995）

アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
アスファルト舗装技術研究グループ第16回報告 アスファルト舗装の各層の変形係数の決定手法について	峰 岸 順 一 阿部長門・小笠幸雄 菅野伸一・増山幸衛 峰岸順一	179	52 53～72	平成 6. 4（1994）
アスファルト舗装技術研究グループ第17回報告 混合物の新しい配合設計法－AAMASについて	峰 岸 順 一 伊藤達也・佐藤雅規	180	35 36～47	平成 6. 8（1994）
アスファルト舗装技術研究グループ第18回報告 舗装の力学～バーミスタ理論について～	峰 岸 順 一 吉村啓之・伊藤達也 梅野修一・岡藤博国 金井利浩・高橋 修	181	44 45～54	平成 6. 10（1994）
〈アスファルト舗装技術研究グループ・第19回報告〉 舗装の路面性状に関する海外の研究動向 第2回路面性状に関する国際シンポジウム セッションA：タイヤ／道路騒音－騒音測定 セッションB：タイヤ／道路騒音－路面 セッションC：交通安全－すべり抵抗 セッションD：交通安全－キメ，平坦性 セッションE：舗装の評価とマネジメント セッションF：道路ユーザーコスト，タイヤのパフォーマンスと 路面反射，水しぶき	峰 岸 順 一 北澤弘明・村田信之 鈴木秀輔・水野卓哉 鈴木康豊・南沢輝雄	182	47 48～53 54～59 60～65	平成 7. 1（1995）

用語の解説

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
現場透水量 レオロジー	小 島 逸 平 (舗装関係)	179	73～74 75～76	平成 6. 4（1994）
バスレーンのカラー舗装 貯蔵安定性		180	48～49 50	平成 6. 8（1994）
長寿命化舗装 アスファルト試験器の自動化		181	55～58 59～60	平成 6. 10（1994）
機能回復（排水性舗装） MSDS（製品安全データシート）	板 垣 和 芳 青 木 秀 樹 (石油アスファルト関係)	182	66 67～68	平成 7. 1（1995）

石油ミニ知識

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
～石油の誕生～	室 賀 五 郎	181	42～43	平成 6. 10（1994）
～原油の埋蔵量と可採年数～	長 谷 川 宏	182	39～41	平成 7. 1（1995）

その他一般〔協会事業活動・時事解説・随想など〕

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
総目次 第175号～178号（平成5年度）	編 集 委 員 会	179	79～80	平成 6. 4（1994）
〈新刊書紹介〉 修景石材と舗装	陶 山 武 彦	179	77	平成 6. 4（1994）
AAPTの入会について	荻 野 正 嗣	179	78	平成 6. 4（1994）

