

アスファルト

第34巻 第170号 平成4年1月発行

170

特集・アスファルトを巡る現状と将来展望について

特集にあたって	蒔田 實	1
わが国のエネルギー長期需給展望について	大場 英男	3
最近の原油事情	乙川 宏	10
石油製品の需要と供給	千田 尚孝	16
石油アスファルトの需給動向と将来展望		
	(社) 日本アスファルト協会	
	調査委員会需要設備部会	23
アスファルト化学への新しいアプローチ	片脇 清士	34
～米国ではいま何を研究しているのか～		
石油アスファルトの改質の現状と将来	児玉 充生	46

〈アスファルト舗装技術研究グループ・第10回報告〉

「第3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

姫野 賢治・アスファルト舗装技術研究グループ 57

〈用語の解説〉

鉄鋼スラグ 小島 逸平 79

マッドカーリング現象 高橋 正明 80

〈資料〉平成2年市販アスファルトの性状調査 技術委員会 82

〈統計資料〉石油アスファルト需給統計資料 87

ASPHALT

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

第64回 アスファルトゼミナール開催のご案内

社団法人 日本アスファルト協会

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、恒例の弊協会主催の「アスファルトゼミナール」を下記要領にて開催致します。

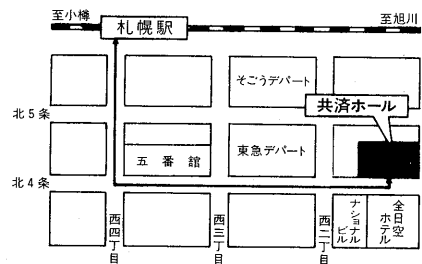
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

1. 主 催 社団法人 日本アスファルト協会
2. 協 賛 社団法人 日本アスファルト乳剤協会
3. 後 援 建設省、社団法人 北海道舗装事業協会、
社団法人 日本道路建設業協会、 社団法人 日本道路建設業協会北海道支部、
社団法人 日本アスファルト合材協会、 北海道アスファルト合材協会
4. 開催日時 平成4年2月4日（火） 9:30～17:15
5. 開催場所 共済ホール（案内図参照） 札幌市中央区北4条西1丁目 ☎011-251-7333
6. 内 容 裏面「プログラム」参照
7. 申込方法 平成4年1月20日までに下記参加申し込み書に必要事項をご記入のうえ参加費を添えて現金書留でお申し込み下さい。申し込み受付次第受講券、領収書をお送りいたします。
8. 申 込 先 社団法人 日本アスファルト協会 アスゼミ係
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 和孝第10ビル
☎03-3502-3956 FAX 03-3502-3376
9. 参 加 費 4,000円
10. 参加人数 600名（締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。）
11. そ の 他 ①払い込み済みの参加費は、不参加の場合でも払い戻し致しません。参加者の変更をすることは差し支えありません。なお、不参加者には後日テキストをご送付致します。
②宿泊のあっ旋は、勝手ながら弊協会では致しませんので、各自にてお願いします。
③会場には駐車設備がありませんので、車でのご来場は、ご遠慮願います。

会場案内図



交通のご案内

〔徒歩〕JR札幌駅→共済ホール(所要7分)

キ リ ト リ 線

第64回 アスファルトゼミナール 参加申込書

勤 務 先			
所 在 地	〒		Tel
申込責任者氏名			
所 属 ・ 役 職			
参 加 人 数	合 計		名

プログラム

開催月日 平成4年2月4日(火) 9:30~17:15

開催場所 共済ホール

札幌市中央区北4条西1丁目 ☎011-251-7333

1. 挨拶 9:30~9:45

社団法人 日本アスファルト協会会長	高 島 陽 一
北海道開発局長	戸 部 智 弘
北海道土木部長	品 川 忠 裕
札幌市建設局長	平 賀 岑 吾

2. 講演にあたって 9:45~10:00

社団法人 日本アスファルト協会名誉会長	谷 藤 正 三
---------------------	---------

3. 最近の道路行政の課題と平成4年度道路整備予算案 10:00~11:00

建設省道路局企画課道路経済調査室長	井 上 啓 一
-------------------	---------

4. 改質アスファルトを用いた混合物の設計・施工の手引き 11:00~12:20

建設省道路局市町村道室建設専門官	矢 野 善 章
------------------	---------

(昼食休憩 12:20~13:10)

5. 表層用舗装材料の現状について 13:15~14:35

建設省土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員	坂 本 浩 行
-------------------------	---------

6. 北海道における道路整備の動向と今後の課題 14:35~15:55

北海道開発局建設部長	柳 川 捷 夫
------------	---------

7. アスファルト乳剤の新しい利用法 15:55~17:15

北海道大学土木工学科助教授	森 吉 昭 博
---------------	---------

(講師は都合で変更することがあります)

日瀝化学工業(株)専務取締役技術研究所長

アスファルトおよび舗装についてずぶの素人ではあったが、「白か黒か」の検討に参加したのを機会に、アスファルト舗装について強い関心をもつようになった。というのは、各地に産する各種の原油から製造されるアスファルトは、JIS等の品質規格に合格するものだからといって、舗装用材料として同じ性状をもつものであろうか疑問に思えたからである。さらには、石油精製技術が軽質分の得率を高める白油化を目的として変化していくとす

れば、それにもなってアスファルトの性状も変化していくのではないか、その結果今までのアスファルトは良かったがこれからのアスファルトは舗装材料としての適性に欠けるものになっていく可能性があるのではないかと、懸念したからである。そうとすれば、舗装に適したアスファルトとはどうゆうものであるか改めて検討し、真に舗装に適したアスファルトの性状を明確にすることが必要であり、もし舗装に適さないアスファルトがあるとすればポリマーなどによって舗装材料に適するように改質することが必要とされる。さらには、より厳しい交通荷重条件にも耐える耐久性に優れた舗装材料としての改質アスファルトは、改質するのに適したアスファルトを選定するとともに改質効果の優れたポリマーを開発する必要がある。以上のような素人にしてはいささか過ぎたことを考え、一部舗装技術関係の方々と議論したことがある。このようなことから、建設省土木研究所では我が国で使用されているアスファルトをあつめ、その性状と組成との関係および舗装材料としての評価方法に関する研究が実施され、あわせて日本ゴムアスファルト協会との共同研究として改質に適したアスファルトの選定ならびにより高度な改質アスファルトを開発するための研究が実施された。

その後、同じような考え方が米国でもされていると聞いているうちに、やがてそれがSHRP(戦略的道路研究計画)であることを知った。SHRPでは、米国における200種類にも上るアスファルトのすべてが道路舗装に適しているとは考えられないということから、アスファルトの基礎的研究から長期供用性の試験舗装に至るまでの総合的研究により、舗装材料として具備すべきアスファルトの性状を明確にして、アスファルトの種類を限定しようとしている。さらに舗装に適した改質アスファルトの開発ならびに舗装用アスファルトの試験

方法の開発をも目的としている。SHRPの研究成果の一環として、昨年ペンシルベニア州立大学のデイビット・アンダーソン教授が、ひびわれやわだち掘れなどのアスファルト舗装の挙動に関する新しい理論を発表しており、現在積極的な研究が進められている。

我が国の社会経済に果たす道路の役割は益々大きく、重要なものになるとともに、道路舗装に対する交通条件は厳しくなるものと考えられる。さらに社会の舗装に対する要請も、交通安全や景観に対する配慮など高度化多様化している。このような道路舗装をめぐる諸条件のもとで、今後も舗装はその多くをアスファルトに依存せざるを得ない。近年、重交通道路におけるわだち掘れ対策としてDSの目標値を3000、5000あるいはそれ以上にすべきとの議論も盛んであり、交通安全対策としての排水性舗装など従来とは異なった社会の要請に応えるべき技術的検討が行われている。すなわち、アスファルト舗装に関する一層の技術開発が要請されている状況にある。

しかしながら、これらの技術開発もアスファルトの安定した供給の確保がその前提となる。昨年の湾岸戦争は、幸にしてアスファルトの供給に関してさしたる混乱もなく過ごせたが、今後このような事態が生じた時に果たしてどうなるのか、舗装技術者も決して無関心ではいられない。

今回、本誌で我が国におけるエネルギーおよび原油事情、石油アスファルトを含めた石油製品の需給動向と将来の展望に関し、各界の専門家による特集が企画された。アスファルト舗装に関する新たな技術開発が盛んになってきている時だけに、誠に時期を得たものであり、舗装技術者にとって大変参考になるものと期待される。

わが国のエネルギー長期需給展望について

大 場 英 男*

はじめに

1986年12月に始まった今回の内需主導型の景気拡大は戦後最大といわれた「いざなぎ景気」を越える勢いになっている。それによってエネルギー需要も4年連続でGNPに近い高い伸び率を示している。

わが国のエネルギーの長期展望をするうえで指標となるものに、「総合エネルギー調査会」の長期エネルギー需給見通しというものがある。これは、今後のわが国のエネルギー政策の指標となる計画で、1990年6月に2010年度までの見通しが発表された。前回の見通しが1987年10月に発表されてから2年8か月ぶりの改訂になる。総合エネルギー調査会は通産大臣の諮問機関であり、1965年（昭和40年）8月に設置された。1967年に提示された第1回答申以来、今回の見通しは9回目の発表になる。

今回は、この長期エネルギー需要見通しに基づいてわが国のエネルギー需要について触れていきたいと思う。

1. 長期エネルギー需給見通し概要

今回のこの見通しの特徴は、経済成長の持続と地球環境保全の両立を目指し、省エネルギー政策の推進を全面に打ち出している。

この見通しでは、実質経済成長率を2000年度まで年率4%、2010年度まで年率3%で推移することを前提にしている。

1次エネルギー総供給は1988年度の4.82億klに対し、2000年度5.97億kl、2010年度6.66億klとなっている。1988年度～2000年度の年平均伸び率は1.8%、2000年度～2010年度の年平均伸び率は1.1%となっている。（表-1、表-3参照）

1次エネルギー総供給をエネルギー別の構成比で見ると、石油が1988年度57.3%、2000年度51.6%、2010年度46.0%と年々減少するが1番大きなウエイト

を占めている。石炭については、1988年度18.1%、2000年度17.4%、2010年度15.5%と減少する。天然ガスについては、1988年度9.6%、2000年度10.9%、2010年度12.0%になっている。原子力については1988年度9.0%、2000年度13.2%、2010年度16.7%と大幅に増えている。新エネルギーについては、1988年度1.3%、2000年度2.9%、2010年度5.2%になっており、石油、石炭といったCO₂排出量の多い化石燃料の比率は減少し、天然ガス、原子力、新エネルギーの比率は上昇する計画になっている。（表-1、表-2、図-1参照）

（注：化石燃料のCO₂排出比率は石炭：石油：天然ガス＝概ね10：8：6）

この見通しは前記の実質経済成長率で特別の省エネルギー対策がとられないと、2010年度で7.49億klになると試算されており、2010年度6.66億klにするには、11.2%の省エネルギーを達成することを目標にしている。また、エネルギー原単位の改善は1988年度から2010年度で36%改善することを目標にしている。この省エネルギーを達成するためにエネルギー需要面では、①民生用の冷暖房効率の大幅な改善、②自動車燃費の大幅改善、③発電効率の向上等が計画されている他、未利用エネルギーを活用した熱供給の大幅導入、コジェネレーションの積極的導入をおこなっていく。

一方、エネルギー供給面では、地球温暖化対策推進の観点も踏まえ①太陽光発電、太陽熱温水器、メタノールなどの新エネルギーの積極的導入、②原子力発電のシェア向上、③LNGの積極的活用、④石油依存度の低減を推進するとしている。

2. 長期エネルギー需給見通しの問題点

この見通しの発表時に、総合エネルギー調査会の稲葉秀三会長が、「地球温暖化問題、経済成長の在り方、我々のライフスタイル、現代文明の在り方などに関わる難解な連立多元方程式を解くような苦しみを味わい

*おおば ひでお 財団法人日本エネルギー経済研究所 研究理事

表－１ 長期エネルギー需給見通し

年 度	1988年度(実績)		2000年度		2010年度	
項 目	1988年度(実績)		2000年度		2010年度	
一次エネルギー総供給	4.82億kℓ		5.97億kℓ		6.66億kℓ	
省エネルギー目標			6.0%		11.2%	
区 分						
エネルギー別	実 数	構 成 比 (%)	実 数	構 成 比 (%)	実 数	構 成 比 (%)
新エネルギー等	620万kℓ	1.3	1,740万kℓ	2.9	3,460万kℓ	5.2
水	860億kwh (2,030万kw)	4.6 15.0	910億kwh (2,270万kw)	3.7 20.1	1,050億kwh (2,620万kw)	3.7 26.5
地 熱	40万kℓ	0.1	180万kℓ	0.3	600万kℓ	0.9
原 子 力	1,790億kwh (2,890万kw)	9.0	3,300億kwh (5,050万kw)	13.2	4,740億kwh (7,250万kw)	10.7
天 然 ガ ス	4,610万kℓ	9.6	6,500万kℓ	10.9	8,000万kℓ	12.0
石 炭	11,460万 t	18.1	14,200万 t	17.4	14,200万 t	15.5
石 油 (うち L P G)	2.76億kℓ (1,740万 t)	57.3	3.08億kℓ (2,200万 t)	51.6	3.06億kℓ (2,300万 t)	46.0
	4.82億kℓ	100.0	5.97億kℓ	100.0	6.66億kℓ	100.0

1.本見通しは、今後の長期に亘り我が国が一定の経済発展を維持していく上で、エネルギー面から重大な制約を生じさせないこと及びエネルギー消費に関し規制的措施を導入しないことという2つの前提条件の下で、その達成は決して容易なものではないが、政府・民間がエネルギー面で最大限の努力を傾注することにより達成されるべき目標としてのエネルギー需給のあり方を示したものである。

2.今後、急激な内外情勢の変化が生じた場合、本見通しの需給の内容について見直す必要が生ずる場合があり得る。例えば、地球環境問題についてCO₂の短期間での安定化等国際的に極めて厳しい事態に立ち至ることにより、我が国の経済活動水準及びその内容の見直し、それに伴うエネルギー面での施策の抜本的洗い直し等大きな国民的選択が迫られる場合もあり得ると考えられ、今後のエネルギーを巡る内外の動向については引き続き十分注視していく必要がある。

注) 1.原油換算は9,250kcal/ℓに、バーレル換算は6.29バーレル/kℓによる。

(出所：総合エネルギー調査会)

2.新エネルギー等の欄には、太陽エネルギー、アルコール燃料、黒液(パルプ液)、薪炭等を含む。

3.水力の発電電力量及び設備容量は一般水力のものである。

4.LNGのトン換算は0.712トン/kℓによる。

5.石油の欄には、オイルサンド・シェール油を含む。

6.構成比の各欄の数字の合計は、四捨五入の関係で、100にならない場合がある。

7.経済情勢及びエネルギー情勢は、今後、流動的に推移するものと見込まれることから、本見通しにおける数値は、硬直的なものとしてではなく、幅をもって理解すべきであることに留意する必要がある。

表－２ 長期エネルギー需給見通しのポイントについて

I. エネルギー需要

(1)総合的な省エネルギー対策を強力に推進することにより、エネルギー消費のG N P 原単位(一次エネルギー供給量/G N P)は、年平均2.0%の改善、2010年度までの間全体として、二度の石油危機を含む1973～1988年度の実績(先進国中最高水準)に匹敵する36%の改善の達成を目指す。

(2)これは、最近、1程度(87年度88年度平均で0.98)で推移しているエネルギー需要のG N P 弾性値(一次エネルギー供給量の伸び率/経済成長率)を、1988年度から2010年度までの間、平均で0.42にまで引き下げることを意味する。

(3)上記(1)(2)を達成するため、政府・民間が全力を挙げて取り組む今後の省エネルギー対策の指標として、本見通しの審議過程において試算された「自然体需要ケース」(特徴の追加的な政策がとられないことを前提としたケース)の需要と本見通しの需要との比較値、即ち、2010年度における約11.2%を省エネルギー目標値とした。

この省エネルギー目標値を達成するため、民生用の冷暖房効率の大幅な改善(断熱材の導入促進等)、自動車燃費の大幅な改善、発電効率の向上等の他、次のような対策に着手する。

●熱供給(未利用エネルギー等を活用)の大幅な導入

河川水、海水等の熱を利用した温度差エネルギー、ゴミ処理廃熱及び都市廃熱等の活用により熱供給の規模を大幅に拡大し、2010年度までに民生部門エネルギー需要の10%弱を賄う。

●熱電併給発電(コジェネ)の積極的導入

コジェネの導入規模は、燃料電池利用型のものを中心にして、現状の規模(15万キロワット)を2000年度には22倍(約320万キロワット)、2010年度には70倍(約1040万キロワット)にまで拡大。

II. エネルギー供給

地球温暖化対策推進の観点をも踏まえ、政府及び民間の協力のもとに、次の対策を強力に推進する。

①新エネルギー：太陽光発電の積極的導入、太陽熱温水器の導入拡大、メタノールの導入等。太陽エネルギーについては、設備コストの大幅な低下を図り、2010年度までに一戸建て住宅の約半数でその利用が行われることに担当する規模にまで拡大。

②原子力：原子力による電気事業用発電電力量の全電気事業用発電電力量に占めるシェアを現状の27%から16%引き上げて、2010年度において43%のシェア実現を目指す。

③L N G (液化天然ガス)：発電用については、2010年度までに現状発電能力を上回る規模の設備を新設。都市ガス用については、中小都市ガスの天然ガス化等により、その原料におけるL N G の割合を現状の71%から85%に上昇。

④石炭：賦存量の膨大さ及び賦存の広さから見て、供給安定性が非常に高く、また、経済性の優位さからも、中核的な石油代替エネルギーであるが、単位発生エネルギー当たり最も多量のCO₂を排出するため、引き続き、一定量を依存するものの、中長期的には、その導入量の増大は困難。

⑤石油：他の先進国と比較して脆弱な我が国供給構造の克服及び世界の石油需給の安定への貢献が重要であり、更には地球温暖化問題への対応の必要性をも併せ考慮して、引き続き依存度低減を図る。

以上の結果、非化石エネルギーとして、CO₂ 負荷が小さい新エネルギー、水力、地熱及び原子力の、2010年度における一次エネルギー供給に占めるシェアの合計は、現状(1988年度実績15%)の約2倍の27%と見込むこととする。なお、非化石エネルギーは、国産又は準国産エネルギーと位置づけられることから、このことは、我が国エネルギーの対外依存度の約10%低下をもたらすこととなる。

(出所：総合エネルギー調査会)

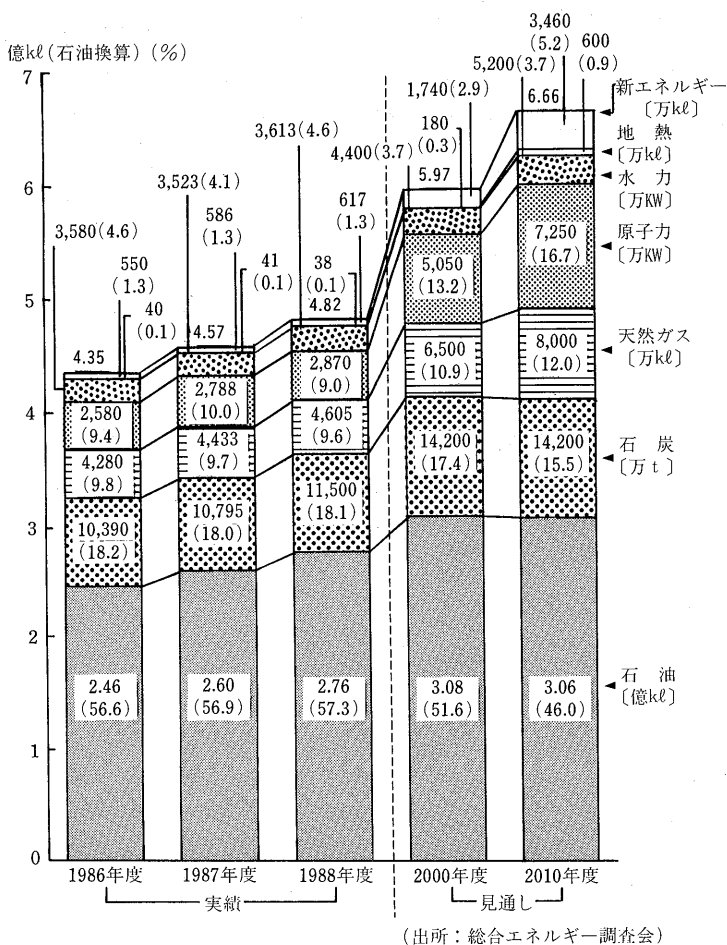


図-1 長期エネルギー需給見通し

ながら審議してきた。」(朝日新聞1990年6月6日付朝刊)といったようにこの見通しの達成に向けて非常に多くの問題点を抱えている。地球環境保全、持続的経済成長(エネルギー需要増)、エネルギー供給の安定化(セキュリティ確保)は相互にトレードオフの関係があり、これをいかに調和させるかといった難しい課題への挑戦でもある。

この見通しが発表されてから1年半が経過したわけであるが、早くもその見通しの達成を危ぶむ声が出てきている。

(1) 予想以上のエネルギー需要の伸び

この見通しでは1988年度～2000年度までの1次エネルギー総供給の年平均伸び率を1.8%に置いているが、1989年度、1990年度の実績を見てみると、それぞれ3.7%、5.3%と高い伸びを示している。

これは景気拡大に伴う高い経済成長によるもので、実質経済成長率も1989年度4.9%、1990年度5.7%と高

い伸び率になっており、この見通しの成長率4%を大きく上回っている。

GNP弾性値(1次エネルギー総供給伸び率/GNP成長率)も1989年度0.77、1990年度0.93とこの見通しの0.45よりもかなり大きくなっている。

この結果、2年間で発電台が高くなり、この見通しを達成するには、1990年度の実績をベースにすると2000年まで1次エネルギー供給で年率1.3%の伸び率でいかねばならない。今後景気の減速があり、エネルギー需要に弱まりが出たとしてもこの見通しを達成するためにはかなりの省エネルギーを推進しなければならない。

(2) 原子力に対する反対運動の高まりと原子力発電所建設計画の遅れ

この見通しでは、原子力発電所の建設推進という政策を掲げ、1988年度の2870万kwから、2000年度で5050万kw、2010年度で7250万kw建設することになっている。原子力による発電量を全発電量の27%から16%引き上げて2010年度には43%のシェアにもっていこうとしている。

しかしながら、1986年4月のチェルノブイリ原子力発電所の事故以来、主婦や若者を巻き込んだ新しいタイプの原子力反対運動によって、原子力発電の安全性に対する懸念、放射性物質に対する不安感を国民の多くが持つようになった。既設の原子力発電所での増設はできたとしても、新しい地点での原子力発電所の建設については地元住民の賛成を得ることは非常に難しく、建設が困難になってきている。

電力9社の施設計画では2000年度で5056万kwの建設が行われるという計画になっているが、その中でも見込みの立たないものもありその実現が非常に難しくなっている。また、2010年度についても2000年以降2000万kw増設しなければならず、100万kw級原子力発電を20基、すなわち年間2基のペースで建設・稼働することは新しい立地点の確保の問題から言っても非常に困難であろう。

(3) 新エネルギー開発の遅れ

CO₂排出抑制策の目玉の一つとしてあげられていた新エネルギー開発であるが、経済性、新技術の商業化の

面で現実性が乏しいとされており、開発が大きく遅れている。

太陽光発電、太陽電池、燃料電池、メタノール等の新エネルギーの導入は1988年度より2000年度で約3倍、2010年度で約6倍の導入目標になっているが、現在の状況から判断すると過大な目標となっている。

(4) 地球環境問題

今回の見通しで初めて政策基準として入ってきたものが地球環境問題である。1988年6月のトロントサミット以来、地球環境問題が急速に国際政治の舞台に登場してきた。とくに地球温暖化ガスとして化石燃料の燃焼時に発生する炭酸ガス(CO₂)の排出抑制に向かって国連等で話し合いが進められている。

この見通しではCO₂の総排出量の伸び率を2005年度まで年率1.2%に抑え、以後減少させていく(年率0.1%減)というようになっている。

1990年10月に政府から出された地球温暖化防止行動計画においても、この見通しが達成されることを前提にして作られており、CO₂抑制のために一人当たりのCO₂排出量を2000年以降おおむね1990年レベルでの安定化を図るとしており、また、CO₂総排出量についても新エネルギーやCO₂固定化技術等の革新的技術開発が現在予測されているより大幅に進展した場合、2000年以降おおむね1990年レベルで安定化するように努めるとしている。

1992年6月にブラジルで行われる国連開発環境会議(地球サミット)で採択される「気候変動に関する枠組み条約」に向けて、CO₂排出抑制については、各国間で激しい議論がかわされておりこの条約いかなんではさらに厳しい環境制約を受けなければいけない可能性がある。

CO₂排出抑制の達成のために、この見通しの中では大幅な省エネルギーや新エネルギーの導入、化石燃料から非化石燃料への燃料転換(特に原子力の推進)が実現されることを前提としている。

しかしながら、前述のように予想以上のエネルギー消費の増加や新エネルギーや原子力発電導入の遅れを考えると現実問題として化石燃料の消費を抑えることはかなり難しくなっている。

(5) 供給安定化(セキユリティ)について

1990年8月に発生した湾岸危機によって我々が、第2次石油ショック以来忘れかけていたエネルギーの安定供給について再認識させられた。

イラクとクウェートの原油生産量合計の約500万B／

Dが世界の原油市場からなくなった。それ以上に重要であったのは、クウェートの輸出製油所が失われ、サウジアラビアからの製品供給が多国籍軍の軍事用燃料として大量に使用されたことで、世界の石油製品需給が逼迫した。わが国は原油処理量を引き上げ対応したが、石油供給の脆弱性、不安定性について顕在化した。

わが国では、第1次、第2次石油ショックを通じて脱石油政策、脱中東政策を進め、石油依存度の低下を図ってきたが、1986年の石油価格の暴落以来再び依存度は上昇してきている。(表-4参照)

エネルギー需要が予想以上に伸びる中で、石油依存度を下げることは困難であり、また、世界一の石油生産国であるソ連の減産、世界的な中東依存度の上昇を考えるなら、石油供給を安定的に確保するための強力な政策が望まれる。

サウジアラビアとのジョイントベンチャーでの製油所建設にみられるような産油国との関係強化も重要施策である。

3. このまま推移するとどうなるか

もし、このまま経済成長が順調に伸び、省エネルギー等のエネルギー効率改善が成されずこのまま推移していった場合どうなるであろうか。

前述の通り、このエネルギー需給見通しでは省エネルギーや様々なエネルギー効率改善を行わなければならないとしている。総合エネルギー調査会の審議過程において、「自然体需要」ケースが試算された。ここでは、今後とも現状程度のエネルギー利用の効率化の進展はあるが、それ以上の追加的政策は取らないと仮定している。この試算によると1次エネルギー供給量は2010年度で7.49億klになり、この見通しより0.83億kl多くなってしまう。しかし、それでも1次エネルギー供給におけるGNP弾性値(1次エネルギー伸び率/GNP伸び率)は1988年度～2010年度で0.57であり現状よりかなり省エネルギーが進むことになっている。(表-3、図-2参照)

例えば、省エネルギーがほとんど現状のような状態で推進されなかった場合はどうであろうか。GNP弾性値を1986年度～1990年度の実績の横ばいで0.9とする「GNP弾性値固定化ケース」では、2000年度で7.49億kl、2010年度で9.78億klとなる。(1次エネルギー総供給量は1990年度の実績を発射台にした)これは、長期需要見通しの1次エネルギー総供給量の2000年度で約1.25倍、2010年度で約1.5倍になる。

表-3 自然体需要ケースとGNP弾性値固定化ケース

年 度	1988	1990	2000	2010	2000	2010	1986~90	2000	2010
	(実績)	(実績)	(長期需給見通し)	(長期需給見通し)	(自然体需要ケース)	(自然体需要ケース)	(実績)	(GNP弾性値固定化ケース)	(GNP弾性値固定化ケース)
経済成長率(％/年)	5.9	5.7	4.0	3.0	4.0	3.0	5.3	4.0	3.0
一次エネルギー総供給伸率(％/年)	5.4	5.3	1.8	1.1	2.3	1.7	4.9	3.6	2.7
GNP弾性値	0.92	0.93	0.45	0.37	0.58	0.57	0.92	0.9	0.9
一次エネルギー総供給(億KL)	4.82	5.26	5.97	6.66	6.35	7.49	5.26	7.49	9.78
CO ₂ 排出量(百万T-C) (*は推定値)	294	*328	340	345	*353	402	328	*450 (注)	*570
CO ₂ 排出増加率(％/年) (1990年レベルからの伸率)			0.4	0.3	0.7	1.0		3.2	2.8

(注) 一次エネルギー供給の増分についてはすべて石油にて対応した。

(出所：総合エネルギー調査会資料等により筆者作成)

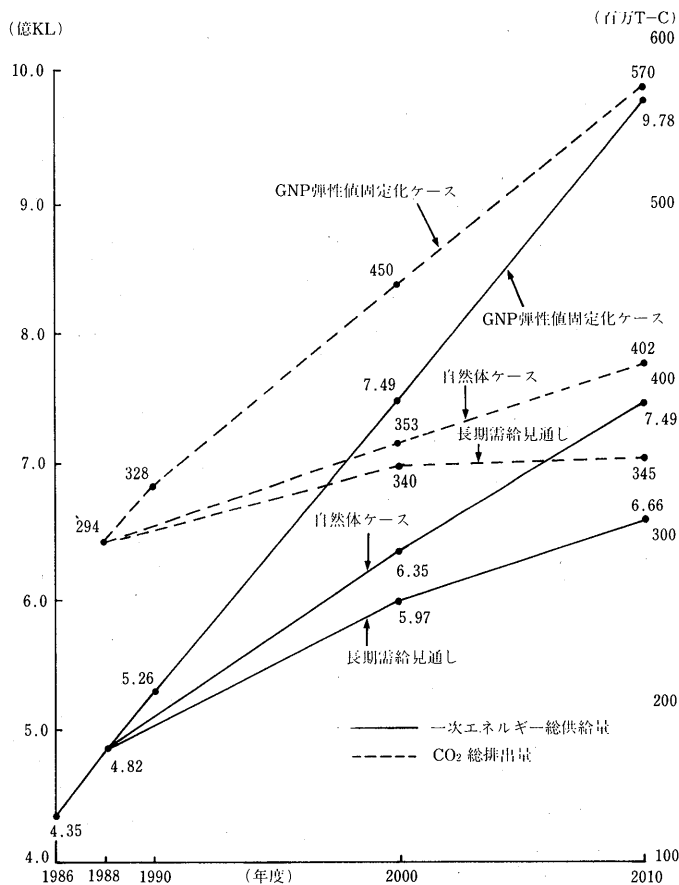


図-2 一次エネルギー総供給とCO₂排出量の見通し

4. その結果の問題点

(1) 石油依存度の再上昇

エネルギー需要が増加した分どのエネルギー源で対応できるかという問題が出てくる。国の政策としては、脱石油、脱中東ということで、エネルギーの安定供給をしていきたいと考えているが、原子力の推進が思うように行われていない現状を考えれば石油依存度が再

上昇していく。

石油依存度は、第1次石油ショックの1973年度には77.4%であったものが、第2次石油ショックを経て1984年度には60%を切り59.2%となり、1985年度には56.3%と高度成長期以降最も低い依存度になった。しかし、1986年の原油価格の暴落と共に再び増え始め、1990年度は58.3%と再び60%を越えようとしている。(表-4

参照)

先程のGNP弾性値固定化ケースで増加分をすべて石油で対応した場合、石油の供給量は2000年度4.60億 kl 、2010年度6.18億 kl 、シェアはそれぞれ61.4%、63.2%となる。さらに原子力が見通し達成できなければ、さらに依存度が上がっていくことになる。

(2) CO₂排出量の増加

エネルギー需要の増大がおきると石油依存度と共に問題になってくるのがCO₂排出量の増加である。

GNP弾性値固定化ケースで増加分をすべて石油で対応した場合のCO₂排出量は、2000年度で450百万T-C、2010年度で570百万T-Cとなり、1988年度の排出量328百万T-Cのそれぞれ1.37倍、1.74倍になってしまう。

政府の地球温暖化防止行動計画での目標の一人当たりのCO₂排出量を2000年で1990年レベルに安定化させることは、非常に困難になってくる。

5. 見通し達成のための対策

経済成長維持、エネルギーの安定供給、地球環境問題の対応という非常に難解な問題を抱えながらそれを解決していくにはエネルギー問題を徹底的に国民に理解してもらうようなエネルギー政策の改革が必要となってくる。解決の切り札は省エネルギーと原子力発電でありこの二つを推進できるような政策作りが必要となってくるのではないだろうか。

(1) 省エネルギーをすすめるには

省エネルギーをすすめるにはソフト、ハードの両面からの対策が必要であると思われる。

ソフト面では国民にエネルギー多消費の実感をさせ、省エネルギーの意識を植え付けさせるような政策にしなければならないと思われる。また、テレビ・新聞等を使った省エネの広報活動のほかに、政策作成者自らがそれを実行するようにしなければならないと思われる。

第一次石油危機後、エネルギー消費の5割を占める産業部門の省エネは著しく改善し、現在頭打ちの状況にある。従って、ハード面では昨今高い伸びを示すビルの省エネ対策の推進と共に自動車の燃費改善等、同様に高い伸び率を示す交通部門の省エネを推進することが重要である。

また、それを推進するための税制・金融上の優遇策の充実をしなければならない。

表一 4 石油依存度の推移

年 度	1973	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	(単位: 10 ¹⁰ kcal)
一次エネルギー総供給	385,409 (11.1)	384,679 (△0.2)	366,224 (△4.8)	387,333 (5.8)	387,271 (△0.02)	386,455 (△0.2)	411,139 (6.4)	397,165 (△3.4)	382,132 (△3.8)	364,286 (△4.7)	383,558 (5.3)	403,112 (5.1)	405,401 (0.6)	402,318 (△0.8)	422,497 (5.0)	445,502 (5.4)	461,879 (3.7)	486,271 (5.3)	
石油	77.4	74.4	73.4	74.2	74.8	73.3	71.5	66.1	63.7	61.8	61.5	59.2	56.3	56.6	56.9	57.3	57.9	58.3	
石炭	15.5	16.6	16.4	15.1	14.4	13.3	13.8	17.0	18.4	18.5	18.0	18.8	19.4	18.2	18.0	18.1	17.2	16.6	
天然ガス	1.5	2.0	2.5	2.7	3.6	4.7	5.2	6.1	6.3	6.9	7.5	9.2	9.4	9.8	9.7	9.6	10.0	10.1	
原子力	0.6	1.2	1.5	2.0	1.8	3.5	3.9	4.7	5.2	6.3	6.7	7.5	8.9	9.4	10.0	9.0	8.9	9.4	
水力	4.1	4.9	5.3	5.0	4.4	4.3	4.6	5.2	5.3	5.1	5.1	4.1	4.7	4.6	4.1	4.6	4.6	4.2	
地熱	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
新エネルギー等	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	

(注) () 内は対前年度比増減%

(出所: 総合エネルギー統計)

(2) 原子力発電開発の推進

原子力発電に関しては、国民の間にまだ十分な理解を得られていないため、様々な角度から一つずつ理解を得られるようにしなければならない。

第一番目に安全確保体制の整備・充実、安全確保関連技術開発の推進を行う。

第二番目にバックエンド対策、すなわち核燃料サイクル確立のため、使用済み燃料の適切な再処理を行うと共に、高レベル放射性廃棄物の国民の理解を得られるような処分手続き、処分方法、推進体制を早期に確

立する。

第三番目に立地促進対策として地域新興施策を立地初期段階から充実させる。

第四番目に広報対策として、国民に対する透明性の確保、原子力情報提供機能の強化、タイムリーかつ対象別の効果的な広報活動を行っていく。

以上述べてきた通り、長期エネルギー需給見通し達成には数多くの問題点があり、政策当局者にとっても頭が痛い問題となっていることを広く皆が認識すべきである。

☆1991年版発行のお知らせ☆

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

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』 1991年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文72ページ・実費領価 1部 800円(送料実費は申込者負担)
ハガキにてお申込み下さい。

主 な 内 容

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

最近の原油事情

乙 川 宏*

1. はじめに

イラクのクウェート侵攻以来1年余り経過し、一時的に急騰した原油価格も湾岸危機以前の水準に戻り、多少の変動はあるものの比較的安定した状態で推移している。

本稿では、「最近の原油事情」として、世界の状況と我が国の状況について湾岸危機および今後の原油状況の視点から概観してみる。

2. 世界の状況

2.1 湾岸危機を振り返って

1990年8月2日にイラクのクウェート侵攻後原油価格は図-1に示すとおり急騰した。ドバイ原油のスポ

ット価格は1990年10月にはバーレル37ドルまで上昇した。その後事態が明らかになるにつれ市場は徐々に鎮静化し、多国籍軍の空爆開始を契機に原油価格は急激に低下し、1991年2月には湾岸危機以前の水準に戻り比較的安定した状態で推移した。

この様に短期間で原油価格が乱高下した諸要因を分析してみると以下のことが考えられる。

2.1.1 原油価格急騰要因

- (1) 原油供給余力が中東地域に集中していること。
- (2) 湾岸全体が危険状態となり、イラク、クウェート以外の国への原油タンカー配船にも危険が伴ったこと。
- (3) 戦争の見通しがつきにくかったことおよび需要

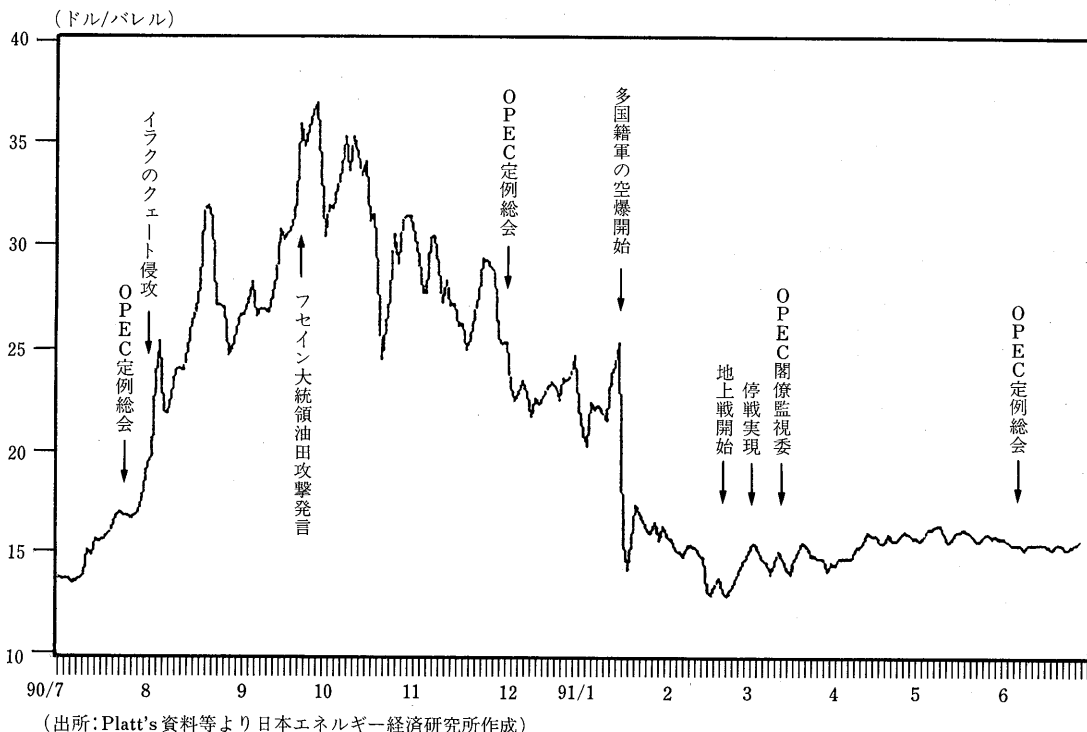


図-1 ドバイ原油スポット価格の推移

*おとがわ ひろし 日本石油(株)製造部製油課 課長

期を控えての供給不安から思惑買いが殺到し、先物市場が原油価格を誘導したこと。

などが考えられる。

2.1.2 原油価格急激低下要因

(1) 米国をはじめとする多国籍軍が原油タンカーの護衛など湾岸地域の安全対策を早期に実施したこと。

(2) サウジアラビアなどが原油増産を早期に実施出来たこと。サウジアラビアとUAEで表-1に示すとおり日量300万バレル増産し、ほぼイラク・クウェート供給減少分を充足したこと。

(3) 備蓄効果

過去のオイルショックの経験からIEA加盟国は緊急時対策として石油備蓄を行っており、表-2に示すとおり1990年9月末時点でOECD計で99日と多量の備蓄があったこと。

以上が湾岸危機の概略であるが政治不安を抱える中東産油国に依存する限り、備蓄などの緊急時対策の重要性を痛感させられた。

2.2 今後の原油情勢について

IEAの10月レポートに依れば1992年第一・4半期までの全世界の石油需給バランスは表-3に示すとおりである。この予測では1991年第四・4半期までは供給余力があり石油在庫は増加する。逆に1992年第一・4半期には日量70万バレル不足するが在庫減で調整可能な範囲であり、短期的には原油需要は比較的安定した状態で推移する見通しである。

しかしながら、この予測に影響を与える不確定要素として下記の事情を考慮しておく必要がある。

(1) OPECの供給余力について

IEA試算とは別にOPECの原油生産量と生産可能量については表-4と推定される。

1991年第四・4半期以降イラク・クウェートを除く11カ国の原油持続生産可能量はIEAのOPECに対する原油供給必要量より日量約100万バレル少ない。

したがって、イラク・クウェートの原油輸出が、いつ再開され、量としてどの程度が見込めるかが重要なポイントである。

表-1 自由世界原油生産量の推移 ('89~'91)

	1989	1990					1991				
	C Y	I Q	II Q	III Q	IV Q	C Y	I Q	6 月	II Q	7 月	8 月
O P E C	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD
サウジ	4.95	5.52	5.47	6.12	8.02	6.28	8.10	8.10	7.63	8.40	8.40
イラン	2.86	2.86	3.07	3.22	3.17	3.08	3.30	3.30	3.30	3.40	3.40
イラク	2.82	2.90	3.08	1.65	0.43	2.01	0.09	0.38	0.31	0.38	0.40
クウェート	1.60	1.87	1.73	0.64	0.07	1.07	0.02	0.02	0.01	0.09	0.13
U A E	1.88	1.99	2.04	1.91	2.33	2.07	2.47	2.30	2.37	2.30	2.30
カタール	0.39	0.38	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39
中立地帯	0.40	0.38	0.30	0.26	0.21	0.29	0.01	0.10	0.03	0.15	0.13
ベネズエラ	1.71	2.02	2.00	2.10	2.27	2.10	2.35	2.30	2.30	2.30	2.30
ナイジェリア	1.64	1.70	1.73	1.78	1.90	1.78	1.90	1.85	1.88	1.85	1.90
インドネシア	1.22	1.13	1.22	1.28	1.38	1.25	1.45	1.50	1.47	1.50	1.45
リビア	1.10	1.28	1.25	1.35	1.52	1.35	1.48	1.45	1.45	1.45	1.45
アルジェリア	0.69	0.75	0.75	0.76	0.80	0.76	0.80	0.80	0.80	0.80	0.30
ガボン	0.22	0.27	0.27	0.27	0.30	0.28	0.30	0.30	0.30	0.30	0.90
エクアドル	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29
O P E C 原油計	21.77	23.33	23.57	22.02	23.06	22.99	22.94	23.07	22.52	23.60	23.64
非 O P E C	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD
アメリカ	7.60	7.46	7.23	7.23	7.42	7.33	7.48	7.35	7.39	7.35	7.30
メキシコ	2.51	2.51	2.48	2.54	2.65	2.55	2.67	2.72	2.69	2.70	2.70
他西半球	3.66	3.73	3.68	3.75	3.84	3.75	3.83	3.71	3.68	3.72	3.77
北海	3.43	3.67	3.70	3.38	3.76	3.63	3.88	3.42	3.46	3.72	3.40
[イギリス]	[1.77]	[1.89]	[1.88]	[1.69]	[1.73]	[1.80]	[1.81]	[1.46]	[1.41]	[1.73]	[1.76]
[ノルウェー]	[1.49]	[1.61]	[1.65]	[1.51]	[1.84]	[1.65]	[1.89]	[1.77]	[1.86]	[1.79]	[1.45]
他欧州	0.32	0.33	0.32	0.33	0.37	0.34	0.36	0.38	0.38	0.38	0.38
極東	2.00	2.20	2.23	2.18	2.23	2.21	2.29	2.16	2.20	2.25	2.24
中東/アフリカ	3.11	3.15	3.19	3.26	3.33	3.23	3.40	3.43	3.43	3.42	3.42
非OPEC原油計	22.63	23.05	22.83	22.67	23.60	23.04	23.91	23.17	23.23	23.54	23.21
自由世界原油	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD	百万BD
	44.40	46.38	46.40	44.69	46.66	46.03	46.85	46.24	45.75	47.14	46.85

(出所) PIW

表-2 石油在庫の推移

	1989	1990				1991				
	12月末	3月末	6月末	9月末	12月末	3月末	5月末	6月末	7月末	8月末
日 本	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ
民間備蓄										
原油	26.3	29.6	26.2	26.2	24.7	28.9	26.0	27.7	27.0	
製品、半製品	26.6	23.3	26.4	26.2	28.1	24.0	27.0	26.0	26.1	
合 計	52.9	52.9	52.6	52.4	52.8	52.9	53.0	53.7	53.1	
(民間備蓄日数)	(90日)	(89日)	(88日)	(88日)	(88日)	(88日)	(86日)	(87日)	(87日)	
国家備蓄	31.8	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	
(国家備蓄日数)	(53日)	(55日)	(54日)	(54日)	(54日)	(54日)	(52日)	(52日)	(52日)	
総備蓄量	84.7	85.9	85.6	85.4	85.8	85.9	86.0	86.7	86.1	
(総備蓄日数)	(143日)	(144日)	(142日)	(142日)	(142日)	(142日)	(138日)	(139日)	(139日)	
アメリカ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ	百万kℓ
民間備蓄										
原油	54.2	59.5	61.1	54.5	51.3	53.6	57.1	55.3	55.3	56.4
製品	105.2	109.2	113.4	122.1	113.7	104.0	111.5	114.2	115.6	117.9
〔うち ガソリン〕	[34.0]	[36.3]	[33.9]	[36.6]	[35.1]	[33.6]	[33.2]	[34.2]	[33.6]	[33.6]
合 計	159.4	168.7	174.4	176.6	165.0	157.6	168.5	169.5	170.9	174.3
(民間備蓄日数)	(58日)	(62日)	(64日)	(64日)	(60日)	(58日)	(62日)	(63日)	(63日)	(65日)
S P R	92.2	92.5	93.3	93.8	93.2	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3
(備蓄日数)	(34日)	(34日)	(34日)	(34日)	(34日)	(33日)	(33日)	(33日)	(33日)	(33日)
総備蓄量	251.6	261.2	267.7	270.4	258.2	247.9	258.8	259.8	261.2	264.6
(総備蓄日数)	(92日)	(95日)	(98日)	(99日)	(94日)	(92日)	(96日)	(96日)	(97日)	(98日)
OECD・ヨーロッパ	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t
原油・製品 合計	156.1	156.9	166.5	185.7	162.3	163.5	—	160.4	—	—
(備蓄日数)	(92日)	(96日)	(99日)	(99日)	(92日)	(95日)	()	(96日)	()	()
OECD計	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t	百万t
原油・製品 合計	452.8	464.0	475.8	478.4	469.3	462.0	—	468.6	—	—
(備蓄日数)	(92日)	(98日)	(97日)	(99日)	(95日)	(99日)	()	(99日)	()	()

〈注〉 1. 備蓄日数：日本は備蓄法上の日数、米は前年の消費量で除した日数。
 2. OECDの備蓄量は陸上備蓄のみ。
 3. OECD加盟国：日・米・欧の他に、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド
 (資料) OECD——IEA Oil Market アメリカ——Petroleum Supply Monthly
 日 本——石油資料月報

表-3 全世界石油需給バランス

(百万バレル/日)

		1990年	1991年					1992年	
			1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	C Y	1 Q	2 Q
需 要		65.9	67.7	65.1	64.5	67.2	66.1	68.5	65.7
(前年同期比)		(±0.0%)	(+0.4%)	(+0.6%)	(▲1.7%)	(+2.3%)	(+0.4%)	(+1.2%)	(+0.9%)
供 給	非 O P E C	41.8	42.0	41.3	41.0	41.4	41.4	41.3	40.9
	O P E C N G L	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	O P E C 原油	23.1	23.1	22.7	23.5	24.5	23.4	24.5	—
	計	66.9	67.1	65.8	66.5	67.9	66.8	67.8	—
在 庫 変 動		+1.0	▲0.6	+0.8	+2.0	+0.7	+0.7	▲0.7	—

対OPEC原油需要	22.1	23.7	21.8	21.5	23.8	22.7	25.2	22.8
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------

(出所) IEA Oil Market Report 10月号

イラクについては原油生産可能量は日量100万バレルあるが、国連の経済制裁措置の問題および原油輸出システムの問題（3ヶ所ある輸出システムのうちトルコルートのパイプラインしか使用出来ない状態かつトルコとの交渉がまとまっていない。）があり、早期の輸出

再開を疑問視する意見が多い。

また、クウェートについては原油生産量として日量40万バレル程度であり、油井火災が鎮火したにしても潰滅状態の設備復旧に長時間必要と言われており当面多くは期待出来ない。

表-4 OPEC原油生産量と生産可能性

(百万バレル/日)

	OPEC 生産枠 (’91/4Q)	’91/3Q 生産量	’91/4Q- 92/1Q 持続生産 可能性	最大 生産 可能性
サウジ		8.4	8.5	8.6
クウェート		(0.2)	(0.4)	(0.5)
イラク		(0.3)	(0.9)	(1.0)
イラン		3.3	3.4	3.5
UAE		2.3	2.3	2.5
カタール		0.4	0.4	0.4
インドネシア		1.5	1.5	1.5
ナイジェリア		1.9	1.9	1.9
ガボン		0.3	0.3	0.3
リビア		1.5	1.5	1.7
アルジェリア		0.8	0.8	0.8
ベネズエラ		2.3	2.3	2.5
エクアドル		0.3	0.3	0.3
湾岸6ヶ国計		14.9	15.9	16.5
他7ヶ国計		8.6	8.6	9.0
OPEC 11ヶ国計		23.0	23.2	24.0
OPEC 13ヶ国計	23.85	23.5	24.5	25.5

(出所)日本石油推定

11ヶ国計…(イラク)・(クウェート)除き。

サウジ、クウェートは中立地帯生産量の50%を含む。

(2) ソ連の状況

ソ連の原油生産量は1989年をピークに年々低下している。1991年8月の政変に依り更に低下速度が加速されていると言われており、1991年第四・4半期には日量1000万バレル以下になると推定されている。

(3) 米国を中心とする消費国の景気動向

世界最大の石油消費国(日量約1700万バレル)かつ輸入国(日量約800万バレル)である米国の景気回復が遅れていると言われている。このため日本でも景気に陰りが出ており、消費量が減退する可能性がある。

以上の他にも天候が平年並となるのかなど供給・需要両面に原油需給に影響を与える不確定要素があり、原油価格についてはプラス・マイナスの要素を見極めていくことが重要であろう。

2.2.2 中期的見通し

(1) 石油の需要見通し

1990年から1995年までの中期的な全世界エネルギー見通しの中で石油需要は年率1.5%程度増加すると推定されている。

1990年の石油需要は日量6600万バレルであり、1995年には日量7100万バレルと今後5年間で日量約500万バレル増加する見込みである。

(2) 石油の供給見通し

石油需要は今後1995年までに日量約500万バレル増

加すると推定されるが、増産の可能性として1990年末原油確認埋蔵量(表-5)から判断すると埋蔵量が多くかつ可採年数の長い中東および中南米などOPEC加盟であり、その他は新規油田の発見がない限り現状維持程度であろう。

したがって、中長期的には石油供給面におけるOPEC依存度は再び増大することになるだろう。

表-5 1990年末原油確認埋蔵量

	1990 年 末 確認埋蔵量	同 左 シエア	1990 年 原油生産量	可採年数 (R/P)
	億バレル	%	万BD	年
北 米	320	3	870	10
米 国	260	3	720	10
カ ナ ダ	60	1	150	11
中 南 米	1,210	12	690	50
メ キ シ コ	520	5	260	55
ベ ネ ズ エ ラ	590	6	210	77
そ の 他	100	1	220	12
中 東	6,630	66	1,660	109
サウジアラビア	2,580	26	620	114
イ ラ ク	1,000	10	210	130*
ク ウ ェ ー ト	950	10	110	237*
イ ラ ン	930	9	310	82
ア ブ ダ ビ	920	9	160	158
そ の 他	250	2	250	27
ア フ リ カ	600	6	610	27
リ ビ ア	230	2	140	45
ナイジェリア	170	2	180	26
そ の 他	200	2	290	19
アジア・太平洋	500	5	620	22
中 国	240	2	280	23
インドネシア	110	1	130	23
そ の 他	150	2	210	20
西 欧	140	2	400	10
ソ 連・東 欧	590	6	1,180	14
ソ 連	570	6	1,150	14
東 欧	20	0	30	18
計	9,990	100	6,030	45

(資料) オイル・アンド・ガス・ジャーナル ’90年12月31日号

*イラク、クウェートは湾岸戦争の影響で’90生産量が減少している為、可採年数が増えている。

OPEC各国の生産能力拡大計画の現状について表-6に示すとおり、新規油田開発資金問題が解決されれば、中期的には原油供給は十分可能であるが、政治的に不安定な湾岸地域への依存が拡大することを忘れてはならない。

3. 我が国の状況

3.1 湾岸危機を振り返って

我が国の石油製品の供給は国内生産と製品輸入で構成されている。1986年に「特定石油製品輸入暫定措置法」が施行されて以来、供給に占める製品輸入比率は

表－6 OPEC各国の生産能力拡大計画の現状

国 名	現 状
サウジ アラビア	アラムコ発表によれば1990年末の、持続的な生産能力は850万バレル/日とされる。ただし、湾岸戦争時に油田が酷使された影響が残る。生産量は800万バレル/日を最低生産量とし、OPECの予測値まで世界の需要を拡大するのがサウジの政策。1995年までに、持続可能な生産量として1,000万バレル/日を目指しているが、市場動向により、計画の1、2年のずれは充分ありうる。能力増強のためだけでなく、油田補修のためにも巨額の資金投下を必要とするので、販売面からみて軽質原油の開発が、中重質油田の近代化より優先されるとみられる。
イラン	政府の計画上は、1993年に、持続可能な生産能力を480万または500万バレル/日に引き上げる予定。陸上油田400万バレル/日、海上油田60万バレル/日は、開発計画が予定通り行われれば可能。
イラク	世界第2位の石油埋蔵量から見て、1995年で350万バレル/日の能力維持は、かつて1979年に同量だけ生産したこともあり、政治要因さえ許せば可能。 政府は将来的には600万バレル/日への引き上げを計画中和発表している。
クウェート	油田火災の後遺症による生産能力の減退はまぬがれない。 ただし、1995年で250万バレル/日の生産能力維持は充分可能。
UAE	250万バレル/日までの生産実績あり。各首長国がそれぞれ生産能力を増大させる傾向があるため、300万バレル/日まで増大する可能性もある。埋蔵量の上からは充分可能。
カタール	新規油田の評価次第では、95年に50万バレル/日の能力を持つこともありうる。現状の40万バレル/日の維持は充分可能。
ベネズエラ	埋蔵量は探鉱努力により順調に拡大中。 国営石油会社PDVSAの計画では、生産能力は、1995年には360万バレル/日、2000年には400万バレル/日以上を目指す、としている。 生産能力拡大は外資導入の推移いかんによる。
ナイジェリア	70年代に国有化した外国資本(BP等)を呼び戻し中。 生産能力増強のための投資は続行されており、95年までの間の生産能力拡大は確実。
インドネシア	OPECの生産枠は満たしても、国内消費量増大により輸出量は伸び悩みとなる。
リビア	探鉱努力が実りつつあり、埋蔵量再評価作業も進捗中。 確認埋蔵量は10億バレル以上の13油田がそのほとんどを占めるので、外国石油資本による現在の開発・生産投資が続けば、生産能力拡大は充分可能。
アルジェリア	1988年より新石油業法により外資導入をはかり、8件の探鉱協定が調印されている。石油製品、天然ガス、NGL、コンデンセートの輸出に重点。原油生産量は順調に増大しても、全炭化水素輸出入に占める原油の割合は、現在と同じく2割弱のまま推移するとみられる。
ガボン	30万バレル/日を維持するのは確実。 シェル、エルフ等が開発に注力。
エクアドル	30万バレル/日のOPEC生産枠は満たす。 ただ、価格面では現在と同じく将来も値引き販売強いられる場面も。

(出所) PIW, MEES, その他資料より日本エネルギー経済研究所作成

徐々に上昇し、1989年実績で約23%であった。1990年度石油供給計画でも供給に占める製品輸入比率は1989年度と同程度であったが、政府はイラクのクウェート侵攻に依り海外石油製品、特に、灯・軽油の需要逼迫価格高騰が予想されたことから急拠国内生産主体に方針を変更した。

このことに依る原油輸入への影響については下記のとおりであった。

3.1.1 原油輸入量・油種への影響

(1) 原油処理量の増加

我が国の原油処理量は1989年度で185百万klであり1990年度石油供給計画では前年度比約4%増193百万で策定されていたが、湾岸危機に依り前年度比10%強に増加された。この結果、1990年度原油処理量は当初策定193百万klから204百万klに増加した。

(2) 原油油種への影響

原油油種については、灯・軽油の輸入を減らし、一方C重油余剰に対応するため処理原油に占める軽質原油(コンデンセート含み)比率を大巾に増加した。

この結果、暖冬効果を含めて1990年度下期の灯・軽油の輸入は前年度下期の1/3程度(830万kl→280万kl)に減少した。

処理原油油種の比較

	1989年度下期		1990年度下期
軽質原油	30%	－ 4	34%
中質原油	41%	－ 0	41%
重質原油	18%	－ 3	15%
南方原油	11%	－ 1	10%

(3) 原油輸入量

我が国の原油輸入量は年間2億kl以上(精製用90%非精製用一主として電力用10%の割合)であり、世界第2位(1位米国)の原油輸入国である。

地域別には、中東地域が70%以上を占めている。また1990年度と1989年度を比較すると湾岸戦争にも拘らず、1990年度の方が中東地域からの輸入量が増加している。これはサウジアラビア、アラブ首長国連邦の緊急増産によるものである。表－7に地域別原油輸入量を示す。

表－7 地域別原油輸入量

単位：百万kl

地 域	1989年度	1990年度
中東地域	150 (71%)	170 (71%)
東南アジア	34 (16%)	40 (17%)
中 国	15 (7%)	16 (7%)
中南米	9 (4%)	10 (4%)
その他	3 (1%)	2 (1%)
合 計	211(100%)	238(100%)
OPEC	163 (77%)	186 (78%)

(出所) 石油資料月報より作成

3.2 今後の原油輸入見通し

1991～1995年度石油供給計画に依れば、国内の石油製品需要は1990年度対比で年率2%増加する見込みである。一方、石油製品供給に占める国内生産比率は1991～1992年度84%、1993～1995年度80%で策定されている。1993年度以降はクウェートからの製品輸出が再開される前提で国内生産比率を低下している。

このような状況下で原油への影響を下記する。

3.2.1 原油輸入量への影響

我が国の原油輸入量は1992年度までは精製用、非精製用共に増加し、1992年度では2.5億kl以上となる見通しである。1993年度以降については、精製用原油輸入量は石油製品供給に占める国内生産比率が低下するため1993年度には一端低下するが、その後は石油製品需要増に併せて漸増する見込みである。

また、非精製用原油輸入量は1993年度以降原子力・石炭・LNG等の発電増強により減少する見通しである。我が国の原油輸入見通しを表－8に示す。

表－8 我が国の原油輸入見通し

単位：百万kl

	精 製 用	非精製用	計
1990年	208.7	29.8	238.5
1991年	216.5	31.7	248.2
1992年	220.2	32.1	252.3
1993年	211.3	30.0	241.3
1994年	212.4	28.0	240.4
1995年	215.1	27.6	242.7

3.2.2 原油油種への影響

石油供給計画の石油製品内需見通しでは、1990年度を基準として今後5年間で燃料油合計で年率2%増加する見通しである。一方、製品別では揮発油、灯油、軽油およびA重油等は年率約3%増加するが、C重油は逆に、0.7%減少する一製品構成は軽質化する。

これに対応するためには精製用原油を今後更に軽質化しなければならないが、重質原油の増産余力の方が大きいと見通される状況下では重質油分解設備の増強が急務となるだろう。

この傾向は我が国だけでなくアジア太平洋地域でも同様であり、各種原油の中でも軽質原油の需給は逼迫し、軽質原油と重質原油の価格格差は拡大される見込みである。

4. おわりに

今後、世界全体、我が国とも石油需要は増加する見通しであり、主として中東地域の原油増産により充足される見通しである。

中東地域は依然として宗教、民族更に地域覇権の問題を抱えており政治的に不安定である。

したがって、我が国は緊急対策として備蓄を確保することは当然必要なことであるが、更に広い視野から

(1) 石油の自主開発

(2) 産油国とのジョイント・ベンチャーによる原油安定確保

(3) 新規開発に向け技術援助・資金援助などを推進することが重要であろう。

石油製品の需要と供給

千 田 尚 孝*

はじめに

2けた成長から1けた成長へのエポックとなった昭和45年度以降のわが国経済の足跡を辿ると、第一次石油危機の影響を受けてマイナス成長を記録した49年度を除き、各年度とも着実に成長を続けてきた。

エネルギー需要も経済成長に伴ない増加傾向で推移した。

実質国民総生産額（1985年基準）は45年度（173兆287億円）に比べて55年度は1.55倍、平成2年度（410兆4,873億円）は2.37倍となり、この20年間は年間平均4.4%で成長した。

また、最近5年間は年間平均4.8%と比較的高い成長率である。

他方、わが国の一次エネルギー総供給量は45年度(原油換算3.40億*kl*)に比べて、55年度は1.24倍(4.27億*kl*)、平成2年度は1.52倍(5.26億*kl*)となり、20年間は年間平均2.12%で増加してきた。

また、最近5年間は同じく3.7%の増加率となりエネルギー消費量は加速された動きとなっている。

これを実質経済成長率1ポイント当りの一次エネルギー供給の伸びを示す弾性値でみると、45～55年度は0.49に対し55年度～平成2年度は0.48と低下している。しかし最近5年間は0.76に上昇しており、エネルギー需要の新たな波動である。

これは最終エネルギー消費の大半を占めていた産業部門が、2度に亘る石油危機の経験から省エネルギー化、エネルギー利用の効率化、産業構造の重厚長大型から軽薄短小型への転換が促進されたこと等によって単位当りのエネルギー消費量が改善された一方、民生部門は生活水準の向上、経済のサービス化、家電機器の普及・大型化、業務用床面積の拡大、オフィスのOA化等の進展によってエネルギー消費量は年間平均4～5％で増加し、運輸部門もモータリゼーション化、宅配便の急増、貨物輸送量の安定した増加等に伴ない

年間平均4%台で増加してきたこと等による。

因みに、最終エネルギー消費量に占める部門別構成比の推移で見ると、45年度は産業部門67.4%、民生部門16.4%、運輸部門16.2%であったが、55年度では産業部門57.8%、民生部門21.4%、運輸部門20.8%、平成2年度は産業部門52.5%、民生部門24.5%、運輸部門23.0%と変化が見られ、産業部門の低下、民生部門と運輸部門の増加が顕著になってきた。今後はこの傾向が一層進展すると見通されている。

一次エネルギー総供給に占める石油供給比率は48年度に77.4%（原油換算3.2億kl）とピークを記録した後、政府のエネルギー政策は石油危機を踏まえて、石油依存度の低下を図り、原子力・石炭・NGL・新エネルギー等の石油代替エネルギーの開発・導入促進へ方向転換がなされた。

このような施策下、石油供給量は49年度から減少傾向に転じ、60年度は56.3% (2.5億kl) のボトムとなった。

しかし、61年度以降内需拡大を中心とした景気拡大を背景に、石油の特性である取り扱い易さ・安全性・セキュリティ・価格の安定性がユーザーに再評価されたこともあって、石油供給量は回復に転じ、平成2年度は一次エネルギー供給量の58.3% (3.7億kl) を占めるに至った。

以下に石油製品の需要実績及び石油供給計画による
中期見通しを述べる。

1. 石油製品需要実績及び見通し

石油製品のうち、ガソリン・ナフサ・ジェット燃料・灯油・軽油・重油の所謂燃料油合計の国内需要の推移を顧ると、油主炭従となつて以来、石油は増加を続け、昭和45年度には1億8,730万 kl となった。

その後も年間平均 8 % 弱で増加を続け、48年度は、2 億 3,414 万 *kl* と史上 2 番目の需要規模となった。

*ちだ よしたか 石油連盟内国調査部内国調査課長

しかし、48年10月第4次中東戦争の勃発を契機に、アラブ諸国による原油生産削減と大幅値上げの断行によって、わが国の原油輸入CIF価格は、49年1月には9.9ドル/バーレルと47年末に比べて5倍に高騰し「石油高価格時代」に突入したこと等から、石油需要は減少傾向に転じたが、51年度頃から経済・産業部門は石油高価格への対応体制が進められて、需要は回復に転じ、53年度には暖房用燃料が一時的に急増したこと等も加わって2億3,508万klに達し、史上最高の需要規模となった。

その後、53年10月のイラン政変の発生、それに伴う原油スポット価格の上昇、53年12月のOPEC総会における4段階に亘る14%の大幅値上げの影響によって、再び減少傾向に転じた。

56年1月、イランの対先進国原油輸出開始そして57年7月のOPEC臨時総会における国別原油生産枠の不成立等が起因して、原油価格は軟化基調に推移した一方、61年頃から国内経済は内需を中心とした景気拡大を始め、それに伴い石油需要も着実に回復に転じ、平成2年度は2億1,807万klとなり、49年度の内需水準に達した。

わが国の石油需要は、平成3年6月に策定された「石油供給計画」によれば、平成7年度までは年平均0.3%の微増となるものの、平成5年度は2億3,612万klと過去のピークであった53年度を上回り、平成7年度は2億4,132万klの需要規模が見込まれている。

2. 油種別需要実績と見通し

2.1 ガソリン・軽油

ガソリン・軽油需要量は、わが国のモータリゼーションの進展に伴って増加してきた。

即ち、ガソリン需要量は、45年度2,101万klであったが、55年度は3,454万klとなり、この期間は年間平均5.1%で増加した。

平成2年度は4,478klに増加し、55年度以降は年間平均2.6%と増加率は半減したものの、45年度に比べて2.1倍の需要規模である。

石油供給計画によれば、今後も年間平均2.9%で増加し、平成7年度は5,155万klに達するとしている。

軽油需要は、45年度1,200万klであったが、55年度は2,156万klとなり、この間、年間平均6.0%増とガソリンのそれを若干上回る増加率で推移した。

55年度以降も年率5.7%と増加率は鈍化したものの、ガソリン需要の2倍弱で増加し、平成2年度は3,768万

klとなり、45年度の3.1倍の需要規模である。特に最近5年間は年率7.9%増と大幅な増加率で推移した。

石油供給計画によれば、平均3年度以降は年率3.8%と増加率は半減するものの堅調に推移し、平成7年度は4,572万klと見通されている。

燃料油需要合計に占めるガソリン・軽油需要量を構成比でみると、45年度17.6%、55年度26.8%、平成2年度37.8%と拡大を続け、平成7年度は40.2%を占めると見通されている。

ガソリン需要の99.6%が、軽油需要の94.9%が自動車用として消費されている。

需要主体の自動車の動向をみると、45年度央の自動車総保有台数(除く2輪車)は1,710万台、うちガソリン車は1,571万台と92.0%を占め、軽油車は117万台で僅かに6.9%、その他車22万台(1.1%)であったが、55年度はガソリン車3,334万台(89.3%)、軽油車368万台(9.9%)、平成2年度央はガソリン車が4,692万台(82.4%)、軽油973万台(17.1%)である。

増加率をみると、ガソリン車は、45～55年度間は年率7.8%増で推移したが、55～平成2年度は年率3.5%と増加率が鈍化してきた。他方、軽油車は45～55年度は年率12.1%、55～2年度は年率10.2%増と非常に高い増加率である。

この要因としては軽油車がガソリン車に比べて車両取得価格は割高となるものの、軽油価格が安い等からトータル・コストでは優位にあること、貨物輸送体系が内航海運・鉄道から自動車輸送へシフトし、平成2年度では総貨物輸送量の50%強が自動車に依存していること等による。

因みに、44年度にはガソリン普通トラック保有台数が消滅し、替わって軽油小型トラックが保有されて以来年々増加し、平成元年度には小型四輪トラックの過半数が軽油車となり、ガソリン車を上回っている。

供給計画による自動車保有台数の見通しは、総保有台数は今後とも年率4.3%の増加が見込まれて、平成7年度央は7,044万台、うちガソリン車は近年の高級車指向を反映して普通乗用車の大幅増加が見込まれて5,655万台、軽油車は貨物輸送体系が自動車輸送中心の傾向が持続すること等から1,355万台と見込まれている。

しかし、今回見通しではモータリゼーションの影響、自動車に係る排出NO_x規制の動向による影響等についてはその具体化を待っており込むこととされ、考慮されていない。(表-1参照)

表－１ 自動車保有台数の推移

単位：千台、％

区分		年度	45	55	平成 2	7 (見通し)	年 率		
							55/45	2/55	7/2
ガソリン車	小型貨物車		4,423	6,009	3,015	2,786	3.1	△6.7	△1.6
	乗用車								
	普通車		54	459	1,606	6,235	23.9	13.3	31.2
	小型車計		5,889	20,112	27,218	28,838	13.1	3.1	1.2
軽自動車	軽自動車・バス等								
	合 計		5,943	20,571	28,824	35,073	13.2	3.4	4.0
	軽自動車・バス等		5,344	6,768	15,079	18,691	2.4	8.3	4.4
	合 計		15,710	33,348	46,918	56,550	7.8	3.5	3.8
軽油車	普通車		782	1,483	2,144	2,672	6.6	3.8	4.5
	小型車		73	1,150	3,580	5,036	31.4	12.0	7.1
	計		855	2,633	5,724	7,708	11.9	8.1	6.1
	乗用車		11	269	2,760	4,283	37.7	26.2	9.2
ガソリン車・軽油車計	バス・特殊車		308	777	1,245	1,561	9.7	4.8	4.6
	合 計		1,174	3,679	9,729	13,552	12.1	10.2	6.9
	ガソリン車・軽油車計		16,884	37,027	56,647	70,102	8.2	4.3	4.4

注、ガソリン車の軽自動車・バス等に特殊車を含む

燃料用ナフサは、亜硫酸ガス規制を背景に47年度に電力・鉄鋼業で使用され、鉄鋼業は52年度まで使用したが、電力業は継続しているものの減少傾向で推移してきた。

以上の部門別ナフサ需要の傾向は、平成3年度以降も続くと見通されている。(表－2参照)

2.3 ジェット燃料油

ジェット燃料油は、国内民間航空機用と防衛庁用で消費され、最も需要拡大した油種の1つである。

ジェット燃料油の需要推移を

2.2 ナフサ

ナフサ需要量は、45年度2,599万klの規模であったが、55年度は2,630万klに、そして、57年度は2,173万klに減退した後、回復基調に転じ、平成2年度は3,142万klとなった。

今後の見通しは石油供給計画によれば、3年度以降年率2.5%で増加し平成7年度は3,551万klと見込まれている。

ナフサの主な用途は石油化学部門のエチレン原料用、BTX原料用等が大半を占め、他に肥料・都市ガス原料用、公害対策上の燃料用である。

石化部門のうち、BTX原料ナフサはBTXの生産拡大に伴って増加傾向にある。

エチレン用ナフサ需要については、原料がナフサ主体であった45年度は2,015万klとナフサ総需要の78%を占めていたが、50年代は原油価格の高騰等からNGL(コンデンセート)、LPG等への原料転換が展開されたことや、ナフサのエチレン収率の向上から、55年度は1,730万klで65.8%を占め、平成2年度はNGLからのエチレン生産量が112万トン、ナフサのエチレン収率1トン／4.8klと45年度に比べて21%向上したこと等からナフサ需要量は2,245万klの71.5%となった。

肥料・都市ガス用ナフサについては、原料多様化が前者はLPG、石炭、天然ガス等へ、後者はLNG、LPG等へ転換が進み、ナフサは漸減してきた。

表－2 ナフサ需要量の推移

単位：千kl

用途		年度	45	55	平成 2	7 (供給計画)	年 率 (%)		
							55/45	2/55	7/2
石化用	エチレン用		20,153	17,316	22,454	24,075	△1.5	2.6	1.4
	BTX用		2,439	4,796	8,201	10,523	7.0	5.5	5.1
	その他		456	129	105	108	△11.9	△2.0	0.6
	計		23,048	22,241	30,760	34,706	△0.4	3.3	2.4
肥料・都市ガス用			2,942	2,725	483	615	△0.8	△15.9	5.0
燃料用			0	1,333	179	190	—	△18.2	1.2
合 計			25,990	26,299	31,422	35,511	0.1	1.8	2.5
エチレン生産量 (10 ³ トン)			3,296	3,861	5,966	6,523	1.6	4.4	1.8

みると、45年度は117万klに過ぎず、その5割強は防衛庁用で使用された。

その後、防衛庁用は若干の増加に止まったのに比べ民間用は国内航空路線の整備・拡充に伴ない増加傾向を反映して、55年度では297万klと年率9.7%で増加した。55年度以降は、機種の大規模化等の影響によって年率2.3%と増加率は低下し、2年度は374万klとなった。

民間航空機の利用状況を旅客座席キロでみると、45年度は123億5,300万座席キロであったが、それ以降55年度までは年率14%増で推移し458億4,000万座席キロ、55年度以降は機種の大規模化が顕著となったこともあって年率2.3%に増加率が低下し、平成2年度は708億3,500万座席キロとなった。

供給計画による平成3年度以降の見通しは、座席キロ数は最近5年間の増加率を若干上回る年率5%台が見込まれるものの、航空機の大規模化が進むことや、ハ

ブ (Hub) 空港が満杯状態に近いこと、新規開港も 3 年に庄内空港が、5 年に福島・石見・新広島、6 年に関西空港に限られること等から、ジェット燃料油需要は年率 3.0% で推移し、平成 7 年度は 434 万 *kl* と見込まれている。(表-3 参照)

表-3 ジェット燃料油の推移

項目 \ 年度	45	55	平成 2	7 (供給計画)	年 率 (%)		
					55/45	2/55	2/7
ジェット燃料油 (千 <i>kl</i>)	1,174	2,967	3,738	4,343	9.7	2.3	3.0
航空旅客座席キロ (百万座席キロ)	12,353	45,840	70,835	90,667	14.0	4.4	5.1

2.4 灯油

灯油の主な用途は産業用のうち農林・水産部門では米麦の乾燥用、ビニールハウスの暖房用等で、建設・運輸および鉱工業部門は燃料用等で、民生その他は家庭・業務用の暖房用として使用される。

したがって、気温に最も左右されると同時に冬場の需要期と夏場の不需要期では需要規模が大幅に変動する油種である。

45年度は下期の気温が平年気温を下回り、暖房度日数(下期各日の平均気温が18℃を下回った日で、18℃と日平均気温の温度差の累計値)は平年比102.4%の寒さであったこともあって灯油需要は1,584万 *kl* であった。うち産業用は 534万 *kl* となり34%を、家庭暖房用の主流として消費される民生その他用灯油需要は1,050万 *kl* となり66%を各々占めた。

その後、鉱工業部門は公害規制の強化に伴ない増加を続けたが、48年末頃の第一次石油危機の影響による石油高価格時代と産業活動の停滞が続き、鉱工業部門を含む産業用は減少を続けた。51年頃から回復に転じたものの、54年の第2次石油危機に遭遇し、価格上昇等もあって再び減少した。

他方、民生その他用灯油需要は、気温に左右されたものの、石油暖房機器のポータブルストーブ保有台数が、49年度頃まで着実に普及したことや、51年の電気・都市ガス料金の値上げによる灯油価格の割安感もあって、着実に増加傾向を示した。しかし、54年の第二次石油危機に伴う灯油価格の値上がりの影響等もあって需要が減少に転じ、55年度の灯油需要は下期の暖房度回数が平年ペースを若干上回る寒さにも拘わらず4,584

万 *kl* となった。これを45年度以降の年率でみると3.2%増となっているが、前年同期比では3.1%減である。

55年度以降は、産業部門は省エネルギー・エネルギー利用の効率が進展し、減少傾向で推移したが、61年頃からの景気拡大に伴ない回復・増加を続けた。

民生・その他用は、ベース需要は安定期に入ったと思われ、需要規模は殆んど温度変化に左右されてきた。

その結果、平成2年度は下期の暖房度日数が平年比13.1%減の異常暖冬が影響し、民生その他用の需要は前年度比4.9%減の1,636万 *kl* に止まったが、産業用は前年比12%増1,034万 *kl* となり、

灯油合計は前年比1.9%減の2,670万 *kl* となった。

なお、55年度以降は年率2.1%増である。

供給計画による3年度以降の灯油需要見通しは、暖房度日数は平年ペースで考慮されており、産業用は経済・生産活動に合せて各年とも増加する一方、民生・その他用は平年ペースの暖房度日数のファクターにより3年度は12.1%の大幅増、4年度以降は2%台の増加が見込まれ、平成7年度の灯油需要は3,210万 *kl* と見込まれており、平成2～7年度は年率5.1%増となる。

(表-4 参照)

表-4 灯油需要量の推移

用途 \ 年度	45	55	平成 2	7 (供給計画)	年 率 (%)		
					55/45	2/55	7/2
産業用 (千 <i>kl</i>)	5,339	5,550	10,343	11,662	0.4	6.4	2.4
民生その他用 (千 <i>kl</i>)	10,496	16,113	16,357	20,440	4.4	0.2	4.6
合 計 (千 <i>kl</i>)	15,835	21,663	26,700	32,102	3.2	2.1	3.8
下期暖房度日数	15,726	15,794	13,345	15,353	—	—	—

2.5 重油

昭和30年代半ば頃から、エネルギー需要はこれまでの炭主油従から油主炭従化が急速に進み、電力・鉱工業・その他の各部門で増加を続け、45年度のA・B・C重油合計需要は、1億963万 *kl* と初めて1億 *kl* 台に達し、燃料油の58.5%を占めた。さらに、48年度には1億3,031万 *kl* のピークを記録した。

48年10月の第一次石油危機の招来で、経済・産業活動が低迷し、また、石油等の消費節約、省エネルギー対策、石油代替エネルギー等の推進、そして原子力発電設備の増強等によって、重油需要は減少傾向に転じたため、55年度は1億28万 *kl* となり、更に61年度には

6,463万*kl*とピーク時の50％減となった。

62年度以降は、内需を中心とした持続的な景気拡大を背景に需要は回復に向い、平成2年度は7,375万*kl*となったが、燃料油に占める重油比率は33.8％に低下し、石油需要の軽質化が進んだ。

平成3年度以降の見通しは、電力部門の一時的増加が見込まれるものの、鉱工業・その他の各部門とも重油から石炭等への転換が進むこと等から、年率0.3％の微増で推移し、平成7年度は7,477万*kl*が見込まれているが、燃料油合計の31％を占めるに過ぎない。

電力部門について見ると、電気事業用の電源別発電量構成は、45年度では火力発電量が2,293億*kwh*と74.6％を占め、原子力発電量は46億*kwh*と僅かに1.5％に過ぎなかったが、49年から原子力発電設備が増強され、55年末には能力1,551万*kw*へ拡大されたことから、55年度の発電構成は、火力発電量が3,469億*kwh*の67.5％に低下し、原子力発電量は820億*kwh*の16％に急増した。その後も原子力発電設備能力の増強が続き、平成2年度末能力は3,148万*kw*に達したことから、2年度の発電構成は1,999億*kwh*と26.3％を占め、発電量は45年度の43倍、55年度の2.4倍である。他方、火力発電量は、4,720億*kwh*と62.2％に低下し、45年度の2.1倍、55年度の1.4倍である。

平成3年度以降も同様の傾向で推移すると思われる。

火力発電用燃料消費の推移を主要燃料でみると、45年度は重油主体であったが、55年度はLNG、原油焚きが増加し、重油はバツファーとなって、45年度に比べて3％増に止まった。その後もLNG・石炭等への転換が着実に進み、平成2年度の重油需要は猛暑による増加があったにも拘わらず、55年度に比べて33.3％減の2,381万*kl*であった。

以上のような電力用C重油消費の動向を反映して、電力用C重油需要は、45年度は3,538万*kl*、55年度は3,697万*kl*と微増となったのに対し平成2年度は2,396万*kl*に激減した。

平成3年度以降については、4年度に一時的増加が見込まれるが、それ以降微減で推移し、平成7年度は2,369万*kl*と見込まれている。(表－5、6参照)

鉱工業重油需要は、45年度は5,559万*kl*であった。その後も増加を続けて48年度では6,288万*kl*とピークを記

録したが、第一次石油危機を契機に省エネルギー、石炭等の石油代替エネルギーへの転換が進展し、55年度

表－5 電気事業用発電量の推移

区分 \ 年度						単位：億 <i>kwh</i> . 万 <i>kw</i> . ％			
		45	50	55	平成2	構 成 比			
		45	50	55	平成2	45	50	55	平成2
水 力		736	793	851	874	23.9	19.1	16.6	11.5
火 力		2,293	3,096	3,469	4,720	74.6	74.8	67.5	62.2
原 子 力		46	251	820	1,999	1.5	6.1	16.0	26.3
計		3,075	4,140	5,140	7,593	100.0	100.0	100.0	100.0
参考 原子力発電設備		132	660	1,551	3,148	—	—	—	—

(出所：資源エネルギー庁公益事業部資料)

表－6 火力発電用主要燃料消費量の推移 (電気事業用)

区分 \ 年度		45	50	55	平成2	年 率 (％)		
		45	50	55	平成2	50/45	55/50	平2/55
重 油	千 <i>kl</i>	34,542	35,999	35,689	23,808	0.8	△0.2	△4.0
原 油	〃	7,239	22,666	13,432	21,860	25.6	△9.9	5.0
LNG	千トン	717	3,326	12,987	27,624	35.9	31.3	7.8
石 炭	千トン	18,821	7,180	9,776	27,238	△17.5	6.4	10.8

(出所：資源エネルギー庁公益事業部)

は4,098万*kl*、平成2年度は2,627万*kl*と激減を続けてきた。

平成3年度以降は、年率0.6％の微増で推移し、平成7年度は2,710万*kl*と見込まれている。

省エネルギー、石油代替エネルギーの進展状況について鉱工業生産指数とエネルギー消費量の関係を指数化してみると、48年度のIIP1ポイント当りの最終エネルギー消費量100に対し、55年度75.8、平成2年度55.1と原単位が改善されている。同様に、重油需要は、45年度100に対し55年度56.8、平成2年度24.1と最終エネルギーのそれを上回って原単位が改善されている。(表－7参照)

表－7 IIPポイント当りの重油需要量

区分 \ 年度	45	48	55	平成2	7 (供給計画)
IIP(60年基準)	57.2	72.3	84.1	127.1	152.9
1ポイント当りの 重油需要量 (千 <i>kl</i>)	971.8	869.7	487.3	206.7	177.2
同上指数 (48年度＝100)	111.7	100.0	56.0	23.8	20.4

このことから、鉱工業部門では石油から他燃料への転換が行われてきたことが窺われる。

また重油需要は、鉱工業用・その他用とも48年度をピークに省エネルギー、石油代替エネルギーへの転換が進められた一方、公害規制の強化、重油間価格差の

縮小等によってB・C重油からA重油への転換も行われてきた。

その他用については、運輸・船舶部門重油は50年度をピークに減少を続けてきたが、将来的にはモーダルシフト等から増加が見込まれ、民生・その他部門はエネルギー需要の急増が見込まれる中で重油需要は微増に止まる。(表－8 参照)

表－8 重油需要の推移 (産業用・民生用需要)

用途		年度				(単位: 千kl, %)		
		45	55	平成2	7 (供給計画)	年 率	%	
電力用	C重油	35,378	36,972	23,958	23,687	0.4	△4.2	△0.2
鉱工業用	A重油	2,225	6,432	10,464	12,122	11.1	5.0	3.0
	B重油	7,520	2,242	216	10	△11.4	△20.9	△45.9
	C重油	45,841	32,308	15,592	14,966	△3.4	△7.0	△0.8
	計	55,586	40,982	26,272	27,098	△3.0	△4.3	0.6
その他用	A重油	8,870	14,650	16,603	18,330	5.1	1.3	2.0
	B重油	5,214	3,003	533	45	△5.4	△15.9	△39.0
	C重油	4,578	4,675	6,383	5,610	0.2	3.2	△2.5
	計	18,662	22,328	23,519	23,985	1.8	0.5	0.4
合 計	A重油	11,095	21,082	27,067	30,452	6.6	2.5	2.4
	B重油	12,734	5,245	749	55	△8.5	△17.7	△40.7
	C重油	85,797	73,955	45,933	44,263	△1.5	△4.7	△0.3
	合 計	109,626	100,282	73,749	74,770	△0.9	△3.0	0.3

3. 石油製品の供給

わが国の石油産業は石油業法の規定に基づき、石油製品の安定供給責任が課せられており、需要に見合った油種別供給が確保されてきた。

前述した石油製品の国内需要と製品輸出に対する供給手段は、国内生産と製品輸入で賄われている。

昭和37年に石油業法が施行されて以来、石油供給は第一義的に国内で原油を精製処理し、石油製品の生産・供給を行う消費地精製方式が採用され、石油製品の輸入は補完的な役割を任っている。

従って、平成2年8月の湾岸危機時においては、製品輸入の縮小に対応して原油処理アップで対処する等の代替供給措置が講ぜられた。

3.1 国内生産供給体制

わが国の国内生産供給体制の変遷を辿ると、石油業法の施行当初は、原油精製処理規模を決定する方式として①ガソリン＋石油化学用ナフサ合計の対原油得率を23.13%、②燃料油の対原油得率91.50%の二つのファクターで算出され、その原油精製処理・生産品で供給不足となる製品は製品輸入で補う建前から、航空用ガソリン、A・C重油の輸入に限定された。

ガソリン＋ナフサ得率23.13%、燃料油得率91.50%

は35～37年度上期実績の平均値である。

この方式は、51年度まで継続されたが、この間、輸入原油の動向、精製設備設置状況から実績得率の変化に対応して得率修正が行われている。

52年度の石油供給計画では、需要パターンがそれまでの重質型から灯・軽油を中心とする軽質化していること等の実態を背景に、原油処理規模を燃料油の対原油得率92.5%で割り戻した数量とし、製品輸入量はナフサ、A・C重油に限定した供給体制に変更された。