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千 t）

項 目 年 度	供			給		需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
57 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,575	(100.3)	18	4,593	213	4,806
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元年度上期	219	2,895	(105.1)	1	3,115	2,732	(99.9)	1	2,733	372	3,105
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,258	(101.2)	3	3,261	276	3,537
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	5	2,979	323	3,302
2 年度下期	321	3,231	(101.9)	1	3,553	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年度上期	310	2,844	(93.4)	0	3,154	2,841	(95.5)	6	2,847	302	3,149
3 年度下期	302	3,129	(96.8)	0	3,430	3,103	(96.0)	12	3,115	313	3,428
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	18	5,962	313	6,275
4 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	59	2,952	326	3,278
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	1	3,479	3,216	(103.6)	17	3,233	244	3,477
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
8 月	323	502	(97.3)	0	825	492	(111.3)	8	500	326	826
7～9 月	310	1,517	(100.3)	0	1,827	1,468	(99.8)	17	1,502	329	1,831
5 年度上期	244	2,910	(98.0)	1	3,155	2,803	(96.9)	26	2,829	329	3,158
10 月	329	570	(113.5)	0	899	563	(112.8)	15	578	325	903
11 月	325	556	(100.5)	0	881	559	(97.9)	12	571	312	883
12 月	312	547	(92.1)	0	859	569	(95.8)	13	582	279	861
10～12 月	329	1,673	(101.5)	0	2,002	1,691	(101.6)	40	1,731	279	2,010
6. 1 月	279	410	(113.9)	0	689	359	(105.3)	20	379	312	691
2 月	312	465	(101.1)	0	777	441	(96.5)	12	453	325	778
3 月	325	660	(96.6)	0	985	742	(98.4)	7	749	238	987
1～3 月	279	1,535	(102.1)	0	1,814	1,542	(99.4)	39	1,581	238	1,819
5 年度下期	329	3,208	(101.8)	0	3,537	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,118	(100.0)	0	6,362	6,036	(98.8)	104	6,140	238	6,378
6. 4 月	238	597	(101.0)	0	835	510	(98.5)	10	520	316	836
5 月	316	426	(93.2)	0	742	383	(108.8)	8	391	352	743
6 月	352	395	(97.5)	0	747	450	(100.4)	11	461	288	749
4～6 月	238	1,418	(101.8)	0	1,656	1,343	(101.9)	29	1,372	288	1,660
7 月	288	542	(104.0)	0	830	532	(104.5)	12	544	285	829
8 月	285	488	(97.2)	0	773	420	(85.4)	6	426	348	774
9 月	348	507	(102.6)	0	855	466	(96.3)	13	479	377	856
7～9 月	288	1,537	(101.3)	0	1,825	1,418	(96.6)	31	1,449	377	1,826
6 年度上期	238	2,955	(101.5)	0	3,193	2,761	(98.5)	60	2,821	377	3,198
10 月	377	473	(83.0)	0	850	520	(92.4)	14	534	321	855
11 月	321	558	(100.4)	0	879	569	(101.8)	17	586	291	877

- 〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6年11月確報
(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千 t）

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスファルト	ブローン アスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスファルト	ブローン アスファルト	合 計
	道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
57 年 度	3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5	94.5	100.3