その後、原油処理規模の決定方法は燃料油の対原油得率を実績に合せて調整され、62年度から90.50%に設定され、今回の石油供給計画も踏襲されている。

以上のような国内生産供給体制の下、原油処理量は45年度は1億9,305万klであったが、需要動向と石油製品輸入量との相対的關係から48年度は2億6,043万klのピークを記録した。

その後2度に亘る石油危機の影響もあって、55年度は2億2,740万kl、さらに62年度は1億6,732万klと減少傾向で推移した。しかし、63年度から回復に

向い平成2年度は2億416万klと9年振りに2億kl台に達している。

供給計画による今後の見通しは、需要微増と石油製品輸入量が大幅増加が見込めないこと等から、平成7年度は2億1,668万klと見通されている。

燃料油生産得率の実績をみると、ガソリン＋ナフサ得率は、56年度以降は25%台に、60年度は26%台に上昇している。灯油・軽油・A重油の中間三品も年々上昇し、63年度から40%台である。他方、B・C重油得率は、45年度は47.56%と最も高い得率を占めていたが、53年度からは30%台へ、58年度からは20%台へ低下し、さらに平成6年度以降は10%台が見込まれ、燃料油生産の軽質化が急速に進んできた。

アスファルトの生産得率は、原油処理規模の変動にもよるが、堅調な需要の推移を反映して年々上昇し、平成2年度は3%を占めた。(表－9 参照)

3.2 石油製品輸入

国内石油製品生産供給で不足となる油種について補完的に製品輸入供給で賄う方式は、当初の石油供給計画では、航空ガソリン・A重油・C重油に限定して計上されたが、42年度からは石油化学用ナフサの供給確

表－9 石油製品得率の推移

品種類 \ 年度	45	50	55	60	平成2	7
ガソリン・ナフサ	22.96	23.74	24.30	26.20	26.81	26.32
ジェット燃料油	1.35	1.41	1.98	2.37	2.31	2.35
灯・軽・A重油	21.17	23.80	29.09	38.99	40.89	43.73
B・C重油	47.56	43.50	36.86	22.96	21.45	18.10
燃料油計	93.04	92.45	92.23	90.52	91.46	90.50
アスファルト	1.92	1.72	2.02	2.80	3.00	—

保のため、ナフサ、A・C重油に変更され、60年度まで継続された。

この間、57年度からナフサ輸入量は、石油化学企業が必要とする全量が計上された。また、A・C重油は47年度から輸入自由化に伴う措置として、輸入数量割当制度に替わって関税割当制度に移行した。

61年1月からは、中東地域を中心とする輸出製油所からの石油製品を円滑に輸入する目的で「石油製品輸入暫定措置法」が施行され、ガソリン・灯油・軽油の輸入自由化が開始された。

石油供給計画では、これを受けて当該製品輸入数量を直近の内需に占める輸入比率で算定して計上されているが、この基本的方針は今回の供給計画でも踏襲されている。

ただし、平成3年度、4年度の需給計画では、平成2年8月のイラクのクウェート侵攻とクウェートの輸出製油所の破壊等の影響によって、国際石油製品需給が不透明であるとの判断から平成2年度下期輸入実績並みで計上されている。

石油製品輸入実績は、供給計画とは異なり、時々の各油種の需要・供給実態を反映して輸入されてきた。燃料油内需量に占める輸入製品の割合をみると、45年度は12.8%であったが、55年度は約7%に落ち込み、平成元年度は23.3%に上昇した。平成2年度は湾岸危機の影響によって19%となったが、平成7年度は20.5

表－10 燃料油内需量と輸入量

(単位：千kl、%)

年度		45	50	55	60	平成2	7 (供給計画)
製品輸入量 ①	ガソリン	2	0	0	530	2,127	3,093
	ナフサ	6,722	5,939	6,661	14,761	21,083	24,860
	灯・軽油	200	0	633	1,248	8,774	12,598
	重油	17,097	8,194	7,141	7,640	8,489	9,000
	計	24,021	14,133	14,435	24,179	40,473	49,551
燃料油内需量 ②		187,297	212,639	209,219	180,946	218,074	241,324
輸入比率 (①/②)		12.8	6.6	6.9	13.4	18.6	20.5

注、灯・軽油にはジェット燃料油を含む

%と見込まれている。(表－10参照)

3.3 設備能力

わが国の石油製品供給体制は、消費地精製方式が採用されて以来、需要増に見合って常圧蒸留装置は増設され、50年度末に594万バレル／日の能力を有していた。原油処理量は、48年度に2億6,043万klとピークを記録した後、2度に亘る石油危機後の需要構造の変化によって原油処理量は減少を続けて、57年度は常圧蒸留装置稼働率は51.1%に低下した。

このため、2度に亘って138万8千バレル／日の過剰設備処理が実施され、63年12月末は455万1千バレル／日まで圧縮された。

その後、石油需要の回復に伴って、原油処理量も回復傾向で推移してきた中、平成2年8月の湾岸危機の影響によって石油製品輸入量、とりわけ灯油・軽油等の白油輸入の確保が困難と見込まれたため、原油処理量をアップし、国内生産供給力の充実を図った。

その結果、常圧蒸留装置稼働率は、2年度下期84.75%に上昇した。

平成3年度の供給計画では、3～4年度の石油製品輸入量は、イラクによって破壊されたクウェート製油所が修復出来ないこと、国際石油製品需給が先行き不透明であること等を勘案して、2年度下期並みの輸入量を計上し、国内生産主体の供給体制を図ることとした。

その結果、現有常圧蒸留設備の稼働率は、年間平均適正稼働率80%を上回ることとなり、設備能力不足が見込まれた。

他方、中長期的には環太平洋地域の石油需要は、白油を中心に大幅増加が見込まれること等から、平成3年6月6日の石油審議会ด้วย一定要件の下、設備増強の方針が審議され、平成3年度は7社212千バレル／日が18年振りに増強が許可された。(表－11参照)

表－11 原油処理量、年度平均常圧蒸留装置能力、稼働率の推移

項目 \ 年度	原油処理量 (千kl)	常圧蒸留 装置能力 (千B/日)	稼働率 (%)
48	260,432	5,265.0	85.2
55	227,399	5,940.4	66.0
平成2	204,164	4,551.6	77.3
平成7 (供給計画)	216,081	4,642	80.0

平成7年度の常圧蒸留装置能力は必要能力

2. 需給関係

2.1 需要の推移

道路用アスファルトの需要は高規格幹線道路を始めとする幹線道路ネットワークを形成推進する第9次道路整備計画、第10次道路整備計画が相次いで実施され昭和60年度を底にその需要は上昇してきた。平成2年8月2日に始った中東湾岸危機でその供給に一時不安も持たれたが比較的安定した需給で推移してきた。

(表-1)

表-1 道路用アスファルトの需要量の推移
(単位:千トン・%)

年度	需要量	対前年度比	年度	需要量	対前年度比
55	4,232	91.7	61	3,979	106.4
56	4,080	96.4	62	4,252	106.9
57	3,943	96.6	63	4,307	101.3
58	3,951	100.2	元	4,359	101.2
59	4,000	101.2	2	4,416	101.3
60	3,739	93.5			

出所：通産省エネルギー生産・需給統計月報

2.2 需要の見通し

結論的にいえば、道路用アスファルトの需要の将来見通しは当分の間楽観的な要因は見あたらない。昨今の横這いが微増減が繰返し続くものと考えられる。

以下その理由や背景について考察してみたい。

日本の経済力はGNPで見た経済規模では世界経済の一割を越えるシェアを占める高い水準に達しているが、

これに対し社会資本整備は国の近代化が欧米諸国に比べ遅れて始まったことに加え戦争により国土が荒廃し相対的に遅れた水準にある。

そこで政府は計画的、継続的に年々巨額の資本を注ぎ込み社会資本整備に努力して来た。昭和45年度から昭和54年度の間の公共事業は平均して年率20%弱の伸びを続けたが昭和50年代半ばを境に、財政再建の見地から公共事業費関係のゼロ・シーリング、マイナス・シーリングによって抑えられて来た為、国の経済力に対しても、国の予算に対してもその比率が低下し様々な社会的問題が生じている。(図-2)

老年人口比率の急激な増加、生産年齢人口比率の低下により高齢化社会をむかえ、それが貯蓄率の低下片や年金・医療費等に係る社会保障負担が増加し、今後高い水準での公共投資を行うことは一層厳しい財政状況におかれるものと考えられる。

この様に財政的には厳しい状況下にはあるもの、21世紀の初頭の高齢化社会においてより高い質の生活を維持する為には先進欧米諸国に準じた公共施設が必要となって来る。(表-2)

その具体的な指針として、平成2年6月の日米構造協議で日本政府が公約した2000年までの10年間に430兆円の公共投資を行うという公共投資計画がある。

しかし、公共事業の事業間の配分・内容は、その時々

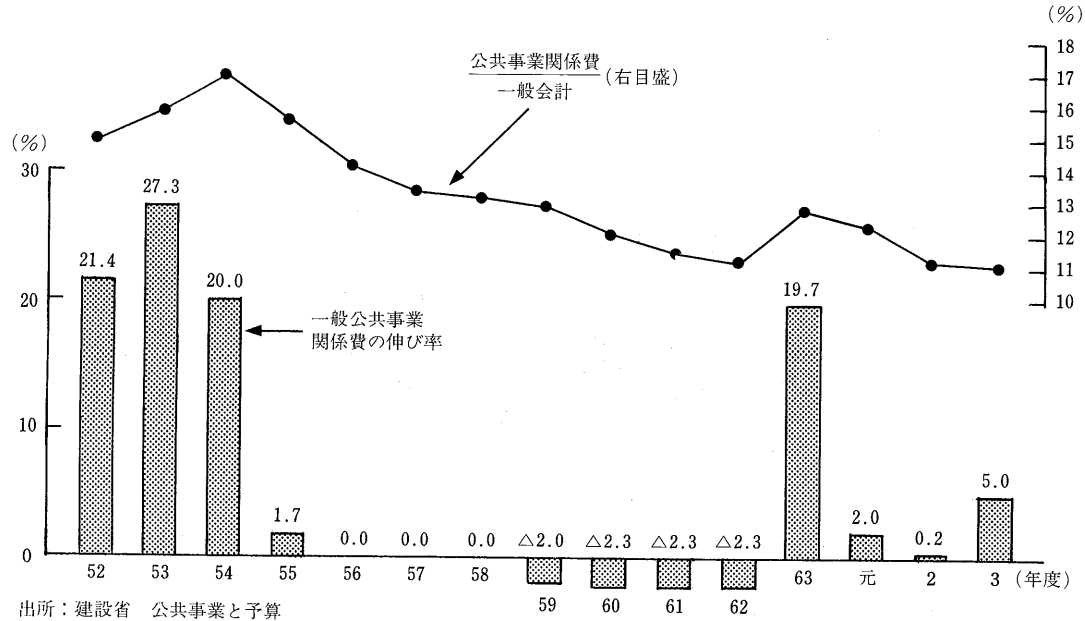


図-2 公共事業関係費の推移

表-2 高速道路整備水準の国際比較

国名	供用延長 (km)	国土面積 (千km ²)	人口 (万人)	自動車保有台数 (万台)	GNP (億ドル)	供用延長 国土面積 (km/千km ²)	供用延長 人口 (km/万人)	供用延長 自動車保有台数 (km/万台)	供用延長 $\sqrt{\frac{\text{人口}}{\text{面積}}}$ (km/ $\sqrt{\text{万人} \cdot \text{千km}^2}$)	供用延長 GNP (km/億ドル)
アメリカ	83,964	9,373	24,876	18,867	48,806	8.96	3.38	4.45	5.50	1.72
旧西ドイツ	8,721	249	6,199	3,207	12,081	35.02	1.41	2.72	7.02	0.72
イギリス	2,993	244	5,720	2,574	8,367	12.27	0.52	1.16	2.53	0.36
フランス	6,950	552	5,616	2,580	9,477	12.59	1.24	2.69	3.95	0.73
イタリア	6,083	301	5,752	2,638	8,262	20.21	1.06	2.31	4.62	0.74
日本	5,064	378	12,312	5,509	28,669	13.40	0.41	0.92	2.35	0.18

出所：建設省 建設白書

- 注) 1. 高速道路延長は「World Road Statistics 1990」(IRF)による1989年末値。アメリカ、旧西ドイツは1988年末値。イタリアは1987年末値。日本は道路局調べの1991年3月末の高規格幹線道路延長である。
 2. 国土面積「国際統計要覧1989」(総務庁統計局)による。
 3. 人口は「Monthly Bulletin of Statistics August 1990」による1989年央値。
 4. 自動車保有台数は「主要国自動車統計1990」(日本自動車工業会)による1989年末値。
 5. GNPは「日本経済を中心とする国際比較統計1990」(日本銀行調査統計局)による1988年名目値。

の社会的要請を反映し変化してきている。

すなわち、昭和30年頃までは災害復旧や国土保全といった基礎的な事業のウェイトが高く、昭和30年代を通じてこれらウェイトは次第に低下し、代わって産業基盤の強化を目的とする道路整備の比重が昭和40年代にかけ著しく高まって来た。

一方、国の財政は第一次石油危機に伴う景気の落ち込みと税收減を契機として、昭和50年度補正予算においては特例公債の発行を余儀なくされた。

特例公債の発行当初の昭和50年代前半においては昭和55年度脱却が目標とされたが公債発行額はむしろ増加を続け、昭和54年度当初予算においては公債依存度は39.6%に達するに至りさらには平成3年度末公債残高は168兆円に達し国債費が歳出予算の2割を越え政策的な経費を圧迫しており依然として厳しい財政構造と成っている。加えて多額の建設公債に依存している。

(図-3, 4)

このような財政状況は当分の間継続するものと思われる

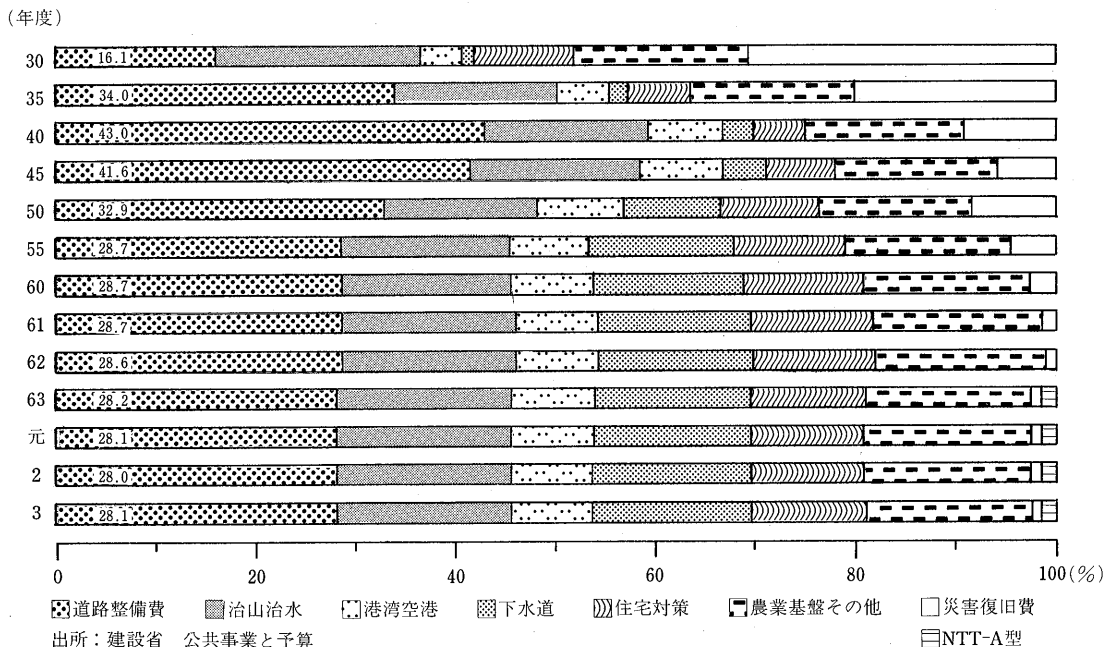
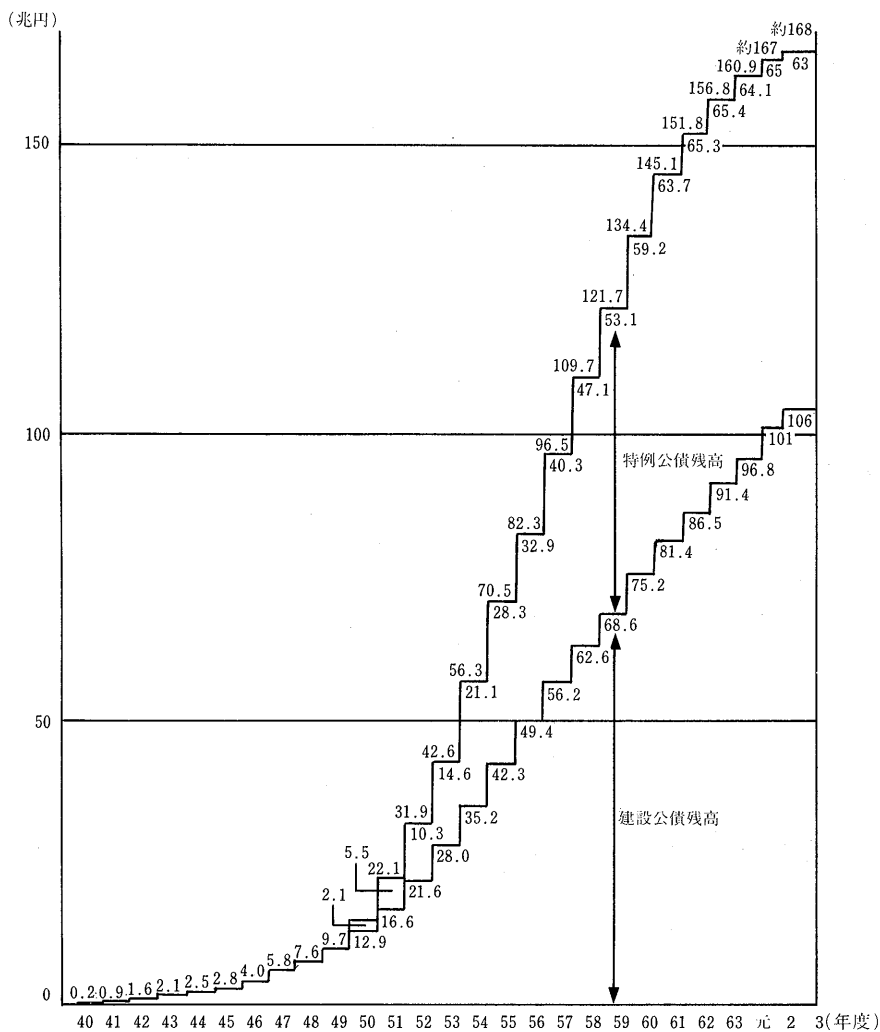


図-3 公共事業関係費の内訳の推移 (一般会計当初予算ベース)



出所：大蔵財務協会 これからの財政と国債発行

(注) 1. 公債残高は年度末実績 (2,3年度末は見込み)。

2. 2,3年度の特別公債残高には臨時特別公債の残高(2年度末約1兆円、3年度末約0.6兆円)を含む。

図-4 公債残高の累増

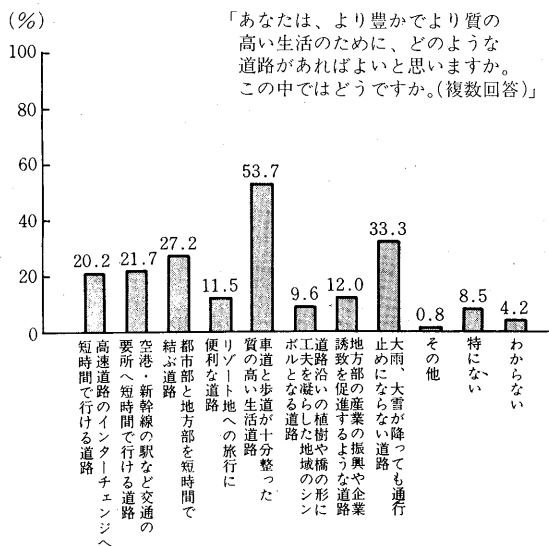
るが、不要不急の歳出削減，財政資金の積極的な運用，建設国債の発行等で今後公共投資は実施されていくものとする。

しかし、昭和50年代の公共投資抑制のひずみは対外的不均衡を生み、さらには公共投資部門間の配分が固定化され変化していないのが現状である。今後は公共投資全体が社会的生活水準の向上に眼目がおかれ調整されて来るものと考えられ、特に道路整備は公共投資全体の骨格をなすものでその量並びに質の向上にはウェイトが置かれるものになる。(図-5)

すなわち、従来の道路整備は物質輸送に主眼を置く産業基盤強化を目的としたものであったが、今後の道

路整備は勿論この様な役割の主体性は変わらないがより豊かで、より質の高い生活に資する道路整備……「車道と歩道が十分整った質の高い生活道路」、「大雨、大雪が降っても通行止めにならない道路」又は「道路沿いの景観にも充分配慮された道路」更には「雨の日も水はねの心配いらずで安全運転等、雨天時の高速運転での危険な他車の水はねをなくす道路」等々……に重点が置かれる様になり、道路舗装に供される道路用アスファルトには質的な向上も要求されて来る。

又一方では道路補修に際して発生する「アスファルトがら」の再生利用も増加して来ており、平成3年10月より施行された「再生資源の利用の促進に関する法



律」により、今後は再生合材の使用がより一層増加するものと考えられ、道路用アスファルトの需要のマイナス要因となる。

加えて道路投資が都市部と都市部の接続、又は都市部と地方部との接続等、都市部周辺が多くなり、道路投資額のかなりの額が用地費・補償費に割れ道路整備にも少なからざる影響が見られる。(図-6、7)

この様に道路用アスファルトは道路舗装材としての重要性及び質的な向上は要求され、一方では量的な増大は希めない。しかし「ゼロ国債」導入による工事費の平準化は年度中での平準化した需要となり安定した供給が可能となる。

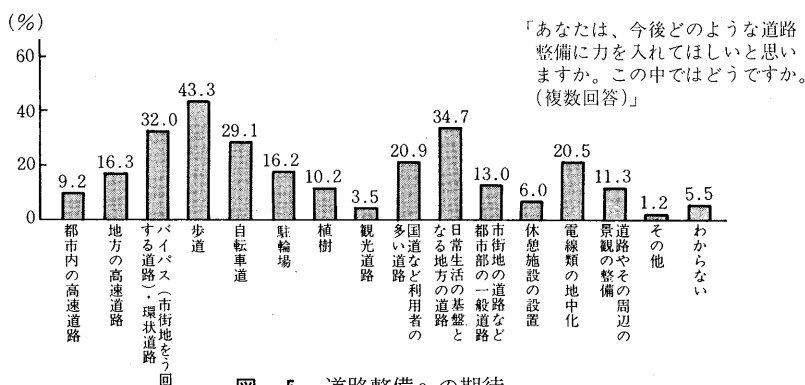


図-5 道路整備への期待

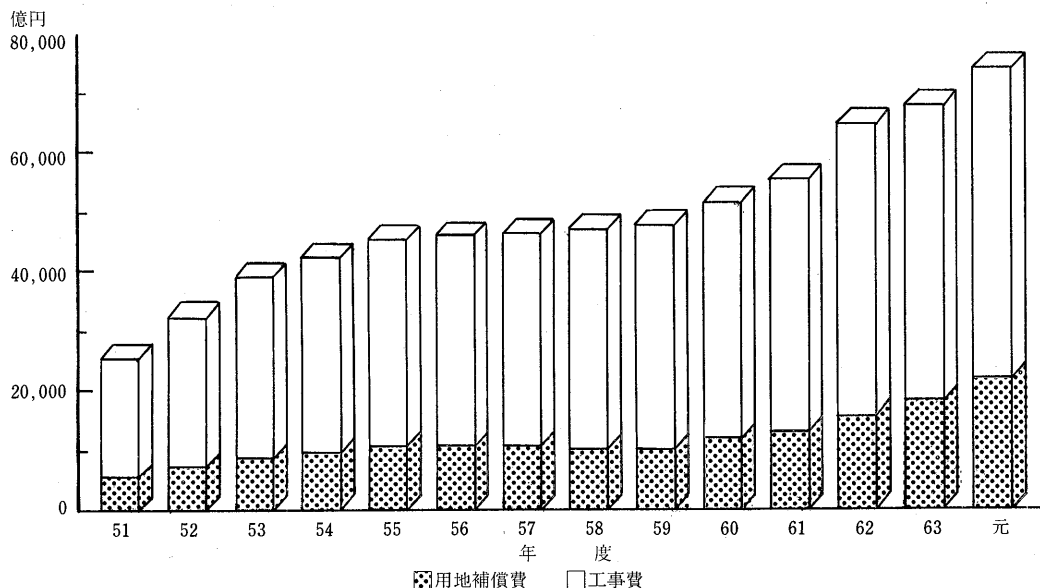


図-6 道路事業費（有料道路事業費を除く）に占める用地補償費の推移

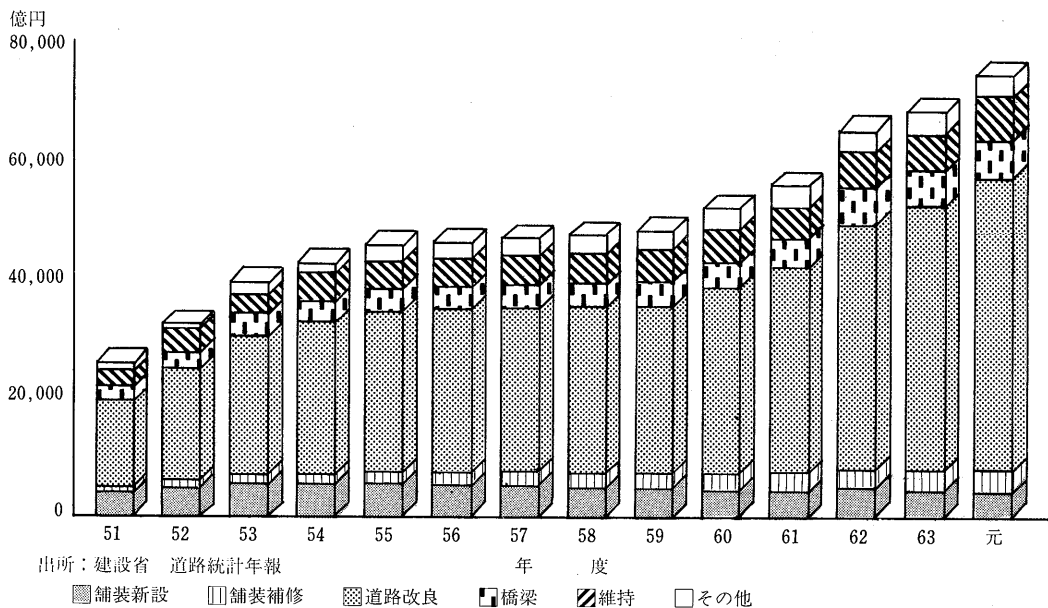


図-7 工種別道路事業費（有料道路事業費を除く）の推移

ただし安定した供給には年々増大する人手不足を主因とする流通上のコストアップを需要家又は供給サイド共に充分考慮する必要があることは論をまたないことと思われる。

3. アスファルトの生産

3.1 製造方法と分類

アスファルトの製造方法についてはストレートアスファルト、脱瀝アスファルト、ブローンアスファルトと3方法があるが、通常、製造方法の分類のみでなく、使用用途を加味した分類法となっている。

(1) ストレートアスファルト

- ①道路用ストレートアスファルト……道路舗装用
- ②工業用ストレートアスファルト……成型炭（コークス）用等
- ③燃焼用ストレートアスファルト……燃料用

(2) ブローンアスファルト

以上の通り大分類2、小分類4に分類されており、各種統計もこれに従って行われている。

それではその製造方法についてみると、各種アスファルトは図-8の生産工程により製造されている。

まず、良質なアスファルト成分を含んだ原油（アラビアンヘビー、イラニアンヘビー、クウェート、カフジ等）を常圧蒸留装置（トッパー）にかける。LPG、ナフサ、灯油、重質軽油を除くと常圧残査油が採取される。通常ストレートアスファルトの成分は1075°F

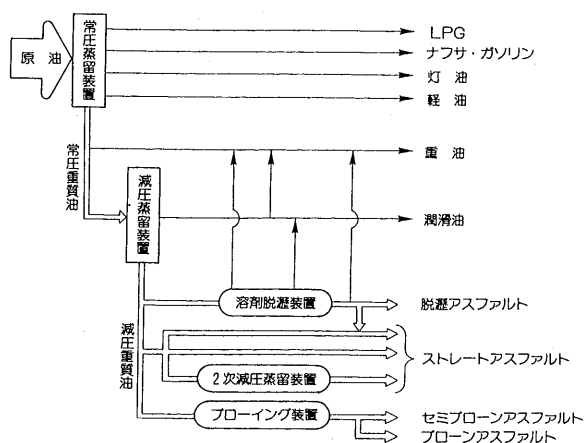


図-8 アスファルトの生産工程

(580°C) 程度の温度で蒸留しなければならないが、石油製品は400°Cを越えるあたりから分解がはじまるので、常圧残査油を次の減圧蒸留装置にかけアスファルトを採取する。(減圧状態では低温で沸騰がはじまることを利用。)このように、ストレートアスファルトを採取するためにはそれ相応の工程とエネルギーとコストが掛かるのである。

また、減圧残査油から溶剤脱瀝装置を通して、重質潤滑油と溶剤脱瀝アスファルトを生産する。通常溶媒としてプロパンを用いるのでプロパン脱瀝アスファルト(PDA)と呼ばれている。

これらストレートアスファルトは原油中にあるアスファルト成分を減圧蒸留によって物理的に分別したものであるが、次に述べるブローンアスファルトは化学反応によって製造される。

ブローンアスファルトは減圧残査油を主原料とし、ある反応条件下で空気を吹き込み、酸化、重合の化学反応を行わせ製造するもので、ストレートアスファルトに比べ、弾力性に富み、温度変化による硬さの変化が少なく、衝撃に対する抵抗が強く、防水、防湿、保温保冷、電気絶縁等に用いられる。

ブローンアスファルトの製造方法には、バッチ式と連続式があるが、設備の規模、取扱性能等からバッチ式が主に採用されている。

図-9 にバッチ式のブローイング装置の概略フローを示した。

尚、空気を吹き込み反応させることをブローイングというが、この重合、縮合反応時に分解ガスが発生し、臭気の強い廃ガスを出す。

製造工程の中でも、この廃ガスを処理する工程にはコストがかかり、ブローンアスファルトの原価の大きな要素となっている。

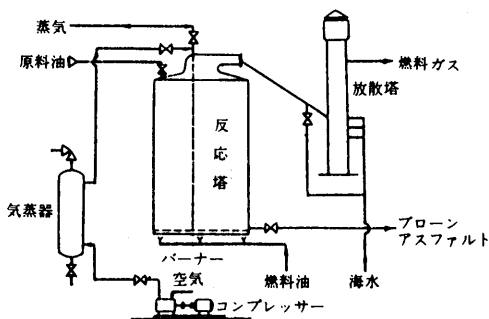


図-9 バッチ式ブローイング装置

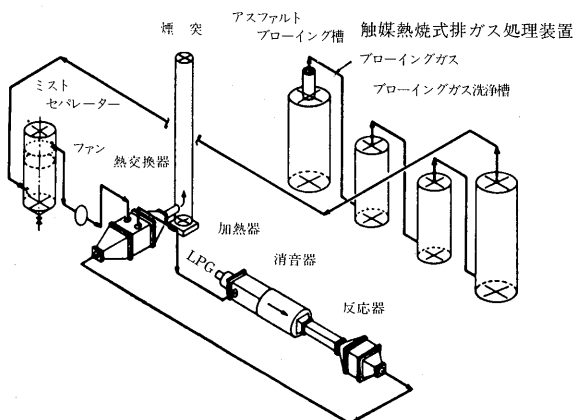


図-10 脱臭工程の一例

図-10に脱臭工程の一例を示した。

アスファルトブローイングを終わった廃ガスは酸性物質、油のミスト、ダスト等の除去のため油洗、弱アルカリ洗浄を行い、ブローアで昇圧されて熱交換器に入り、装置よりでる無臭ガスと熱交換されて、プロパンの加熱器で所要温度350℃加熱され、白金触媒の入った反応筒に入り、ここで部分燃焼される。そして無臭ガスとなり熱交換器を経て大気中に放出される。

以上各種アスファルトの製造方法について述べたが、これらのアスファルトと統計上の分類の相関を表-3に示す。

表-3 アスファルトの統計上の分類と製造方法

統計上の分類	製造方法
道路用ストレートアスファルト	ストレートアスファルト、脱レキアスファルト
工業用ストレートアスファルト	ストレートアスファルト、脱レキアスファルト
燃焼用ストレートアスファルト	ストレートアスファルト、脱レキアスファルト
ブローンアスファルト	ブローンアスファルト、セミブローンアスファルト

3.2 原油油種とストレートアスファルト

燃焼用のアスファルトについては、品質について特に問わないが、道路舗装用、工業用については各々要求される品質から採取できる原油には制約がある。

現在、我が国で輸入されている原油のなかからストレートアスファルトが採取できる原油を列举してみると、アラビアンヘビー、イラニアンヘビー、カフジ、クウェート等の中東系重質原油が主なものである。

平成2年度は湾岸戦争によりクウェート原油が激減しているが、良質なアスファルトが採取できる原油は偏在しており、白油化傾向と相まってその確保の維持は楽観的とはいえない。(表-4)

表-4 主なアスファルト製造に適した原油の輸入状況 (単位：千kl・%)

原油名 項目	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	
	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
年度										
57	14,888	7.2	8,849	4.3	1,865	0.9	8,126	3.9	33,728	16.3
58	15,071	7.1	13,057	6.1	3,498	1.6	11,378	5.3	43,004	20.2
59	13,447	6.3	6,422	3.0	5,130	2.4	10,385	4.9	35,384	16.6
60	6,790	3.4	6,232	3.2	3,330	1.7	8,409	4.3	24,761	12.6
61	6,422	3.4	7,636	4.1	5,990	3.2	8,952	4.8	29,000	15.5
62	13,792	7.3	7,309	3.9	11,760	6.3	4,577	2.4	37,438	19.9
63	7,619	3.8	6,406	3.2	7,126	3.6	8,259	4.1	29,410	14.7
元	4,736	2.2	9,143	4.3	10,318	4.9	7,966	3.8	32,163	15.3
2	8,209	3.4	9,787	4.1	4,522	1.9	6,417	2.7	28,935	12.1

出所：通産省エネルギー生産・需給統計月報

〔注〕構成比は全輸入量に対する100分比である。

次に、日本におけるアスファルト生産の実状について述べる。

3.3 アスファルトの製造能力

ここ数年のアスファルトの生産能力を表-5に示した。装置能力は若干落ちている。需要量はストレートアスファルトで約600万トン/年（燃焼用含む。）ブローンアスファルトで約25万トン/年であり、これを賄うのには十分であるが、原油の選択性もあるので十分留意する必要がある。

表-5 アスファルトの製造能力

装置名 \ 年度	昭和61	62	63	平成元	2
減圧蒸留装置 (千バレル/日)	1,836	1,825	1,807	1,775	1,788
ブローンアスファルト 製造装置 (千バレル/年)	436	398	410	408	408

出所：石油連盟及び日本アスファルト協会

3.4 アスファルトの生産場所

アスファルトの生産場所については図-11に示した。現在、我が国の精製会社は全体で26社、そのうちアスファルトを生産しているのは18社、27製油所、潤滑油専業社ではアスファルトを生産している会社が5社あるので、23社、32製油所で生産している。図-11でも分る通り、これらの製油所の大半が太平洋ベルト瀬戸内

工業地帯に集中しており、このことが流通の問題にも深く関与している。

3.5 アスファルトの生産量

表-6に最近5ヶ年の生産量の推移を示した。この表から

- 1) ストレートアスファルトの生産量は550万トン～600万トンであり、年率2%程度伸びを示している。
- 2) ブローンアスファルトは30万トン弱で横這いで推移している。

表-6 アスファルト生産量の推移

(単位：千バレル)

年度	生産量			輸入量	
	ストレート	ブローン	計	ストレート	ブローン
61	5,479	265	5,744	1	0
62	5,615	277	5,892	9	0
63	5,629	275	5,904	3	0
H.元	5,791	275	6,066	1	0
2	5,997	280	6,277	1	0

出所：日本アスファルト協会 石油アスファルト統計月報



図-11 アスファルトの生産場所

出所：日本アスファルト協会
アスファルト流通基礎調査資料
(i) 1.平成3年3月末現在
2.*はブローンの生産も行っている製油所

4. アスファルトの流通

4.1 流通経路

アスファルトの流通経路は、生産工場から全国にバルクで海上輸送され油槽所で保管した後、需要家に配送されるものと、生産工場から直接需要家へ配送されるものがある。

1990年度の流通状況を図-12に示したがその実態についてもう少し詳しく述べる。

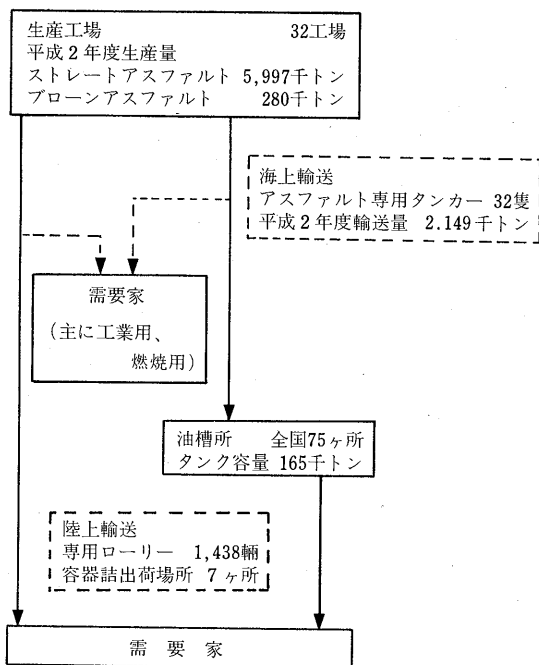


図-12 アスファルトの流通経路（一例）

4.2 輸送手段

図-12で分るとおり、工場で生産されたアスファルトの約半分近くのもの専用タンカーによって油槽所あるいは需要家に輸送されている。

まず、そのタンカーについてであるが、現在専用タンカーは32隻であり、積載量等内容は表-7のとおり

表-7 アスファルト専用タンカー保有状況

年度	昭和55年度	平成2年度
積トン数別		
1,000未満	10	5
1,000以上2,000未満	22	26
2,000以上	1	1
合計	33	32
積トン数合計(トン)	36,520	36,061
平均積トン数(トン)	1,107	1,127

出所：日本アスファルト協会
アスファルト流通基礎調査資料
(注) 各年度とも3月末現在

である。

昭和55年度から平成2年度の状況をみると、総隻数は33隻から32隻と1船減だけであるが1,000トン未満の船が10隻から5隻と大きく変化している。ほとんどが1,000～2,000トン積の船となっており、うち21隻が1,000～1,200トン積であることからアスファルトタンカーは1,000トン積クラスが主流であるといえる。こうしたアスファルトタンカーの1,000トン型への集中は、二次基地たる油槽所タンクの大きさ、荷役設備、製造工場の状況、輸送距離等を総合的に考慮した場合の最適船形ということになるのか。

次に陸上輸送であるが、工場および油槽所から需要家に納入する際、タンク車とローリー車にて輸送していたが、62年度をもってタンク車での輸送はなくなり以降はローリー車のみとなっている。

アスファルト専用ローリーの保有状況は表-8の通りである。

表-8 アスファルト専用ローリーおよびタンク車

年度	昭和59年度	61	63	平成2年度
区分				
専用ローリー(輛)	1,203	1,187	1,347	1,438
専用タンク車(輛)	8	8	0	0

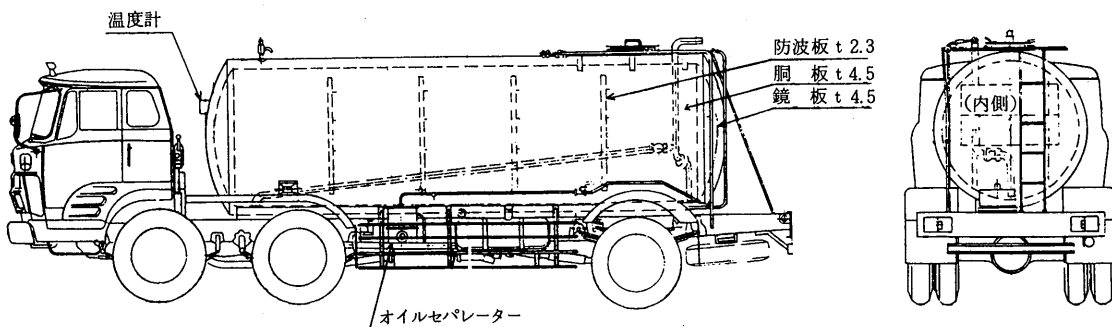
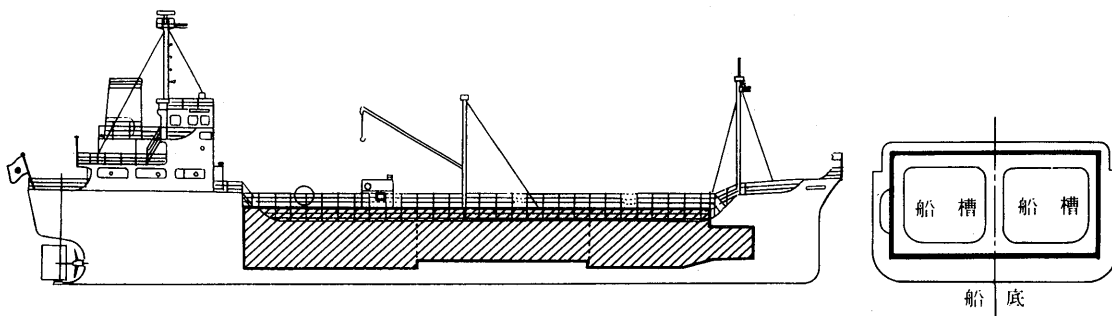
出所：日本アスファルト協会
(注) 各年度とも3月末現在

アスファルトは、その性質上、他の一般燃料油と違って高温を保って(ストレートアスファルト160～180℃、ブローンアスファルト200～220℃)輸送しなければならず、専用の輸送手段を必要とする。したがって他の燃料油に比べ輸送コストが高くなる。また、輸送距離、量等の運用面でもコストに大きな影響が出る。

ここでアスファルトタンカーの構造をみてみよう。

断面図の黒太線の部分に保温を目的としたパッキングが詰めてある。また、斜線部分がアスファルトを入れて運ぶ部分である。全体が大型の魔法瓶と思ってもらおうと良い。したがって、一般の石油タンカーと比較して、船倉部分の割合が小さく60～70%の容量しか積めない。このことはアスファルトの陸上輸送に使用するローリー車についても同様のことがいえる。最近では、従来のタンカー、ローリー車に加え長距離、長時間の輸送に対しても油温を下げない、加温が出来るという加熱式のタンカー、ローリー車が増えている。

図-13、14にタンカー、ローリー車の構造図の一例を示した。

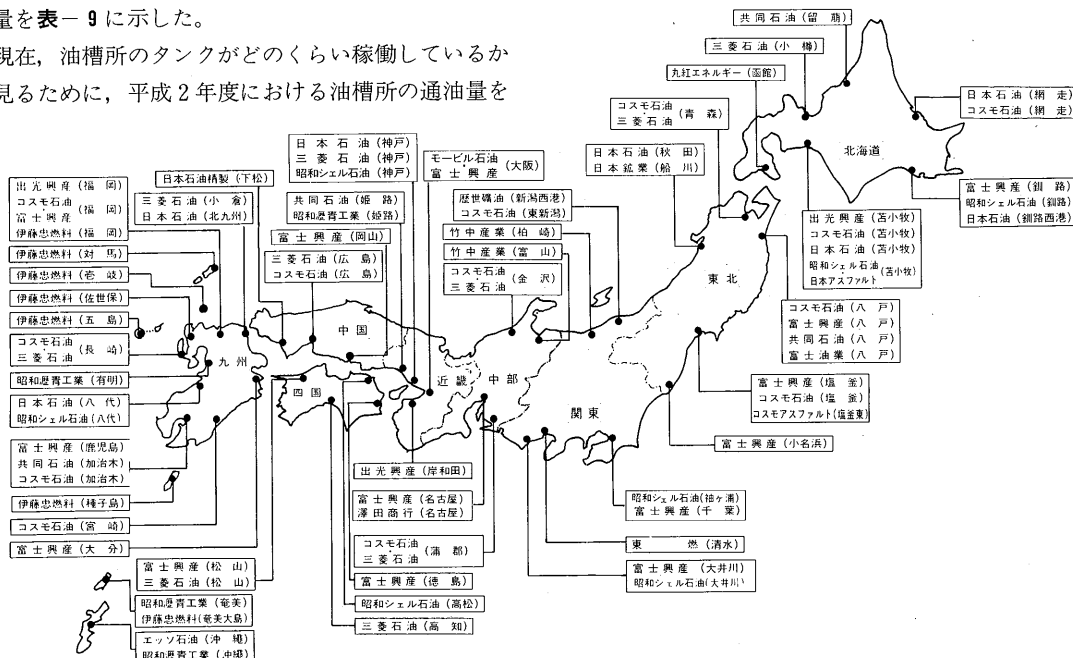


4.3 油槽所

平成3年3月末のアスファルトの油槽所分布図を図－15に通産局別の油槽所数およびアスファルトタンクの容量を表－9に示した。

現在、油槽所のタンクがどのくらい稼働しているかを見るために、平成2年度における油槽所の通油量を

もとに、タンク回転率の程度を見てみた。その結果、全国の油槽所におけるアスファルトタンクの平均回転



出所：日本アスファルト協会 アスファルト流通基礎調査資料

(注)1.平成3年3月末現在。

2.精製・元売会社・特約店分のみで需要家分は除く。

3.()内は油槽所名。

図-15 アスファルト油槽所分布図

表-9 アスファルトの油槽所数及びタンクの状況

項目 \ 通産局名	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	計
油 槽 所 数	12	11	8	5	7	4	5	21	2	75
タンク容量(千トン)	31.6	32.3	16.9	10.5	20.6	6.0	6.8	34.6	5.6	164.9
通油量(千トン/年)	427.9	302.0	312.9	136.4	326.2	182.4	109.1	324.9	26.7	2,148.5
回 転 率(回/年)	13.5	9.3	18.5	13.0	15.8	30.4	16.0	9.4	4.8	13.0

出所：日本アスファルト協会 アスファルト流通基礎調査資料

率が13.0回/年と計算され、これを月平均にすると1.08回/月の回転率となる。過去、昭和51年度に石動谷氏(アスファルトNo.114)が計算0.83回転/月、今井氏(アスファルトNo.142)が58年度に出した0.9回転/月よりも改善されているが、更に業務改善を進めるなど効率的な流通の運用が必要と思われる。

表-10に最近5ヵ年間ににおける通産局別の道路用ストレートアスファルトの需要量の推移を掲げたが、全体的に微増といえる中で、北海道地区においては62年度以降減少しているのが目につく。

4.4 流通の課題

産業基盤づくりの道路整備から、生活基盤づくりの

道路整備へと世の中の環境が移行していく中で、今後は大幅なアスファルト需要の伸びは期待できない。また、今後も慢性的な人手不足による流通面での問題、さらに、石油製品全般にも言えることだが臭気など環境問題への取り組み等、アスファルトを取り巻く環境は、余り芳しくない状況であるが今後、石油製品の需要構成の中にアスファルトの位置づけを明確にしていくためには、アスファルトが採算のとれる油種として認識をさらに深め得る環境にしていかなければならない。流通面においても、メーカー内にとどまらず、会社間の枠を越えて二次基地の統廃合、相互利用、タンカーの効率的運用等の合理化を図っていく必要もあろう。

表-10 通産局別道路用アスファルト販売量の推移

(単位：千トン)

	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	計
61	408.8	504.5	1,241.8	427.3	537.3	274.2	150.5	346.3	25.9	3,916.5
62	468.6	466.3	1,375.2	453.6	573.2	348.3	198.1	354.7	17.9	4,256.0
63	459.9	493.6	1,423.4	465.3	549.1	301.6	163.2	383.8	35.4	4,275.3
元	428.3	490.0	1,452.3	469.5	567.5	311.7	160.1	412.6	32.8	4,324.8
2	417.1	504.5	1,493.5	485.6	532.6	328.2	180.8	390.7	27.7	4,360.6

出所：日本アスファルト協会 石油アスファルト統計月報

☆

☆

☆

☆

☆

☆

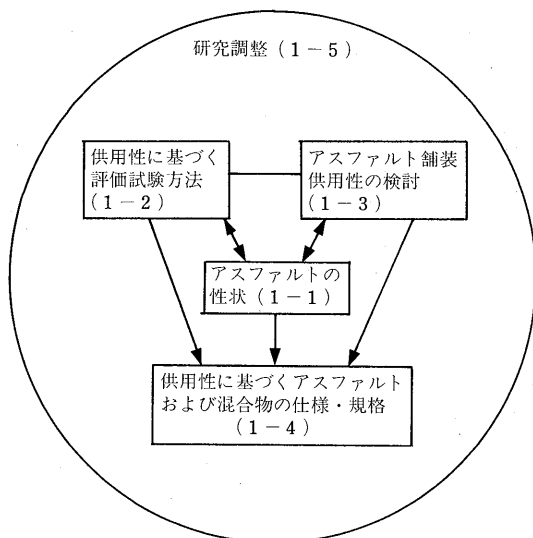


図-1 アスファルトに関する5つの研究プロジェクト

計画1-1：アスファルトの化学的，物理的性状

アスファルトの化学的，物理的性状の基本的な側面，それらの相互関係およびアスファルトと骨材の相互作用について，以下の事項に必要とされるデータベースを形成する。

- ・アスファルトの化学組成，物理性状および舗装供用性の関連付け
- ・アスファルト性状に関する新しい試験法の開発
- ・アスファルトの品質の改良
- ・混合物の設計，製造基準の設定
- ・供用性に基づく仕様を得るために必要な情報の提供
- ・舗装の供用性におけるアスファルトの役割を評価する試験機器の作製

合衆国においては，現在200種類にもよる原油の異なるアスファルトが使用されており，各地域や機関の様々な規格に合わせて生産されている。

アスファルトの精製過程を究明するために，製造業界における調査を実施し，主要な精製工程と原油の生産地を代表するサンプルを収集する。

アスファルトの物理，化学性状に関するデータベースを開発するために，多くのアスファルトサンプルについて，様々な試験を行う。多くの試験では，化学定量分析の最新的手法を取り入れた方法を用いる。

さらに，舗装工程別の段階を通じてアスファルトバインダーの性状試験を考えることにより，完成後の舗装の非破壊試験も含めたアスファルト試験法を改良す

表-1 アスファルト研究計画サブテーマの内容

(1) アスファルトの性状

- 1-1 アスファルトの化学的な組成
- 1-2 アスファルトの物理性状
- 1-3 化学的組成と物理性状の関係
- 1-4 化学的，物理的性状と舗装の供用性関係
- 1-5 粘性や吸収性を含めたアスファルト骨材間の相互作用の基本的性状
- 1-6 現在のアスファルト精製工程の調査
- 1-7 アスファルトの改良，改質

(2) 供用性に基づく測定システム

- 2-1 アスファルトの測定システム
(改質アスファルトを含む)
- 2-2 アスファルト骨材系の試験測定システム
 - a) アスファルト骨材系の疲労ひびわれ
 - b) アスファルト骨材系の永久変形
 - c) アスファルト骨材系の低温ひびわれ
 - d) アスファルト骨材系の老化
 - e) アスファルト骨材系に対する水の影響
- 2-3 アスファルトの化学的，物理的性状とアスファルト骨材，混合物性状の相関

(3) 舗装供用性の検討

- 3-1 モデルの開発
- 3-2 アスファルト供用性の調査
- 3-3 予測モデルの評価方法

(4) 舗装供用性に基づくアスファルトとアスファルト骨材系の仕様，規格の作成

- 4-1 舗装供用性に基づくアスファルトの仕様，規格
- 4-2 舗装供用性に基づくアスファルト骨材系の仕様，規格

(5) 研究調整

- 5-1 研究プロジェクトの調整
- 5-2 材料に関する参考図書館の運営
- 5-3 実験計画
- 5-4 経済評価
- 5-5 適用のための方策

る。これらのなかでも特に破壊性状を評価する試験法の開発に対して注意が注がれている。

それらの試験の次のようなものである。

- ・長期の老化，すなわち酸化による硬化と分子構造の変化による硬化の双方が，物理性状にどのような影響を及ぼすか判断する。
- ・アスファルトの鉱物質に対する付着性を評価する方法を開発する。
- ・舗装体中のアスファルトの性状を，非破壊により測定する現場でできる新しい試験法を提案する。
- ・再生アスファルトが，軟質アスファルトや再生添加物と結合した時，また常温リサイクルの場合は，アスファルト乳剤と結合した時の有意な供用性状

の特徴を表す試験法を開発する。

同時にこの研究は、舗装にとって望ましい性状を有する、より費用対効果の高いアスファルト・骨材混合物を生み出すアスファルト添加物や改質剤を開発するという側面を持っている。これらの添加物や改質剤によって改良されると期待される最も重要な性状は、耐久性、粘着性、感温性、永久変形抵抗性、たわみ性、そして温度や気象作用、交通などによるクラックに対する抵抗性などである。

計画1-2：供用性に基づく測定システム

アスファルトの化学的、物理的性状を明確にする試験、測定システムを開発する。試験方法としては、舗装の供用性との相関が良く、材料の受け入れ規格としても有意義な役割を果たすものが提案される。

計画1-3：舗装の供用性モデル

アスファルト舗装の供用性予測モデル開発をすることを目的とする。

アスファルトの性状とアスファルト混合物の性状間の相互関係が確立される。例えば、アスファルト中の応力、歪、変形といった測定値と交通、環境条件による舗装体中の応力の測定値や他の要因との比較がなされる。

典型的なモデルは、ある一定のクラックが発生するまでの荷重繰り返し回数と、様々な材料の特性、観測された歪に関連づけることである。そして、このモデルは長期舗装供用性の研究結果および全国から収集したアスファルト試料の試験結果を反映させて再調整される。

モデルは次の4つの破壊形態に応じたものが開発される。

- ・わだち掘れ
- ・疲労ひびわれ
- ・低温度ひびわれ
- ・永久変形

予測モデルにはアスファルト、骨材系の性状のみでなくアスファルトの物理化学的性状の影響を反映させる。

本試験結果は、州道路関係機関に対して供用予測モデルの管理、更新、あるいは規格の改訂に必要な指針を与えることにもなる。

計画1-4：供用性の仕様

供用性に基づいたアスファルトの仕様、改質アスファルトを含めたアスファルト・骨材混合物に対する仕様を提案する。

計画1-5：調整

アスファルトの研究計画は膨大なものとなるため、有機的に個々の計画を他の課題と調整させること、材料のライブラリーを設立し運用すること、個々の研究活動の統計的設計と、材料試験の選択と配分について調整すること、研究結果を経済的な面から評価すること、そして研究結果をユーザー機関が採用する際に適した形に一括してまとめることが不可欠であり、これらを行うための調整機関を設置している。

3. アスファルト化学

現在進められているアスファルト化学に関する研究の中で、最も面白く、またチャレンジ精神にも富むのは、分子間相互作用の働きとアスファルトのマイクロストラクチャ（微小構造）に関するモデル作りである。

このモデルができれば、アスファルトの化学的性質、物理的性質と舗装の耐久性及が始めて直接的にリンクさせることができるからである。

では、どのようにしてリンクさせることができるだろうか。

たとえば、耐久性に関係するアスファルトのレオロジカルな性質を中心に、(有機)化学と(物理)化学とを連結し、舗装に関する工学的性質とリンクさせることができると思われる(図-2)。

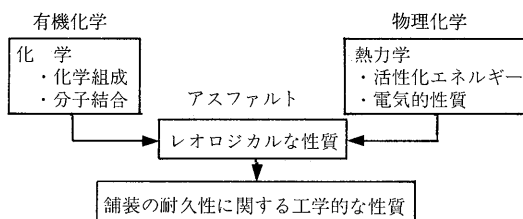


図-2 耐久性に関係するレオロジカルな性質と有機化学と物理化学との連繋

ここでは、化学組成と分子結合（分子内結合あるいは分子間結合）、活性化エネルギー、電気的性質とがアスファルトの性状に大きく寄与することを前提としている。これらの因子は、これまでの分析技術では定量的に把握することが難しかった内容である。

現在のところ、アスファルト自体の化学的性質（組成）は、バインダーのスペックには直接には取り入れられていない。しかし、アスファルト物性はスペックに取り入れられている。このアスファルト物性は、アスファルトバインダーの化学的性状そのものであり、組成のちがいが物性に直接反映している証であろう。

アスファルト自体の組成が新しい分析手法によって一段と明確となったことによる成果によるものである。

アスファルトの化学的成分は、90%が炭素と水素であり、残りの10%がS, N, Oと微量金属などである。炭化水素分子への化合の度合いに対して、官能基の位置は異なるが、これらの大部分は酸かアルカリか、いずれかの極性を有している。

アスファルト分子の中にあるこの極性を有する官能基群が、アスファルトの化学的性質と物理的性質を規定している、すなわち、これらの極性官能基は、耐久性を規定していることになる。なぜなら、アスファルト分子がお互いにどのようにくっついているか、どのようなネットワークを作っているかを極性官能基が決めるからである。そして、アスファルトの耐久性は、ネットワークの結合点の数と強さで決まると考えてよいからである。

これまでアスファルトのモデルは、ミセル構造モデルで代表されるようなねばりけのあるゲルの中で比較的大きなばらばらの固まりとされていた(図-3)。

最近の知見では、アスファルトはゆるやかなばねのようなネットワークを作っている、ソースの中で泳いでいる冷えたスパゲッティとも言える、小さな帯のようなものであるとされる。このネットワークがアスファルトのエラスティックな性質を示しており、ソースがフロー(流れ)の性質を示していると考えられるようになった。

ソースの非極性物質は熟した時、ねばりけのある液体として流れを示す部分である。

ある特別な化学組成が、アスファルトの耐久性に大きな影響を示すことが判明した。それは、先程に紹介した両性的な物質である。(両性的なというのは、同一分子でありながら、場合によって酸も塩基もどちらの性質も示すものである。アスファルト中に10~15%しかないにもかかわらず、分子マトリックスを作るのに支配的な要因となっている。)

このような形態は、直接には舗装のひびわれ、わだち、ポットホールの発生と関係する。このネットワークが不十分であれば、フローに対する抵抗性を欠く(わだちを生じやすくする)。このネットワークが強すぎると、疲労ひびわれを生じさせる。ひびわれ、ポットホ

ールなどを生じやすくする水分感受性(モイシュアセンシティビティ)の大小もまた、ネットワークの働きのひとつである。

このようなDPF (dispersed polar fluid 分散した極性液体) モデルは、Andersonら(ペンシルバニア州立大学)によって提案されたものである(図-4)。

もう少し別の面、レオロジカルな面からこのモデルを解釈してみよう。

DPFモデルによれば、アスファルトは非極性あるいは極性の弱い分子間に連続性のある3次元の形状を示す極性分子からなる。アスファルトの粘弾性状は、荷重や温度によるストレスは直接に極性分子間の結合破壊と解釈される。主要結合は原子結合そのものであるが、この副次的な結合は連続的に破壊され、そして修復される。その結果、分子は相対的に位置を変え、移動することになる。

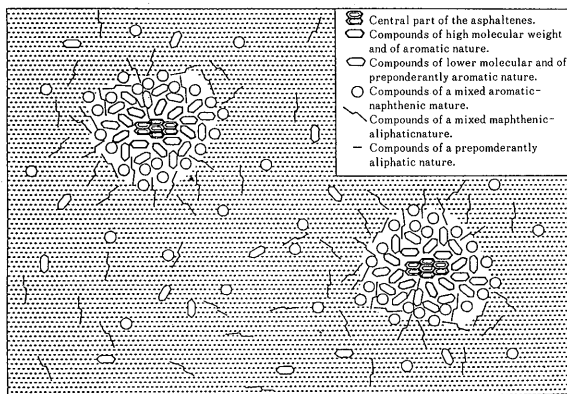


図-3 アスファルテンミセルのモデル

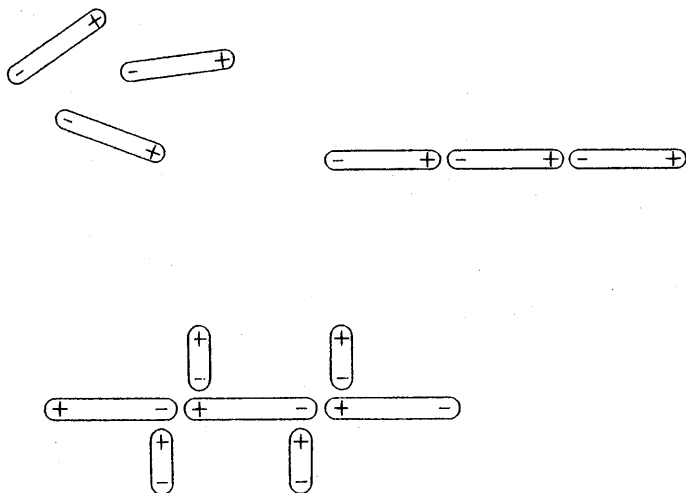


図-4 Dispersed Polar Fluid (DPF) モデルの概念

極性分子の配向は、マクロ的な粘弾性状と解釈されるが、その評価が化学組成によって決まるものであり、S, N, Oの含有量や微量金属相対量、双極結合の種類や強さに応じて異なる。

低温部では、アスファルトはガラス状態にあるが、その力学的応答はペンディングバイブレイショナルなC-C結合の性状に影響されるが、弾性領域となっている。他方、高温部では、分子エネルギーが増大することにより粘性領域となる。

このように、アスファルトは基本的に感温性の物質である。このため、その物理的な性質はレオロジカルな挙動として図-5のようなマスターカーブの形で把握できる。

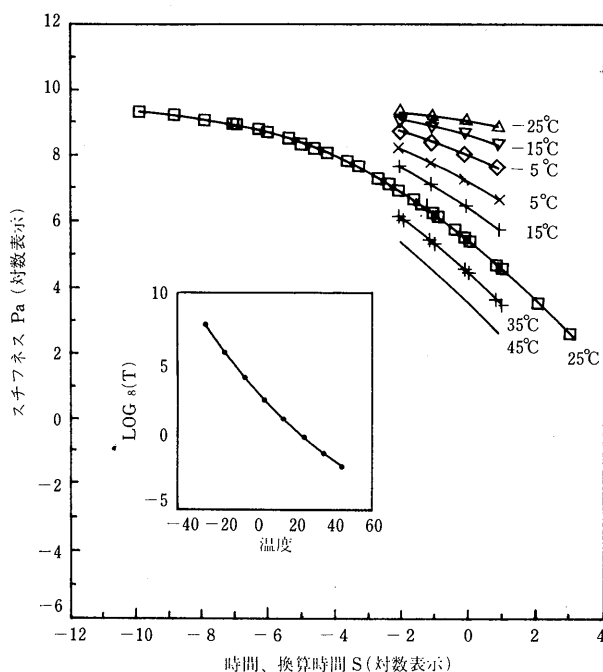


図-5 マスターカーブの概念

この感温性を受けやすいことは、アスファルト組成中に極性物質、非極性物質が混在しており、それらの分子間結合力が水素結合を中心とする温度変化を受けやすい比較的弱い結合作用にあることに起因する。

実際のアスファルトには多くの種類があるが、この挙動を理解するには、DPFモデルによれば、極性物質の大小と非極性物質の大小を定量的に把握することがまず重要である。

ところで、このような物理的な挙動は直接耐久性に関係することになる。現在問題となっている耐久性は、まず変形であるが、この挙動は、アスファルト分子そ

のものの柔らかさ、たわみやすさ、はずみやすさで変形の回復あるいは変形のしにくさを基にして推定することができるであろう。

このように考えると、アスファルトが異なればマスターカーブは異なることになり、実際環境温度でのアスファルトのTg（ガラス転移点）の値が極めて重要なファクターとなるであろう。このような感温性は、アスファルトにおける熱的な応力（内部応力）と引張強度の関係でも示すことができる（図-6）。なお、ストレートアスファルトの場合には、液状のスチフネスと固体状のスチフネスはいずれのアスファルトでも同じである。

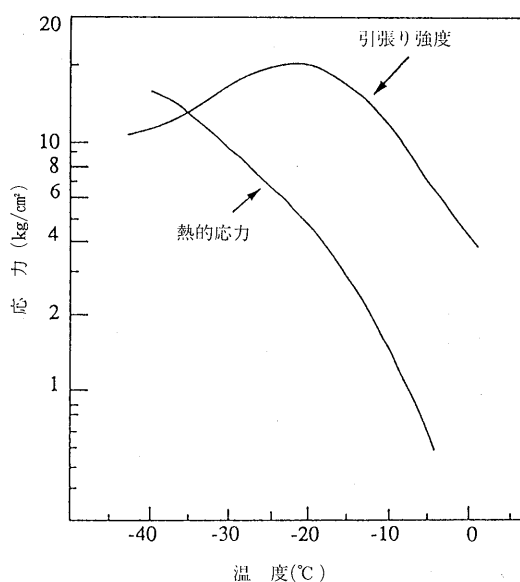


図-6 アスファルトにおける応力と引張り強度の概念

4. 骨材とアスファルトの付着

アスファルト舗装の耐久性を考える上では、アスファルトと骨材との付着性状も重要である。

アスファルトが骨材に吸着する様子は、図-7のように表される。骨材表面では、アスファルトは骨材への付着、かたまり状のアスファルト、ポア、吸い込みなど多くの形態をとるであろう。

とはいえ、最も基本的な性状は付着部分で支配される。この部分をモデル的に表すと図-8のアスファルト骨材の境界相／界面となる。特に界面部（図-9）では、骨材の電気的性質、骨材表面の局所的なポイント、アスファルトの極性分子の相互吸引により点々と吸着することになる（この点をhot pointsという）。

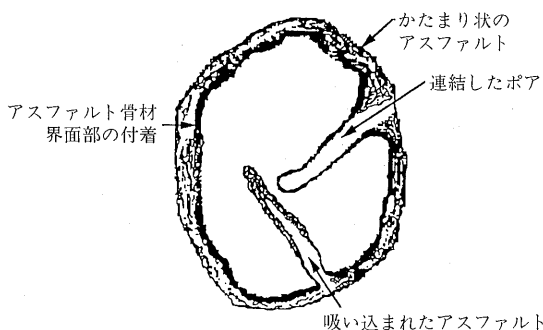


図-7 アスファルトの吸着に関する基本モデル

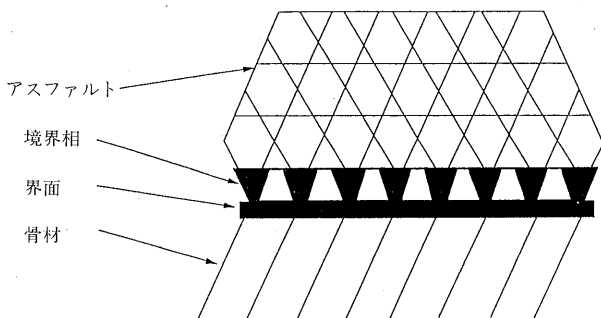


図-8 アスファルト骨材の境界相/界面モデル

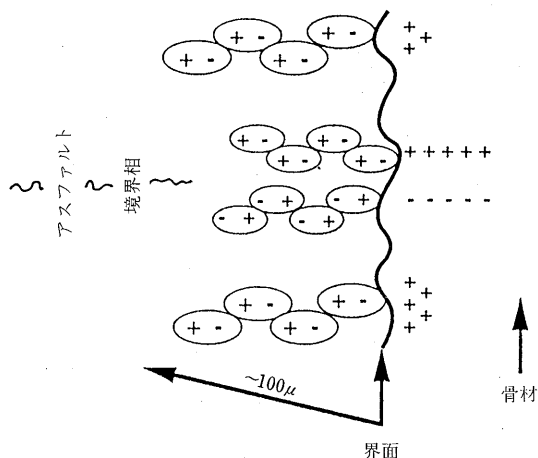


図-9 アスファルト骨材の界面モデル

そうすると、骨材とアスファルトの結合強さはこのポイントの数がいくつあるかということ、このポイントでの結合力がどの程度あるかということになる。

5. DPFモデルの検証例

米国NISTではNMRによってアスファルトを分析しているが、このNMR分析によれば、アスファルトの分子構造は非常に小さいことがわかっている。DPFモデルでは、アスファルトを非常に小さい集合体であると

している、上記のNMR分析結果はこのモデルの裏付けとなるとされている。この分子サイズでの構造モデルは、力学的あるいは温度のゆらぎとしてのエネルギーがアスファルトへの出入り時に生じる連続的な集合体の形成と再形成とも解釈できる。

DPFモデルでは、極性アスファルト分子が重要である。Robertson(WRI)によるイオン変換クロマト(IEC)を用いた化学分析では、アスファルトのわずかな部分のアスファルトの物理性状に大きな影響をもつことが確かめられている。これが、DPFモデルで基本部分となる極性分子であった。1991年春には、耐久性に大きな影響を及ぼす非極性分子は、同じ分子でありながら2つの異なった電荷を有するアルフォテリック物質(両性物質)であると推察された。このため、他の分子とは1点だけでなく2、3点でも結合でき、立体的な配位が可能である。

Jones(テキサス大学)によれば、アスファルトから抽出されるわずか10%の極性物質がアスファルトの粘弾性状をほぼ支配していたとのことである。

低温のレオロジカルな挙動は、クロマトグラフより得られ非極性分子量といった化学性状、アスファルト分離時の分子量分布との関係が密接である。

いずれにしても、分子間の結合力の概念は、アソシエーションの形で把握することができるが、これは化学組成として重要なのは基がいくつあるか、また、その基の強さはどれくらいかということである。これらは、GPCによる極性基分布、およびイオンクロマトグラフによる酸性基、アルカリ基、中性基の量の把握によって理論的には知ることができるであろう。これらは分子間力として水素結合の結合力に直接影響するからである。

このように、化学組成は基本的に重要なパラメータであることが確認され、アスファルト物性の基になっている。

このように考えれば、アスファルト組成からレオロジカルな性状を予測できることになる。アスファルトは耐久性に優れるか否かは、非極性分子と極性分子とのバランスや極性分子の集まりの形と強さによって決まる。アスファルトの化学成分は様々なので、あるアスファルトは必要成分を十分にもっているが、他種類のアスファルトは必要成分が足りないことになる。また、使用条件によっては、どのアスファルトもそのままでは使用に耐えず、何らかの添加物が必要となる場合もある。

ここまでの概念の組み立てができると、もう一度復習することになるが、化学組成、物理化学、物理的性質がおよぼす耐久性への関係を図-10の形で示すことができるようになるであろう。この図ではまだ多くの因子が入っているが、現実の材料設計ではこの中より重み付けをしながら合理的なものを選んでいくことになる。(この図の中には、新しい概念を示す用語が入っているので、特に和訳せず原文のまま掲載している)

今後、レオロジカルな挙動と化学組成との関係を定量的に求めることが、順次実験的に行われるが、おそらく、次のような関係として最終的にはとらえられるだろうと予想されている。

スチフネス(硬さ)の粘性部分……永久変形
 スチフネス温度直線の傾き……疲労ひびわれ
 スチフネス、伸度ひずみ、伸び……低温ひびわれ

6. 標準アスファルトライブラリー

米国とカナダでは、地図(図-11)に示す地点よりアスファルトを採取し、それらの組成を調査している。あわせて、それらをリファレンスライブラリーとして保管している。

組成等研究のもとになる標準物質(標準アスファルト)は、ライブラリーの形でテキサス大学に保管されている。

このライブラリーに収められているアスファルトの種類は図-12に示す通りである。

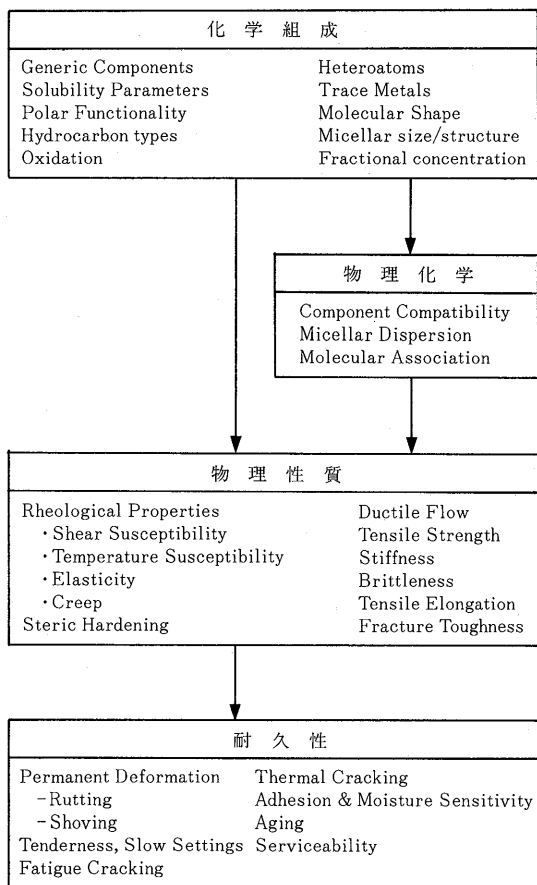


図-10 化学組成、物理化学、性質が耐久性におよぼす影響

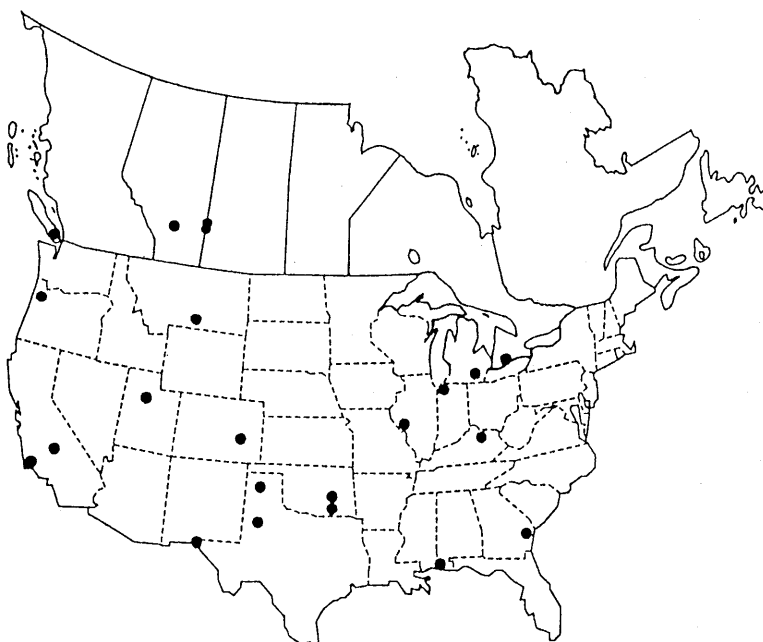
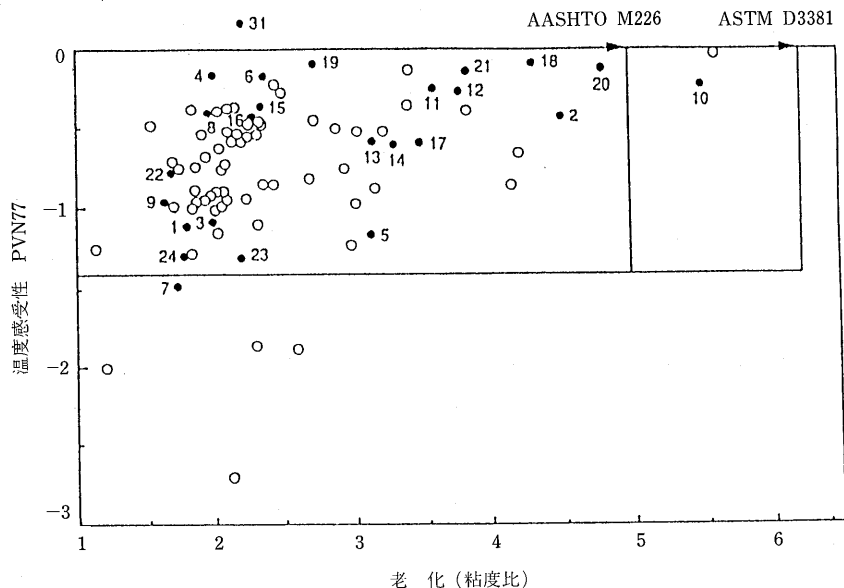


図-11 アスファルトライブラリーに集めた試料の産出地



CODE

1. California Coastal	12. Maya/Arabian Heavy (80-20)	23. Oklahoma Mix	23.
2. California Coastal	13. CA Valley/CA Coastal	24. Ranglely	24.
3. Boscan	14. ANS/CA Coastal	25. Wyoming/Canadian Mix	*25.
4. Lloydminster	15. Cold Lake	26. Wyoming/Canadian Mix	*26.
5. Redwater	16. Bow River	27. Cracked 1	*27.
6. Wyoming High Sulfur	17. West Texas Sour/Maya (65-35)	28. Cracked 2	*28.
7. West Texas Intermediate	18. Boscan/Maya	29. Cracked 0	*29.
8. Arabian Heavy	19. Boscan/Bachaquero	30. Wilmington	*30.
9. Alaska North Slope	20. Arabian Light/Maya (50-50)	31. Lloydminster-Oxidized	31.
10. Maya	21. Raspo More	32. El Paso-Oxidized	*32.
11. Maya/Wyoming Sour (40-60)	22. Baxterville	33. Kansas/Oklahoma	*33.

*Data not Available

図-12 アスファルト生産に用いられる米国とカナダで産出した原油の特徴

SHRPのもとでは、アスファルトの組成とそれが物性に及ぼす影響に関するデータベースは整備されているが、この図では、アスファルトの温度感受性と粘度比で表示した老化程度とで材料特性を示している。

7. 耐久性評価に関する新しいフレームワークとバイナダースペック

アスファルト舗装では、耐久性とは変形である永久変形、疲労ひびわれ、低温ひびわれと、内部ダメージである水分感受性、老化、アスファルト/骨材の付着の6つを指している。

アスファルトの品質を向上させるためには、耐久性を中心とした新しいフレームワーク作りが必要となる。耐久性評価のフレームワークの一例を図-13に示す。ここでは、環境、材料、交通、設計/建設のファクターが入力項目である。

特に、構造的なレスポンスモデルに直接影響を与え

る材料モデルは、材料自体と環境によって決まる。アスファルト材料の特長は極めて環境に左右されやすいということである。このため、環境にもっと注意を払い、供用環境を定量的にきちんと把握して、材料モデルに取り込みやすい形に分類化する作業が不可欠である。

これまでのアスファルトのスペックは、針入度あるいは粘度で分類されてきた。この分類は、まだアスファルトの性状や組成が十分解析できていない時代に提案されたものであるため、現在の学問レベルよりみても不満足な点が多いと指摘されることが多い。

アスファルト化学の進展により、アスファルト中の各成分の働きが分子レベルで解明されようとしている。現在、これをうけて米国では、1983年春にアスファルトバインダーに関する新しいスペックを提案しようとしている。このスペックは第6次原案まで準備されているようだが、公開されているのは第1次原案と第5次原案である。

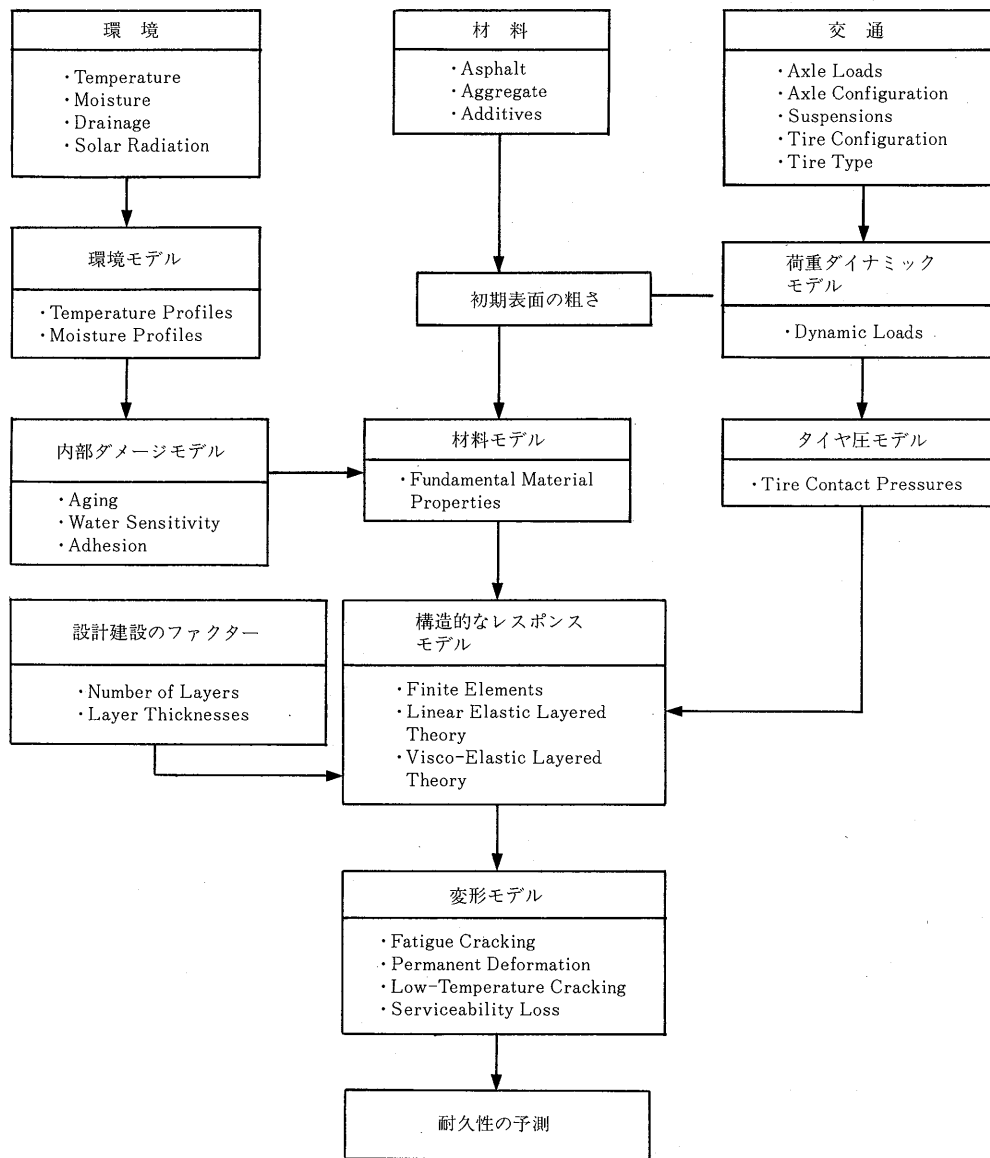


図-13 耐久性評価のフレームワーク

(1) 第1次原案の内容

1989年に提案された第一次原案では、アスファルトを12段階に分類した。分類するための項目としては、レオロジーインデックス（0℃，80℃），ファクター，高温粘度（135℃），引火点などがあげられていた（表-2）。

この中では耐久性と品質規定項目とは次のように関係付けられていたのである。

永久変形……80°レオロジーインデックス

疲労ひびわれ……ヒーリングインデックス

低温ひびわれ……0°レオロジーインデックス

水分感受性 } ……窒素ファクター，酸性数
付着 }

高温粘度と引火点は作業性に係わる項目であり，レオロジーとヒーリングインデックスは物理性状，窒素ファクターと酸性数は化学組成を表わすものであった。

(2) 第5次原案

1991年に第5次案が公開された（表-3）。

第5次原案では前項の第1次原案とは大きく内容が変わっている。

・アスファルトのグレード

まず，アスファルトのグレードを10に分けている。

表-2 アスファルトバインダーのスペック (第1次原案)

耐久性と品質規定項目	アスファルトのグレード											
	AB 21-20	AB 30-20	AB 40-20	AB 11-10	AB 15-10	AB 20-10	AB 60-5	AB 7.5-5	AB 10-5	AB 3-2.5	AB 4-2.5	AB 5-2.5
レオロジーインデックス(0℃)	2100±210	3000±300	4000±400	1100±110	1500±150	2000±200	600±60	750±75	1000±100	300±30	400±40	500±50
レオロジーインデックス(80℃)	2000±200			1000±100			500±50			250±25		
窒素ファクター	a± for all grades											
酸性数	b for all grades											
ヒーリングファクター	c for all grades											
高温粘度(135℃)	500 for all grades											
引火点	232 (450)			219 (425)			177 (350)			163 (325)		

表-3 アスファルトバインダーのスペック (第5次原案)

品質規定項目	アスファルトのグレード											
	PG 1-				PG 2-				PG 3-			PG 4-
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1
平均月間高温温度（℃）	21-27				27-32				32-38			38-43
最低温度（℃）	> -23	-29 to -23	-34 to -29	-40 to -34	> -23	-29 to -23	-34 to -29	-40 to -34	> -23	-29 to -23	-34 to -29	> -23
低温ひびわれ（TFOT）	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
永久変形（TFOT）	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
疲労ひびわれ（PAV）	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
施 工 性	120-175				120-175				120-175			120-175
安 全 性												

ただし、表にはアスファルトバインダーの分類と温度条件については数値を記入したが、その他の項目の数値はあえて記していない。これは、考え方を強調するのが重要であり、数値についてはまだ流動的と考えられるためである。

・平均月間高温温度、最低温度

これは、バインダーを使用する場所、温度によって基本的に適する材料を選択できるようにしたものであるが、温度変化や荷重変化にどのように耐えるか、アスファルトのスチフネスと温度との依存関係をわかりやすく示したアイコン(記号表現)を取り入れようというアイデアもあるようである。

・レオロジー特性

舗装の変形に関連して、永久変形、疲労ひびわれ、低温ひびわれの項目を選んでいる。

永久変形……スチフネスの粘度成分

疲労ひびわれ……スチフネス温度直線のフラットさ
低温ひびわれ……スチフネス、破断時の伸びとひずみ

ただしどのグレードでもこれらの規定値は共通であり、どの温度でもこれらの値を満足せねばならないとしている。

付着と水分感受性については現在までのところ、こ

のスペックに入っていない。これらは、アスファルト／骨材の固有の性状であり、むしろ混合物のスペックに入れるべきと判断したためのものである。

なお、化学組成の規定は直接には取り入れず、今回は物理性状だけでスペック化されたが、もちろん化学組成とレオロジー性状との関係はモデルを通して考慮されている。

本ドラフトの統一的な考え方は既に述べたスチフネスのマスターカーブの概念である。アスファルトバインダーは、基本的に粘弾性状のものであり、一定の温度下ではスチフネスは載荷時間に依存する(載荷時間が短いとほとんど変形しない、載荷時間が長いと大きな変形をするなどの例) ことなどは、工学的にも受け入れられており、よく知られていることだからである。