58 年 度	3,951	177	4,128	540	253	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	97.3	107.6
59 年 度	4,000	162	4,162	805	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.1	100.4	106.1
60 年 度	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.2	96.9	96.4
61 年 度	3,979	241	4,220	1,238	237	5,695	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62 年 度	4,252	360	4,612	995	255	5,862	106.9	149.4	109.3	80.4	107.6	102.9
63 年 度	4,307	421	4,728	967	258	5,953	101.3	117.3	102.5	97.2	101.2	101.6
元年度上期	2,043	151	2,194	423	115	2,732	102.8	91.0	101.9	91.2	98.3	99.9
元年度下期	2,317	296	2,613	509	136	3,258	99.9	116.1	101.5	101.0	96.5	101.2
元 年 度	4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3	97.3	100.6
2 年度上期	2,149	269	2,418	432	124	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9	108.7	108.9
2 年度下期	2,267	337	2,604	497	130	3,231	97.8	113.9	99.7	97.6	95.6	99.2
2 年 度	4,416	606	5,022	929	254	6,205	101.3	135.6	104.5	99.7	101.2	103.6
3 年度上期	2,090	268	2,358	372	111	2,841	97.3	99.6	97.5	86.1	89.5	95.5
3 年度下期	2,226	323	2,549	424	130	3,103	98.2	95.8	97.9	85.3	100.0	96.0
3 年 度	4,316	591	4,907	796	241	5,944	97.7	97.5	97.7	85.7	94.9	95.8
4 年度上期	2,153	253	2,406	372	115	2,893	103.0	94.4	102.0	100.0	103.6	101.8
4 年度下期	2,406	315	2,721	369	126	3,216	108.1	97.5	106.7	87.0	96.9	103.6
4 年 度	4,559	568	5,127	741	241	6,109	105.6	96.1	104.5	93.1	100.0	102.8
8 月	326	61	387	88	17	492	101.6	169.4	108.4	129.4	100.0	111.3
7～9 月	1,028	160	1,188	222	58	1,468	94.7	122.1	97.6	113.8	100.0	99.8
5 年度上期	2,022	265	2,287	404	112	2,803	93.9	104.7	95.1	108.6	97.4	96.9
10 月	405	72	477	64	22	563	101.3	313.0	112.8	118.5	100.0	112.8
11 月	408	57	465	70	24	559	97.1	101.8	97.7	97.2	104.3	97.9
12 月	412	55	467	82	20	569	94.3	83.3	92.8	117.1	95.2	95.8
10～12 月	1,224	184	1,408	216	67	1,691	97.4	126.9	100.4	110.2	101.5	101.6
6. 1 月	213	53	266	74	19	359	100.0	98.1	99.6	134.5	100.0	105.3
2 月	284	55	339	83	19	441	88.8	83.3	87.8	162.7	95.0	96.5
3 月	594	44	638	83	21	742	96.6	88.0	95.9	123.9	95.5	98.4
1～3 月	1,091	152	1,243	240	59	1,542	95.0	89.4	94.3	138.7	96.7	99.4
5 年度下期	2,315	336	2,651	456	126	3,233	96.2	106.7	97.4	123.6	100.0	100.5
5 年 度	4,337	601	4,938	860	238	6,036	95.1	105.8	96.3	116.1	98.8	98.8
6. 4 月	389	18	407	86	17	510	98.0	60.0	95.3	119.4	89.5	98.5
5 月	269	35	304	61	18	383	103.9	166.7	108.6	113.0	100.0	108.8
6 月	321	42	363	67	20	450	100.0	79.2	97.1	119.6	111.1	100.4
4～6 月	979	95	1,074	214	55	1,343	100.2	91.3	99.4	117.6	100.0	101.9
7 月	358	78	436	77	19	532	97.5	139.3	103.1	114.9	100.0	104.5
8 月	305	14	319	83	18	420	93.6	23.0	82.4	94.3	105.9	85.4
9 月	295	71	366	81	19	466	83.8	165.1	92.7	120.9	86.4	96.3
7～9 月	958	163	1,121	241	56	1,418	93.2	101.9	94.4	108.6	96.6	96.6
6 年度上期	1,937	258	2,195	455	111	2,761	95.8	97.4	96.0	112.6	99.1	98.5
10 月	370	57	427	72	21	520	91.4	79.2	89.5	112.5	95.5	92.4
11 月	405	55	460	85	24	569	99.3	96.5	98.9	121.4	100.0	101.8