なお、ここで紹介した新しいアスファルトバインダーのスペックは、最終的には1993年に公開されることが予定されている。このため、「No surprises in 1993(1993年には驚かないようにしよう)」とのスローガンで、ユーザーとサプライヤーとの意見交換が進められているとのことである。

8. 試験機器

アスファルトのスペックがこれまでとは大幅に異な

るので、試験機器も全く新しく開発する必要がある。
現在提案中の試験方法のうちレオメーターを用いる場合の試験概念を例として図-14に示す。

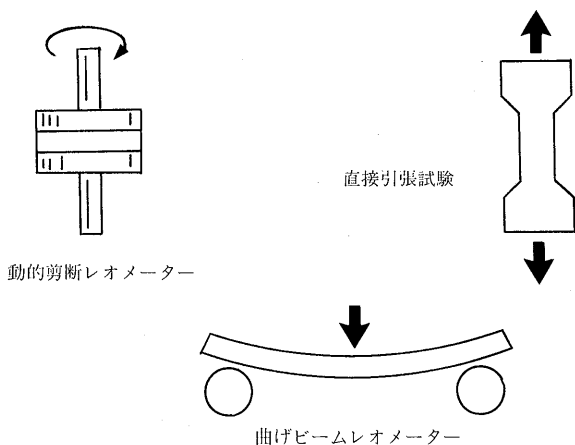


図-14 SHRPで提案された規格試験の概念図

たとえばスチフネスカーブは、ベンディングビームレオメーターとダイナミックレオメーターで測定される。測定値は、コンピューターソフトウェアによる解析で、スチフネス、粘度成分、 m 値等が得られ、規定値と参照される。引張りひずみ曲線は、引張試験機によって得られ、低温ひびわれの予測に用いられる。

施工時の加熱劣化は、薄膜加熱試験か回転薄膜加熱試験テストによってシミュレートされる。ただし長期の老化をシミュレートする方法は未確定である。加熱老化試験は、長期の供用をシミュレートしようとするものであるが、その酸化老化や使用温度条件を考慮した形で決定することになる。

作業性や安全性については、適切な加熱混合、締め固めができるように粘度で規定している。

ところで上記の試験方法に適合する試験装置として、土木研究所では二、三の装置を新規に導入している。

写真-1は粘弾性試験装置（レオメーター）の例であり、つい最近購入したものである。**写真-2**は、大型粘弾性試験装置の例である。いずれも温度が可変出来る恒温装置が附属しており、また、多少特殊な治具も準備している。**写真-3**は、アスファルト組成分析装置の例である。GPCあるいはLCとして利用できる。この他にも現品をまだ入手してはいないが、紹介された装置のひとつで、多用途試験機(Universal Test Equipment)とされているものもある。

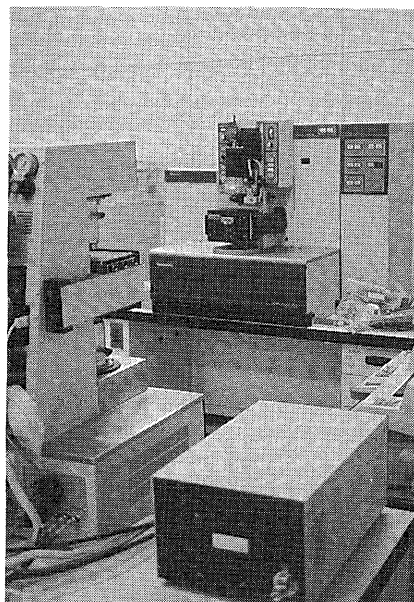


写真-1 粘弾性測定装置の例

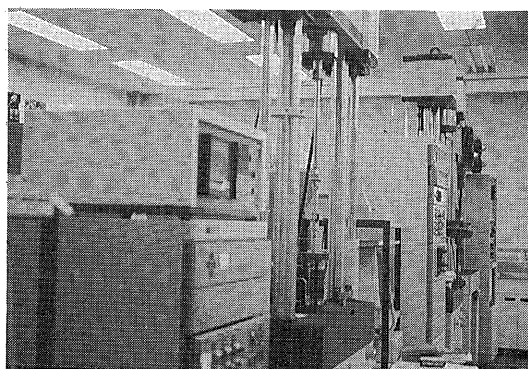


写真-2 大型粘弾性測定装置の例

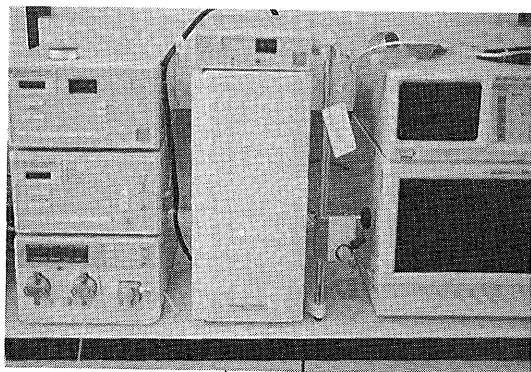


写真-3 アスファルト組成分析装置(GPC)の例

あとがき

アスファルト化学に関する研究は、化学のなかでも最も古い研究分野のひとつである。

土木研究所の前身である内務省試験所においてアスファルトの研究が始まったのは、今からちょうど70年前の大正10年である。それ以来私どもが所属する化学研究室でも、ストレートアスファルト、改質アスファルト、アスファルト再生材料等さまざまな舗装材料について開発や検討を行い、それらの研究成果はおりおりアスファルト舗装要綱等に反映させて頂いてきた。

このような諸先輩の御努力によって今では、アスファルトは舗装技術者にとって必須の材料となっている。しかし、重要さが高まるのに反比例するかのように、アスファルト化学を学んでいる研究者や技術者の数は、舗装分野でも石油化学分野でも少なくなってしまった

ようにみえる。アスファルト化学の歴史が古く多くの豊かな功績があったために、もう解明すべき点はほぼ終わったと考えられるようになったためでもあろう。

本当にアスファルトの全ての可能性は尽くされたのだろうか、また材料化学からみて十分に解明されたのだろうかと私は個人的にはかねがね疑問を抱いていた。「アスファルトはまだまだ多くの可能性をもった優れた材料ではないか」と。

土木研究所では米国の道路関係研究機関との共同研究などを通して可能性を追求したいと考えている。どうか経験の浅い私どもに御鞭撻や御教示を賜れば幸いである。

— 参考文献 —

- 1) Proceedings of the conference The United States Strategic Highway Research Program organized by the Institution of Civil Engineers and held in London of 29-31 October 1990
- 2) Performance-based asphalt specifications: the products of the SHRP asphalt research program. T.W. KENNEDY and E.T. HARRIGAN
- 3) Development of performance related specifications for asphalt aggregate mixtures. C.L. MONISMITH, R.G. HICKS and F.N. FINN
- 4) SHRP計画の動向(その1, その2), 土木研究所内部資料
- 5) アスファルト化学の動向, 土木研究所内部資料

石油アスファルト統計月報

B5: 16ページ ¥500 (送料は実費) 毎月1日発行

アスファルトに関する統計資料を網羅し、毎月に発行する統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

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

— 目 次 —

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

石油アスファルトの改質の現状と将来

児 玉 充 生*

1. 概説

アスファルトは、その特性である熱可塑性、粘着性、不透水性、粘弾性、電気絶縁性等の諸性状の組み合わせにより広範囲の用途を生み出してきた。さらにアスファルトは、比較的低コストであり大量供給できる面や、便利さ、手軽さ、確実性及び永続性が十分認識されている面より、舗装材料を中心として防水材料や工業用原料として使用されている。

自由世界のアスファルトの使用量(舗装以外も含む)は、1986年において約5,400万トンで、欧州1,700万トン、北米(カナダを含む)3,000万トン、その他約700万トンとなっており、全体として年間2%前後の増加を示している。日本における内需実績は表-1に示す通り、平成2年度で約620万トンあり、自由世界のアスファルト使用量の約10%を占めている。

表-1 品種別内需実績

項目 年度	需 要 量 : (1,000t)					
	道路用	工業用	ストレート アスファ ルト計	燃焼用	ブローン アスファ ルト	合 計
56	4,080	202	4,282	4	275	4,562
57	3,943	185	4,128	187	260	4,575
58	3,951	177	4,128	540	253	4,921
59	4,000	161	4,161	806	254	5,221
60	3,739	139	3,878	911	246	5,035
61	3,979	241	4,220	1,238	237	5,695
62	4,252	360	4,612	995	255	5,862
63	4,307	421	4,728	967	258	5,953
元	4,359	447	4,806	933	251	5,990
2	4,416	606	5,022	929	254	6,205

出所：通産省エネルギー生産・需給統計月報

アスファルトの用途は表-2¹⁾に示されるように多種多様であるが、社会的要求、技術革新、環境変化への対応により、アスファルトの技術動向はおおむね以下の点が考えられる。

- (1) 添加、反応、加工操作によるアスファルト自身の改質を行い、高品質化、高機能化を図る。
- (2) 他の機能材料を組み合わせ複合材料として高機能化、高付加価値化を図る。
- (3) ガス化／クラッキング用原料、化学品原料として用いていく。
- (4) リサイクリングの方法確立、無公害製品／工法の確立等を行い、環境安全を図っていく。

以下、本稿では特にその大部分を使用している舗装及び防水に用いられる改質アスファルトの製造、用途、性能等について述べる。

2. 改質方法

改質されたアスファルトとは、通常の石油アスファルトの性質を改善し、通常の石油アスファルトでは機能が十分に発揮できない箇所や、長期供用性／耐久性が求められている箇所に使用されるものである。アスファルトの改質／製造方法には、主に石油アスファルトにブローイング／セミブローイング操作したものと、改質材料を添加したものがあり、それらは図-1の通り分類されている。(なお、一般にセミブローンアスファルト及び改質材料を添加したものを改質アスファルト

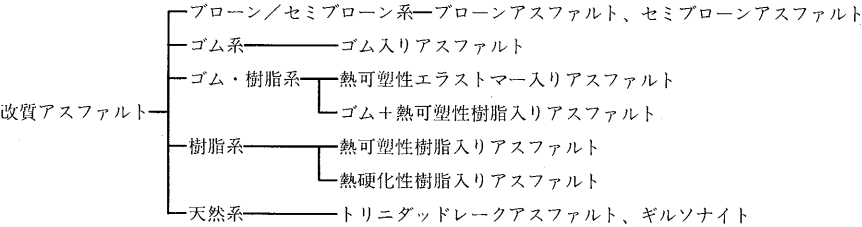


図-1 改質アスファルトの分類

*こだま みつお 昭和シェル石油株式会社 アスファルト部

表-2 アスファルトの主な用途 (その1)

工 業 用	合成物	カンバス処理	海中用エナメル
	ブラック・グリース	カーペット中間物	<u>その他</u>
	バッフィング・コンパウンド	デッキ布への浸透	ベルト
	ケーブル接着コンパウンド	布・フェルト	導火線
	薬物防腐	耐かび処理	練炭騰結剤
	エッチング構造	パッキング・ペーパー	地下納骨所
	伸縮物、ゴム、その他	パイプとパイプ塗装	鑄型
	爆薬	厚板	粘土細工
	消火液コンパウンド	ラグ・アスファルト基材	土製標的(トラック射撃用)
	接合部充てん材	鋸屑、コルク、アスファルトの合成物	脱毛剤
	ラップ・セメント	皮革の加工	伸縮継手
	潤滑油	包装紙	花瓶
	パイプ・コーティング、ディップス	<u>ペイント、ワニスなど</u>	鑄物の中子
	接合密閉剤	耐酸性エナメル、マスティック	まさつテーブ
	プラスチック・セメント	ワニス	燃料
	プラスチックサイザー	耐酸性コーティング	ガスケット
	保存防腐剤	空気で乾くペイント、ワニス	レコード
	印刷インク	防腐蚀性と汚れのつかないペイント	人造皮革
	井戸掘さく流動材	酸化を防ぐ溶剤	鏡の裏張り
	木造たるの内張り	溶剤合成物の基材	ゴム・鑄物合成物
	<u>飽和・処理された物質</u>	炎や熱に耐えるエナメル	靴の詰物、かかと
舗 装 ・ 鉄 道 ・ リ ン グ ・ シ ョ ン	ピチューメン被覆の布	ボート・デッキの目地張り コンパウンド	テーブルの盤面
	アスベスト合成物		
	吸収飽和した粗目ズック布	ラッカー、漆器	
	<u>舗装</u> (水利工事、農業、) の項も参照	舗道、歩道	<u>リクレーション</u>
	空港の滑走路、誘導路、エプロン (格納庫等広場)など	地盤安定	表面舗装
	アスファルト・ブロック	<u>鉄道</u>	ダンス場
	煉瓦充てん材	砂利処理	ドライブ・イン、映画館前広場
	橋面舗装	カーブ滑材	体育館、スポーツをやる場所
	ひび割れ充てん材	防じん膜	遊戯場、校庭
	街路のふち石、下水路	砂利道床	レース・トラック
	灌漑水路、溝	補助道床	ランニング・トラック
	建物、倉庫、車庫などの床面	交差点、貨物積卸場	スケート・リンク
	高速道路、道路、街路、路肩	駅のプラットフォーム	水泳プールと水遊び場
	パーキング・ロット、ドライブウェイ	レイルフィラー	テニス・コート
	コンクリート・アンダーシール	鉄道の枕木	ハンドボール・コート
	屋上駐車場	枕木の腐食どめ剤	

表-2 アスファルトの主な用途 (その2)

農 業	家畜防疫剤	根おおい	コンクリート構造の保護
	防湿防水の建築と構造	根おおい紙	立木に用いるペイント
	殺菌剤	家畜小屋の床、遊び場、 飼料桶底の塗装	防水防湿用壁(地上および地下)
	牧畜などの柵木塗装	水槽や大おけなどの防腐	風や水による侵食防御 温室設備
建 築	床	屋根をふく薄いこけら板	石工事塗装
	耐水耐湿	屋根塗装液	ブラスター・ボード
	床の構造物、タイル、敷物	プラスチック・セメント	パテ
	絶縁用の布や紙	こけら板	下見張り
	踏み面	壁、側面、天井	防音材
	屋根	音響的效果のあるブロック	しっくい基材
	アスベスト・フェルト	構造物、フェルト	壁張用材
	建築紙	建築の装飾	その他
	屋根づくりの粘着材、フェルト	アスベストのセメント・パネル	速乾性ペイント、ツヤ消し
	土居ぶき	フェルト	建築用製材
	雨もりを防ぐ目地材	煉瓦	漆黒にした製材
	セメント防水コンパウンド	煉瓦側面	絶縁ペイント
	屋根ぶきのくさび	建築ブロック、紙	鉛管、パイプ
	グラス・ウール構造物	防湿塗装、防湿構造物	加工済み日除け
	絶縁用の布、フェルト、紙	絶縁用の板、布、フェルト、紙	
	接合部充てん材	接合部充てん用コンパウンド	
水 利 構 造 物 と 防 水 用	運河の内張り、充てん剤	灌漑水路の構築材	貯水槽の内張り
	貯水池や溜池	築堤防護	護岸
	ダムの目地材	防波堤	砂丘の安定
	ダムの内張りと保護	ふ頭	下水槽、酸化槽
	堀割の保護	沖積堤防護	水泳プール
	溝の内張り	沖積堤の沈床と堤の防護	汚水処理槽
		内張り被膜と防水	防水壁
工 業 用	ビチューメンを用いたアルミ ニウム・ホイル材	自動車	タッキング・ストリップ
		防音構造物、フェルト	アンダーシール
	大おけ用フェルト	ブレーキ内張り	電気機器
	導管絶縁、薄板	クラッチの上塗り	電動子カーボン、巻き
	絶縁ボード	床音デッドナー	電池函、カーボン
	ペイント材	まさつ部の素材	電気絶縁用コンパウンド
	紙	絶縁フェルト	紙、テープ、ワイヤー、コーティング
	パイプ包装	パネル・ボード	ジャンクション・ボックス・コン パウンド
	屋根材、こけら板	シム・ストリップ	鑄造した導管

トと呼び、以下ブローンアスファルトと改質アスファルトを区別する。)

2.1 ブローイング/セミブローイング方法

ストレートアスファルトを加熱して空気を吹き込むと、その構成成分が、酸化、宿重合などの反応を起し、高分子化することにより、粘度あるいは硬度を増加させるのがブローイング方法であり、軽度の反応過程によるものがセミブローイング方法である。

通常のブローイングは、加熱温度が約200～300℃程度、空気吹込量は約0.5m³/分・トンであり、図-2²⁾に示される連続式と、バッチ式の2種類がある。

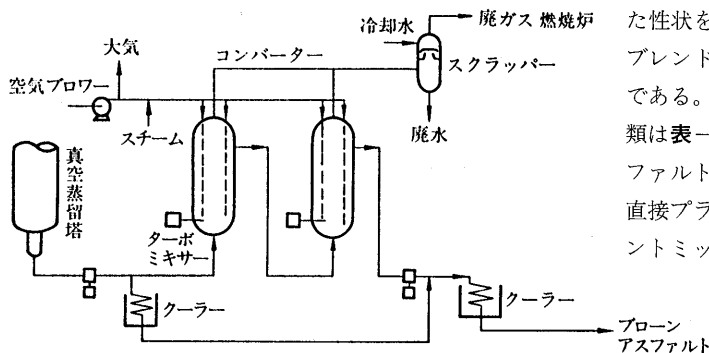


図-2 連続式アスファルトブローイング装置系統図(一例)²⁾

ブローイング中に起こるアスファルトの組成的な変化は、一般に、アロマ及びビレジン成分がアスファルテンへの転化が行われ、しだいに粘度が増加するもので感温性の低い(針入度指数の高い)アスファルトが得られる。

2.2 改質材料の添加による方法

改質材料としては、通常、ゴム、熱可塑性エラストマー、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂及び天然アスファルト等があり、それらの単独あるいは複数を組み合わせて使用されている。これらの改質材は通常ストレートアスファルトに添加されるが、相溶性を高め安定した性状を得るためには、原料の選択、攪拌効果の高いブレンド装置、何らかの親和剤の添加等の技術が必要である。主な改質材料の種類と改質アスファルトの分類は表-3に示す通りである。なお、舗装用改質アスファルトには、アスファルト混合物を製造する時に、直接プラントのミキサー中に改質材料を添加するプラントミックスタイプと、工場等であらかじめアスファルトと改質材料をブレンドしたプレミックスタイプのものがある。

表-3 改質材料による改質アスファルトの分類

区 分		改 質 材 料
ゴム系	ゴム入りアスファルト	天然ゴム(NR)、スチレンブタジエン共重合体(SBR)、ポリクロロブレン(CR)、アクリルニトリルブタジエン共重合体(ABR)、イソブチレンイソブレン共重合体(IIR)、ポリブタジエン(BR)、ポリイソブレン(IR)、エチレンプロピレン共重合体(EPDM)、スチレンイソブレン共重合体(SIR)、シリコンゴム、フッ素ゴム、エポキシヒドリン共重合体、ポリアクリル酸エステル等
ゴム・樹脂系	熱可塑性エラストマー入りアスファルト	スチレンブタジエン共重合体(SBS)、スチレンイソブレン共重合体(SIS)、スチレンエチレンブタジエン共重合体(SEBS)、ポリエステルエラストマー、ポリウレタンエラストマー、ポリエチレンアチルゴムグラフトポリマー、ポリオレフィン系エラストマー等
	ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルト	ゴム系改質材料と熱可塑性樹脂系改質材料を併用
樹脂系	熱可塑性樹脂入りアスファルト	エチレン酢酸ビニル共重合体(EVA)、エチレンエチルアクリレート共重合体(EEA)、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)、アタクチックポリプロピレン(APP)、アクリロニトリルブタジエン共重合体(NBR)、ポリ塩化ビニル、スチレン塩化ビニリデン、アクリル樹脂、ポリアミド、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアルコール、飽和ポリエステル、ポリブテン、石油樹脂、フッ素樹脂、天然ロジン等
	熱硬化性樹脂入りアスファルト	エポキシ樹脂(EP)、ポリウレタン樹脂(PU)、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、シリコン樹脂、ポリカーボネート樹脂等
天 然 系		トリニグッドレークアスファルト(TLA)、ギルソナイト

(注1) この表は、一般的な呼称をまとめたものである。

(注2) 熱可塑性エラストマーは、ゴムとプラスチックの両者の性質を併せて有し、常温ではゴム弾性、高温では熱可塑性の挙動を示す高分子物質。

(注3) 共重合体は、二種またはそれ以上の単量体(重合体を合成する場合の原料となる物質)を混合して重合を行うことにより得られ、それらを成分として含む重合体である。

(注4) 熱可塑性エラストマーと熱可塑性樹脂の物性は近似しているため明確な区分がしにくい場合も多い。そのため、熱可塑性樹脂を含めて熱可塑性エラストマーと称することもある。

(注5) トリニグッドレークアスファルトは、トリニグッド島のピッチ湖から採掘される原鉱から、ガス、水分、異物等を除去して精製したアスファルトである。

(注6) ギルソナイトは、米国ユタ州東部の砂漠地帯から採掘されるアスファルトタイトで、その成分は固形炭化水素である。特徴として軟化点が非常に高く、かつアスファルトとの相性がよいことから、吹込みでは重交通道路のアスファルト舗装の流動対策用添加材に用いられている。

出所：日本アスファルト協会

3. ブローン／改質アスファルトの用途及び市場動向

ブローン／改質アスファルトの主な用途は大別すると大部分、舗装及び防水用材料として使用されている。

3.1 舗装用改質アスファルト

舗装用改質アスファルトの呼び名は各機関によって異なるが、主なものに、アスファルト舗装要綱では、改質アスファルトⅠ型及びⅡ型、セミブローンアスファルトについて標準的性状や規格値を定めており、本州四国連絡橋橋面舗装用では、改質アスファルトⅠ型、Ⅱ型、硬質アスファルトが用いられている。またその他、グースアスファルト用バインダーや硬化性アスファルトがあるが、それらの主な改質材及び用途の例は

表－4 改質アスファルトの種類と主な用途

種 類	添加する主な改質材料	主な適用例
改質アスファルトⅠ型 (プラントおよびプレミックスタイプ) (アスファルト舗装要綱)	ゴ ム	耐流動、耐摩耗 排水性
改質アスファルトⅡ型 (プラントおよびプレミックスタイプ) (アスファルト舗装要綱)	熱可塑性樹脂または ゴム・熱可塑性樹脂	耐流動、耐摩耗 排水性
セミブローンアスファルト (アスファルト舗装要綱)	—	重交通路線の耐流動
グースアスファルト用バインダー (アスファルト舗装要綱)	天然アスファルト または熱可塑性樹脂	鋼床版の橋面
改質アスファルトⅠ型 (プレミックスタイプ) (本州四国連絡橋橋面舗装用)	ゴ ム	鋼床版の橋面
改質アスファルトⅡ型 (プレミックスタイプ) (本州四国連絡橋橋面舗装用)	熱可塑性樹脂または ゴム・熱可塑性樹脂	鋼床版の橋面
硬質アスファルト (グースアスファルト) (本州四国連絡橋橋面舗装用)	天然アスファルト	鋼床版の橋面
硬化性アスファルト (プレミックスタイプ)	エポキシ樹脂	鋼床版の橋面

(注1) 排水性舗装に用いられているものは、従来の改質アスファルトの粘度をさらに高めて、粘着力や耐圧密などの向上を図っている。
(注2) 本州四国連絡橋橋面舗装用改質アスファルトⅠ型およびⅡ型は、アスファルト舗装要綱(昭和63年版)の改質アスファルトⅠ型およびⅡ型と同一名称であるが、品質規格値等まったく異なるものである。

出所：日本アスファルト協会

表－5 舗装用改質アスファルトの需要動向

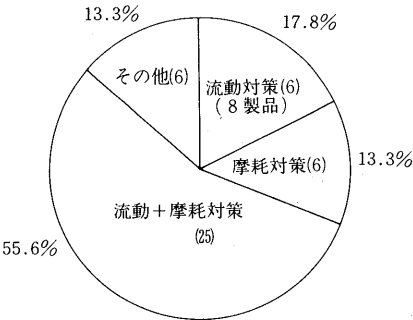
[単位：アスファルト換算トン]

年度	プレミックスタイプ				プラントミックスタイプ			セミブローン アスファルト	合 計
	Ⅰ型	Ⅱ型	筑波1号	小 計	Ⅰ型	Ⅱ型	小 計		
1985	26,400	26,500	391	53,291	59,350	—	59,350	4,690	117,332
1986	29,100	26,100	339	55,539	66,250	—	66,250	7,480	129,269
1987	30,700	35,000	44	65,794	72,500	—	72,500	8,850	147,144
1988	30,600	37,300	0	67,900	74,400	—	74,400	11,020	153,320
1989	33,000	38,300	0	71,300	72,000	800	72,800	13,480	157,580
1990	33,900	40,400	0	74,300	66,300	500	66,800	12,920	154,020

註：この他、協会員外で、14,000トン(アスファルト換算)程度が見込まれる。
出所：日本ゴムアスファルト協会、日本アスファルト協会

表－4に示す通りである。また、日本アスファルト協会が調査したメーカーサイドからみた舗装の損傷原因別の用途をみると、図－3³⁾に示されるように耐流動と耐摩耗の両方を目的としたものが半数以上を占めている。

改質アスファルトは全国で使用されており、その需要動向は表－5の通りである。1990年度において、改質アスファルトは舗装に使用されたアスファルトの約3.4%を占め、プレミックスタイプ、プラレトミックスタイプ及びセミブローンアスファルトの比率はそれぞれ、48.2%、43.4%及び8.4%となっている。



図－3 改質アスファルトの用途別分類³⁾

3.2 防水用ブローンアスファルト／改質アスファルト

ブローンアスファルトの用途別販売実績を図－4⁴⁾に示したが、そのほとんどがアスファルト防水工法(建材ルーフィング)に使用されている。すなわち、熔融ブローンアスファルトと、建材ルーフィングとを使用して防水層を形成する熱アスファルト防水工法に用いられるが、品種は大

別すると一般ブローンアスファルト（針入度グレードにより区別）、アスファルトコンパウンド、道路用アスファルト等に分類され、その内需量は図-5⁴⁾に示す通

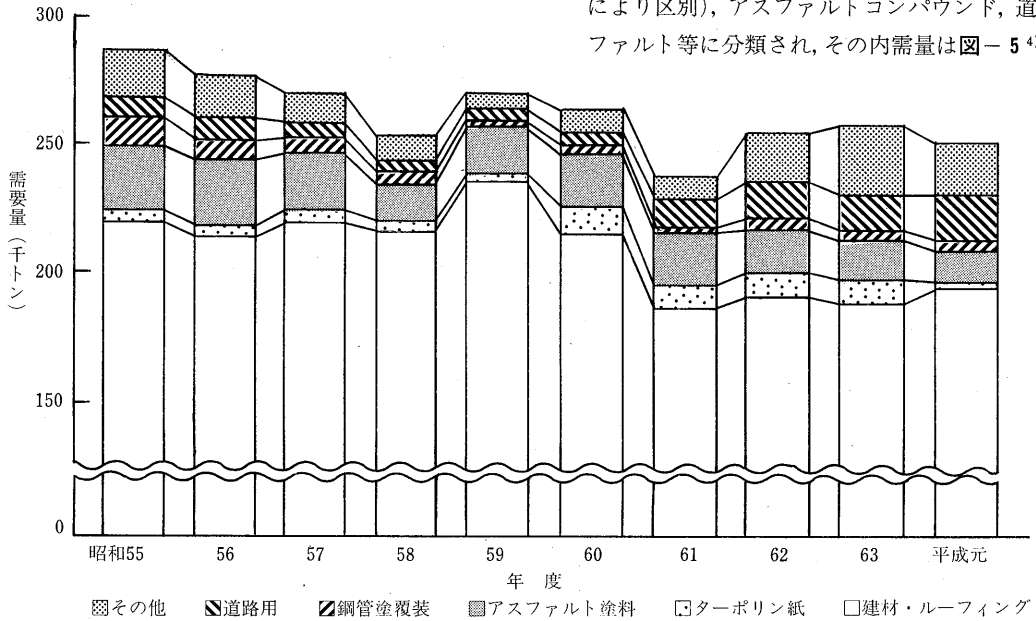


図-4 ブローンアスファルト用途別販売実績⁴⁾

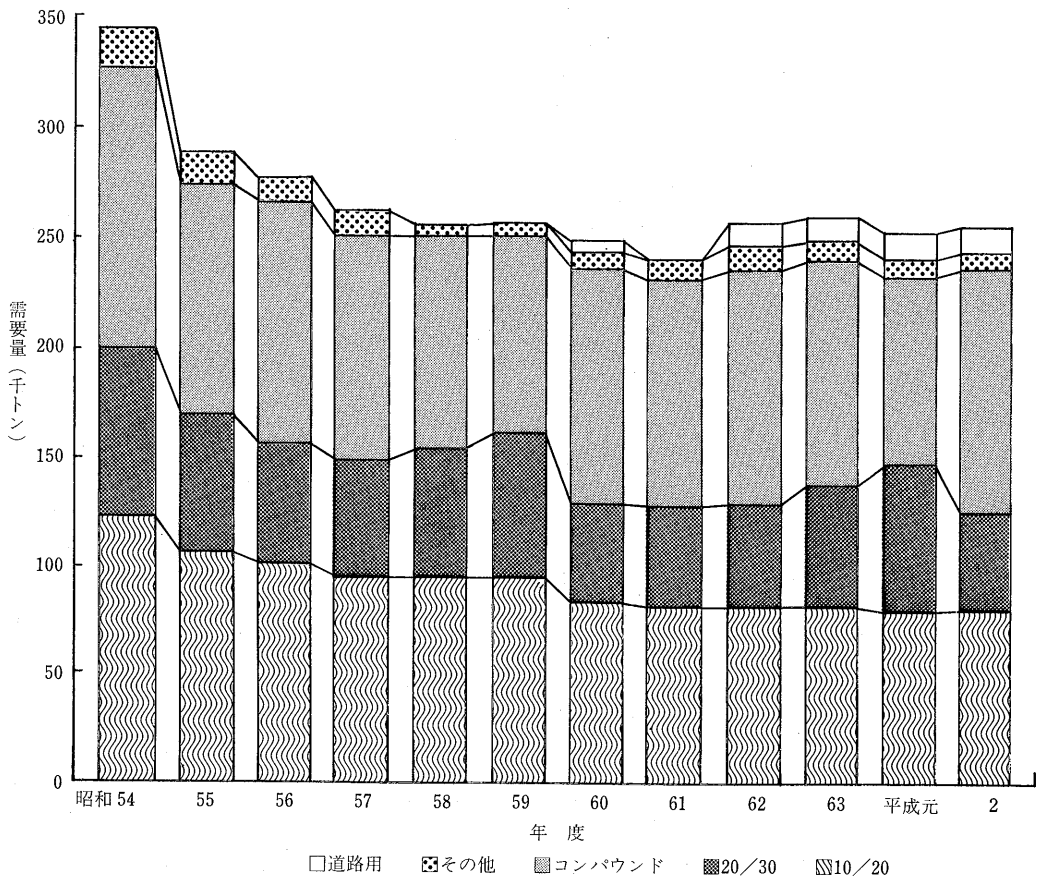


図-5 ブローンアスファルトグレード別内需量推移⁴⁾

りである。

改質材料を添加した改質アスファルトは、図－6に示されるシート防水材料の改質アスファルトルーフィング及びそれらの接着材として用いられる。

改質アスファルトを用いたルーフィングシートは、主にSBSやAPP等の改質材が用いられており、その改質アスファルトを単独又は繊維質シート、プラスチックフィルムなどと組み合わせてシート状に成型したものである。

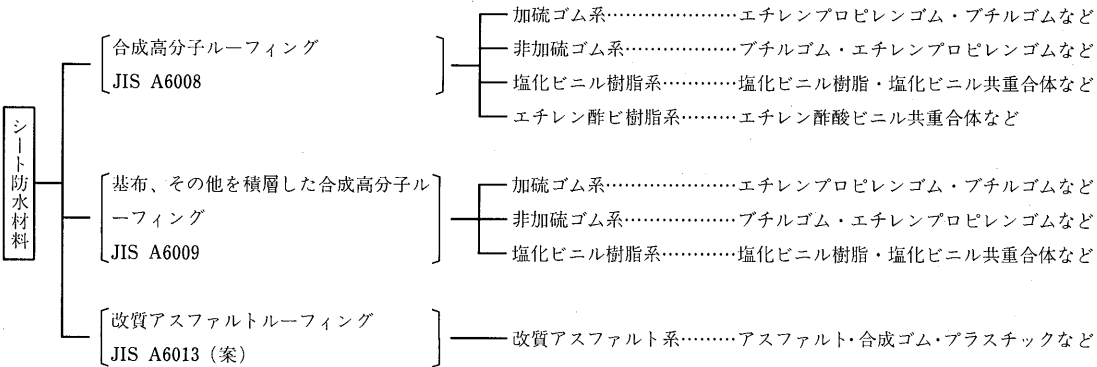
改質アスファルトの市場規模及び推移を示したのが表－6⁵⁾であり、シェアにおいて約10%、毎年約20%の伸びが見られ、将来有望な材料として位置付けられている。

4. ブローンアスファルト／改質アスファルトの性能と特徴

4.1 舗装用改質アスファルト

セミブローンアスファルトは、60℃粘度を10,000±2,000poiseと規定されており、この粘度は舗装用石油アスファルトに比べて3～6倍程度高く、舗装の流動対策には非常に有効である。また、改質材料を添加するのではなく、ストレートアスファルトを原料とし、ブローイング装置により製造されるため、コストが低く、大量に供給することができる。

改質材料を添加して製造される改質アスファルトは、本来石油アスファルトの持つ粘弾性、特に、高温及び長期載荷時での粘性挙動を改善し、耐流動性持つこと、



図－6 シート防水材料の分類

表－6 防水素材・種別市場規模推移と予測⁵⁾

種 別	1987年度		1988年度		前年比	1989年度		前年比	1993年度 (予)		88年度比
	千㎡	シェア	千㎡	シェア		千㎡	シェア		千㎡	シェア	
ア ス フ ァ ル ト 防 水	34,040	40.7	37,400	41.0	109.9	40,230	40.2	107.6	54,800	39.0	146.5
アスファルトルーフィング	27,940	33.4	29,800	32.7	106.7	31,100	31.1	104.4	37,200	26.5	124.8
改質アスファルト(ゴムアス)	6,100	7.3	7,600	8.3	124.6	9,130	9.1	120.1	17,600	12.5	231.6
シ ー ト 防 水	26,290	31.4	28,340	31.1	107.8	31,470	31.4	111.0	44,360	31.5	156.5
加 流 ゴ ム シ ー ト	19,360	23.1	20,400	22.4	105.4	22,120	22.1	108.4	29,200	20.7	143.1
非 加 硫 ゴ ム シ ー ト	810	1.0	860	0.9	106.2	840	0.8	97.7	860	0.6	100.0
塩 ビ シ ー ト	6,120	7.3	7,080	7.8	115.7	8,510	8.5	120.2	14,300	10.2	202.0
塗 膜 防 水	11,157	13.3	12,251	13.4	109.8	13,897	13.9	113.4	21,167	15.1	172.8
ウ レ タ ン	9,300	11.1	10,217	11.2	109.9	11,217	11.2	109.8	15,700	11.2	153.7
F R P	217	0.3	297	0.3	136.9	443	0.5	149.2	1,407	1.0	473.7
ゴ ム ア ス	1,117	1.3	1,167	1.3	104.5	1,607	1.6	137.7	3,217	2.3	275.7
そ の 他	523	0.6	570	0.6	109.0	630	0.6	110.5	843	0.6	147.9
小 計	71,487	85.4	77,991	85.5	109.1	85,597	85.5	109.8	120,327	85.6	154.3
外 壁 (アクリルゴム)防 水	6,606	7.9	7,147	7.8	108.2	7,924	7.9	110.9	10,470	7.4	146.5
シ ン グ ル 材	3,910	4.7	4,230	4.6	108.2	4,515	4.5	106.7	6,700	4.8	158.4
ス テ ン レ ス 防 水	620	0.7	697	0.8	112.4	772	0.8	110.8	1,210	0.8	173.6
屋 根 下 地 材	1,050	1.3	1,160	1.3	110.5	1,310	1.3	112.9	1,920	1.4	165.5
合 計	83,673	100.0	91,225	100.0	109.0	100,118	100.0	109.7	140,627	100.0	154.2

(注1) 市場規模は、メーカー調査をベースとして算出。
(注2) 塗膜防水は3 kg/㎡、外壁防水は1.7kg/㎡として算出。

また、冬季低温時においてもたわみ性を保持し、耐クラック、耐摩耗性を持たすことを目的として開発されてきた。この改質材料添加のほとんどがゴム、熱可塑性エラストマー、及び樹脂系であり、大部分の改質アスファルトは、舗装用石油アスファルトに比べて、タフネス・テナシティ、60℃粘度、低温脆性等が改善され、耐流動や耐摩耗に効果がある。

これらを日本アスファルト協会が行った改質アスファルトの実態調査に基づき、ベースアスファルトとして用いたストレートアスファルトと改質アスファルトと比較データをもとに図-7～図-12³⁾に示した。

- (1) 改質アスファルトの針入度は、ストレートアスファルトの70～100%の針入度を持ち軟化点がストレートアスファルトより大きいため、PIは-1～+3の範囲に入り、ストレートアスファルトより感温性は低下する。(図-7 参照)

$$PI_m = 0.718 - 0.284 \cdot PI_s \quad (r = -0.072)$$

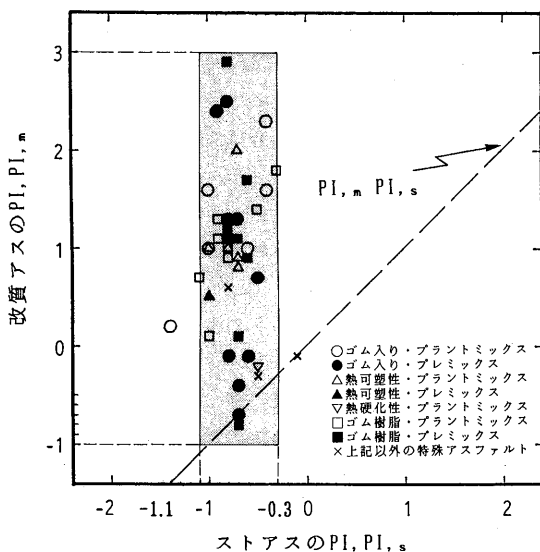


図-7 ストアスのPI～改質アスのPI³⁾

- (2) 改質アスファルトの60℃粘度はストレートアスファルトの約2～7倍の範囲にある。(図-8 参照)
- (3) 改質アスファルトのタフネスは50～200の範囲にあり、ばらつきは多いがストレートアスファルトより大きい。(図-9 参照)
- (4) 改質アスファルトのテナシティは20～150の範囲にあり、タフネスと同様ばらつきは多いがストレートアスファルトより大きい。(図-10参照)
- (5) 改質アスファルトの動的安定度は、ほとんどが2000回/mm以上で、ストレートアスファルトに比

$$\log(\eta_{60,m}) = 1.76 + 0.629 \cdot \log(\eta_{60,s}) \quad (r = 0.250)$$

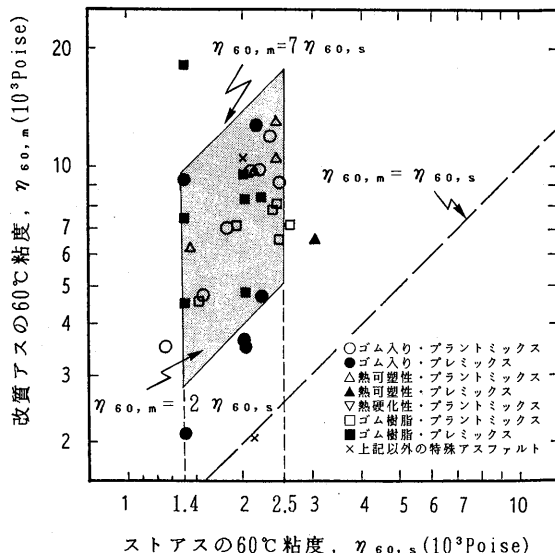


図-8 ストアスの60℃粘度～改質アスの60℃粘度³⁾

$$T_{0,m} = 96.2 + 0.923 \cdot T_{0,s} \quad r = 0.170$$

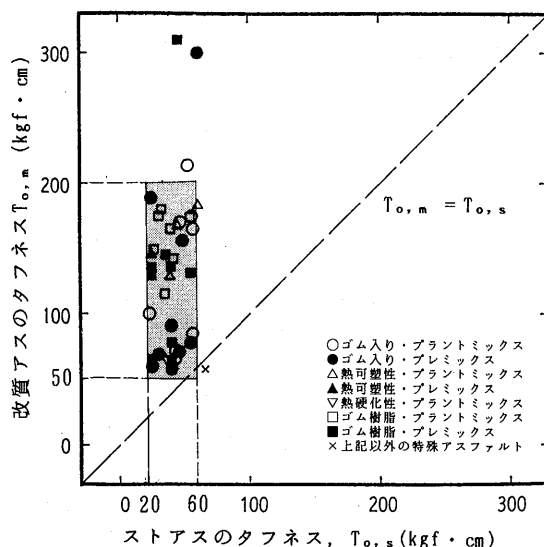


図-9 ストアスのタフネス～改質アスのタフネス³⁾

べて、3～10倍の範囲により耐流動効果が高い。(図-11参照)

- (6) 改質アスファルトは、チェーン摩耗量が、ストレートアスファルトに比べて30～70%程度に低下しており、耐磨耗効果が高い。(図-12参照)