- 〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6年11月確報
(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。
(3) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－（ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト）
(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
[メーカー]		
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3134
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9438
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9556
キグナス石油株式会社	(104) 中央区八重洲2-8-1	03 (3276) 5325
キグナス石油精製株式会社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044 (288) 8445
九 州 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8606
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0841
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8631
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3121
三共油化工業株式会社	(105) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6411
株式会社ジャパンエナジー	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4076
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2111
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3081
ゼネラル石油株式会社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8410
東 燃 株 式 会 社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5111
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1122
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6531
三 井 石 油 株 式 会 社	(101) 千代田区霞が関3-3-2	03 (5512) 3605
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7413
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4691

[ディーラー]

● 北海道

コスモアスファルト(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3906	コ ス モ
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241) 1561	三 石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2895	日 石
株式会社南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7587	日 石
株 式 会 社 ロ ー ド 資 材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3976	コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
● 東北			
株式会社男鹿興業社	(010-05) 男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185 (23) 3293	J O M O
カメイ株式会社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111	日 石
コスモアスファルト(株)仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1101	コ ス モ
正興産業株式会社仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-5	022 (263) 5951	三 石
竹中産業株式会社新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2770	昭和シェル
常磐商事株式会社仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1151	三 石
中西瀝青株式会社仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4866	日 石
株式会社南部商会仙台営業所	(980) 仙台市青葉区一番町1-1-31	022 (223) 1011	日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231	三 石
菱油販売株式会社仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022 (225) 1491	三 石
● 関東			
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878	コ ス モ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001	昭和シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6548	九 石
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂2-17-22	03 (3584) 8521	J O M O
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7541	コ ス モ
エムシー・アスファルト株式会社	(100) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 2060	三 石
株式会社木畑商会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3191	J O M O
共立石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6640	J O M O
株式会社ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1631	三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011	コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出 光
株式会社澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7131	コ ス モ
三徳商事株式会社東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03 (3254) 9291	昭和シェル
新日本商事株式会社	(170) 豊島区南大塚3-32-10	03 (5391) 4870	昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9521	出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185	昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03 (3356) 8061	モービル
株式会社トーアス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03 (3342) 6391	J O M O
東京富士興産販売株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3401	富士興産
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8691	富士興産
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2751	三 石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日 石
株式会社トーマン	(107) 港区赤坂2-14-27	03 (3588) 7955	昭和シェル
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8151	コ ス モ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03 (3968) 3101	三共油化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日 石
株式会社南部商会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5871	日 石
日石丸紅株式会社	(105) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777	日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区八丁堀1-11-3	03 (3551) 6101	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5211	富士興産
富士鉱油株式会社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2891	コスモ
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3501	富士興産
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モービル
ユニ石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭和シェル
菱東商事株式会社	(105) 港区新橋2-19-10	03 (3573) 3880	三石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8205	三石
瀝青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691	出光
● 中部			
コスモアスファルト(株)名古屋支店	(460) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0711	コスモ
株式会社澤田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5111	コスモ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市伝馬町5-3	054 (255) 2588	昭和シェル
三徳商事株式会社名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781	昭和シェル
株式会社三油商会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721	コスモ
静岡鉱油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195	モービル
新東亜交易株式会社名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514	富士興産
竹中産業株式会社福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565	昭和シェル
株式会社田中石油店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721	昭和シェル
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298	昭和シェル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011	日石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	三石
丸福石油産業株式会社	(933) 高崎市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭和シェル
● 近畿			
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2271	モービル
飯野産業株式会社神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2810	J O M O
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0031	出光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7212	コスモ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	J O M O
コスモアスファルト(株)大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731	コスモ
コスモアスファルト(株)広島支店	(730) 広島市中区銀山町3-1	0822 (44) 6262	コスモ
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551	昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510	昭和シェル
正興産業株式会社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301	三石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0350	富士興産
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5531	三石
ドーロ商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856	富士興産
中西瀝青株式会社大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0312	日石
株式会社ナカムラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2551	J O M O
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195	富士興産
富士商株式会社	(756) 小野田市稲荷町6539	0836 (83) 3210	昭和シェル
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771	昭和シェル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
株 式 会 社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608 昭和シェル
丸 和 鉱 油 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073 コ ス モ
横 田 瀝 青 興 業 株 式 会 社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 J O M O
株 式 会 社 菱 芳 礦 産	(672-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 J O M O

● 四国・九州

伊藤忠燃料株式会社九州支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851 J O M O
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 J O M O
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0468 九 石
株 式 会 社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
株 式 会 社 九 菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区大名2-4-30	092 (771) 7436 コ ス モ
三 協 商 事 株 式 会 社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 富 士 興 産
サ ン ヨ ウ 株 式 会 社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 富 士 興 産
中西瀝青株式会社福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	日 石
株式会社南部商会福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (771) 6881 日 石
西 岡 商 事 株 式 会 社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	092 (721) 4838 三 石
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	0877 (33) 1001 コ ス モ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	093 (871) 3625 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	0878 (31) 7255 昭和シェル
		092 (431) 7561

[賛助会員]

岡谷鋼機株式会社東京本店	(100) 千代田区丸の内1-5-1	03 (5323) 3202
--------------	--------------------	----------------

編集顧問

多 田 宏 行
藤 井 治 芳
松 野 三 郎

編集委員

委 員 長 : 河 野 宏	副 委 員 長 : 真 柴 和 昌
青 木 秀 樹	菅 野 善 朗
阿 部 忠 行	栗 谷 川 裕 造
荒 井 孝 雄	小 島 逸 平
安 崎 裕	佐 々 木 政 彦
	長 谷 川 宏
	田 井 文 夫
	七 五 三 野 茂
	姫 野 賢 治
	室 賀 五 郎

アスファルト 第183号

平成7年4月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

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

印刷所 アサヒビジネス株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-5563-0123 (代)

Vol.37 No.183 APRIL 1995

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**