4.2 防水用ブローンアスファルト／改質アスファルト
ブローンアスファルトを用いた工法は、実績が長く、

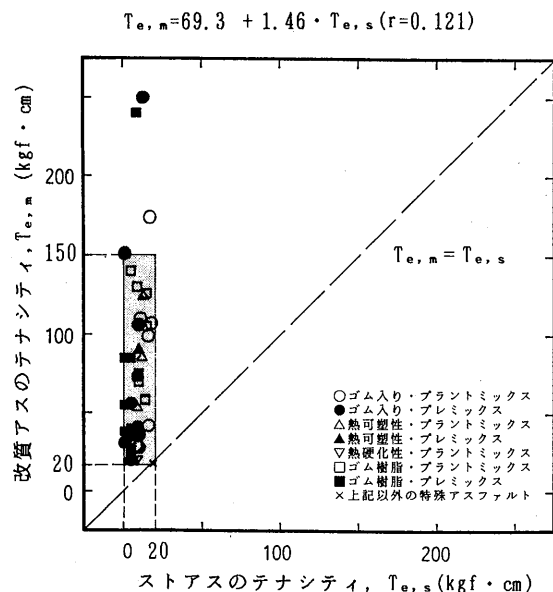


図-10 ストアスのテナシティ～改質アスのテナシティ³⁾

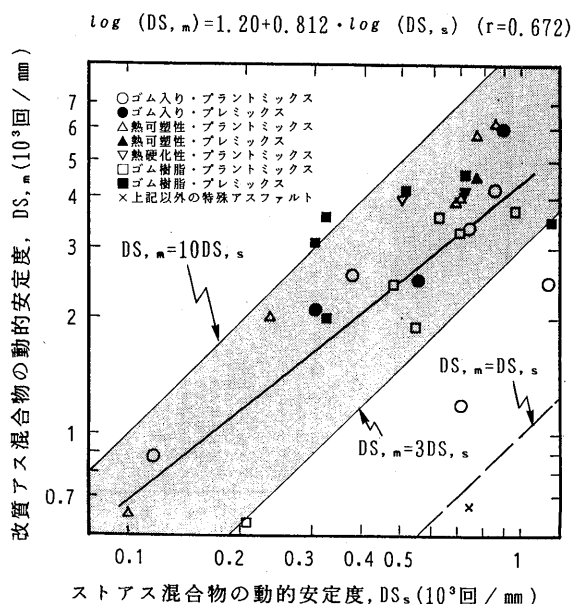


図-11 ストアス混合物の動的安定度～改質アス混合物の動的安定度³⁾

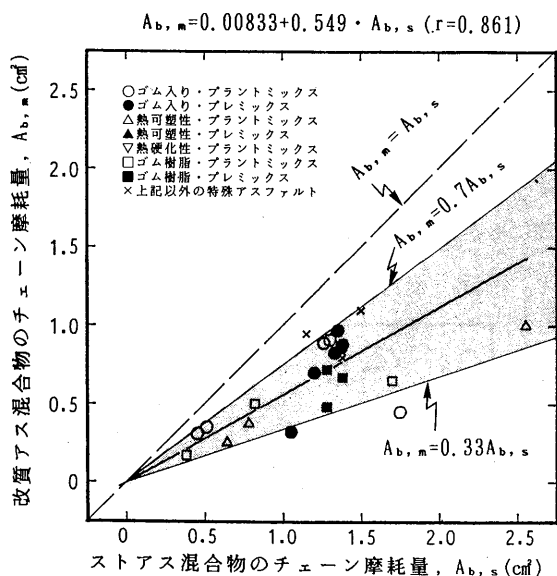


図-12 ストアス混合物のチェーン摩耗量～改質アス混合物のチェーン摩耗量³⁾

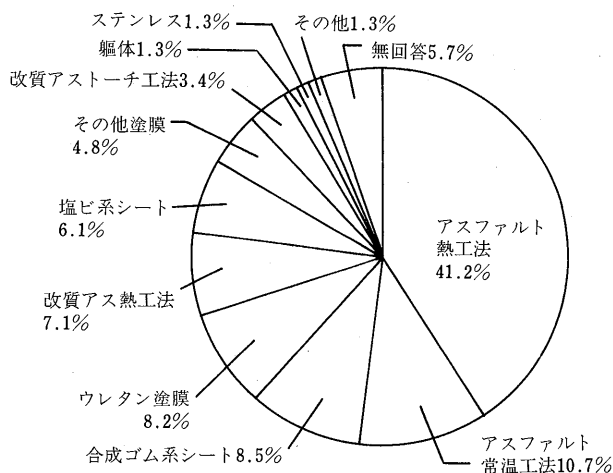


図-13 信頼している工法⁶⁾

ているが、ここで基本的な物理的な性質は下記の通りである。

- (1) ブローイングすることによりPIが高く(+1以上)であり、図-14に示されるゲル型のミセルが互いにつながって網目状の3次元構造を形成するコロイド構造を持っている。
- (2) ブローンアスファルトは、アスファルテン含有量が高く、接着力が大きく、温度変化に対してもその接着力の変化が少ない。(図-15参照⁷⁾)
- (3) PIの高いブローンアスファルトの stiffness は、载荷時間及び温度変化に対して変化が少なく、変形しにくいアスファルトである。(図-16参照⁸⁾)

官庁、設計事務所、ゼネコンからの信頼は最も高い。

(図-13参照⁶⁾)性能において、積層で厚みがあり、安全性が高く、劣化を起しにくい特長がある。

反面、アスファルト溶融釜を屋上に上げて現場で施工するため、高熱で臭く、作業環境が悪く安全性欠けており、さらに都市部における環境にも悪影響を与えている。

ブローンアスファルトの規格はJISK2207に規定され

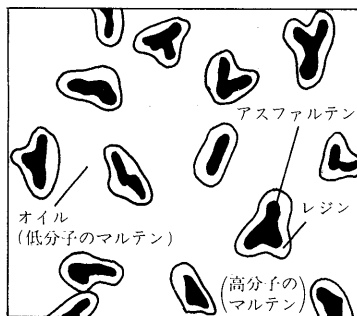
改質アスファルトが使われるシート防水工法は一般に品質や寸法が均一であること、耐久性に優れ色彩が良く露出防水に適していること、温度による物性に変

化が少ないこと、工期が早い等の利点がある。

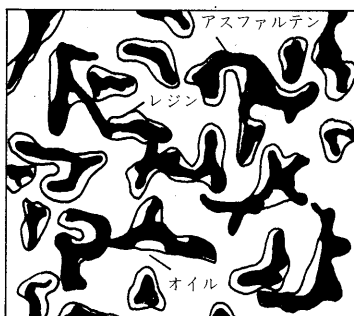
反面、ジョイント部接合が傷み易いこと、下地にゴミ等があると破れやすいこと、疵が付きやすく歩行に

適していないこと、実績が少ないことから小面積部分や改修工事としての使用箇所が限定される等の欠点もある。

アスファルトルーフィングには長期間の耐久性を得るため、さまざまな性能が要求されるが、特に、高温の耐流動性、低温でのたわみ性、下地への追従性、疲労抵抗性等が重要なものとなる。ここで、シート防水工法に

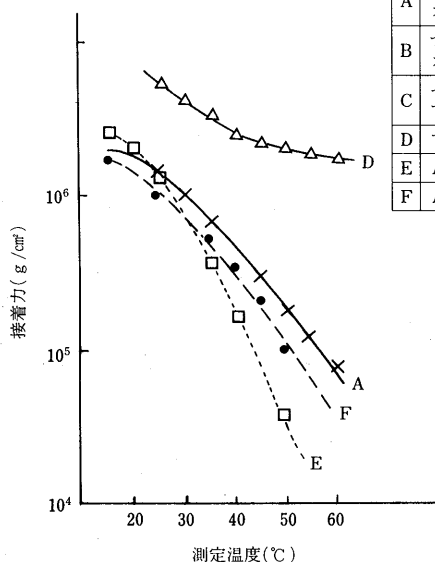


(a)ゾル型



(b)ゲル型

図-14 アスファルトのコロイド構造

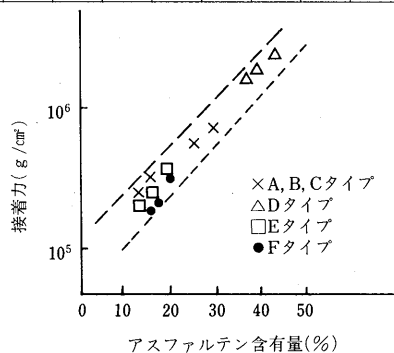


測定温度(°C)

注) 接着力は遠心法による。組成分析はBM法; As(アスファルテン), Re(レジン), O(オイル分)。

図-15 アスファルトの種類、アスファルテン量と接着力の違い⁷⁾

試料記号	性状	針入度	軟化点	P.L.	伸度		組成分析		
					5°C	25°C	As	Re	O
A	パラフィン基 ストレートアスファルト	91	45.0	-1.3	8.0	150+	20.4	72.9	6.7
B	ナフチン基 ストレートアスファルト	90	44.5	-1.3	0.5	150+	12.5	65.2	14.4
C	セミブローン アスファルト	89	48.1	0	9.6	150+	24.4	56.2	19.4
D	ブローンアスファルト	21	86.5	+3.0	0.5	4.5+	41.4	43.7	15.0
E	A + 芳香族成分	117	44.0	-0.9	20	150+	19.4	72.2	8.4
F	A + パラフィンワックス	122	41.6	-1.3	13	150+	20.1	72.1	7.8



アスファルテン含有量(%)

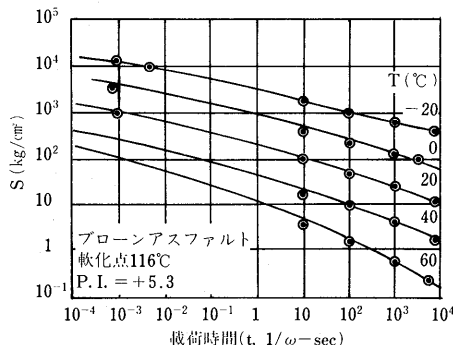
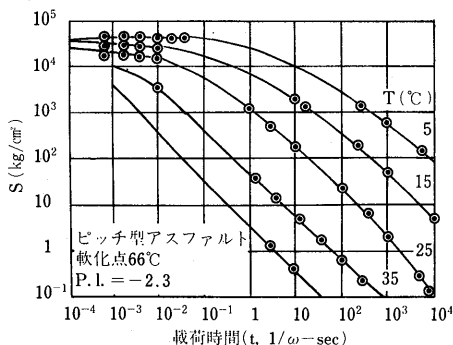


図-16 P.I.の異なるアスファルトの温度・時間とスチフネスの関係⁸⁾

用いられる改質アスファルトの最も一般的な改質材料であるアタクチック・ポリプロピレン（APP）とスチレン・ブタジエン・スチレン共重合体（SBS）の改質効果を表-7に示す⁹⁾。APP添加の改質アスファルトは、高温の耐流動性にすぐれ、破断歪、疲労抵抗性がある程度改善されるが復元性はあまり良くない。一方、SBS添加の改質アスファルトは、高温の耐流動性はブローンアスファルトと同程度であるが、低温でのたわみ性、破断歪、復元性及び疲労抵抗性にすぐれている。

表-7 ルーフィング用各種改質アスファルトの性状⁹⁾

改質材／方法		ブローイング	ブローイング	APP	鎖状SBS	枝状SBS
改質材混入量(％w)		—	—	30	12	12
針入度 @25℃(1/10mm)		41	34	44	81	72
軟化点、 TR&B(℃)		101	95	150	100	117
粘度 @180℃(mPaS)		1500	1300	3300	1100	2900
フラス脆化点 (℃)		-24	-19	-18	<-38	<-38
合格温度	1) 流動点試験(℃)	85	80	125	80	90
	1) 低温曲げ試験(℃)	-10	-5	-7	-25	-30
引張試験	破断時の歪(％)	90	140	400	1940	1700
	永久変形(％)	2) >50	2) >100	2) >300	3) 9	3) 3
疲労試験 破断までのサイクル数		1	1	700	>10,000	8,000

- 1) DIN 52123 準拠
2) 破断後、24日放置したあとの歪
3) 1500％引張後、24日放置したあとの歪
4) 基材を入れない3mm厚のシート状サンプル片を用い、20℃で1～2mmの引張を1サイクル／分でくりかえす

シート防水工法の各材料における特徴を表-8に示

しているが、改質アスファルトシートはJIS規格の最終原案の審議中であり、省力化／短期化工法のトーチ工法等の新工法での施工が可能であり、今後伸びる素材として期待される。

表-8 シート防水材料の特徴

	特 徴
加硫 ゴム系 シート	1. 引張強さ、伸びが大きい。 2. 耐候性が優れている。 3. 温度による物性変化が小さく、ほとんどの気象条件にマッチする。 4. 下地のクラックなどに対して追従性がある。
非加硫 ゴム系 シート	1. 耐候性が優れている。 2. 経年によりシートが収縮しても、接合部の収縮ズレが起こらない。 3. シート相互の接合接着性が良好で一体化する。 4. 柔軟で下地になじみやすい。
塩化 ビニル 樹脂系 シート	1. 耐候性、耐薬品性が優れている。 2. 熱融着または溶剤溶着によりシートの接合部が一体化する。 3. シートを自由に着色できる。 4. 露出防水で軽歩行できる。
エチレン 酢ビ 樹脂系 シート	1. 引張強さ、伸びが大きい。 2. 耐候性、耐薬品性が優れている。 3. 接着剤、熱融着どちらでもシート相互の接合接着が可能である。 4. 下地のクラックなどに対して追従性がある。
改質ア スファ ルト系 シート	1. 耐候性が優れている。 2. シート相互の接合接着性が良好で一体化する。 3. 柔軟で下地になじみやすい。 4. 常温自着工法、トーチ工法、塗膜との複合工法、および熱アスファルトとの複合工法等多様な施工法がとれる。

出所：合成高分子ルーフィング工業会「シート防水マニュアル」

5. あとがき

以上、改質アスファルトについて舗装、防水面から述べたが、社会的ニーズの変化、供用条件の変化、技術革新等により、素材の高品質化、高機能化を図るとともに、他方で、環境安全のためにリサイクリングの確立にも努力しなければならないと考える。

— 参考文献 —

- 1) Shell Int. Petr. Co. Ltd, シェルとビチューメン産業, 1973, p 2～4
2) 菅原照雄, 工藤忠夫, 有福武治, 土木材料Ⅲ<アスファルト>, 共立出版(株)
3) 日本アスファルト協会, 特殊アスファルトに関する実態調査(メーカー対象), 1988. 3
4) 日本アスファルト協会, ブローンアスファルトの需要と供給について, アスファルト, Vol.31, No.159, 1989
5) 矢野研究所, 防水材市場の現状と競争力分析, 1989. 10
6) 新樹社, 1991年期待される防水材料と需要予測(アンケート特集), 防水ジャーナル, 1991. 1
7) 金崎, 岡田, 石油学会誌, 4, 11, 16～17, 1961
8) Van der Poel, J. Appl. Chem, 4, 5, 1954
9) 高橋正明, アスファルトルーフィング, アスファルト誌, Vol.33, No.165, 1990

「第3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

“3rd International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields”

日本で舗装の研究をしていて感ずることの1つに、国内で論文を発表する場が非常に少ないということがある。特に、審査付きの論文に関しては、土木工学に関連すれば誰にでもオープンである土木学会の論文報告集を除くと、石油学会誌とこのアスファルト誌以外にはほとんど見あたらない。これに対して、世界に目を向けると権威の高い国際会議が非常に数多く存在しており、年に数度は発表のチャンスがあることがわかる。これらの国際会議は、そのすべてが舗装全般を扱う訳ではなく、材料的な側面に重きを置いたもの、構造的な側面に重きを置いたもの、あるいは路面評価に重きを置いたものなどテーマが比較的細分化されているという特徴がある。本研究グループが第1回報告で全論文の抄録を行った、1987年にミシガン大学で開催された第6回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議も、主として舗装の構造設計に着目しており、それ以外のテーマは基本的にリジェクトされてしまう性格の国際会議である。

なお、今回のこの会議は、今年8月にテーマを広げてイギリスのノッティンガムで開催される予定である。

今回ここに論文を抄録した国際会議は、1990年7月にノルウェー工科大学で開催された「第3回道路およ

び空港舗装の支持力に関する国際会議」であり、もっぱら舗装の構造評価を対象としたものである。第1回目は1982年にノルウェーで、第2回目は1986年にイギリスで開催されており、今回は1994年にアメリカ合衆国のミネアポリスで開かれる予定である。この会議に日本から出された論文数は、第1回目が3編、第2回が2編であったのに対し、今回は6編とかなり多く、参加者も25人で、ノルウェー、スウェーデンに次いで3番目の数であった。論文の投稿こそなかったものの、韓国から24人も参加者がいたというのは注目に値する。今回のアメリカの会議では、当研究グループからも何人かが参加をし、できれば論文がいくつか出せればと期待している次第である。

さて、今回は、この論文集に掲載された105編の論文を全員で分担して抄録をした。1人当たり3～5編の仕事である。1人でこれを全部手がけると大変であるが、やはりグループの力はすばらしいものである。ちなみに、第1回の論文集の抄録および第2回の論文の解説がそれぞれアスファルト誌の134号および150号に出ているので併せて参考にして頂ければ幸甚である。

〔姫野賢治〕

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

*は班長

姫 野 賢 治	北海道大学工学部土木工学科	16. 竹 井 利 公	熊谷道路(株)技術研究所
1. 阿 部 長 門	東亜道路工業(株)技術研究所	17. 田 中 耕 作	鹿島道路(株)技術部
2. 石 井 広 明	世紀東急工業(株)技術研究所	18. 田 中 輝 栄	東京都建設局道路管理部保全課
3. 伊 藤 達 也	日瀝化学工業(株)技術研究所	19.* 谷 口 豊 明	大林道路(株)技術研究所施工研究室
4. 伊 藤 春 彦	東亜道路工業(株)技術部	20. 野 村 健一郎	大成道路(株)技術研究所開発研究室
5. 梅 野 修 一	運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室	21. 野 村 敏 明	日瀝化学工業(株)技術研究所
6. 岡 藤 博 国	世紀東急工業(株)技術部技術開発課	22. 八 谷 好 高	運輸省港湾技術研究所土質部
7. 小 笠 幸 雄	大林道路(株)C Iプロジェクトチーム	23. 藤 田 仁	日本道路(株)技術本部技術部調査課
8. 笠 原 彰 彦	日本舗道(株)技術研究所第二研究室	24. 増 山 幸 衛	世紀東急工業(株)技術部技術開発課
9. 金 井 利 浩	鹿島道路(株)技術研究所	25. 水 口 浩 明	前田道路(株)技術研究所
10. 川 西 礼緒奈	日瀝化学工業(株)業務開発部	26.* 南 沢 輝 雄	㈱パスコ道路技術センター情報技術部技術課
11. 久 下 晴 巳	日本道路(株)技術本部技術研究所	27.* 峰 岸 順 一	東京都土木技術研究所技術部舗装研究室
12. 佐々木 巖	建設省土木研究所地質化学部化学研究室	28. 森久保 道 生	昭和シェル石油㈱中央研究所研究第三グループ
13. 菅 野 伸 一	常盤工業(株)技術研究所	29. 湯 川 ひとみ	鹿島道路(株)技術研究所
14. 鈴 木 秀 輔	大成道路(株)技術研究所開発研究室	30. 横 山 稔	昭和シェル石油㈱アスファルト部販売課
15. 高 橋 修	長岡技術科学大学建設系	31.* 吉 村 啓 之	前田道路(株)技術研究所第一研究室

Session I. Environmental Effects 環境の影響

(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) Rainbault, G. and Silvestre, P. (フランス)
- (2) Hydrous State of Road Pavements and Subgrades in Relation with Climate
- (3) pp.19~30.
- (4) 気象条件が道路構造物の含水状態に及ぼす影響 (川西礼緒奈)
- (5) 過去数年間、防水を施した舗装路面の開発や雨水の道路構造物への浸入防止等に関する様々な試みがなされたが、何れも道路構造物の含水変化が認められる結果となっている。フランスでは道路構造物の含水変化を評価する手段として水分バランス法 (Hydric Balance Method) が用いられているが、本論文では雨水の浸入メカニズム解明の手掛りとして水分バランス法による解析結果と気象条件との相関について述べたものである。

- (1) Janoo, V.C. and Berg, R.L. (アメリカ)
- (2) Predicting Pavement Response during Thaw Weakening Periods Using the Falling Weight Deflectometer
- (3) pp.31~39.
- (4) FWDによる融解期の舗装支持力の予測 (久下晴巳)
- (5) 米国北部やカナダの舗装は気温の季節変動によって支配されており、舗装の損傷は、ほとんどが春の融解期に発生し、一部は冬の短期的な融解によって発生する。それらの損傷は、路盤や路床の変形によって、疲労クラックやわだち掘れの形で路面に現れる。舗装技術者にとって、融解期の舗装の支持力を決める方法は有用である。

- (1) White, T.D., Coree, B.J. (アメリカ)
- (2) Threshold Pavement Thickness to Survive Spring Thaw
- (3) pp.41~51.
- (4) 雪どけに耐えうる舗装厚についての一考察 (竹井利公)
- (5) あるAASHO道路試験データによると舗装劣化の60%が雪どけ時期に発生している。著者らは、このことを明らかに雪どけが舗装の機能へ影響を与えているためであると判断し、雪どけに耐えうる厚さを検討した。そしてこの検討結果をもとに耐久性のある舗装を設計したり、舗装の寿命を延ばす為に設けられる雪どけ時期の制限荷重を決定しようと考えた。

- (1) Poliecek, I. and Stano, R. (チェコスロバキア)
- (2) The Temperature Regime of Road Pavements-Its Observation and Characteristic in Czechoslovakia
- (3) pp.53~63.
- (4) チェコスロバキアにおける道路舗装の温度特性 (田中輝栄)
- (5) 本論文には、気候条件の異なるチェコスロバキアにおける道路舗装の温度特性を調査し、舗装の設計に取り入れるための定式化を試みたことについての紹介がされている。なお、対象とした舗装は、セメントコンクリート及びアスファルトコンクリート舗装の両者である。
本論文で実施した内容は、以下のとおりである。
① 舗装の温度変化と、温度変化が舗装の供用性へ与える影響に関する情報の収集。
② 舗装の温度特性の舗装設計への取込みかた。
③ 路床の凍結に対する舗装の保護方法の確立。
④ 耐凍結の舗装構築材料の確立。
この結果、以下の成果が得られている。
① セメントコンクリート舗装の温度特性として、昼夜間における舗装の上面と下面の温度差、日及び年間における平均スラブ温度が、スラブの厚さ及び年平均気温により関係付けられた。
② アスファルトコンクリート舗装の温度特性として、アスファルトコンクリート層の最大の年平均温度が年平均気温により関係付けられた。
③ 凍結深さが、凍結指数により関係付けられた。

④ 舗装の凍結によるヒールヒングが、路床土の凍結層の厚さにより関係付けられた。

- (1) Wilbur, C.G. (アメリカ)
- (2) Seasonal Variation in Joint Efficiency of Dowelled Concrete Pavement
- (3) pp.65~74.
- (4) **突合せコンクリート舗装での目地における伝達率の季節変動** (伊藤春彦)
- (5) アトランタおよびメンフィス国際空港の滑走路にて、冬と夏にそれぞれFWD測定を行い、季節変動を目地伝達率と強度により評価を行っている。また、この他に突合せ目地の種類および航空機のメインギヤ通過位置に着目したFWD測定を行い同様の評価を行っている。

- (1) Mahoney, J.P. and Jackson, N.C (アメリカ)
- (2) Guidelines on When to Apply and Remove Seasonal Load Restrictions -Development through Implementation
- (3) pp.75~84.
- (4) **交通荷重規制の適用と解除に関する指針の作成と実施について** (谷口豊明)
- (5) 凍結融解による舗装の破損を防ぐ方法としては、融解期に交通荷重の規制を行うか、設計・施工面で支持力低下を抑える対策をとることが考えられる。筆者らは、融解期における交通荷重の規制の適用および解除に関する指針の概要とワシントン州運輸局の管内で実際に適用した結果を報告している。

- (1) Smith, H.R. and Wambura, J.H.G. (ケニア)
- (2) The Durability of Bituminous Overlays and Wearing Courses in Tropical Environments
- (3) pp.85~98.
- (4) **熱帯環境でのアスファルトオーバーレイと摩耗層の耐久性** (水口浩明)
- (5) 本論文は熱帯環境でのアスファルト層の表面付近のアスファルトが受ける影響を、アスファルト混合物の表面性状と加齢の関係に注目して検討するとともに、加齢を防ぎ遅延させる方法を検討している。

Session II. Measuring Equipment and Procedures 測定装置と測定手法

(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) Tabatabaee, N., Sebaaly, P. and Scullion, T. (アメリカ)
- (2) Analysis of Deflection Data from Two Test Sections at the Penn State Test Track
- (3) pp.99~112.
- (4) **ペンシルベニア州における試験走行路2断面からのたわみデータ解析** (野村敏明)
- (5) 過去30年間に於いて、いろいろなタイプのたわみ測定装置が交通荷重下での舗装の応答を監視するために用いられてきた。しかし、それら装置の供用性に関する有力な情報はほとんどない。そこで、数種類のたわみ測定装置を用いて現場試験およびデータ解析を行い、供用性の比較評価を試みた。

- (1) Ferne, B.W. (イギリス)
- (2) Comparative Trials of Falling Weight Deflectometer Systems in the United Kingdom
- (3) pp.113~126.
- (4) **英国で使用されているFWDによる評価システムの比較研究** (久下晴巳)
- (5) 英国にはFWDによる調査を行うことのできる4つの調査会社があるが、FWDによる調査結果を解析する標準的な方法がなく、それぞれの調査会社が異なった方法を採用していた。そこで、これらの異なった方法によって得られた結果の整合性はどうか、また英国運輸省が推奨しているデフレクトグラフによって得られた結果との関係はどうかを調べるための比較研究を行った。

(1) Kristiansen, J., Pedersen, J.P. and Jorgensen, E.V. (デンマーク) (2) External Reference Measuring System for Accurate Control of FWD Measuring Results (3) pp.127～137. (4) FWD測定結果の整合性確認のための屋内ヤード試験 (小笠幸雄) (5) 舗装構造評価のための非破壊試験装置であるFWDは、世界中の多くの国で広く使用されているが、比較試験によると必ずしも、すべてのFWDの測定結果が実際に生じるたわみ量や荷重を正確に表示しているとは言い難い。本論文は、FWDによって測定されるたわみ量が、実際の道路で生じるたわみ量を正確に表示しているかどうかの確認を行い、FWD測定結果の正確な管理手法について述べたものである。
(1) Torbjorn, J.L. (アメリカ) (2) Test Procedure for Rigid Pavement Using Falling Weight Deflectometer (3) pp.139～147. (4) 剛性舗装にFWDを用いる場合の手順 (伊藤春彦) (5) 荷重－たわみ試験には、ベンケルマンビーム、ダイナフレクト、ショルダーゲージ、FWD等の試験方法が用いられているが、これらの試験においてたわみ応答に影響を及ぼす因子として(a)荷重載荷位置(b)目地効率(c)そり(d)空洞の4因子が、たわみ測定に影響を及ぼす因子としては(e)舗装システム(f)強度(g)目地での荷重伝達(h)そりの4因子が考えられる。(a), (e), (f)を除いた因子においては、周囲の状況(気温および湿気)に影響を及ぼされやすいにもかかわらず、これらの影響を測定結果において考慮することは困難な問題である。よって、フロリダでの剛性舗装の荷重－たわみ試験において、周囲の状況の及ぼす影響について測定時の気温格差、1日の気温格差、舗装内の温度格差により一考察を与えている。
(1) Horvli, I. and Faksdal, I. (ノルウェー) (2) Correlation Studies with FWD, Dynaflect and Benkelman Beam (3) pp.149～160. (4) FWD, ダイナフレクト及びベンケルマンビームの相互関係 (小笠幸雄) (5) 本論文は、1988年にノルウェーに導入されたダイナテストFWD(モデル8000)を使用するにあたり、それまで使用してきたダイナフレクトとの相互関係を明らかにするために行われた比較試験の結果報告である。
(1) Robart, C.B., Soheil, N. (アメリカ) (2) Determination of Structural Integrity of Secondary Roads Using Falling Weight Deflectometer Device (3) pp.161～170. (4) 地方道でFWDを使用する場合の健全度測定法 (伊藤春彦) (5) 地方道でFWDを使用する場合の最適なセンサー感度とセンサー設置間隔を決定するため、3層、2層および1層解析を用い変動分析研究を行っている。なお、主な検討項目として表層の有無の影響、表層の厚さの影響およびセンサー設置間隔の影響を取り上げている。
(1) Sweere, G.T.H. and Galjaard, P.J. (オランダ) (2) In Situ Determination of the Bearing Capacity of Granular Road Bases (3) pp.171～183. (4) 粒状材路盤の現場支持力測定法 (八谷好高) (5) 粒状材路盤の力学特性について、室内試験と現場施工の違いを調べている。設計上からは、現場の品質管理はスティフネスに注目して行われるべきであり、実際に平板載荷試験が多くの国で採用されている。この試験の欠点(荷重反力、試験時間)を補うために動的平板載荷試験法を開発した。
(1) Boyce, J.R., Fleming, P.R., King, G., Rogers, C.D.F. and Cobbe, M.I. (イギリス) (2) A New Variable Impact Test for Pavement Foundations (3) pp.185～194.

(4) 路床・路盤面上における衝撃試験法について	(小笠幸雄)
(5) 本論文は路床・路盤面上に衝撃荷重を与え、その応答をキャッチし、路床・路盤の弾性係数を測定する試験装置の紹介である。	
(1) Leben, B (ユーゴスラビア)	
(2) The Equipment and The System for Processing deflection Measurements on Road Structures	
(3) pp.195~200.	
(4) デフレクトグラフ・ラクロアの改良	(野村健一郎)
(5) ユーゴスラビアでは、1977年以降デフレクトグラフ・ラクロアを導入して、道路の診断などを目的に、幹線道路から地方道にいたる6200kmに及ぶ道路のたわみを測定してきた。しかし、一部では測定方法や解析方法が十分に理解されずに、測定結果が有効に利用されないなどの問題が生じていた。そこで、筆者らは、道路の支持力の評価結果がより有効に活用されるように、測定方法および解析方法等の改善を検討することとした。	
(1) Jansen, J.M. (デンマーク)	
(2) 2nd Generation Deflectograph	
(3) pp.201~210.	
(4) 第2世代のたわみ測定装置	(増山幸衛)
(5) デンマークでは、舗装維持管理システムのため、全国的高速道路の支持力を、1972年から1974年にかけて、ベンケルマンビームを用いたたわみ測定の調査を集中的に行なった。この調査結果は、維持計画をたてるためのシステムの中において、オーバーレイの必要性が有るか否かなどの判断に用いられてきている。その後もデータの採取が行われているが、第2世代のたわみ測定システムの開発が決定され、1988年に完成した。本論文は、この第2世代のたわみ測定システム、とりわけ測定装置について述べたものである。	
(1) Martinez, J. and Jouve, P. (フランス)	
(2) Rational Determination of Pavement Deflection from Benkelman Beam Measurements	
(3) pp.211~222.	
(4) ベンケルマンビームによる舗装たわみの合理的な決定方法	(吉村啓之)
(5) 本論文はベンケルマンビームで記録されたたわみ曲線を数学的に処理した理論式を提案したものである。	
(1) Alexander, D.R. (アメリカ)	
(2) Insitu Material Characterization for Pavement Evaluation Using Surface Wave Techniques	
(3) pp.223~232.	
(4) 弾性波探査による既設舗装の非破壊調査	(増山幸衛)
(5) 非破壊調査によって既設舗装の性状を知るには、FWDによる方法が良く知られているが、舗装体の中を弾性波が伝播する時、その波を解析する事によって舗装体の構造などを求める、いわゆる弾性波探査は以前から知られている技術であった。本論文は、弾性波探査を用いての解析システムを開発し、3つの空港において、弾性波を用いて舗装構造の解析を行ったのでその結果について報告をしている。	
(1) Madshus, C. and Westerdahl, H. (ノルウェー)	
(2) Surface Wave Measurements for Construction Control and Maintenance Planning of Roads and Airfields	
(3) pp.233~243.	
(4) 道路・空港の建設管理およびメンテナンス計画における表面波調査法	(高橋 修)
(5) 道路や空港において、建設の際の施工管理および維持修繕を行うために地表面下の現況を調査することは非常に有用であるが、非破壊でまた低コストで実施することは難しいとされてきた。本研究は、地盤構成材料が低応力レベルでは弾性に近くなり各種弾性波を伝搬することを利用して、その伝搬速度の違いから構成材料のスティフネス、含水比、間隙圧、有効応力等を推定できることを示し、その原理と適用例について述べたものである。	

(1) Nazarian, S. (アメリカ) (2) Detection of Near-Surface Rigid Layer Subgrade with Spectral-Analysis-of-Surface Waves Method (3) pp.245～254. (4) 表面波スペクトル解析法による表面近傍の剛性の高い路床の探査 (阿部長門) (5) 舗装の非破壊試験による舗装の構造解析は、FWDなどのたわみ測定機を利用した方法があるが、ここでは表面波スペクトル解析法による方法を用いて解析を行っている。特に、路面から2 m～5 mの所に剛性が高い層がある場合について、FWDとSASW法を用いて試験舗装区間のデータで有意性について検討を行っている。
(1) Briaud, J.L., Lytton, R.L. (アメリカ) (2) Pavement Design with the Pavement Pressuremeter (3) pp.255～266. (4) 圧力メータを用いた舗装の設計 (金井利浩) (5) 経験法により舗装の設計を行なう場合、路床の弾性係数が必要となることはないが、多層弾性理論に基づいたオーバーレイの設計等では、その値が不可欠となる。ここでは、圧力メータを用いて現場で直接、路床の弾性係数を測定する方法を解説し、経済性、精度に関して他の試験方法と比較・検討した結果について述べている。
(1) Carson, A.M., Lowe, A.F. and Snaith, M.S. (イギリス) (2) Factors Influencing Measured Deflection in Shropshire (3) pp.267～279. (4) シュロップシャー州で行った、たわみに影響を与える因子の調査 (藤田 仁) (5) 舗装の残存寿命や、必要オーバーレイ厚を決定するためのたわみ量の測定が行われてきた。本調査は、この残存寿命やオーバーレイ厚決定にあたって、舗装の代表的なたわみ量を得られるように、たわみに影響する因子の検証を行ったものである。
(1) Ehrola, E., Belt, J. and Rynanen, T. (フィンランド) (2) Influence of the Temperature on the Deflection of Asphalt Pavement. (3) pp.281～290. (4) アスファルト舗装のたわみ量におよぼす温度の影響 (菅野伸一) (5) 舗装の支持力を測定し、評価する主な方法としてはFWD、ベンケルマンビーム、平板載荷試験がある。多層弾性理論では混合物の厚さと弾性係数および下層の弾性係数からたわみ量を求めるため、混合物の温度依存性やその他の要因によるたわみ量の変化を把握することが重要である。 本研究では、アスファルト混合物のたわみ量におよぼす温度の影響を評価するために理論的に解析した結果と、供用中の路面で実際に3種類の試験を実施し、測定した結果とを比較し、温度の影響のほかに混合物の厚さによるたわみ量の違い、さらに試験方法の精度について述べている。
(1) Bergstedt, B. (スウェーデン) (2) Temperature Correction of Falling Weight Deflectometer Data (3) pp.291～304. (4) FWDデータの温度補正 (岡藤博国) (5) FWDを用いて調査した舗装のたわみ特性は、路床の状態、層の厚さや種類によって大きく影響される。特にアスファルト舗装では、舗装体の温度が重要な要素の1つである。本論文は、これまでの文献を再調査し、FWDデータを解析する際、舗装体の温度とたわみ、弾性係数の関係について述べるとともに、温度補正の重要性について述べたものである。
(1) Hoyinck, W.T., Mulderij, J., and Plakke, H. (オランダ) (2) Correction of Lacroix-Deflections for Temperature (3) pp.305～314.

- (4) Laxcroix-Deflectographによるたわみの温度補正 (岡藤博国)
- (5) TRRLにおいてLaxcroix-Deflectographによる温度補正を考慮したたわみ量は、いったんベンケルマンビームによるたわみ量に換算したのち温度補正を加えるものであった。本論文では、ベンケルマンビームによるたわみに換算することなく、Laxcroix-Deflectographによるたわみに直接温度補正を加え、温度とたわみについて考察しようとしたものである。

- (1) Aalberg, W (ノルウェー)
- (2) The Dynaflect Deflection Boul
- (3) pp.315~320.

- (4) ダイナフレクトによるたわみ形状の測定 (笠原彰彦)
- (5) ノルウェーでは、主にダイナフレクトを用いて舗装体の支持力測定を行っている。ダイナフレクトによるたわみ量測定は、通常、2つの荷重輪の中間に直線的に配置されたセンサーによって行われるため、荷重輪近傍におけるたわみ量は直接測定されていない。本論文は、第一センサーの測定位置を荷重輪近傍に変更して得られたたわみ形状などが支持力の判定に対してどのように活用できるかについて述べたものである。

Session III. Materials 材料

- (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) Gaskin, P.N, Fatemi, M and Raymond, G.P (カナダ)
- (2) Effect of Fines Content on the Bearing Capacity of a granular Material
- (3) pp.321~331.
- (4) 粒状路盤材料の細粒分がCBRに及ぼす影響 (笠原彰彦)
- (5) 粒状材料に含まれる75 μ m以下の細粒分の量は支持力に影響を及ぼす要因の一つとして挙げられるが、その規定は各仕様書によって様々で、その差も広範囲である。本論文は粒状路盤材料に含まれる75 μ m以下の細粒分の増加が支持力に及ぼす影響を検討するとともに、湿潤や凍結融解の繰返しといった現場の諸条件による支持力の変化について述べたものである。

- (1) Hauck, C. (ノルウェー)
- (2) Water Susceptibility of Base Gravel Materials
- (3) pp.333~338.
- (4) 路盤材の凍上安定性について (佐々木 厳)
- (5) ノルウェーの道路仕様書では、凍結性のため舗装用砂利材料中の20 μ m以下の成分割合は3%以下でなければならないと規定されている。しかし、経験的には4~5%まで高まるか特に排水性が悪くないかぎり、3%では品質の低下は起こらないことがわかっているため、より適切な基準について研究を行ったものである。

- (1) Nishi, M., Kawabata, K. and Tohyama, S. (日本)
- (2) Behavior and Performance of Asphalt Pavements with Slag Bases
- (3) pp.339~348.
- (4) 上層路盤に鉄鋼スラグを持つアスファルト舗装の挙動 (水口 浩明)
- (5) 本論文は鉄鋼スラグ(高炉スラグと複合スラグ)の等値換算係数を、実際の路面では供用性調査に時間がかかる為、環状の走行試験路を作成し走行試験後に得られた各種データから、竹下の式とAASHOの式を用いて算出する事を目的としている。

(1) Bouazza, A. and Finlay, T.W. (イギリス) (2) On the Stabilisation of Minestone with Polymer (3) pp.349～354. (4) 炭鉱残土のポリマーによる安定処理 (水口浩明) (5) 本論文はイギリスの炭鉱における石灰層の表面掘削作業により発生する残土（マインストーン）の有効利用を図るため、残土を粉末ポリマーで安定処理したときの工学特性を室内のCBR試験により評価したものである。
(1) Behr, H. and Hurtgen, H. (ドイツ) (2) Investigation into the Bearing Properties of Highways with EPS Light Weight Construction Materials in the Subgrade (3) pp.355～370. (4) 路床材としてEPS軽量材料の支持力性状の研究 (阿部長門) (5) 路床の沈下は、盛土材の自重による1次圧密と長期の2次圧密により発生するが、EPS軽量材を道路の盛土に使用すると軟弱地盤においても申し分のない道路を構築することができる。本論文では、EPSの材料強度と必要な舗装強度を決定するために試験舗装を構築し、使用材料及び舗装厚さについて検討を行った。
(1) Baiduzzi, F. and Bender, H. (スイス) (2) Sandwich Road Structure and Materials with High Load Carrying Capacity (3) pp.371～382. (4) 重交通路線におけるサンドイッチ構造を有する道路の供用性について (川西礼緒奈) (5) 研究所レベルでの室内試験およびフィールドテストより、圧密、破碎処理を加えた碎石および玉砕を用いた路盤は、通常の碎石および玉砕を用いた場合と比較して2～3倍の支持力を有することが判明している。これはAASHTOの基準に従って設計した場合、路盤を形成する各材料の支持力を十分活かしきれていないことを意味する。本論文では上記結果の検証として、圧密、破碎処理を加えた材料の実際の現場における供用性について述べたものである。
(1) Medina, J., Mota, L. and Vianna, A. (ブラジル) (2) Tropical Soils and Climatic Conditions in Pavement Design in Bragil. (3) pp.383～389. (4) ブラジルの舗装設計における熱帯地方の土と気候について (竹井利公) (5) ブラジルの高温多雨の気候および路床土の状態を記し、次にブラジル内道路舗装工事に使用される土の種類およびその特性について記してある。

Session IV. Analysis and Backcalculations 解析ならびに逆解析

(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) Zhou, H., Hicks, R.G. and Bell, C.A. (アメリカ) (2) Development of a Backcalculation Program and its Verification (3) pp.391～400. (4) 逆計算プログラムの開発とその検証 (田中輝栄) (5) 本論文には、FWDにより得られるたわみ量を用いた舗装の構造解析をするための筆者らが開発した逆計算コンピュータプログラム“BOUSDEF”の紹介がされている。 BOUSDEFは、IBMとコンパチブルなマイクロコンピュータで作動し、極めて計算能力が速いため、測定されたたわみ量により舗装各層の弾性係数を決定するための初期評価に有効なプログラムであるとしている。本プログラ
--

ムでは、表面たわみ量の計算は等値厚の方法及びブーシネスクの理論を用い、舗装各層の弾性係数の計算は反復法によっている。

なお、開発したプログラムに対して、以下の検証を行っている。

- ① 逆計算により計算した弾性係数と仮説理論に基づく弾性係数との比較。
- ② 他の逆計算プログラムとの比較。
- ③ 実際の試験結果との比較。

検証の結果は、理論的に計算された弾性係数および他の逆計算による弾性係数とは、非常によく整合していた。しかし、実際の試験結果による弾性係数とは、わずかながら差異が見られたとしている。

(1) Himeno, K., Maruyama, T., Abe, N. and Hayashi, M. (日本)

(2) The Use of FWD Deflection Data in Mechanistic Analysis of Flexible Pavements

(3) pp.401~410.

(4) **アスファルト舗装の力学解析におけるFWDたわみデータの利用**

(姫野賢治)

- (5) FWDは、舗装を構造的に破壊することなく内部の物理的性状を評価し得るという特徴を有するが、反面、内部の物理的性状の変動が表面たわみの変化に及ぼす影響、すなわち感度が小さい場合には、評価結果の信頼性が十分ではない場合が想定される。本研究は、FWDにより実測された表面たわみのみから舗装を構成する各層の現位置での弾性係数をパーソナルコンピュータにより解析的に推定する手法を開発することを目的としている。

(1) Pen, C.K. (マレーシア)

(2) An Assessment of the Available Methods of Analysis for Estimating the Elastic Moduli of Road Pavements

(3) pp.411~424.

(4) **舗装の弾性係数の決定に関する一考察**

(横山 稔)

- (5) この研究では、5種類のコンピュータープログラム及び、ロードレイター、FWDから得られた変形量を用いて、実際の計測値と予測弾性係数の相関を見ながら、どれが有効なコンピュータープログラムかを絞っていくところからスタートし、順にコンピュータープログラムを選択していく。そして、今後の舗装管理システムに取り込む場合の有効性を確認しようとするものである。

ここで、その5個のプログラムとはBISDEF, DEFMET, PHONIX, HOGG's Model, PEACHを指す。まず第一段階では、上記の方法に依り、HOGG's Model, PHONIX, PEACHの3種にしばられた。次に、DCP値(Dynamic Cone Penetrometer)と、路床の計算弾性係数との相関から、PHONIX, PEACHの2種に絞った。次の第3段階では、第一層の計算弾性係数と実験値(4個の平均)とを比較した。ここではそれぞれ20%の誤差範囲におさまり、比較的良好な結果が得られた。このように、本研究においては、舗装の構造の評価に用いるものとして、この2種のプログラムが、ここマレーシアにおいて有効であるという結論に達した。

(1) Inoue, T. and Matsui, K. (日本)

(2) Structural Analysis of Asphalt Pavement by FWD and Backcalculation of Elastic Layered Model

(3) pp.425~434.

(4) **FWDと多層弾性モデルによるアスファルト舗装の構造解析**

(姫野賢治)

- (5) 最適な維持修繕システムを確立するためには、既設舗装の路面に関する正確な情報を得ることと同時に、その構造評価を行うことが不可欠である。この目的のためには、FWDが非破壊試験機として大変適している。本研究では、FWDを用いて舗装を構成する各層の弾性係数の逆解析を行うとともに、その結果からアスファルト舗装要綱で規定されている等値換算係数を求める式の提案やTAについての分析を実施している。

(1) Andersson, O. (スウェーデン)

(2) A Simple Correlation Approach to Interpretation of Deflection Bazin Data

(3) pp.435~446.

(4) **たわみ曲線の解析に対する簡便な方法の検討**

(阿部長門)

- (5) たわみ測定値から舗装の弾性係数を瞬時に求めるための簡便な処理する方法について検討する必要がある。"たわみの範囲"の考え方は、Hoffmanらに提案され、Thompsonらが適用方法について述べている。もし、路床と路盤

の弾性係数が異なる定数であるようなたわみ曲線の形状を一般化したならば、瞬時にたわみ曲線のパラメータのみで各弾性係数を決定することができる。

本論文では、スウェーデン道路管理センターの舗装設計を解析した例を用いて、たわみパラメータによる解析手法について述べている。

(1) Uzan, J and Scullion, T (イスラエル)

(2) Verification of Backcaluculation Procedures

(3) pp.447～458.

(4) **舗装体内部のたわみ測定による逆解析手法の検証**

(谷口豊明)

(5) 舗装構造の逆解析は、表面たわみの実測値に対し計算値をベストフィットさせることで各層の弾性係数を推定するもので、計算には多層弾性理論を用いる場合が多い。しかし、粒状路盤層は弾性係数の推定値の検証が難しいとされている。本論文は、FWDによる表面たわみの他に、舗装各層の内部および層間に設置したたわみ計でFWD載荷時の舗装内部のたわみも測定し、粒状路盤層の評価も含めた逆解析手法について述べている。

(1) Lenngren, C.A. (スウェーデン)

(2) Pavement Strain Versus Backcalculated Data

(3) pp.459～473.

(4) **舗装のひずみと逆解析データ**

(野村敏明)

(5) 舗装設計技術者にとって舗装のひずみは、疲労を考慮したオーバーレイ設計の際に重要なものであり、非破壊試験の1つであるFWD測定から得られる表面たわみデータに基づく逆解析により求めることができる。本研究は、逆解析から得られるひずみとストレインゲージを用いて実際に計測されたひずみとの整合性を検討したものである。

(1) Rohde, G.T., Yang, W. and Smith, R.E. (アメリカ)

(2) Inclusion of Depth to a Rigid Layer in Determining Pavement Layer Properties

(3) pp.475～486.

(4) **路床下の堅固層を考慮した舗装構造の推定**

(高橋 修)

(5) 非破壊試験によるたわみデータから舗装の力学的評価を行う場合、多層弾性体モデルが解析に用いられている。このモデルは路床厚を半無限と仮定しており、路床下の比較的堅固な層の存在について全く配慮されていない。路床下に存在する堅固層がたわみデータに影響を及ぼすことが知られており、解析モデルに設定する堅固層深さによって逆解析の結果が異なってしまう。本研究は堅固層の深さが逆解析においてどのような影響を与えるのかを調査し、解析の際に堅固層をどう扱えばいいのかを検討している。また、表面たわみから堅固層深さの推定についても試みている。

(1) Gurp, C.A.P.M., Bondt, A.H. (オランダ)

(2) Effect of Cracking on surface Deflections

(3) pp.487～496.

(4) **路面たわみにおけるクラックの影響**

(金井利浩)

(5) 近年、道路および空港舗装の構造評価には、FWD試験機が多く用いられるようになってきた。その背景には、試験の簡便性に加え、コンピュータおよび舗装構造の逆解析プログラムの発達がある。しかし、この逆解析は舗装材料を等方等質の線型弾性体と仮定して行われているため、路面にひどいクラックの入っている舗装の場合、良好な結果が得られないことがある。本報は、このような問題を解決するために、クラック周辺部を低スチフネス領域としてFEMモデルに取り込んだ解析方法について述べたものである。

(1) Deng X. and Tang B. (中国)

(2) Comparative Study of Pavement Response to FWD and Axle Loadings

(3) pp.497～505.

(4) **FWDと軸荷重に対する舗装の応答に関する比較**

(八谷好高)

(5) アスファルト舗装について、100kNの単軸荷重載荷試験 (Benkelman Beam, BB) とFWDの比較をした。舗装

は5区画（アスファルト舗装：4，碎石舗装：1）であり，表面たわみと逆解析による弾性係数の2つについてBとFWDの相関性について検討している。

- (1) Kobisch, R. and Triki, R. (フランス)
- (2) Determination of Three-layer Pavements Moduli from the Analysis of Deflections Basins Measured with the 03/04 Lacroix Deflectograph
- (3) pp.507～515.
- (4) **ラクロアデフレクトグラフで測定したたわみ曲線の解析から得られる3層系の弾性係数の決定** (吉村啓之)
- (5) 本論文はフランスのデフレクトグラフによって測定したたわみ曲線から各層の弾性係数を推定するためのプログラムについて述べたものである。

- (1) She'at, A.A and Farouki, D.T. (イギリス)
- (2) Development of an Analytical Method for Assessing the Bearing Capacity of Roads and Airfields.
- (3) pp.517～529.
- (4) **道路および空港の支持力評価における解析手法の開発** (藤田 仁)
- (5) これまで北アイルランドの道路や空港の評価は経験によるところが大きかったが，新しい舗装材料の出現や，軸重の増加，交通量の増加という近年の状況により，非破壊試験（N.D.T.）による解析評価手法が求められるようになった。

- (1) Mouratidis, A. and Iliou, N. (ギリシャ)
- (2) Structural Evaluation of Asphalt Pavements from Laboratory Material Testig
- (3) pp.531～540.
- (4) **室内材料試験によるアスファルト舗装の構造評価** (高橋 修)
- (5) ギリシャにおける高速道路はほとんどがアスファルト舗装であり，舗装厚の設計や寿命予測はCBR試験に基づく各種室内試験によって行われている。許容軸重がヨーロッパで最も大きいギリシャでは舗装強度の低下によりかなりのダメージが観測されている。本研究では，採取した現地材料の室内試験から舗装の強度特性を示す各層弾性係数の推定を試案している。

- (1) Deng, X.J. and Huang, X.M. (中国)
- (2) Dynamic Analysis and Evaluation of Concrete Pavement-Theory, Method
- (3) pp.541～547.
- (4) **動的解析によるコンクリート舗装の構造評価法** (高橋 修)
- (5) 舗装の非破壊試験に用いられるFWDは，実際の交通荷重とよく似た荷重を路面に与え，舗装の構造評価に活用されている。現在の主な評価方法は，FWDによって得た動的たわみデータを静的荷重が作用する弾性体モデルにあてはめた逆計算により，舗装各層の弾性係数を推定して評価している。この手法は本来，載荷時間の短い動的荷重に対する応答を慣性力を無視した静的モデルに置き換えており，正確な解析結果を得ることはできない。本研究ではコンクリート舗装を想定した解析モデルに半Sin波の動的荷重が作用した場合の慣性力を考慮した応答を理論的に求め，これを基に開発したプログラムDAECPを用いて本手法が舗装の構造評価に有用であることを示している。

- (1) Ioannides, A.M. and Korovesis, G.T. (アメリカ)
- (2) Backcalculation of Joint Related Parameters in Concrete Pavements.
- (3) pp.549～558.
- (4) **コンクリート舗装の目地関連パラメーターの逆解析** (藤田 仁)
- (5) コンクリート舗装の長期供用性はその大部分が目地の挙動に支配される。本研究の目的はILLI-BACK逆解析プログラムを拡張し，コンクリート舗装の目地のスティフネスについて逆解析解析を行うことである。

- (1) Himeno, K., Kasahara, A. and Sugawara, T. (日本)
- (2) Structural Evaluation of Roller Compacted Concrete Pavements Based on FWD Deflection Data
- (3) pp.559～566.
- (4) **FWDたわみデータに基づいたローラ転圧コンクリートの構造評価** (姫野賢治)
- (5) 本研究は、FWDにより各層ごとに測定されたたわみデータを用い、多層弾性理論に基づいた逆解析理論と組み合わせることによってRCCPの構造設計に不可欠な因子である各層の弾性係数を時系列的に推定しようとするものである。また、FWDを用いたRCCPの構造評価手法の妥当性を検討するため、推定された弾性係数と現地からの切り取り供試体を用いた室内試験の結果の比較も試みた。

Session V. Field Testing 現場試験

(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) Brunton, J.M. and Akroyde, P.M. (イギリス)
- (2) Monitoring the Performance of a Full Scale Experimental Pavement
- (3) pp.585～594.
- (4) **実供用試験舗装における供用性調査** (峰岸順一)
- (5) 新しい舗装の構造設計を検討することを目的として、16種の構造の試験舗装箇所、応力・ひずみ測定およびFWD調査による供用性比較が行われた。舗装は、22tトラックの実交通荷重下における長期供用性の直接比較の為に設計され、1987年の夏に施工したものである。本論文では、Nottingham大学で行われた4年間の追跡調査結果が述べられている。

- (1) Scullion, T., Bush III, A.J. and Kenis, W.J. (アメリカ)
- (2) Using Multidepth Deflectometer to Evaluate Tire Pressure Effects in Flexible Pavements
- (3) pp.595～604.
- (4) **たわみ性舗装におけるタイヤ空気圧の及ぼす影響 (MDDによる解析方法)** (川西礼緒奈)
- (5) MDD (Multidepth Deflectometer) は、実車走行荷重による舗装のたわみ量測定方法で、長期にわたる舗装の調査に優れた威力を発揮する。TTI (Texas Transportation Insitute) では、MDDを舗装の管理方法として高く評価している。本論文では、たわみ性舗装におけるタイヤ空気圧の及ぼす影響についてMDDによるたわみ量および路盤の垂直方向圧縮ひずみによって評価し、さらにMDDとFWD (Falling Weight Deflectometer) によるたわみ量データとの相関性について述べている。

- (1) Sebaaly, P.E., Tabatabaee, N. and Antle, C.E. (アメリカ)
- (2) Measuring Pavement Strain Using Different Strain Measuring Devices
- (3) pp.605～617.
- (4) **各種ひずみ測定装置を用いた舗装のひずみ測定** (峰岸順一)
- (5) アスファルト舗装のひずみを測定するために色々なタイプのひずみゲージが使われている。それらの各測定器は、設計・測定・設置条件がそれぞれ独自に開発されたもので、どれがアスファルト舗装のひずみ測定に適するか把握する必要がある。本論文では、3つのアスファルト舗装用のひずみゲージを用いて統計的な解析を行って比較した結果について述べている。

- (1) Kadar, P and Statton, J.E (オーストラリア)
- (2) The Performance of Thin Asphalt Layers Containing Modified Binders Under Accelerated Trafficking
- (3) pp.619～627.

(4) 改質バインダーを含む薄層アスファルト舗装の性能評価	(森久保道生)
(5) 供用道路総延長が増加したため、維持、修理及び既存舗装強度増強が必要となってきた。道路修復に関してアスファルトは他の材料に比べて優越している。しかし、新しい改質バインダーが市場に出てもその性状が既存の経験則に従わないとか伝統的設計法や層厚の評価が難しいなどの問題がある。本論文はアスファルトの修復の形態の相対的性能決定を目的としてSouth East Highwayの疲労部分においてフルスケールの舗装テストを行った。	
(1) Krarup, J.A. (デンマーク)	
(2) Field Investigations of Water Build-up in Roads.	
(3) pp.629~638.	
(4) 排水機能を重視した舗装構造に関する屋外実験について	(菅野伸一)
(5) 本研究は、路肩から流出した雨水が排水溝から集水ますに至るまでを観察し、従来の舗装構造(特に、路盤材料)および排水状態が路盤の支持力、舗装の老化におよぼす影響をFWDを用いて調査したものであり、これらの結果を舗装構造を決定する際の舗装維持管理システム(PMS)に反映させるために実施されたものである。	
(1) Younger, J. (イギリス)	
(2) Subgrade and Pavement Moduli for Lightly Structured Pavements	
(3) pp.639~649.	
(4) 軽交通舗装構造における路床と舗装のモデュラス値について	(石井広明)
(5) インドネシアのWest Javaにおける軽交通下の路床、粒状路盤、アスファルト混合物層の状態をたわみ量を測定することにより求めようとするものである。ここで使用する測定機はベンケルマンビームとダイナミックコーンペネトロメータ(DCP)を使用した。そして弾性理論的な考え方から測定した各層の弾性係数値の正当性を見出している。	
(1) Leben, B. (ユーゴスラビア)	
(2) Improvement of Determination of Factors Affecting the Result of Bearing Capacity Measurements on Road Structures.	
(3) pp.651~657.	
(4) 道路構造において、道路支持力測定結果に影響を与えている要因の検討	(竹井利公)
(5) 異なった気候および路床土をもつスロベニアの3地域26箇所の舗装を試験工区に設定し、季節ごとにLacroixでたわみを測定し解析することで、たわみ測定値に影響を及ぼしている要因を明らかにしようとしたものである。	

Session VI. Structural Evaluation and Design 構造評価と構造設計

(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) Ullidtz, P. and Stubstad, R.N. (フランス) | |
| (2) Why bother about Layer Moduli? | |
| (3) pp.659~668. | |
| (4) なぜわざわざ弾性係数の逆解析を行うのか? | (姫野賢治) |
| (5) 従来から、舗装の支持力の指標として、表面たわみが用いられてきた。多くの経験によって、たわみは舗装の厚さや構成層の弾性係数と関係のあることがわかってきたからである。そして、何よりも、取扱いが容易である。だとしたら、層別の弾性係数を求めるために、複雑で、時間のかかる逆解析をわざわざ実施する必要があるのだろうか。本研究は、このような疑問に答えるため、なぜ逆解析を実施しなければならないかをわかり易く説明したものである。 | |

- (1) Huhtala, M and Pihlajamaki, J (フィンランド)
 (2) Truck Tires and Pavements
 (3) pp.669～679.
 (4) **舗装路面上のタイヤ接地圧** (田中輝栄)
 (5) 本論文の目的は、現在の舗装設計に用いられている接地圧分布の仮定は過去のトラックタイヤについて導出されたもので現在の状況とは異なるため、その差異を考察しようとしたものである。この目的のために、フィンランドの技術調査センターで開発された動的な輪荷重による舗装路面に対する応力、ひずみ、たわみ量の測定装置およびマイクロコンピュータのプログラムが用いられている。
 本論文で実施された内容は、以下のとおりである。
 ① 各種の速度および空気圧に対して、各種トラックタイヤの接地圧分布を求める試験を実施した。
 ② ワイドベースタイヤとトゥインタイヤとの輪荷重の比較試験を実施した。
- (1) Southgate, H.F (アメリカ)
 (2) Effect of Increased Tire Pressure and Load Limits on Existing pavements-A Sensitivity Analysis
 (3) pp.681～690.
 (4) **タイヤの接地圧および軸重の増加の舗装への影響** (野村健一郎)
 (5) 本研究では、ダブルわだち掘れの増加と早期での舗装の疲労破壊に着目し、軸重および接地圧の増加に伴う舗装に生じる応力およびひずみの変化について理論的な解析を試みた。
- (1) Kasahara, A., Himeno, K., Kawamura, K. and Kubo, H. (日本)
 (2) Evaluation of Bearing Capacity of Existing Asphalt Pavement Using Falling Weight Deflectometer
 (3) pp.691～702.
 (4) **FWDによる既設アスファルト舗装の支持力の評価** (姫野賢治)
 (5) 本研究は、FWDによるたわみデータから逆解析法によって求められた既設アスファルト舗装の構造的な支持力の評価方法を確立することを目的としたものである。
- (1) Myre J. (ノルウェー)
 (2) Fatigue of Asphalt Pavements
 (3) pp.703～714.
 (4) **アスファルト舗装の疲労** (阿部長門)
 (5) 疲労クラックは、たわみ性舗装の広範囲にわたる構造的破壊の原因となる。ノルウェーでは一般に使われているアスファルト舗装材料については、疲労基準を確立してきたが、さらに、荷重の影響、環境及び材料の変化についても検討を行っておく必要がある。本論文では、そこで、多種の疲労試験機を用いて比較を行い、室内疲労試験の結果についてまとめたものである。
- (1) Djarf, L. (スウェーデン)
 (2) Performance Based Asphalt Strain Criteria
 (3) pp.715～722.
 (4) **アスファルトのひずみ限界を基にする供用性** (峰岸順一)
 (5) 車両とタイヤの発達、交通荷重の増大、空気圧の増加やタイヤの溝の変化をもたらす、それに伴い舗装の破壊は増加する傾向にある。本論文では、舗装に与えるダメージの大きさを評価するための指標として、ひずみに注目して検討を進めている。加熱混合物を用いた上層路盤の疲労特性は、クラックによる設計限界で設計されることが多い。本調査は、スウェーデンの気候および混合物の条件に適するアスファルトのひずみ限界を把握することを目的として行ったものである。

(1) Van Dommelen, A.E. and Buiter, R (オランダ) (2) Probabilistic Design and Evaluation of Flexible Pavements (3) pp.723~732. (4) 確率的手法によるたわみ性舗装の設計 (谷口豊明) (5) たわみ性舗装においては、材料の品質や特性値、舗装厚、路床の支持力および交通条件などに様々な変動の要素が含まれている。設計にあたっては安全率あるいは許容範囲という形でこれらの変動を考慮する必要がある。筆者らは、これらの変動を統計的・確率的に処理することにより、従来の設計法における安全率や許容範囲をより合理的に設定することを試みたものである。
(1) Wit, L.B. and Cortenraad, W.M.H (オランダ) (2) Verification of Pavement Thickness Design (3) pp.773~742. (4) 舗装構造設計法の検証 (久下晴巳) (5) オランダでは、主要道路のロールドアスファルト舗装の構造設計は道路構築マニュアルによって行われており、この方法はシェルの舗装設計マニュアル (SPDM) に由来している。この方法は、将来の100kN等価軸荷重通過回数に基いてアスファルト舗装の厚さを決めるものであるが、この方法の有用性を見出すため、検証を行った。
(1) Gichaga, F.J. and Mwea, S.K. (ケニア) (2) Structural Strength Condition for Some Flexible Road and Airfield Pavements under Tropical Environment (3) pp.743~756. (4) 熱帯環境下におけるたわみ性道路と空港舗装のための構造的強度条件 (野村敏明) (5) この論文は、典型的な熱帯環境下にあるケニアにおいて実施されたたわみ性舗装の構造的強度に関する研究成果の要約を述べたものである。
(1) Mitchell, R.L. and Grant, M.P (ジンバブエ) (2) The Experimental Determination of Axle Load Factor Exponents for Thin Flexible Pavements in Zimbabwe (3) pp.757~767. (4) 薄層簡易舗装に用いられる軸荷重破壊係数の再考 (森久保道生) (5) 発展途上国では様々な応用例が少ないため、道路設計は未だにASSHOの式 $F = (W/9000)^{4.2}$ を用いている。本論文では今回ジンバブエ大学に建設された円形テストトラックにおいて、異なる3種の簡易舗装と異なる3種の荷重ホイールを用い実験し、上式の指数部を検討した結果を述べたものである。
(1) Livneh M. (イスラエル) (2) Proposed Principles for Calculation of the Carrying Capacity of Flexible Pavements (3) pp.769~781. (4) たわみ性舗装の荷重支持力算定原理の提案 (八谷好高) (5) たわみ曲線を用いた逆解析における基本的原則について詳述している。
(1) Kudrna, J (チェコスロバキア) (2) Evaluation of Flexible Pavement Deflection (3) pp.783~790. (4) たわみ性舗装のたわみ量評価方法 (石井広明) (5) 舗装の供用性の評価、残存寿命や修繕方法などは舗装のたわみ量を測定することに基づいている。このたわみ量を測定する方法としてベンケルマンビーム (BB)、デフレクトグラフ (DEF) やフォーリングウエイト・デフレクトメータ (FWD) がチェコスロバキアでは主に使われている。そこで3つの装置による測定結果を比較し、それらの関係を把握し、また、BBとDEFによるたわみ量の測定結果から残存寿命を算する式を提案している。

(1) Allaart, A.P., Galjaard, P.J. and Vos, E (オランダ) (2) Computation of Road Structures with Granular Base Courses (3) pp.791~803. (4) 粒状路盤層を有する舗装の構造計算 (伊藤達也) (5) 一般に道路の構造解析は、弾性係数とポアソン比を各材料の特性値として使用し行われている。本論文は、砂と粒状材料の特性値を弾性係数とポアソン比の代わりに体積弾性係数とせん断弾性係数として表し、有限要素法をもちいて道路の構造解析を行い、アスファルト層のひずみを求めた。
(1) Krarup, J.A (デンマーク) (2) Full-Scale Pavement Test for Investigations of effects of Load, Water and Temperature on Pavement Performance (3) pp.805~816. (4) 実物大舗装で調査した舗装のパフォーマンスに及ぼす荷重、水分および温度の影響 (湯川ひとみ) (5) 1988年、デンマーク工科大学と国立道路研究所は、舗装のパフォーマンスがいかに水分の影響を受けるかを研究する調査計画を始めた。
(1) Noss, P.M. and Mork, H (ノルウェー) (2) A Norwegian/Swedish In-depth Pavement Deflection Study(1)-Instrumentation and Testloading (3) pp.817~828. (4) ノルウェー／スウェーデンにおける舗装内部のたわみの研究(1)ー計測器と載荷試験 (鈴木秀輔) (5) ノルウェー／スウェーデンではダイナフレクトやFWDのような非破壊試験装置が約15年間使用されてきた。両国は、舗装の支持力の評価のための実用的な方法および舗装補修のための設計方法に関する研究を1983年から共同で行っている。本文では、試験に用いた計測器の特徴および計測方法、初期の計測結果等について述べている。
(1) Wiman, L. G and Jansson, H (スウェーデン) (2) A Norwegian/Swedish In-depth Pavement Deflection Study(2)-Seasonal Variation and Effect of Loading Type (3) pp.829~839. (4) ノルウェー／スウェーデンにおける舗装内部のたわみの研究(2)ーたわみの季節的な変動と載荷タイプの違いによる影響 (鈴木秀輔) (5) 本研究では、ノルウェー、スウェーデンにおけるたわみの計測結果から、季節の違いによる舗装内部のたわみの変動を調べるとともに、たわみ測定時の載荷の形態による影響を、アスコン層、上層路盤、下層路盤等で検討したものである。
(1) Mork, H (ノルウェー) (2) A Norwegian/Swedish In-depth Pavement Deflection Study(3)-Backcalculation of Moduli (3) pp.841~852. (4) ノルウェー／スウェーデンにおける舗装内部のたわみの研究(3)ー逆解析 (鈴木秀輔) (5) 本研究では、1985年および1986年に、ノルウェーのVORMSUNDで実施したたわみ測定結果を用いて、逆解析により各層の係数を求めている。

Session VII. Performance Related to Bearing Capacity 支持力と供用性の関係

(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) Christensen, F.K. (デンマーク)
- (2) Clare II, A 3rd Generation Traffic Classification Tool
- (3) pp.853~863.
- (4) **軸重分布計測システム: Clare II** (野村健一郎)
- (5) デンマークでは、比較的交通量が多く凍結融解を受けることもあり、舗装構造を検討する場合や計画的に道路網を管理する上で、軸重の分布を正確に把握することが特に重要となる。本文は、デンマークにおける通過車両の軸重計測技術の変遷、ならびに最近開発された軸重分布計測システムClare IIについて述べるものである。

- (1) Jordan, P.G. (イギリス)
- (2) Assessing the Structural Deterioration of Roads for Pavement Management
- (3) pp.865~874.
- (4) **舗装マネージメントのための道路の構造的破損の評価方法** (湯川ひとみ)
- (5) 舗装マネージメントシステムを効率的に運用するためには、現在の道路網の構造的な状態を評価するための手法だけでなく、将来の破損を予測する方法や、様々な維持の方法に対する経済性を考慮することが必要である。本論文では、ネットワークレベルおよびプロジェクトレベルにおけるこのような方法を提供するためにTRRLで開発した技術について示したものである。

- (1) Bertelsen, D. (ノルウェー)
- (2) A Norwegian Model for Prediction of Pavement Deterioration (7).
- (3) pp.875~886.
- (4) **ノルウェーの舗装破壊予測モデル (7)** (藤田 仁)
- (5) 舗装管理システムを構築していく上で、破壊予測モデルを確立することは重要である。特に、管理者の維持修繕費用、利用者コストを算出し、計画立案を行う上で重要な役割を果たす。

- (1) Hudson, W.R. and Haas, R. (アメリカ)
- (2) Mid-Term Results. Long-Term Pavement Performance Studies
- (3) pp.887~896.
- (4) **舗装の長期供用性 (LTPP) 調査の中間成果** (南沢輝雄)
- (5) LTPP調査は、米国の新道路研究計画(SHRP)における主要4テーマの1つである。本論文は1987年から1990年の3年間のLTPPの中間成果について報告したものである。

- (1) Hawks, N.F., Hudson, W.R. and Jamsa, H.T. (アメリカ)
- (2) International Participation in Long Term Pavement Performance Studies. Strategic Highway Research Program
- (3) pp.897~911.
- (4) **舗装の長期供用性 (LTPP) 調査における国際参加** (南沢輝雄)
- (5) SHRP/LTPPでは、国際コーディネーターとして20ヵ国以上が参加しており、本論文ではその国際参加における情報交換、試験舗装の参加意義等について述べている。

- (1) High, R., Irick, P. and Hadley, W.O. (アメリカ)
- (2) Long-Term Pavement Performance Data Analysis Framework
- (3) pp.913~925.
- (4) **舗装の長期供用性 (LTPP) におけるデータ解析の構想** (南沢輝雄)

(5) SHRP/LTPPは、①現設計法の評価、②修繕方法の改善、③新設計法の開発、④供用性に及ぼす影響要因の確認、⑤供用性に及ぼす特殊設計法の効果の確認、⑥汎用データベースの確立、を目的として、一般舗装調査(GPS)と特定舗装調査(SPS)に分けて、20年にわたってデータ収集、解析を行うものである。
(1) Jansen, J.M. (デンマーク) (2) Strengthening Overlay Design as Routine Procedure, a Crucial Star in the PMS Implementation (3) pp.927～934. (4) 日常作業としてのオーバーレイ設計の増強—PMS施行における重要部 (金井利浩) (5) 1988年より、デンマークの道路管理局はPMS (Pavement Management System) を全州の高速道路に拡張・施行したが、そのためには各州の関係機関の協力が不可欠であった。本報は、実際のPMSの導入手順に焦点を当て、失敗しやすい点を示すとともに、どのように成功を取めたかを紹介するものである。
(1) Ben-Akiva, M and Ramaswamy, R. (アメリカ) (2) Estimation of Latent Pavement Performance from Damage Measurements (3) pp.935～948. (4) 舗装の破損の測定データから得られる潜在的な舗装供用性の予測 (吉村啓之) (5) 本論文は舗装の破損測定データからの供用性予測に対する新手法について提案したものである。
(1) Phull, Y.R., Rao, P.J. and Sood, V.K. (インド) (2) Considerations Relevant to Characterisation of Bearing Capacity for Modelling of Pavement Performance (3) pp.949～958. (4) 舗装の供用性モデルを開発するための支持力の取扱いに関する検討 (伊藤達也) (5) インドでは、交通の速度、量および荷重が増加し、道路整備への投資政策を合理的に行う事が必要となり、そのために舗装の供用性モデルの開発が始められた。 その一貫として、1987年より舗装の供用性の研究が開始され、その研究内容は、既設舗装より、その構造評価、表面性状、軸荷重の調査などを実施し、舗装の供用性モデルをおおまかに検討する。そして、より詳細な舗装の供用性モデルを開発するため、構造設計や材料試験などを考慮した新設舗装をも設けた。 特に、舗装の設計や供用性を検討するに当たっては、その支持力が重要な要因となることから、本論文では、舗装の供用性に関する支持力の取扱いを主に、①構造指数(SN)、②たわみ量、③解析方法、④交通荷重による舗装の応答性などについて述べている。
(1) Battiato, G., Larsen, B.K. (イタリア) (2) Description and Application of Ro.Ma. (Road Evaluation and Pavement Management System) (3) pp.959～974. (4) 道路の評価と舗装マネージメントシステムに関する記述と適用 (岡藤博国) (5) 舗装マネージメントシステムは現在の舗装の状態および将来の予測からメンテナンスの方法、時期および優先順位等を決定し、不足する財源を有効に運用しようとするものである。本論文は、舗装マネージメントシステムの要素を構造と機能の2つに大別しそれぞれの要素についてデータ収集技術と評価手順について述べたものである。
(1) Kristiansen, J. and Nielsen, K.V. (デンマーク) (2) Long-Term Study of Structural Deflection of Test Road (3) pp.975～983. (4) 試験道路の構造的なたわみに関する長期的研究 (伊藤達也) (5) デンマークにおける大部分の舗装は、ヨーロッパ諸国と同様に標準的な設計方法に基づいて構築されている。そこでRibe州は、そのような設計方法が妥当であるかについて、新しい舗装タイプ(改質アスファルトや薄いアスファルト層の使用)を含めた試験舗装を通じて検証を行っている。 本論文はその中間報告として5年間にわたる調査結果について述べている。

- (1) Mannisto, V. and Tapio, R. (フィンランド)
- (2) Estimation of Road Bearing Capacity with Other Automatically Measured Condition Variables.
- (3) pp.985~994.
- (4) **種々の測定指標を利用した道路の支持力評価方法** (菅野伸一)
- (5) フィンランドにおける道路維持管理システムにおいて、その精度を高め、かつそれに要する費用を有効に利用できるデータベースシステムの確立について述べたものである。

- (1) Abe, Y., Abe T. and Matsui, Y. (日本)
- (2) The Development of Pavement Data Acquisition and Rehabilitation Strategy for Heavy Roads in Tokyo
- (3) pp.995~1003.
- (4) **舗装の路面性状データの測定と東京における重交通の補修対策** (峰岸順一)
- (5) 日本では、舗装の状態を大まかに評価するために自動高速車両によってわだち掘れの測定を行っているが、測定データの精度が悪いために、数値解析に用いられてきていないのが実情である。本論文では、わだち掘れデータの有効的な利用法としての統計的処理方法が提案されている。

Session VIII. Airfield Pavements 空港舗装

(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) Battiato, G. and Larsen, B.K. (イタリア)
- (2) Evaluation of PCN (Pavement Classification Number) of Airfields by Means of the FWD
- (3) pp.1005~1017.
- (4) **FWDによるPCNの評価** (梅野修一)
- (5) ICAOは空港舗装の評価方法であるPCN/ACNを勧告している。この論文では、夜もしくは昼間の短時間でPCNを評価することができるFWD (Falling Weight Deflectometer) を利用したPCNの評価方法について報告している。

- (1) Antuncs, M. de Lurdes B.C. and Pinelo, A.M.S. (ポルトガル)
- (2) Airport Pavement Evaluation and ACN-PCN Classification
- (3) pp.1019~1029.
- (4) **空港舗装の評価とACN-PCN** (梅野修一)
- (5) この論文ではBISARやELSYM 5のような多層弾性プログラムとFWD (Falling Weight Deflectometer) による測定結果を利用して空港舗装の支持力評価とACN-PCNの分類について、LNEC (Laboratorio Nacional de Engenharia Civil) で行われたことについてまとめている。

- (1) Stet, M.J.A. and Beuving, E. (オランダ)
- (2) An Evaluation and Overlay Design Method for Prestressed Concrete Airport Pavements
- (3) pp.1031~1040.
- (4) **プレストレストコンクリート空港舗装の評価とオーバーレイの設計法** (梅野修一)
- (5) プレストレストコンクリート舗装は横目地を減らすことができるので、目地部の破損が減り、メンテナンスにかかるコストと時間を削減することができる。しかし、プレストレストコンクリート舗装の評価方法に関する研究は少ない。さらに舗装を設計する上で、航空機の荷重は重要である。1966年当時、300tonで設計されていたプレストレストコンクリート舗装にも最近では400tonを超える航空機が離発着するようになっており、オーバーレイが必要となる。この論文では、プレストレストコンクリート空港舗装の評価法とプレストレストコンクリート舗装の付着

薄層かさ上げ設計法を中心に記述している。

- (1) Tang.B and Deng.X (中国)
- (2) Application of FWD to Structural Evaluation of Jointed Concrete Airfield Pavements
- (3) pp.1041~1049.
- (4) **ジョイントを設けた空港のコンクリート舗装の構造評価へのFWDの適用** (田中耕作)
- (5) 本研究は、ジョイントを設けた空港のコンクリート舗装の構造評価にFWDを適用した場合の研究成果を報告したものである。

- (1) Kulshrestha, H.K. (インド)
- (2) My Experiments with Airport Pavements
- (3) pp.1051~1059.
- (4) **空港舗装における私の思い出** (増山幸衛)
- (5) 今まで空港での建設及び維持修繕に携わってきて、その時々で発生した問題とその解決方法についての随想である。

- (1) Greer, Jr. W.C. (アメリカ)
- (2) Structural Evaluation of Runway 8R-26L at Atlanta International Airport
- (3) pp.1061~1070.
- (4) **アトランタ国際空港における滑走路 8 R-26 L の構造評価** (湯川ひとみ)
- (5) アトランタ国際空港は航空機の運用に関し、離発着の最も激しい空港の 1 つであるため、打換えあるいは修繕工事による滑走路の閉鎖は世界中の空港運用に影響を及ぼす。滑走路 8 R-26 L は 1984 年に供用年数 15 年に達し、供用期間の終わりに近づいていた。本論文はこの滑走路を具体例として取り上げ空港舗装の構造評価方法について述べたものである。

- (1) Bush, A.J. and Thompson, M.R. (アメリカ)
- (2) Predicting Capacities of low Volume Airfield Pavements
- (3) pp.1071~1080.
- (4) **低交通量空港舗装の供用性の予測法について** (横山 稔)
- (5) 発展途上国においては、低交通量空港舗装の供用性の予測を行うことは、非常に大切なことである。本論文においては、キプロスにおける試験舗装によるデータをもとに、4 個のファクター、CBR 値・路盤上面の垂直ひずみ・路盤上面の垂直ひずみと載荷回数の対数比・ISM (Impulse Stiffness Modulus) と経過年数を選択し、疲労特性との相関を調査した。その手法として、基本荷重として、F-4 航空機輪荷重を選び、FWD や BISAR 等の弾性解析プログラムを利用して、変形量、ひずみ、疲労回復と実測値との比較を行い、上記の 4 個の要因から最も舗装の供用性を表すものを選択した。その結果として、ISM が適することが明らかになり、次に CBR 値が適していた。また、薄層舗装の場合、路盤の流動が破壊モードの点で影響を与えた。また、この解析を行う上で、各舗装の疲労回数を示す方程式が得られたので、厚みが違う場合等他の条件の場合でも、換算ができるようになった。

- (1) Pinard, M.I, Wijk, A.J van and Merwe, C van der (ボツワナ)
- (2) The Structural Evaluation of Light Runway Pavement with Non Structural Surfacing and Natural Gravel Sublayers
- (3) pp.1081~1095.
- (4) **非構造体表層と砂利の基層の軽滑走路舗装における構造評価** (森久保道生)
- (5) 本論文は、アフリカ南部のたくさんの国々のように、乾燥した状態における典型的な道路と滑走路である硬い砂質の路床上に砂利をオーバーレイし表面処理した非構造体の薄層滑走路舗装の建設における評価方法について述べたもので、様々なフィールドにおける測定基準や個々の層の弾性係数を求めるのに用いられている逆計算法や滑走路の PCN (Pavement Classification Number) 値や残り寿命の計算について記述してある。

- (1) Myre,J and Munkerby,O (ノルウェー)
- (2) Evaluation of the Structural Capacity of Test Section on a Norwegian Airfield
- (3) pp.1097~1107.
- (4) **ノルウェー空港における試験区域の構造的支持力の評価** (田中耕作)
- (5) 本研究は、1989年の夏に滑走路と誘導路の一部が再建設されたノルウェーのオスロ空港において3ヵ所の試験区域を設け、以下に示す目的のために現場での試験を実施し、その結果をまとめたものである。すなわち、
 - ・空港舗装の構造的評価法の改善のため
 - ・FWDによる測定を基本にPCN値の予測法を発展させるため
 - ・基層に瀝青材とリーコンクリートを用いた舗装の供用性寿命を比較するため

- (1) Schaer,M and Balduzzi,F (スイス)
- (2) Organic Soil Stabilization for Runway End Safety Areas
- (3) pp.1109~1114.
- (4) **滑走路終点部の安全帯に使用される混合土の安定性について** (田中耕作)
- (5) 本研究は、滑走路終点部の安全帯に土と碎石の比率が2:1の混合土を採用した場合の安定性について検討したものである。

Session IX. Pavement Strengthening and Rehabilitation 舗装の補強, 補修

(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) Mcmullen, D., Snaith, M.S., May P.H. and Vrahinis, S. (イギリス)
- (2) A Practical Example of the Application of Analytical Methods to Pavement Design and Rehabilitation
- (3) pp.1115~1124.
- (4) **舗装設計及びオーバーレイ補修における、交通量と力学解析的値との関係** (横山 稔)
- (5) キプロス交通局は、世界銀行の後援をうけて、材料はもとより経済性という点も含め舗装及び橋梁の設計の確立を行っている。本研究においては、外国の設計法を、この土地の諸条件を踏まえ、論理的アプローチに基づき、設計チャート図を作製した。基本的に現場の、わだち、クラック、補修履歴、交通量等の計測データを収集し、実験室レベルにおいて、ひずみ、変形量などの物理性状値をPANという舗装解析プログラムシステムを用いて比較検討しながら、最終的に交通量(載荷回数)ー変形量や厚さとの関係を言及した。こうして、次に示すような4つの関係を求めた。
 - a) 交通量ー許容ひずみ
 - b) 交通量ー許容変形量
 - c) 交通量ー第1層の厚み
 - d) 交通量ーオーバーレイ厚
 このように、キプロスにおいても設計チャート図を得ることができた。ただ精度を上げるためにも、より多くの現場から詳細なデータを得ることが大切である。

- (1) Mc Elvaney, J and Kasasih, D. (チェコスロバキア)
- (2) Outline of an Analytical Approach to Overlay Design
- (3) pp.1125~1136.
- (4) **理論的オーバーレイ設計法の概要** (石井広明)
- (5) この報文はこれまでの経験的に求められていた舗装のオーバーレイ設計を、たわみ量を基本とする構造上の解析によって求めていく基礎を示したものである。舗装の表面に一定した荷重を載荷した場合におけるたわみ量を測定

することによって、現況の舗装状態を推定し新設から供用不可までのランク付けをすることが可能である。また、たわみ量から弾性係数を算定して舗装の物理的性状を評価し、次のオーバーレイ設計に用いることができる。ここでは、これらの設計の方法を具体的にDAMAプログラムによって解析したものである。

(1) Zhihong.X and Xiuxian.L (中国)

(2) Prediction of Rut Depth of Asphalt Pavements with Semi-Rigid Base Course

(3) pp.1137~1145.

(4) 半剛性上層路盤を用いたアスファルト舗装のわだち掘れ予測

(笠原彰彦)

(5) アスファルト舗装の流動わだちでは、塑性変形がアスコン層だけでなく路盤や路床においても生じているが、半剛性上層路盤を用いた舗装ではわだち掘れ深さの90%以上がアスコン層おける塑性変形であり、非常に深刻な問題といえる。本論文は、粘弾性理論に基づくプログラムを使用し、特に半剛性上層路盤を用いたアスファルト舗装のわだち掘れを予測した結果について述べたものである。

(1) Breyer, G., Fuchs, M., Litzka, J., Molenaar, A.A.A. and Nievelt, G. (オーストリア)

(2) Survey of Reconstruction Method of Worn-out(Aged) Rigid Pavement

(3) pp.1147~1157.

(4) 老朽化した舗装の改修方法調査

(佐々木 徹)

(5) オーストリアのA1高速道路 (Vienna~Salzburg) における鉄筋コンクリート舗装は長期間供用されてきたが、その間に行われた修繕工事は短期的にしか効果が得られなかった。このため、改修計画を決めるための300kmにわたる調査が実施され1988年に改修方法選定のための7kmの試験施工が行われた。本論文はこの区間について行った追跡調査について述べたものである。

(1) Kirschner, R. and Kassner, J. (ドイツ)

(2) Asphalt Reinforcements Made of Polyester Grids in Roads and Airfields

(3) pp.1159~1168.

(4) ポリエステルグリッド補強材を用いたアスファルト舗装

(佐々木 徹)

(5) 1970年代から始められたジオテキスタイルを用いたアスファルト混合物層のひび割れ補修は、不織布による方法とポリエステル製グリッドによる方法の2通りある。不織布法は防水性能は良いがリフレクションクラック対策には限界がある。それに比べポリエステルグリッド補強は、ひび割れ補修やリフレクションクラック防止に効果がある。本論文はこの補強工法について紹介したものである。

鉄鋼スラグ

道路舗装用の骨材として使用される鉄鋼スラグには、鉄鉄製造過程で高炉から生成する高炉スラグと、鋼の製造過程から生成する製鋼スラグがある。さらに、製鋼スラグは熔融鉄鉄を精練する転炉で生成される転炉スラグと、スクラップを再溶解して精練する電気炉で生成される電気炉スラグがある。なお、電気炉スラグのうちには合金鉄(クロマンガン、フェロニッケル等)スラグは含まないことにしている。

高炉及び転炉などで生成されたスラグは冷却処理されるが、冷却方法(徐冷処理、半急冷処理、急冷処理等をいう)によって異なった物性のスラグが製造される。ヤードまたはドライピットで徐冷されたスラグは破碎・粒度調整の工程を過て、エージングが行われる。

高炉スラグのエージングは、そのなかに含まれる硫化カルシウム(CaS)が水および大気中の酸素などの作用によって硫酸カルシウム(CaSO₄)や炭酸カルシウム(CaCO₃)として安定化する工程であり、これによって黄色水や硫化水素臭の発生を防止することができる。

製鋼スラグのエージングは、そのなかに残留した遊離石灰を水と反応させ安定させる工程であり、これによって膨張量を低減して安定した物性とすることができる。

高炉スラグのエージングの終了はJIS A 5015による呈色判定試験によって確認され、呈色なしと判定されたものが合格品として製品に供される。

製鋼スラグの膨張安定性は、舗装試験法便覧3-4-17によって判定する。

道路舗装用の鉄鋼スラグの種類と品質は、それぞれ表-1、表-2に示すとおりである。

ここで、路盤材の修正CBRの値は、用途に応じて一般の道路用碎石と品質が同等でなければならないことからそれらの規格値と同様に規定されたものである。

また、一軸圧縮強度の値は、高炉スラグが水と反応して凝結硬化する性質があるので、その性質を一軸圧縮試験によって評価し、それが等値換算係数0.55をとっているソイルセメントと同等に評価できるための初期強度(14日)がクリアできてかつ、長期強度(6ヶ

月湿潤養生)が30kg/cm²を上まわる確率を高くできる値として決められたものである。

製鋼スラグアスファルト混合物(以下アスコン)用の水浸膨張比の値は、アスコンのマーシャル供試体を用いた水浸膨張安定性試験と、ホイールトラッキング供試体を用いた屋外暴露試験の結果および、現道で使用実績があり、舗装の性状に問題がない製鋼スラグの膨張安定性を評価し、室内試験および現場での評価が良好なものを選定できる条件としては3ヶ月以上エージングを行い、水浸膨張比が2%以下であれば良いことから決めた値である。

また、路盤材の水浸膨張比の値は、メーカーおよびエージング期間(結果的には水浸膨張比が異なる)の異なる転炉スラグを用いてコンクリートピット内に試験路盤を設け、舗装表面から注水することによって路盤をたえず湿潤状態に保って、膨張を促進するモデル実験(調査期間1年間)の結果から、路盤の膨張によって発生する舗装のひびわれや、路盤の支持力低下の両方の性状の総合評価から決められたものである。

表-1 鉄鋼スラグの種類と用途(日本道路協会)

名 称	呼び名	用 途
単粒度製鋼スラグ	S S	アスファルト混合物
クラッシュラン製鋼スラグ	C S S	瀝青安定処理
粒度調整鉄鋼スラグ	M S	上層路盤
水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	H M S	上層路盤
クラッシュラン鉄鋼スラグ	C S	下層路盤

表-2 鉄鋼スラグの標準的な材質(日本道路協会)

呼び名	修 正 C B R %	一軸圧 縮強さ kgf/cm ²	単位容積 重 量 kg/m ³	呈色 判定 試験	水浸膨 張比 %	エージング 期間
S S	—	—	—	—	2.0以下	3か月以上
C S S	—	—	—	—	2.0以下	3か月以上
M S	80以上	—	1500以上	合格	1.5以下	6か月以上
H M S	80以上	12以上	1500以上	合格	1.5以下	6か月以上
C S	30以上	—	—	合格	1.5以下	6か月以上

[小島逸平 熊谷道路(株)技術研究所]

マッドカーリング現象

乾燥した粘土等が亀裂を生じてめくれ上がった現象は一般にマッドカーリング現象 (mud-curling phenomenon) と呼ばれる。しかし舗装、防水などの土木・建築利用分野では、このようなめくれ上がり現象によってひき起されるアスファルト舗装やアスファルトルーフィングの表面損傷をマッドカーリング現象とよぶことが多い(図-1)。そして往々にして表面損傷それ自体が、あたかも乾上がった水田のごとく、亀裂とめくれ上りの症状を呈している場合があるので原因と結果とがますます混同されやすい³⁾。なおマッドカーリング現象という呼称自体がなにも固定したものではなく、英語圏の人々の間ではMushrooming, Flowering, Alligator depositing等々、その印象によっていろいろな呼び方があるようである。

マッドカーリング現象をアスファルト系皮膜／舗装の表面の損傷(ひび割れ、グルーピング、剥脱飛散)と定義してこれの発生原因を考えてみると、高含水比の粘着性堆積物が乾燥、収縮し、めくれあがることにより、その下に位置するアスファルト複合材料をもちあげ、また左右にひっぱることにより損傷を与えと考えられる(図-2)。

粘着性堆積物を形成する物質例を列挙すると次のようである。

粘土、泥土、砂、塵埃、海浜の塩分、花粉、屑葉、蘚苔類、穀粉、酪農製品工場からの粉末、鋸屑、鳥類の吐瀉物／排泄物、藻類、貝類、かび類、水中生物／植物の死骸、

これらの物質(一部は生物)が単一ではなく、複合された形で作用することも充分考えられる²⁾。

マッドカーリング現象が発見されているのは護岸、貯水池等の斜面²⁾、道路路肩、構造物に隣接した舗装、積層されたアスファルトルーフィング等である。

さまざまなアスファルト、アスファルト舗装、アスファルトルーフィング等の表面に厚さ8mmの高含水比粘土(水分17%)を塗覆し、これを温度40℃で乾燥、亀裂させた後、粘土を洗い落すという実験(1サイクル/日)をくりかえすと、程度の差はあれ必ず損傷があらわれる。一例としてバインダー量5.5%⁴⁾、空隙率 $2.3 \pm 0.1\%$ の密粒アスコン(13)について上記の操作を10サイクル行なった結果を図-3に示す⁴⁾。低い針入度のものほど、また高い針入度指数(PI)のものほど損傷をうけにくいことを示している。さらにいくつかの知見を示せば以下の通りである。

1. 通常のアスコン表面と、カットされた表面との間には損傷程度に大きな差異は認められない。
2. 温度60℃においては、40℃の場合よりも約5倍ほど重量損失速度が大きい。
3. 粘土が乾燥するときの引張力は、最大約 $17\text{kg}/\text{cm}^2$ にも及び、きわめて大きいものである。

このように多量の強靱な骨材と複合させたアスファルト舗装においてもマッドカーリング現象による被害をまぬかれ得ない。ただしこれまで述べたような粘着性堆積物を高温で乾燥収縮させ、それをまた強い水流で洗い流すという操作をくり返すサイクルは、現実にはかなり苛酷なものであって、日常遭遇するものではないであろう。過去の経験

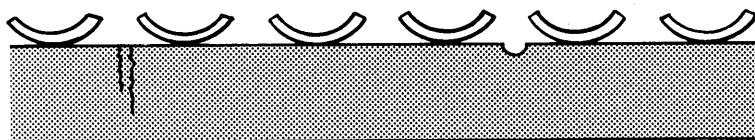


図-1 マッドカーリング現象概念図

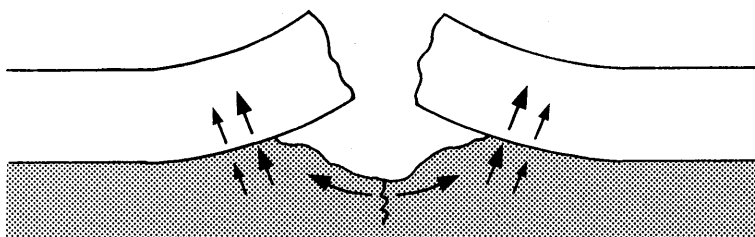


図-2 粘着性堆積物の乾燥、収縮、めくれあがりにともなう表面損傷想像図

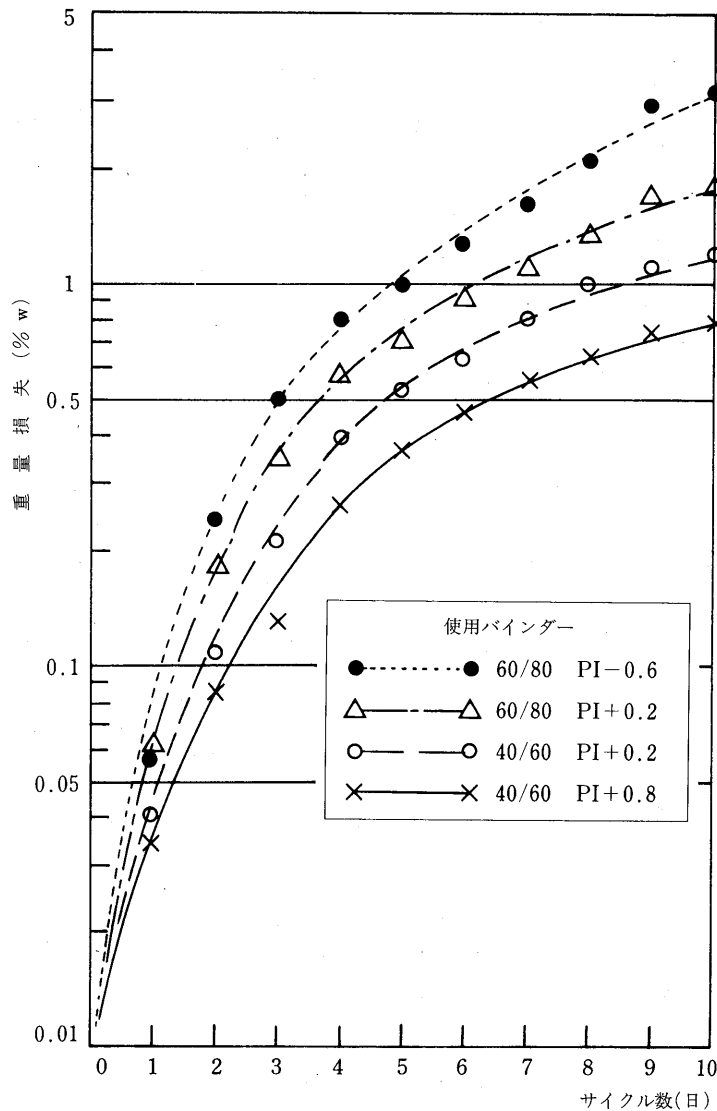


図-3 マッドカーリング実験-アスコン表面重量損失におよぼすバインダー種類の影響 (40℃)

でも舗装や積層防水の機能をそこなうほどの甚大な損害は報告されていない。どちらかといえば表面の美観が問題にされることが多いようである。

参考文献

- 1) 遠藤, 品田他, 「アスファルト舗装表面における mud curling 現象について」, 土木学会第27回年次学術講演会講演概要集V, P 303~304 (1972)
- 2) Müller, C.D., "Die Einwirkung der Tier- und Pflanzenbesiedlung auf Asphaltbauwerke im Seewasser", Bitumen 5/66 P 142~147 (1966)
- 3) Takahashi, M., "The Surface attack of roofing felts", Shell Bitumen Review vol 60, P 9~11 (1983)
- 4) 高橋, 児玉他, 「アスファルト舗装のマッドカーリング現象」, 第15回日本道路会議論文集 P 501~502 (1983)
〔高橋正明 瀝青化学株式会社〕

平成2年市販アスファルトの性状調査

1. はじめに

市販アスファルトの性状調査については、JISと(社)日本道路協会規格が、異なっていた昭和49年当時より品質の適合性に関して毎年実施してきており、本年度も市販アスファルトの品質動向を把握するために行った。

2. 調査方法

各製油所毎に各製品の長期間にわたる性状範囲を報告してもらうアンケート方式で行った。

- (1) 調査対象は、ストレート・ブローン・防水工事用アスファルトの全種類とする。
- (2) 製油所毎に、平成2年1月～12月に製造された当該製品の全ロットを対象に、試験項目毎の最大値、最小値、平均値を報告する。

3. データー提出機関

データーは、下記の各社製油所から本協会へ提出されている。(50音順)

出光興産	昭和四日市石油	日本石油
鹿島石油	西部石油	日本石油精製
九州石油	谷口石油精製	富士興産
極東石油工業	東燃	富士石油
興亜石油	東北石油	三菱石油
コスモ石油	新潟製油	ユニオン石油工業
三共油化工業	日本鉱業	歴世鉱油
昭和シェル石油		

4. 調査結果

表1～3の石油アスファルトの品質要約は、(1)ストレートアスファルト、(2)ブローンアスファルト、(3)防水工事用アスファルトに分類し、全アンケート報告値から品質項目毎に、最大および最小値を抽出してまとめたもので調査期間中に製造

(社)日本アスファルト協会技術委員会

された各種アスファルトの品質項目毎の範囲を示したものである。

表4、5は、製油所毎の各品質項目における全ロットの平均値を、ストレートアスファルトのうち60～80、80～100の2種類について、取りまとめたものである。

5. あとがき

この性状調査は、前述のとおりアンケート方式による報告値を整理したものである。

報告内容は、

- (1) 各製油所の品質項目毎の試験値の最大値、最小値および全ロットの平均値であり、一連の性状が同一ロットの性状でないこと。
- (2) 調査対象期間が、一年間に渡ったこと。
- (3) 測定機関が異なっていること。

などの理由から、品質範囲に幅があるが、JISや(社)日本道路協会規格の品質規格内にあり、適合している。

6. 参 考

技術委員会において、これまでに実施してきた昭和50年から平成2年までの「市販アスファルトの性状調査」の報告に基づき、ストレートアスファルト60～80及び80～100について一般的な品質性状の項目である針入度・軟化点及び動粘度(120℃・180℃)の推移を図1及び図2に示した。

- (1) 各製油所から報告のデータに基づき、全体の平均値及び最大・最小値範囲を図示した。
- (2) 昭和51年については、各製油所より試料を採取し、技術委員会で性状試験を実施したデータである。
- (3) 昭和57～59年は、性状調査は実施されなかったため、その間のデータは無い。

表-1 石油アスファルト品質調査要約 (1) ストレートアスファルト

項目	40 ~ 60		60 ~ 80		80 ~ 100		150 ~ 200		200 ~ 300	
種類	範囲	日本道路協会規格・JIS	範囲	日本道路協会規格・JIS	範囲	日本道路協会規格・JIS	範囲	JIS	範囲	JIS
針入度 (25℃)	42~54	40を超え60以下	61~80	60を超え80以下	81~98	80を超え100以下	151~199	150を超え200以下	250~284	200を超え300以下
軟化点 ℃	47.0~53.5	47.0~55.0	45.0~52.0	44.0~52.0	42.5~48.5	42.0~50.0	37.5~44.0	30.0~48.0	37.5~38.5	30.0~48.0
伸度 (15℃) cm	100以上	10以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	150以上	100以上
伸度 (25℃) cm										
三塩化エタン可溶分 Wt%	99.7~100.0	99.0以上	99.4~100.0	99.0以上	99.4~100.0	99.0以上	99.3~100.0	99.0以上	100.0~100.0	99.0以上
引火点 ℃	308~370	260以上	270~388	260以上	270~364	260以上	290~368	240以上	332~338	210以上
薄膜加熱質量変化率 Wt%	-0.01~0.12	0.6以下	-0.31~0.27	0.6以下	-0.21~0.32	0.6以下				
薄膜加熱針入度残留率 %	62~76	58以上	56~81	55以上	51~72	50以上				
蒸発質量変化率 Wt%										
蒸発後の針入度比 %	99~105	110以下	76~108	110以下	88~106	110以下				
密度 (15℃) g/cm³	1.030~1.048	1.000以上	1.016~1.047	1.000以上	1.016~1.067	1.000以上	1.015~1.031	1.000以上	1.017~1.023	1.000以上
動粘度 cSt 120 ℃	990~1,530		451~1,830		580~1,025		385~509			
動粘度 cSt 140 ℃	339~506		240~406		215~355		189~195			
動粘度 cSt 150 ℃	214~290		136~279		155~252		122~143			
動粘度 cSt 160 ℃	141~202		108~176		97~158		95~100			
動粘度 cSt 180 ℃	69~96		53~124		45~100		48~58			

表－２ 石油アスファルト品質調査要約 (2) ブローンアスファルト

種 類 項 目	0 ～ 5		10 ～ 20		20 ～ 30	
	範 囲	J I S	範 囲	J I S	範 囲	J I S
針 入 度 (25℃)	2～3	0 以上 5 以下	12～20	10を超え20以下	21～29	20を超え30以下
軟 化 点 ℃	134.5～138.5	130.0以上	90.5～117.0	90.0以上	80.0～107.5	80.0以上
伸 度 (25℃) cm	0～1	0 以上	2～4	1 以上	2～5	2 以上
三塩化エタン 可 溶 分 Wt %	99.9～100.0	98.5以上	99.4～100.0	98.5以上	99.4～100.0	98.5以上
引 火 点 ℃	306～328	210以上	290～322	210以上	288～324	210以上
蒸発質量変化率 Wt %	－0.01～0.01	0.5以下	－0.03～0.02	0.5以下	－0.03～0.01	0.5以下
針 入 度 指 数	3.8～4.3	3.0以上	2.8～5.7	2.5以上	2.8～5.6	2.5以上

表－３ 石油アスファルト品質調査要約 (3) 防水工事用アスファルト

種 類 項 目	第 一 種		第 二 種		第 三 種		第 四 種	
	範 囲	J I S	範 囲	J I S	範 囲	J I S	範 囲	J I S
針 入 度 (25℃)		25以上 45以下		20以上 40以下	23～39	20以上 40以下	31～47	30以上 50以下
針 入 度 指 数		3.5以上		4.0以上	5.4～8.2	5.0以上	6.1～7.4	6.0以上
軟 化 点 ℃		85以上		90以上	100.0～ 128.0	100以上	101.0～ 118.5	95以上
蒸発質量変化率 Wt %		1 以下		1 以下	－0.10～ 0.02	1 以下	－0.03～ 0.02	1 以下
三塩化エタン 可 溶 分 Wt %		98以上		98以上	98.8～ 100.0	95以上	98.6～ 100.0	92以上
引 火 点 ℃		250以上		270以上	282～326	280以上	286～322	280以上
フラスゼい化点 ℃		－5 以下		－10以下	－24～－15	－15以下	－30～－20	－20以下
だ れ 長 さ mm					1 ～ 4	8 以下	1 ～ 6	8 以下
加 熱 安 定 性 ℃		5 以下		5 以下	1 ～ 5	5 以下	1 ～ 4	5 以下

表-4 ストレートアスファルト性状表 (60~80)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g/cm ³	動 粘 度 (cSt)				
						質 量 変 化 率 Wt %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	140℃	150℃	160℃	180℃
1	64	48.5	150以上	100.0	358	+0.09	64.0	100	1.034	1,020		250		72
2	65	48.0	150以上	99.9	362	+0.05	66.0	100	1.031	1,120		250		76
3	68	47.5	140以上	100.0	300以上	+0.05	74.0	99	1.040	926	332	214	144	73
4	68	48.0	100	99.6	311	+0.02	68.0	98	1.035	875	302		131	66
5	68	49.0	130	100.0	306	-0.11	66.0	100	1.034	1,020	351		148	73
6	70	48.0	130	99.9	338	+0.09	68.0	98	1.030	899	317		136	68
7	66	48.5	150	99.9	344	+0.09	69.0	98	1.030	1,004	363		158	80
8	69	48.5	150以上	99.8	364	+0.08	76.0	92	1.030	951	346	227	150	75
9	70	48.0	150以上	99.8	341	+0.08	77.0	92	1.034	945	346	225	152	77
10	71	48.5	150以上	99.6	324	+0.08	62.9	100	1.031	826		207		74
11	68	50.8	100	99.7	320	0.00	69.0	97	1.035	1,142		260		86
12	70	48.5	150以上	99.9	323	+0.03	64.0	85	1.026	857	300	202	138	73
13	71	45.5	100以上	99.7	362	+0.11	69.0	102	1.040	817	290	186	125	63
14	69	48.9	140以上	99.9	300以上	+0.03	65.6	99	1.034	859	306	186	133	67
15	72	49.0	150以上	99.9	270以上	+0.02	69.0	89	1.033	934	322	208	141	73
16	73	48.0	150以上	99.9	341	+0.03	65.0	100	1.033	940	346	222	152	76
17	72	47.2	100以上	100.0	351	+0.02	63.0	101	1.022	896	330	215	144	73
18	71	49.0	100以上	100.0	337	0.00	66.0	99	1.031	1,015	365	232	158	80
19	71	49.0	150以上	100.0	358	+0.10	69.0	100	1.034	930		215		73
20	69	48.5	150以上	100.0	290	-0.20	60.0	102	1.029	1,066		240		83
21	67	48.5	140以上	99.9	308	+0.02	67.0	99	1.029	984	342		145	72
22	69	47.0	150以上	99.8	291	+0.25	61.0	83	1.039	1,031	362	232	155	100以下
23	69	47.9	140以上	99.9	321	-0.06	62.0	98	1.028	888	320		140	70
24	65	47.0	150	99.9	377	+0.13	65.0	101	1.027	654	290	175	130	66
25	71	47.5	100以上	100.0	304	-0.10	65.0	100	1.027	869	305		129	65
26	70	48.3	150以上	99.7	328	-0.01	64.0	100	1.028	936	339	217	152	78
27	69	46.6	150以上	99.9	362	+0.06	69.0	96	1.036	964	315	216	136	73

表-5 ストレートアスファルト性状表 (80~100)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g/cm ³	動 粘 度 (cSt)				
						質 量 変 化 率 Wt %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	140℃	150℃	160℃	180℃
1	90	45.5	150以上	100.0	358	+0.10	64.0	100	1.032	799		200		65
2	89	45.5	100	99.6	307	-0.01	70.0	98	1.033	775	272		119	61
3	89	45.8	130	100.0	307	-0.11	65.0	100	1.028	802	287		125	63
4	91	45.9	150以上	99.7	315	+0.06	61.0	101	1.028	701		177		65
5	87	44.0	100以上	99.7	362	+0.11	67.0	103	1.039	723	262	170	115	58
6	83	47.0	100以上	99.7	332	+0.08	66.0	97	1.032	842	320	196	140	69
7	90	46.8	140以上	99.9	300以上	+0.04	65.3	99	1.031	687	256	171	115	59
8	87	47.0	150以上	100.0	270以上	+0.02	67.0	92	1.030	771	276	190	124	66
9	88	46.0	150以上	99.9	339	+0.03	62.0	99	1.031	812	306	195	137	70
10	91	45.0	100以上	100.0	349	+0.02	61.0	99	1.020	770	289	194	130	67
11	91	46.0	150以上	100.0	348	+0.10	68.0	100	1.032	732		174		62
12	88	47.0	150以上	100.0	286	-0.12	67.0	99	1.026	940		220		77
13	86	45.0	150以上	99.8	283	+0.31	63.0	88	1.037	785	272	182	123	100以下
14	88	45.6	140以上	99.9	317	-0.10	60.1	98	1.025	762	271		118	60
15	89	46.3	150以上	99.6	326	-0.02	60.0	100	1.026	756	285	182	129	67

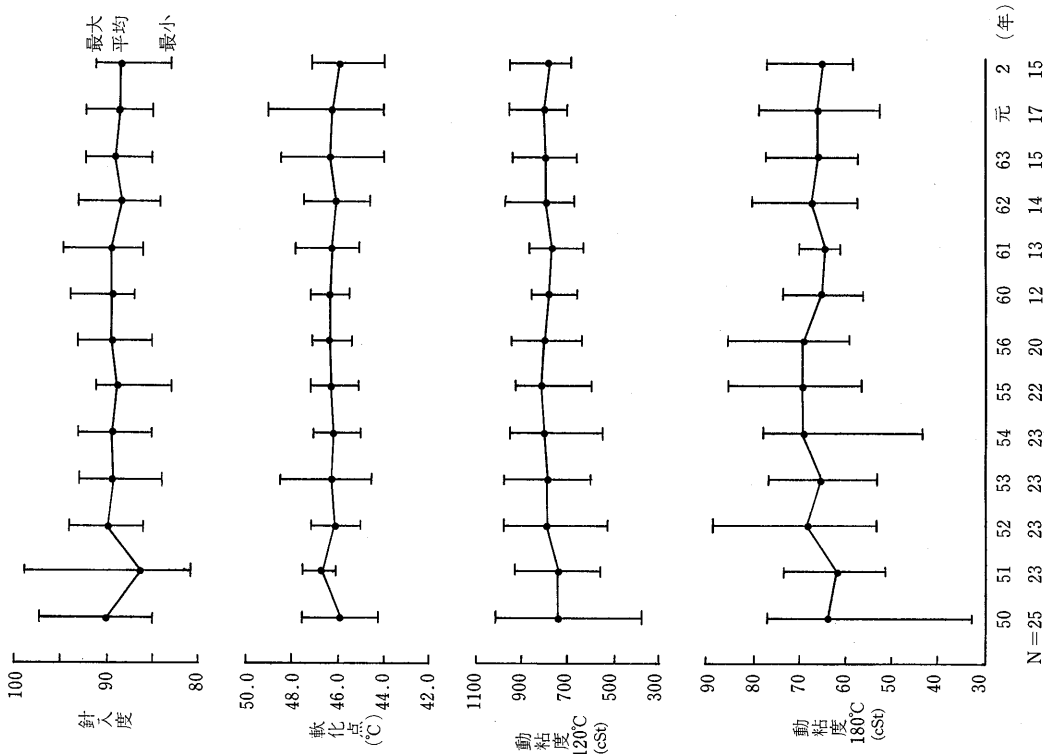


図-2 ストレートアスファルト (80~100) 各品質項目の平均値の推移

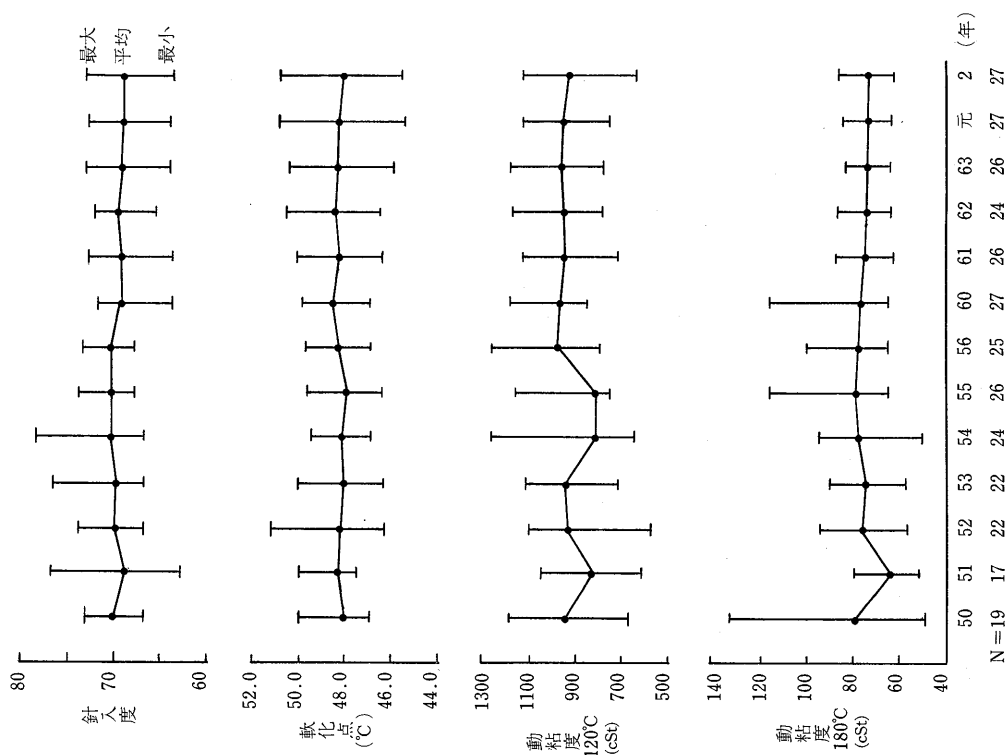


図-1 ストレートアスファルト (60~80) 各品質項目の平均値の推移

<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
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,137	(98.5)	2	5,139	236	5,375
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.6)	21	4,724	240	4,964
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
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年度上期	240	2,400	(94.5)	0	2,640	2,339	(93.0)	0	2,339	294	2,633
60年度下期	294	2,629	(97.6)	0	2,923	2,696	(99.7)	0	2,696	215	2,911
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61年度上期	215	2,656	(110.7)	0	3,130	2,568	(109.8)	0	2,568	291	2,859
61年度下期	291	3,089	(117.5)	0	3,380	3,128	(116.0)	0	3,128	235	3,363
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,696	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62年度上期	235	2,745	(103.4)	7	2,987	2,681	(104.4)	0	2,681	312	2,993
62年度下期	312	3,146	(101.8)	2	3,460	3,181	(101.7)	0	3,181	274	3,455
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63年度上期	274	2,754	(100.3)	3	3,031	2,734	(102.0)	1	2,735	287	3,022
63年度下期	287	3,150	(100.1)	0	3,437	3,219	(101.2)	0	3,219	219	3,438
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. 7 月	267	538	(104.1)	0	805	534	(103.3)	0	534	271	805
8 月	271	548	(110.3)	0	819	483	(100.0)	0	483	335	818
9 月	335	493	(95.2)	0	828	490	(101.0)	3	493	323	816
7～9 月	267	1,579	(103.1)	0	1,846	1,507	(101.5)	3	1,510	323	1,833
2 年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	3	2,977	323	3,300
10月	323	554	(106.9)	1	878	576	(106.1)	0	576	301	877
11月	301	535	(86.2)	0	836	560	(91.5)	0	560	273	833
12月	273	593	(103.3)	0	866	617	(100.5)	3	620	242	862
10～12月	321	1,682	(98.1)	1	2,004	1,753	(99.1)	3	1,756	242	1,998
3. 1 月	242	396	(107.6)	0	628	377	(107.1)	0	377	259	636
2 月	259	484	(118.6)	0	743	445	(107.0)	0	445	298	743
3 月	298	668	(98.1)	0	966	656	(90.6)	0	656	310	966
1～3 月	242	1,548	(106.2)	0	1,790	1,478	(99.1)	0	1,487	310	1,797
2 年度下期	321	3,230	(101.9)	1	3,552	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2 年 度	276	6,276	(96.7)	1	6,553	6,205	(103.6)	6	6,211	310	6,521
3. 4 月	310	530	(91.2)	0	840	531	(101.1)	0	531	309	840
5 月	309	439	(102.3)	0	748	440	(94.0)	0	440	306	746
6 月	306	423	(92.6)	0	729	441	(93.0)	0	441	288	729
4～6 月	310	1,392	(94.9)	0	1,702	1,412	(96.3)	0	1,412	288	1,700
7 月	288	504	(93.7)	0	792	494	(92.5)	0	494	297	791
8 月	297	470	(85.8)	0	767	452	(93.6)	6	458	308	766

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報3年8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			
54 年 度	4,617	177	4,794	—	343	5,137	99.5	67.0	97.8	—	109.2	98.5
55 年 度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.7	103.4	92.1	—	91.5	91.6
56 年 度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57 年 度	3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5	94.2	100.3
58 年 度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	98.4	107.6
59 年 度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
60年度上期	1,766	72	1,838	389	112	2,339	92.2	91.1	92.2	96.5	94.1	93.0
60年度下期	1,973	67	2,040	522	134	2,696	94.7	80.7	94.1	129.5	99.3	99.7
60 年 度	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.0	96.9	96.4
61年度上期	1,825	66	1,891	565	112	2,568	103.3	91.7	102.9	145.2	100.0	109.8
61年度下期	2,155	175	2,330	673	125	3,128	109.2	261.2	114.2	128.9	93.3	116.0
61 年 度	3,980	241	4,221	1,238	237	5,696	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62年度上期	1,949	98	2,047	520	114	2,681	106.8	148.5	108.2	92.0	101.8	104.4
62年度下期	2,304	261	2,565	475	141	3,181	106.9	149.1	110.1	70.6	112.8	101.7
62 年 度	4,253	359	4,612	995	255	5,862	106.9	149.0	109.3	80.4	107.6	102.9
63年度上期	1,987	166	2,153	464	117	2,734	101.9	169.4	105.2	89.2	102.6	102.0
63年度下期	2,319	255	2,574	504	141	3,219	100.7	98.1	100.4	106.1	100.0	101.2
63 年 度	4,306	421	4,727	968	258	5,953	101.2	117.3	102.5	97.3	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. 7 月	390	57	447	66	21	534	102.6	121.3	104.7	93.0	110.5	103.3
8 月	336	49	385	79	19	483	99.4	104.3	100.0	100.0	100.0	100.0
9 月	335	47	382	84	24	490	95.7	142.4	99.7	103.7	114.3	101.0
7～9 月	1,061	153	1,214	229	64	1,507	99.3	120.5	101.6	99.1	108.5	101.5
2 年度上期	2,148	269	2,417	432	125	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9	108.7	108.9
10月	408	62	470	81	25	576	96.7	563.6	108.6	95.3	100.0	106.1
11月	412	42	454	83	23	560	96.5	53.8	89.9	100.0	95.8	91.5
12月	443	59	502	94	21	617	100.7	93.7	99.8	108.0	87.5	100.5
10～12月	1,263	163	1,426	258	69	1,753	98.0	107.2	99.0	101.2	94.5	99.1
3. 1 月	219	54	273	84	20	377	115.9	91.5	110.1	100.0	100.0	107.1
2 月	297	55	352	71	22	445	111.7	107.8	111.0	91.0	104.8	107.0
3 月	487	65	552	84	20	656	84.7	19.7	90.8	90.3	87.0	90.6
1～3 月	1,003	174	1,177	239	62	1,478	97.4	121.7	100.3	93.7	96.9	99.1
2 年度下期	2,266	337	2,603	497	131	3,231	97.8	113.9	99.6	97.6	95.3	99.2
2 年 度	4,414	606	5,020	929	256	6,205	101.2	135.6	104.4	99.7	102.0	103.6
3. 4 月	418	10	428	85	18	531	100.2	111.1	100.5	107.6	90.0	101.1
5 月	326	45	371	50	19	440	100.0	77.6	96.6	78.1	95.0	94.0
6 月	324	48	372	51	18	441	94.2	98.0	94.7	85.0	85.7	93.0
4～6 月	1,068	103	1,171	186	55	1,412	98.3	88.8	97.3	91.6	90.2	96.3
7 月	372	56	428	47	19	494	95.4	98.2	95.7	71.2	90.5	92.5
8 月	317	52	369	65	18	452	94.3	106.1	95.8	82.3	94.7	93.6

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報3年8月確報

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

(3) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－（ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト＋工業用ストレート・アスファルト）

(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B 5 版・132ページ・実費領価 ¥3,000 (送料実費)

申込先 (社) 日本アスファルト協会
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7
和孝第10ビル

アスファルト舗装の破損は、ひびわれ (cracking) とわだち掘れ (rutting) に代表されますが、弊協会においては、流動によるわだち掘れ現象の軽減を目的に昭和50年より研究に着手し、中間の各時点における成果は当協会機関誌「アスファルト」その他に発表しておりますが、研究全体の結論が得られたので、その集大成として本冊子を取りまとめたもので関係者必読の書としておすすめします。

目 次

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

フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針（案）

B 5 版・42ページ・実費領価 ¥800（送料実費）

申込先（社）日本アスファルト協会
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7
和孝第10ビル

路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いたフルデプス・アスファルト舗装は、昭和40年代半ばから積極的な試みとして市街地道路を中心にシックリフト工法により施工され、実施例は数十例に及んでいます。

弊協会のアスファルト舗装技術委員会においてフルデプス舗装の厚さ設計の基準化とシックリフト工法の標準化に関して鋭意検討され、ここに「フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針（案）」がとりまとめられ出版されました。

フルデプス舗装は、舗装厚が薄く、工種が単一化されることから、工期が非常に制約される箇所等に適用して有効であるが、また、アスファルト舗装の修繕に伴って発生する舗装廃材の利用方法の一つとして、フルデプス舗装の路盤への再生加熱アスファルト混合物の利用が考えられ、省資源の観点から今後普及する可能性も大きい。

本指針（案）を、フルデプス舗装の設計施工に従事する関係者必読の書としておすすめします。

目 次

1. 総 説	3-4 アスファルト混合物
1-1 フルデプス・アスファルト 舗装の定義	4. 路床および路盤
1-2 適用範囲	4-1 概 説
2. 構造の設計	4-2 路 床
2-1 舗装の構造	4-3 路 盤
2-2 設計の方法	5. 表層および基層
2-3 排 水	6. 品質管理および検査
3. 材 料	6-1 概 説
3-1 概 説	6-2 出来形および品質の管理
3-2 歴青材料	6-3 検 査
3-3 骨 材	7. 記 録

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）

B 5 版・64ページ・実費領価 ¥500（送料実費）

申込先（社）日本アスファルト協会
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7
和孝第10ビル

一般に幅員が狭く、交通量とくに大型車の通行が希少な道路については、舗装の設計・施工にアスファルト舗装要綱や簡易舗装要項の適用を必要とするには至らないが、さりとて防塵処理のいわば中間に位置付けられる舗装（広義）を歴青路面処理と名付けて、その基準化の作業に昭和47年から着手しましたが、その際に①経済的であること②相応の耐久性を有すること③設計・施工に高度の技術能力を必要としない等のことを前提として鋭意検討し、数度に渡って改訂を重ね成案を得たものです。

本指針の最も特長とするところは、対象とする道路の視察による評価と、簡単な調査・測定に基づいて、構造設計が容易に出来る方法を示したことにありますので、関係者の必読書としてお進めいたします。

目 次

1. 総 説

1-1 はじめに

1-2 歴青路面処理の対象となる 道路の条件

2. 構造設計

2-1 概 説

2-2 調 査

2-3 設計の方法

2-4 設計例

2-5 排 水

3. 路 盤

3-1 概 説

3-2 在来砂利層の利用

3-3 補強路盤の工法

4. 表 層

4-1 概 説

4-2 浸透式工法

4-3 常温混合式工法

4-4 加熱混合式工法

5. 維持修繕

5-1 概 説

5-2 維持修繕の手順

5-3 巡 回

5-4 維持修繕工法

付録1. 総合評価別標準設計例一覧

付録2. 材料の規格

付録3. 施工法の一例（D-2工法）

付録4. 材料の品質、出来形の確認

社団法人 日本アスファルト協会 会員

(五十音順)

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) 3 1 3 4
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9 4 3 8
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9 5 5 6
キ グ ナ ス 石 油 株 式 会 社	(104) 中央区京橋2-9-2	03 (3535) 7 8 1 1
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) 8 4 4 5
九 州 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (3502) 3 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (3224) 6 2 9 8
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0 8 4 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8 6 3 1
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3 1 2 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-4-2	03 (3284) 1 9 1 1
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4 0 7 6
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2 1 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3 0 8 1
ゼ ネ ラ ル 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8 4 1 0
東 燃 株 式 会 社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5 1 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 仙台市港5-1-1	022 (363) 1 1 1 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (3505) 8 5 3 0
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3 5 7 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6 5 3 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7 4 1 3
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4 6 9 1

〔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) 3 9 0 6 コ ス モ
薦 井 石 油 株 式 会 社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1 コ ス モ
株式会社 トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1 共 石
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	011 (241) 1 5 6 1 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) 2 8 9 5 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) 7 5 8 7 日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西3	011 (231) 4 5 0 1 出 光
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6 コ ス モ

社団法人 日本 アスファルト 協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
有限会社 男 鹿 興 業 社	(010-05)男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185(23) 3 2 9 3 共 石
カ メ イ 株 式 会 社	(980) 仙台市青葉区国分町 3-1-18	022 (264) 6 1 1 1 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) 1 1 0 1 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) 5 9 5 1 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) 2 7 7 0 昭和シェル
株式会社 トーアス仙台営業所	(980) 仙台市青葉区大町 1-1-10	022 (262) 7 5 6 1 共 石
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町 1-10-11	022 (224) 1 1 5 1 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) 4 8 6 6 日 石
株式会社 南部商会仙台出張所	(980) 仙台市青葉区中央 2-1-17	022 (223) 1 0 1 1 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) 1 2 3 1 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) 1 4 9 1 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) 7 8 7 8 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) 3 0 0 1 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) 6 6 6 0 九 石
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂 2-17-22	03 (3584) 8 5 5 5 共 石
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町 2-24	03 (3269) 7 5 4 1 コ ス モ
株式会社 木 畑 商 会	(104) 中央区八丁堀 4-2-2	03 (3552) 3 1 9 1 共 石
共立石油株式会社	(101) 千代田区神田西福田町 3	03 (3256) 6 3 5 5 共 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) 8 0 1 1 コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野 1-7-1	03 (3363) 8 2 3 1 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) 7 1 3 1 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) 9 2 9 1 昭和シェル
新日本商事株式会社	(101) 千代田区神田錦町 2-5	03 (3294) 3 9 6 1 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) 9 5 2 1 出 光
株式会社 ケイエム 商 運	(103) 中央区八重洲 1-8-5	03 (3245) 1 6 3 1 三 石
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町 1-5-5	03 (3251) 0 1 8 5 昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿 2-6-5	03 (3356) 8 0 6 1 モービル
株式会社 トーアス	(160) 新宿区西新宿 2-7-1	03 (3342) 6 3 9 1 共 石
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西 1-9-12	03 (3496) 8 6 9 1 富士興
東京富士興産販売株式会社	(105) 港区虎ノ門 1-13-4	03 (3591) 3 4 0 1 富士興
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋 1-5-12	03 (3274) 2 7 5 1 三 石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋 2-13-10	03 (3273) 3 5 5 1 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀 3-3-5	03 (3552) 8 1 5 1 コ ス モ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下 3-29-11	03 (3968) 3 1 0 1 三共油化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲 1-2-1	03 (3272) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 千代田区丸の内 3-4-2	03 (3213) 5 8 7 1 日 石
日石丸紅株式会社	(104) 中央区築地 5-4-14	03 (3541) 4 0 1 5 日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巢鴨 4-22-23	03 (3915) 7 1 5 1 昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区新川 2-3-11	03 (3551) 6 1 0 1 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) 4 9 5 1 モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町 2-4-3	03 (3580) 5 2 1 1 富士興
富士鉱油株式会社	(105) 港区新橋 4-26-5	03 (3432) 2 8 9 1 コ ス モ

社団法人 日本 アスファルト 協会 会 員

社 名	住 所	電 話
富士石油販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-12	03 (3274) 2 0 6 1 共 石
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3 5 0 1 富 士 興
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田錦町3-7-1	03 (3293) 4 1 1 1 モービル
三井石油株式会社	(101) 千代田区神田駿河台4-3	03 (3293) 7 1 1 1 極 東 石
三菱商事石油株式会社	(105) 港区海岸1-11-1	03 (5404) 4 6 3 7 三 石
ユニ石油株式会社	(101) 千代田区神田東紺屋町30	03 (3256) 3 4 4 1 昭和シェル
菱東商事株式会社	(101) 千代田区神田和泉町1-13-1	03 (5687) 1 2 8 1 三 石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8 2 0 5 三 石
瀝青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7 6 9 1 出 光
● 中 部		
コスモアスファルト(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1 1 1 1 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 (361) 7 1 5 1 コ ス モ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2 5 8 8 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) 2 7 8 1 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) 7 7 2 1 コ ス モ
静岡鉱油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 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) 3 5 1 4 富 士 興
竹中産業株式会社 福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1 5 6 5 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) 1 7 2 1 昭和シェル
株式会社トアス名古屋営業所	(450) 名古屋市中村区名駅4-2-12	052 (581) 3 5 8 5 共 石
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 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) 5 0 1 1 日 石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
丸福石油産業株式会社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 昭和シェル
三谷商事株式会社	(910) 福井市豊島1-3-1	0776 (20) 3 1 3 4 モービル
● 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) 2 2 7 1 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) 2 8 1 0 共 石
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) 0 0 3 1 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) 7 2 1 2 コ ス モ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1 5 0 0 共 石
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) 2 7 3 1 コ ス モ
コスモアスファルト(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6 2 6 2 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) 1 5 5 1 昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口3-51	0792 (77) 5 0 0 1 共 石
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3 6 9 1 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) 5 5 1 0 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) 3 3 0 1 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) 0 3 5 0 富 士 興
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5 5 3 1 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2 5 5 1 共 石
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) 0 3 1 2 日 石
平井商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5 8 5 6 富 士 興
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) 5 1 9 5 富 士 興

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
富士商株式会社	(756) 小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3 2 1 0 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) 2 7 7 1 昭和シェル
株式会社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1 6 0 8 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) 8 0 7 3 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) 0 5 5 5 共 石
株式会社 菱 芳 礦 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1 3 4 4 共 石
● 四国・九州		
伊藤忠燃料株式会社 九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3 8 5 1 共 石
今 別 府 産 業 株 式 会 社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 共 石
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0 4 6 8 九 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5 1 1 1 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) 4 8 6 8 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7 4 3 6 コ ス モ
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7 6 1 5 富 士 興
三 協 商 事 株 式 会 社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5 1 3 1 富 士 興
株式会社 トーアス高松営業所	(760) 高松市亀井町8-11	0878 (37) 1 6 4 5 共 石
中西瀝青株式会社 福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6 8 8 1 日 石
株式会社 南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (721) 4 8 3 8 日 石
西 岡 商 事 株 式 会 社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1 0 0 1 三 石
畑 礪 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3 6 2 5 コ ス モ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7 2 5 5 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7 5 6 1 昭和シェル

編集顧問

多田 宏 行
藤 井 治 芳
松 野 三 朗

編集委員

委 員 長 : 河 野 宏	副 委 員 長 : 真 柴 和 昌
秋 葉 國 造	菅 野 善 朗
阿 部 忠 行	栗 谷 川 裕 造
荒 井 孝 雄	小 島 逸 平
安 崎 裕	児 玉 充 生
飯 島 尚	白 神 健 児
	田 井 文 夫
	山 田 実
	辻 保 人
	鶴 窪 廣 洋
	野 村 敏 明
	姫 野 賢 治

アスファルト 第170号

平成4年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-3502-3956

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)

ASPHALT

Vol. 34 No. 170 JANUARY 1992

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION