

アスファルト

第27巻 第142号 昭和60年1月発行

142

特集・原油とアスファルト

特集にあたって	1
石油とその事情	
長谷川晃一・高田親良・桑原日出夫・河原一夫・山田政利	2
石油製品の生産と需給	加藤正夫・長谷川晃一 23
アスファルトの生産と流通	今井武志 30
アスファルトの用途と品質	井町弘光 37
アスファルト需給の将来動向	真山治信 45

アスファルト舗装技術研究グループ・第19回研究報告	50
セッションⅥ：材料特性	野村健一郎 51
舗装の維持管理システムに関する研究・第三回	阿部頼政 64
〈工事事務所長シリーズ・その23〉	
温泉郷と景観にかこまれて	美馬 孝 72
〈用語の解説〉	
わだち掘れ・ひび割れ	小島逸平 75
組成分析・コロイド構造	井町弘光 76
統計資料・石油アスファルト需給統計資料	78

ASPHALT

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

特集にあたって

使用原油のほぼ100 %を輸入に頼るわが国では、昭和48年の第一次石油危機以降、原油の価格と供給量が産油国の意志によって強く左右されるようになってから、石油に対する関心が国民的レベルで高まってきております。アスファルトは原油から生産されるため、特に本誌読者のようにアスファルトの利用あるいは販売・生産に携わっておられる関係者にとっては、日頃の原油動向が気になる場所と思われれます。

また、アスファルトは原油から作ることとは分かっていても、原油とは一体どのようなものなのか、何処にどのくらいあるのか、あるいは原油はアスファルト以外のどんなものに使用されているのか、といった点になると分からないことが多く、また意外と手近に資料が見当たらないのが現状ではないでしょうか。

そこで本号では、原油からアスファルトまで、一通りのことが具体的に分かるような、

まとまった記事を読者に提供しようと本特集を組みました。

すなわち、「原油とその事情」では原油の成因から始めて、採掘、埋蔵量、原油の性状、輸入状況やわが国一次エネルギーに占める原油の割合、原油備蓄状況、そして国際的な緊急時石油融通システムについて解説をしていただきました。また、「石油製品の生産と需要」では、このようにして輸入された原油がどのような石油精製設備で生産され、どのような石油製品が生産され、各製品の需要構成はどうなっているかについて述べていただきました。そしてアスファルトについては最近の資料を用い、生産と流通、用途と品質、そして需給の将来動向について示していただきました。

執筆者の皆さん方には、専門的なことを特に分かりやすく書いていただきましたので、きっとご参考になることと確信しております。

(S. H)

☆

☆

☆

☆

☆

原油とその事情

長谷川 晃 一* 高 田 親 良**
桑 原 日出夫*** 河 原 一 夫****
山 田 政 利*****

1. 石油の成因と石油鉱床

1.1 石油の成因

地中から取り出したままの石油を「原油」と呼び、この原油からガソリン・ジェット燃料油・灯油・軽油・重油・潤滑油・アスファルト・パラフィンなどの石油製品が得られます。石油は、一見、性質が動植物から取れる油脂に似ていること及び、岩石に含まれる「油」ということから「石油」という呼び名が出ましたが、石油成分は、主として炭素と水素とから成る炭化水素の混合物で、これに少量の硫黄化合物、窒素化合物、酸素化合物、無機物等がはいっています。そして、石油はどのようにして出来たかというその成因については、長い間種々の説が唱えられていました。すなわち、有機物（生物）成因説・無機物（非生物）成因説などで、現在では有機物成因説が主流をなしています。これらの説について簡単に説明しますと、

(1)有機物成因説

有機物成因説とは、カンブリア紀（約5億年前）以降、特にジュラ紀・白亜紀（7000万～1億8000万年前）における多くのプランクトンや藻類、あるいは河川によって運び込まれた陸上生物の遺骸が塩基性の浅い海（例えば、今日のアラビアの大産油地帯は、テチス海という海だったといわれています）に土砂とともに堆積し、時間の経過とともに地中に深く埋没され、長年月にわたる温度（60～150℃程度）と圧力によって石油に化学変化したという説です。

(2)無機物生因説

無機物成因説とは、南極等から発見された隕石の中に超重質炭化水素があることから、宇宙の構成物質の中に重質炭化水素があったと考えられ、地球の構成物質の一部は炭化水素であり、これが石油になったという説等で

す。

以上のような諸説がありますが、前述のように、今日では有機物成因説を支持する学者が大半です。その理由としては、石油の99%以上が堆積岩中に存在すること及び、石油の中にポルフィリンという有機化合物が含まれており、このポルフィリンはヘモグロビンやクロロフィルとよく似た化合物で、これらの物質から変化したものと考えられているため、この事実が、石油は動植物の遺骸から出来た可能性を示唆しているというのです。

1.1.2 石油鉱床

地下の堆積岩に経済的に採取し得る量の石油が集積しているものを石油鉱床といいます。堆積岩の約99%は、砂岩、頁岩、炭酸塩岩（石灰岩、苦灰岩）あるいは蒸発岩に属します。このうち、砂岩と炭酸塩岩は、主として石油やガスの貯留岩となり、頁岩や蒸発岩は、貯留岩から石油やガスが散逸するのを防ぐカバーになっている岩石、すなわち帽岩となります。

この石油鉱床の地質条件としては、まず石油の根源有機物を多量に含んだ岩石（石油根源岩）が発達しており、その周囲の地層が孔隙性及び浸透性であることが条件です。

石油は、石油根源岩を離れてそのような地層中を移動し、石油が逃げ出さないような不浸透性の岩石（トラップ）の下に集積して油田を形成します。石油は、その性質上、上方向と横方向に移動し、下方向には移動しません。従って、このような性質をもった石油を封塞するためには、油層の上と横とを不浸透性の物質で遮断しなければなりません。すなわち、上方向は不浸透性の帽岩が油層の蓋の役割を果し、横方向ならびに斜上方向は種々の構造的、層序的条件によって封塞されます。こうして出来上った石油鉱床は、その封塞の条件によって、構造

* はせがわ こういち 石油連盟外国調査部次長

** たかだ ちかよし 石油連盟内国調査部次長

*** くわばら ひでお 石油連盟外国調査部輸入開発調査課長

**** かわはら かずお 石油連盟外国調査部

***** やまだ まさとし 石油連盟外国調査部外国調査課長

外国調査課主事

封塞、層位封塞及び両者の組合せのコンビネーショントラップに分けられます。こうした地質条件が揃わなければ、石油は地層の弱いところを移動して匹散してしまいます。むかし、採油技術が未熟だったころは、石油が地表にしみ出たところを頼りに掘削して失敗しました。これは、石油が地殻の弱い個所を伝って地表に出ていくため、本体の油層から遠く離れたものになったことによるものです。

(1)構造封塞 断層作用または褶曲作用等地殻の変動によって形成されたトラップを指しますが、背斜トラップが代表的です。

- (i) 背斜トラップ
- (ii) 断層トラップ

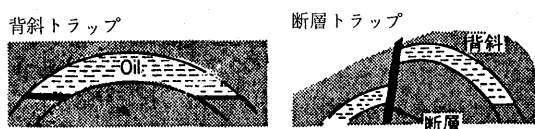
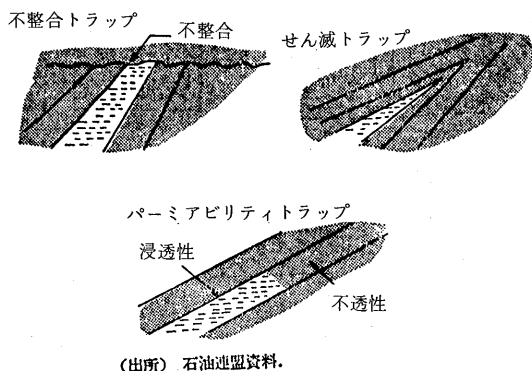


図-1 構造封塞

(2)層位封塞 地層が堆積したときの堆積の状況によって規制されるトラップをいいます。

- (i) 不整合トラップ 油層の先が不整合で、上の地層が不浸透性の場合にできます。
- (ii) せん(尖)滅トラップ 地層が堆積したときに砂の層が構造の傾斜の上の方へ薄くなるもの。
- (iii) パーミアビリティトラップ 浸透性岩石層から不浸透性岩石に移行するさい、後者がトラップの役割をはたします。



(出所) 石油連盟資料。

図-2 層位封塞

(3)コンビネーショントラップ 構造封塞と層位封塞の

組合せから成るもので、その状態は多種多様です。

2. 原油の探鉱と採掘

石油鉱床を探し出す探鉱法は、地質調査と物理探鉱に大別されます。そして、これらによって求められたデータをもとにして各種のマップを作成し、石油の生成、移動、集積の諸条件を考慮して、試掘井の位置を選定します。

2.1 地質調査

まず最初に行われるのが地質調査で、地質及び石油の集積に関する諸情報を得るために行うもので、このカテゴリーにはいる調査としては、つぎのようなものがあります。

(1)地表地質調査 山地部などの露頭のあるところで行う調査で、露頭を直接観察することによって、地質・構造等を解明して、地質図、断面図を作成します。

(2)航空写真地質調査 露出の悪い地域や交通の不便なところで行う調査で、航空機から撮影した写真をもとに地層の分布や構造の発達を把握します。

(3)古生物調査 野外でサンプリングした岩石に含まれる古生物(化石)を鑑定して、層準や地質年代を明らかにします。

(4)地化学調査 岩石、水、ガスなどのサンプルを化学的に分析し、石油鉱床の存在の可能性等を検討します。

(5)岩石学的調査 岩石の物理的性質や岩石中の鉱物組織などを調べ、地層の成因や堆積環境などを考察します。

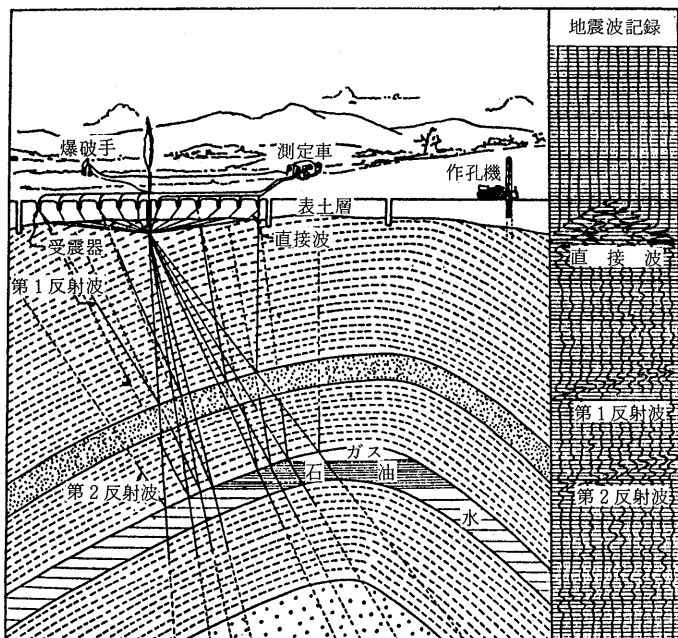
(6)堆積学的調査 主として堆積岩の中にみられる細かな現象を野外で観察し、それによって地層の成因や地質構造運動を考察します。

(7)地下(坑井)地質調査 ボーリング(試錐、試掘)によって地下の地質を連続的に調べ、層序、構造、鉱床の有無を明らかにします。この調査は、直接的ですが、費用が他の調査にくらべて高いようです。

2.2 物理探鉱

物理探鉱は、地層を構成している岩石の物理的性質を利用して、地下深部の地質構造を調査する方法で、(1)磁気探鉱法、(2)重力探鉱法、(3)地震探鉱法の三つの方法があります。一般に磁気探鉱法と重力探鉱法は、堆積盆地の規模、堆積層の構造の概略を推定することを目的とし、地震探鉱法は堆積盆地の実体をより定量的に知ることを目的とするほか、構造の詳細を知るための精査にも用いられます。ここでは、地下の地質構造その他を知るうえで最も有力な方法である地震探鉱法についてのみ説明します。

地震探鉱は、予め定めた測線上において一定間隔にダイナマイトやパイロサイスで人工地震を起こし、その地震波が深所の地層や岩石の境界で反射または屈折して、再び地上に戻ってくるまでの時間を測定し、その値から反射（または屈折）を起こさせた境界の深度、位置、形などを逆算する方法です。地震探鉱法は、磁気探鉱法や重力探鉱法によって探鉱地域が狭められたとき、有望地域の地質構造をより詳しく調査するために利用されます。



(出所) 石油連盟資料。

図-3 地震探鉱概念図

2.3 探掘

探鉱の結果、有望な構造が発見されると、つぎの段階が試掘です。すなわち、石油が実際にあるかどうかを確かめるため地下深くまで穴を掘ることです。この試掘の目的は、単に石油の存在を確認するだけでなく、採算にのるだけの油田があるかどうかを調べるため、地質、その他の地下状況を詳細に知ることにも含まれています。

掘削の方法は、初期のころは上総掘り、綱掘り等がありましたが、現在はほとんどロータリー式掘削法が採用されています。

(1) ロータリー式掘削

ロータリー式掘削というのは、ロータリーマシンを回転させることにより、坑底の錐（ビット）を回転し、圧入泥水をビット尖から噴出し、循環しながら掘削するもので、その掘削装置は、掘削やぐら、エンジン、ドロー

ワークス、ロータリーテーブル、ドリルパイプ、ビット、泥水ポンプなどから成っています。この掘削のさいの泥水循環の目的は、(i)掘りくずの運搬、(ii)多孔質地層を泥塞し、泥壁を生成する作用、(iii)高压層に対する制圧作用、(iv)掘管及びビットの冷却と潤滑作用等です。

なお、ロータリー式掘削法の変化したものに「ターボドリル」という方法があります。これは、ビットの直上に、ステーター（動かない）とランナー（回転する）と

から成るターボドリルが取り付けられており、地上から高压泥水を圧入してランナー部分を回転させ、それがビットの回転を起こして掘削する方法で、従ってパイプの大部分は動かず、坑底のわずかな部分の回転によって掘削が行われます。この方法は、傾斜掘りのさいに用いられますが、ソ連では一般の掘削にも使用されているそうです。

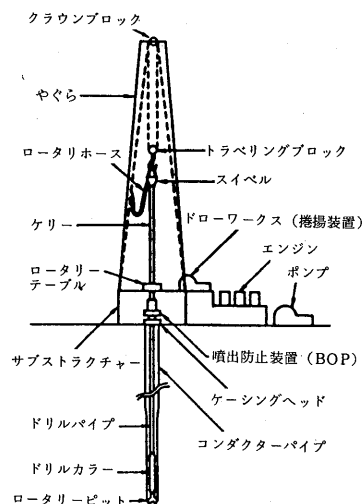


図-4 ロータリー掘削装置

(2) 海洋掘削

また、近年、海洋においても掘削が行われていますが、この海洋での掘削に使用する移動式リグ（掘削装置）にはつぎのような種類があります。

(i) 潜水型 掘削地点に到着すると海底に着底して掘削します。水深25mぐらいまでの比較的浅い湾、入江などでの掘削に適しています。

(ii) ジャッキアップ型 掘削地点に到着すると、まず脚を海底に降ろし、次に船体を波の影響を受けない高さま

で持ち上げて掘削します。脚の長さに限度があるため、水深の深いところでは使用できません。(稼動水深は、普通90mぐらいまで)

(iii)半潜水型 稼動中は、全体が海上に浮かびますが、掘削中は安定性を増すため半ば沈めます。(リグはアンカーで固定されます。) 水深の深い場所や気象、海象条件の厳しい場所でも稼動が可能です。(稼動水深は600mぐらいまで。)

(iv)掘削船

掘削に必要な設備を設置した船で、通常は他の用途に使っていた船(例えば鉱石運搬船)を改造する場合が多い。稼動が容易なのが長所です。

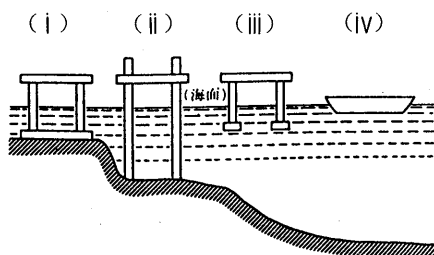


図-5 移動式掘削リグ(海洋)概念図

(3)油井仕上げの手順

坑井が目的の深度まで掘削され、検層(地層の状態を物理・化学的に測定すること)の結果、採油井として仕上げられるまでには、(i)掘屑及びコア(地層から採取した円柱状のサンプル)の調査、(ii)泥水検層 (iii)物理検層といった坑内測定が絶えなく実施されます。このようにして、油層の存否、産油能力測定をはじめとして出水層、逸水層の有無及びその他地質条件等あらゆる坑内事情を測定します。その結果、仕上げに足る油層が確認されると、産油のための仕上げが行われるのですが、この仕上げは油層によって、(i)アンカー仕上げ、(ii)ガンパー仕上げに区分されます。(i)は油層に対してセメントが悪影響を及ぼす場合、低圧油層またはガス層に対して行われ、(ii)は高圧油層に適用されますが、坑井に水がついた場合、出水孔をセメントリングして水止めできる利点があるので、アンカー仕上げより一般化しています。

アンカー及びガンパー仕上げによって油層内の操作が終ると、地上に採油装置(クリスマスツリー)がセットされ、本坑井は採油井に組み入れられます。この採油井は、その採油方法によって自噴井、ポンプ井及びガスリフト井と呼ばれます。

(4)自噴採油と人工採油

油田が開発され、坑井から石油が自噴している時期はもちろん、ガスリフト、ポンプ採油が行われている時期でも、石油の坑井への流入は自然のエネルギーによって行われます。しかし、この自然のエネルギーのみに頼っていると、油層内の石油の30%程度しか採取できません。そこで、油層内に残った油を採取するため、油層内に科学的手法を加えて人工的にエネルギーを与えてやる必要があります。

油層から坑井への流入が自然のエネルギーのみによる生産段階を一次回収、自然のエネルギーのみによっては回収できない油に人工的にエネルギーを加えて回収率を高める方法を二次回収または三次回収といい、つぎのような方法があります。

(i)ガス圧入法 ガスを油層内に圧入することにより油層の圧力を維持し、ガスによって油を押し出す方法です。

(ii)水攻法 地上より水を油層に圧入して油層圧を維持させ、あるいは一度降下した圧力を回復させ、水により石油を押し出す方法です。

(iii)熱回収法 非常に重質で、粘性が高く、油層中でも自然の状態では採油井への移動が困難で、一次採油では採取不純な油に対しては、油の温度の増加による粘性の低下する性質を利用したもので水蒸気圧入法、火攻法があります。

(iv)ミシブル・ドライブ法 通常ガス圧入法、水攻法では微小孔隙内の油の飽和率を下げることはできません。これは、水、ガス、油が互いに異質なものであるため、互いの間の界面張力が存在し、油層岩の性質とあいまって毛管現象を呈するためです。そこで油に対して親和性をもつ(ミシブルな)置換流体で押してやることにより、置換効率を高めるのがミシブル・ドライブ法です。この置換流体としては、炭酸ガス、ポリマー、界面活性剤等があります。

なお、上記のガス圧入法及び水攻法を除いた他の人工的排油エネルギー供給法を増進回収法といいます。

2.4 わが国の石油自主開発の活動状況

わが国のエネルギー需要において、石油は、今後ともその大宗を占め続けると見通されており、石油のほぼ全量を海外からの輸入に依存しているわが国にとって、石油資源の確保は、わが国の経済・社会発展のために必要不可欠であり、国内及び海外における石油開発に向けての不断の努力が継続されなければなりません。国内及び周辺大陸棚における探鉱・開発は、自国内及び自国権益内における地下資源を最大限有効に活用するという点で

意義は大きく、量的にはわずかであっても、最も安定した供給源といえます。

また、自由世界で生産されている石油の約10%を消費しているわが国が、単なる石油の輸入・消費国に留まらず、それにふさわしい開発努力を自ら行うことは、国際社会におけるわが国の当然の責務であります。

わが国の石油自主開発事業は、戦後、特殊会社形態の石油資源開発㈱や帝国石油㈱による国内油田の探鉱・開発に端を発し、昭和33年のアラビア石油㈱による海外石油開発事業への進出、更に、昭和35年の北スマトラ石油開発協力㈱と続き、その後、昭和42年の石油開発公団（現 石油公団）の設立を契機に本格化しており、現在、わが国企業による海外石油プロジェクトのうち、探鉱・開発に成功し、生産中のものは17を数え、中東、東南アジア、アフリカ及び南米と着実に拡大しつつあります。

海外における自主開発原油のわが国への輸入量は、昭和58年度において2,357万kl（＝日量約41万バレル）であり、わが国全体の原油輸入量2億1,284万klのうち約11%を占めております。

わが国の今後の石油自主開発につきましては、昭和58年11月、資源エネルギー庁長官の私的諮問機関である「石油開発基本問題懇談会」（座長：石油公団理事勝谷保氏）の中間報告のなかで昭和70年度において日量120万バレル程度と、その目標値が設定されております。

3. 原油の埋蔵量・生産量

単に原油の埋蔵量といった場合、確認埋蔵量を意味することが多いようです。この確認埋蔵量とは、概ね、発見された油田の中に残っている原油のうち現在の経済条

表-1 わが国の自主開発原油輸入量の推移

（外国での開発分）

会社名	年度					
	53	54	55	56	57	58
※アラビア石油	15,801	13,92	10,795	8,156	7,125	12,376
※ジャパンローサルファオイル	1,557	1,335	1,387	1,716	1,628	1,427
※インドネシア石油	4,071	3,138	2,654	2,727	2,412	2,537
※アブタビ石油	1,294	1,336	1,173	1,105	1,050	1,062
※ジャパン石油開発	5,674	5,001	5,133	4,405	3,913	4,248
※シーアイエネルギーカイハツ	—	—	—	54	48	16
※合同石油開発	348	149	—	—	—	132
※ザイル石油	494	328	430	576	458	421
※日本イラク石油開発	272	—	—	—	—	—
※ナトゥナ石油	21	310	121	144	106	92
※三井石油開発	124	171	141	82	18	26
※日本インドネシア石油協力	—	—	50	94	155	187
※三菱石油開発	—	—	27	94	159	226
※住友石油開発	—	—	103	209	197	239
※日本ペルー石油	—	—	207	836	947	217
※エジプト石油開発	—	—	—	56	109	116
※ガボン石油	—	—	—	—	142	238
※東南アジア石油開発	—	—	—	—	—	14
計(A)	29,656	24,860	22,221	20,254	18,467	23,574
公団対象企業による原油輸入量(A)	27,954	23,044	20,572	18,258	16,667	22,013
原油輸入量(B)	275,359	277,143	249,199	230,232	207,395	212,844
(A) / (B) (%)	10.7	8.9	8.9	8.8	8.9	11.1
(A') / (B) (%)	10.2	8.3	8.3	7.9	8.0	10.3

注1) ※印は公団投融資等対象企業。

注2) アラビア石油は43年度から公団対象になった。

注3) 東南アジア石油開発は58年から新規（公団対象企業）

出所：通産省

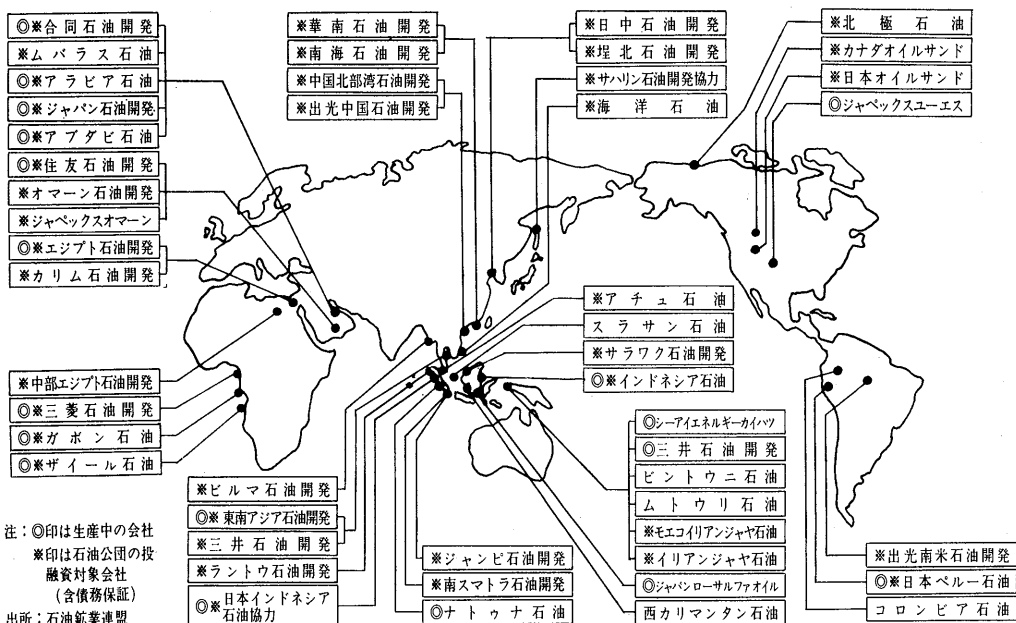


図-6 わが国石油開発企業の海外石油開発プロジェクト（昭和59年7月末現在）

件、技術水準からみて、採取の可能性が、かなり高いものを指します。従って、新たに原油が発見される場合のみではなく、仮に技術水準が飛躍的に向上するようなことがあれば、確認埋蔵量は増加することになります。

米国の石油専門雑誌OGJ誌によれば、1983年末の世界の原油確認埋蔵量は、約1,060億klで、1982年末とほぼ、同じでした。1983年には、約31億klの原油が生産されましたので、1983年中に、生産量に見合う埋蔵量の追加があったことになります。また、1975年の原油確認埋蔵量が、約1,050億klでしたので、1975年から1983年までの間に相当の原油生産を行ってきたにも拘らず、原油確認埋蔵量は増加したことになります。

1983年末の確認埋蔵量を、地域別にみると、中東が最も多く、約590億klで、全世界の55.3%、過半数を占めています。次に共産圏が、約135億klで続きますが中東の約五分の一程度となってしまいます。自由世界では、中南米が、約130億klで、中東に続いているのですがかなりの隔たりがあります。国別にみると、サウジアラビアが世界最大の約270億klの確認埋蔵量を有しており、実に、一国で、世界の約4分の1を占めています。次は、クウェート、ソ連の順で続きますが、それぞれ、約100億klで、サウジアラビアの半分以下になってしまいます。また、OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries: 石油輸出国機構) と非OPECに分けてみま

すとOPECが、約700億kl、非OPECが、約350億klとOPECが、非OPECの2倍の原油埋蔵量を有していることがわかります。

世界の原油生産量は、1980年以来4年連続で減退し、1983年には約31億klとなりました。これは1975年の生産量と同水準であり、それ以降1979年まで増産を考えますと、1983年は、いわば、山の麓にもどったこととなります。

原油生産量を、地域別にみると、共産圏が最も多く、約8.7億klでした。これは、世界全体の28.1%に相当します。自由世界では、中東が、最高の生産を行っており、約6.8億klでした。これは、世界全体の22.0%を占めています。従って、共産圏、中東の2地域で、世界全体の約半分の原油生産を行ったこととなります。続いて原油生産の多かったのが、北米で約5.8億kl、その次が、中南米で約3.5億klとなっています。

以上からわかることは、確認埋蔵量の多いところが、高い生産を行っているわけではないということです。これは、各年末の確認埋蔵量を各年の原油生産量で、割って求める可採年数に、より明確に表われることとなります。中東、中南米、アフリカの可採年数が、それぞれ、86.6年、36.8年、34.3年と多いのに比べ、北米、共産圏、西欧が、それぞれ、9.3年、15.5年、19.7年となっています。これは、近年、非OPECが増産し、OPECの生産量を抑えた結果ですが、いかに、非OPECの位置が悪いかを示しているとも言えます。

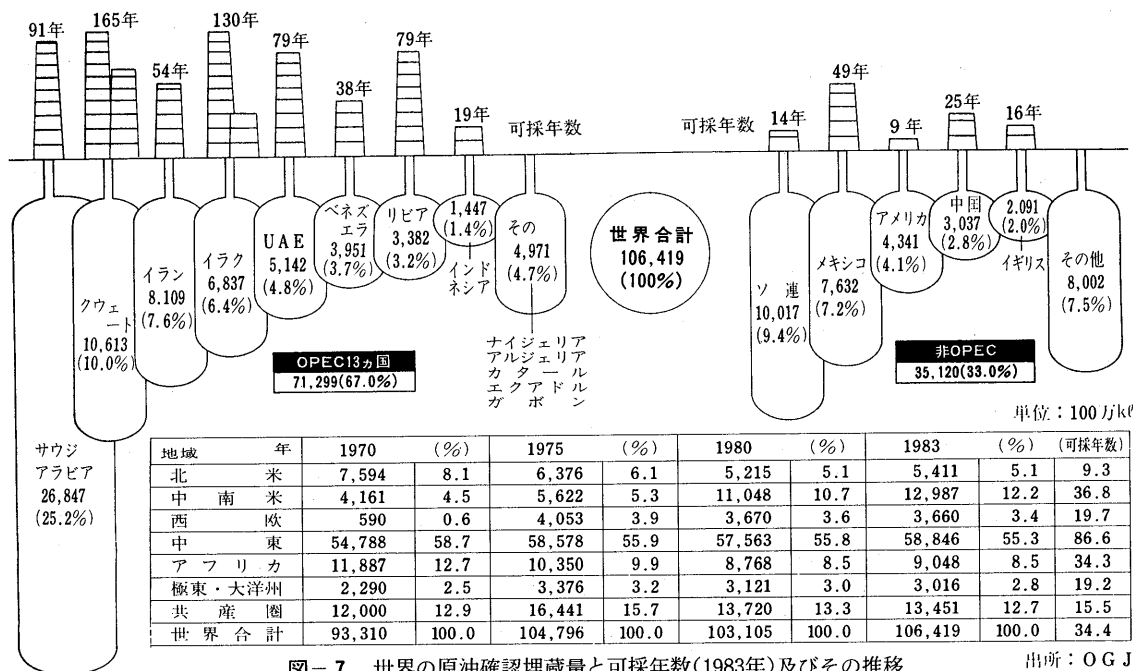


図-7 世界の原油確認埋蔵量と可採年数(1983年)及びその推移

出所: OGJ

表-2 世界の原油生産量の推移

OPEC 101,501(32.8%)	非OPEC 207,588(67.2%)
サウジアラビア 29,429(9.5%)	ソ 連 71,894(23.3%)
イラン 15,124(4.9%)	アメリカ 50,310(16.3%)
ベネズエラ 10,394(3.4%)	メキシコ 15,681(5.1%)
インドネシア 7,498(2.4%)	イギリス 13,116(4.2%)
ナイジェリア 7,150(2.3%)	中国 12,228(4.0%)
U A E 6,494(2.1%)	カナダ 8,102(2.6%)
クウェート 6,448(2.1%)	その他 36,257(11.7%)
リビア 5,928(1.9%)	
イラク 5,252(1.7%)	
その他 7,792(2.5%)	
世界合計	309,089(100%)

単位: 万t

地域	年	1970	(%)	1975	(%)	1980	(%)	1983	(%)
北 米		62,548	24.2	56,990	18.2	58,725	17.0	58,412	18.9
中 南 米		29,924	11.6	25,230	8.1	32,577	9.4	35,274	11.4
西 欧		2,067	0.8	3,136	1.0	14,200	4.1	18,606	6.0
中 東		79,081	30.7	117,997	37.8	105,593	30.5	67,966	22.0
アフリカ		34,817	13.5	28,226	9.0	34,801	10.0	26,398	8.5
極東・大洋州		8,163	3.2	12,768	4.1	15,778	4.6	15,700	5.1
自由世界合計		216,600	84.0	244,347	78.2	261,674	75.6	222,356	71.9
共 産 圏		41,308	16.0	68,199	21.8	84,606	24.4	86,733	28.1
世界合計		257,908	100.0	312,546	100.0	346,280	100.0	309,089	100.0

図-8 世界の原油生産量(1983年)とその推移

4. 原油の性状

原油は、ごく大まかに言えば、液状炭化水素を主成分とし、ガス分それにアスファルト等の固体成分を含んでいます。然しながら、原油の種類は多岐にわたり、その物理的・化学的性状は、油種毎にかなり異なってきます。例えば、比重も異なりますし、含まれている炭化水素のタイプ、ガソリン、灯油等各種石油製品の得率も異なります。

原油を比重で分類する場合、通常、国際的にAPI度を使用しています。OPECの基準原油は、サウジアラビアのアラビアン・ライトと呼ばれる原油で、この原油のAPI度は、34度です。度数が多くなれば軽くなり、逆に度数が少なくなれば重くなります。例えば、北海、アフリカ原油の中には、40度を超すものもあり、これは大変軽い原油であると言えますし、他方、ベネズエラ・中東の原油の中には、20度台のものがあり、これは重い原油であると言えます。ベネズエラには、10度台といった大変重い原油もあります。

地域、国によって、大まかに軽質原油産出国、重質原油産出国と特徴づけられるケースがあります。例えば、OPECの場合、ナイジェリア、リビア、アルジェリアの北アフリカ3カ国、中東では、カタール、アラブ首長国連邦が前者であり、クウェート、ベネズエラが後者になります。然しながら、クウェートにしても近々、軽質原油の開発・生産を行いますし、そのような分類をしても必ずしも、軽質原油或いは重質原油のみを生産しているとは限りません。他方、サウジアラビアのように、軽質原油、重質原油の双方を、かなり生産できる国もあります。

一般的に、軽い原油はガソリンなどの軽質石油製品を多く含み、重い原油は、これが少ないといえます。

また、原油は多く含まれている炭化水素のタイプによりパラフィン基原油、ナフテン基原油、混合基原油、特殊原油と分類される場合があります。

パラフィン基原油から生産されるガソリンのオクタン価は比較的低いのですが、燃焼性のよい灯油、セタン価の高い軽油、粘度指数の高い潤滑油を生産します。ミナス原油、大慶原油がこれに属します。

ナフテン基原油は、多量にアスファルトを生産します。生産されたガソリンのオクタン価は比較的高いのですが、軽油はセタン価が低く、灯油の燃焼性もパラフィン基原油よりも良くありません。メキシコ原油、ベネズエラ原油が、これに属します。

混合基原油は、前二者の中間に位置するもので、良質な灯油を生産しますが、生産されるガソリンは、必ずし

表-3 原油の性状(一例)

	サウジアラ ビア アラビアン ・ライト	クウェート クウェート	ベネズエラ ティアファ ーナ	アラブ首長 国連邦 マーバン	インドネシ ア スマトラ・ ライト	中国 大 慶
比 重 API度	34.4	31.4	17.9	39.3	35.4	33.1
硫黄分 (重量%)	1.72	2.6	2.20	0.80	0.06	0.11
粘 度 (cSt)	(30°C) 6.90	(50°C) 7.0	(50°C) 100	(50°C) 2.5	(50°C) 9.67	(50°C) 17
ガソリン留分						
蒸留範囲 (%)	IBP~180	IBP~180	—	40~179	IBP~175	IBP~198
得 率(容量%)	25.0	19.5	—	24.3	12.5	10.1
灯油留分						
蒸留範囲 (%)	180~250	180~249	123~250	179~234	175~241	198~246
得 率(容量%)	13.5	11.6	5.0	14.3	8.95	5.4
軽油留分						
蒸留範囲 (%)	250~320	249~320	250~340	234~325	241~336	246~317
得 率(容量%)	13.5	12.8	12.0	17.6	12.46	9.8
常圧残油						
得 率(容量%)	48	53.2	82.5	35.2	64.2	70.1
流動点 (°C)	+5	+12.5	0	+30	+47.5	+45
硫黄分(重量%)	3.0	4.02	2.61	1.6	0.14	0.13
動粘度 (cSt)	(50°C) 90	(50°C) 275.7	(50°C) 1,500	(50°C) 25	—	—
残留炭素分 (重量%)	7.2	9.4	9.6	3.6	3.8	3.34

出所「わが国の輸入原油」石油連盟

もオクタン価が高いとはいえません。アラビア原油、中立地帯の原油がこれに属します。

特殊原油は、芳香族炭化水素を多量に含むもので、その数は、それほどありません。

5. 原油の輸入先と輸入量

わが国は、エネルギー供給量の60%強を石油に依存しており、そのうえその殆んどが海外からの輸入に頼り、昭和58年度の原油輸入量は、2億1,284万klとなっています。

昭和48年の第一次石油危機まで、わが国は、原油輸入量の約80%をサウジ・アラビアやイランを中心とする中東地域から輸入していました。その後、原油の安定供給を確保するために輸入先を分散化する努力が続けられ、中東地域からの輸入は、昭和55年度以降70%前後にまで低下しています。

この中東依存率の低下は、東南アジア地域の増加、昭和48年度から輸入開始された中国、さらには昭和55年度から輸入開始されたメキシコ等の増加によってもたらされたものです。

昭和58年度の地域別原油輸入は、中東地域71.2%、東南アジア18.2%でこの2地域で約90%を占めています。

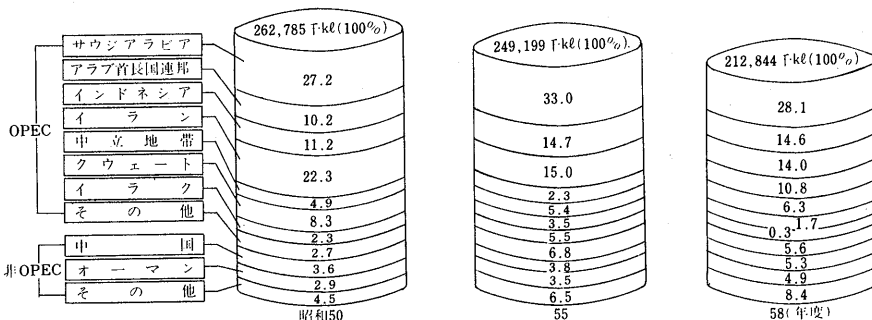
その他の地域は、中国の5.3%、メキシコの3.6%が主なところ。国別には、サウジアラビアの28.1%を筆頭に、アラブ首長国連邦の14.6%、インドネシアの14.0%、イランの10.8%と続いています。

また、昭和58年度のOPECへの依存率は81.4%、OAPECへのそれは56.3%となっています。

原油輸入を供給者別にみると、第一次石油危機以前は75%前後をメジャーを通じて入手していましたが、その後、メジャーのウェートは徐々に減少し、第二次石油危機後は50%を下回り、昭和58年度には、30%強にまで低下しています。その反面、10年前には10%程度であった産油国の直接販売が、現在では約55%にまで増大しています。

これは、昭和48年の石油危機以降、産油国が、石油の供給量と価格の決定についてその影響力を強め、国際石油供給構造は、従来のメジャーの単一支配から、産油国のウェートが急速に高まり、特にイラン政変を契機として、石油供給者としてのメジャーの地位の低下と産油国の直接販売の傾向が一段と強まってきたためです。

近年、メジャーの地位が低下してきているとはいえ、メジャーは、現在でも、長年にわたる事業活動の経験、強大な資金力、高度の原油生産技術、輸送及び世界的レ



単位：1,000kl

国名	年度	48	(%)	50	(%)	55	(%)	57	(%)	58	(%)
中 国	マレーシア	1,639	0.6	9,456	3.6	9,523	3.8	11,243	4.9	11,284	5.3
	インドネシア	607	0.2	1,670	0.6	5,620	2.3	4,007	1.9	4,348	4.0
	インドネシア	10,030	3.5	8,674	3.3	7,480	3.0	4,969	2.4	4,697	2.2
	計	42,433	14.7	29,368	11.2	37,393	15.0	30,042	14.5	29,743	14.0
中 東	計	53,070	18.4	39,712	15.1	50,493	20.3	39,018	18.8	38,788	18.2
	イラク	89,508	31.0	55,505	22.3	5,664	2.3	14,18	7.2	23,072	10.8
	サウジアラビア	978	0.3	6,060	2.3	13,782	5.5	2,48	1.4	571	0.3
	アラブ首長国連邦	57,397	19.9	71,501	27.2	82,266	33.0	68,29	32.9	59,904	28.1
	中立地帯	23,628	8.2	21,919	8.3	8,840	3.5	1,65	0.9	3,598	1.7
	クウェート	15,406	5.3	12,986	4.9	13,446	5.4	11,53	5.4	13,458	6.3
	中東	216	0.1	183	0.1	8,637	3.5	7,78	3.8	9,557	4.5
	アラブ首長国連邦	5,365	1.9	7,503	2.9	8,737	3.5	8,56	4.1	10,397	4.9
ア フ リ カ	計	31,226	10.8	26,950	10.2	36,576	14.7	30,46	14.7	31,086	14.6
	計	223,724	77.5	205,600	78.2	177,948	71.4	145,993	70.4	151,553	71.2
	アルジェリア	67	0.0	177	0.1	1,994	0.8	1,822	0.9	1,123	0.5
	リビア	1,483	0.5	3,188	1.2	1,194	0.5	765	0.4	691	0.3
メキシコその他	計	6,308	2.2	4,159	1.6	1,242	0.5				
	計	7,858	2.7	7,524	2.9	4,430	1.8	2,587	1.3	1,814	0.8
メキシコその他		2,318	0.8	486	0.2	6,805	2.7	9,554	4.6	9,405	4.5
合 計		288,509	100.0	262,785	100.0	249,199	0.0	207,395	100.0	212,844	100.0
うち O P E C		268,246	92.9	234,355	89.2	214,689	86.2	173,187	82.2	173,187	81.4

出所：「エネルギー統計年報」(通産省)

図-9 日本の国別原油輸入

ベルでの巨大な規模の販売網等を有しており、今後とも国際石油市場におけるその役割は依然として大きいものがあると言えます。

このように、産油国の台頭による国際石油構造の変化のなかで、民間石油企業が産油国政府あるいは国営石油会社との間で行なうDD (Direct Deal) 取引のほかに、わが国の石油の安定供給の確保を図っていくため、経済協力等を通じ、産油国政府との政府間の合意に基づく、いわゆるGG (Government to Government) 取引が開始されました。

現在のわが国のGG取引は、中国とメキシコの2カ国で、昭和47年開始されたインドネシアは終了し、昭和49年より開始されたイラクは、イラン・イラク戦争により取引が中断したままとなっています。

中国とのGG取引は、昭和48年に始まり、国際石油㈱と日中石油輸入協議会との2ルートにより、漸次増量が図られ、昭和58年度の輸入量は、約1,100万klに達しています。

メキシコとのGG取引は、昭和55年に、PEMEX (メ

キシコ石油公団) と日本側の輸入窓口会社であるメキシコ石油輸入㈱との間で開始され、途中、太平洋岸の積出港であるサリナクルスSBM (Single buoy mooring, 一点係留方式) の完成もあって、現在の契約量は日量16万バレルにまで増大しています。

また、昭和58年度の供給者別原油輸入は、カルテックス、エクソン、モービル、ガルフ、シェル、BP、CFP等のメジャーが33.1%、独立石油会社が3.1%、産油国国営会社等が54.1%、自主開発石油会社が9.7%となっています。

5.1 一次エネルギーにおける原油の構成比率

わが国のエネルギー需要は、昭和48年度の第一次石油危機までは、エネルギーを大量に消費する重化学工業を中心に、高度経済成長を続けてきたことから、国民総生産 (GNP) の伸びを上回る年率10%台の高い伸びを示しました。エネルギーのなかでも石油需要の伸びが著しく高かったため、一次エネルギー供給に占める石油のシェアは、昭和48年度には78%にまで達していました。

しかしながら、第一次石油危機を境に、エネルギー多消費産業の停滞や省エネルギーの進展により、エネルギー需要の伸びがGNPの伸びを下回るようになり、第一次石油危機後には、エネルギー需要の伸びは年率3%程度の緩やかなものとなりました。さらに、第二次石油危機後は、GNPが毎年3%以上の成長を続けているにも拘わらず、エネルギー需要は毎年3%以上の減少を示すこととなり、エネルギー需要は構造的な変化を遂げてきています。

また、わが国の石油依存度については、昭和48年度78%から58年度62%へと低下しており、その原因は、石油消費の節減が全般的に進む状況において、電力部門における石油代替熱源の開発・導入、産業部門における燃料転換や民生部門における電化率の上昇等によるものです。なお、各部門において石油代替エネルギーの特性に応じた導入が行われた結果、部門毎には、石油代替エネルギー導入の状況に差が生じています。電力部門では、主として供給安定性、経済性に着目して原子力、石炭が、また、主として使用利便性、供給安定性に着目して天然ガス (LNG) が導入され、都市ガス部門では、主として使用利便性、経済性、供給安定性に (LNG) が導入されています。産業部門では、鉄鋼、セメント等の燃料転換の条件に恵まれた業種において、主として経済性に着目して石炭が導入され、民生部門では、主として利便性のほか経済性の改善等にも着目して、電気、都市ガスのシェアが増大しています。

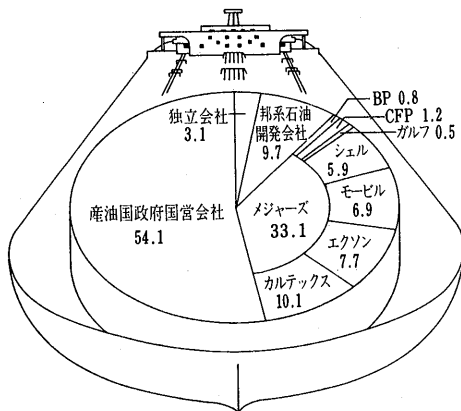


図-10 日本への原油供給内訳 (昭和58年度)

表-4 日本への原油供給の推移

単位: 1,000 kl

供給者	年度	46	(%)	50	(%)	55	(%)	58	(%)
メ ジ ャ ー ズ	カルテックス	34,623	16.9	36,264	13.8	40,212	16.1	21,546	10.1
	エクソン	29,706	14.5	38,629	14.7	24,509	9.8	16,456	7.7
	モービル	21,102	10.3	24,176	9.2	22,528	9.0	14,611	6.9
	ガルフ	20,487	10.0	20,497	7.8	684	0.3	1,027	0.5
	シェル	26,838	13.1	32,848	12.5	20,692	8.3	12,469	5.9
	B P	14,136	6.9	25,753	9.8	229	0.1	1,751	0.8
	C F P	7,170	3.5	5,781	2.2	2,113	0.9	2,629	1.2
小 計		154,062	75.2	183,948	70.0	110,967	44.5	70,489	33.1
独 立 会 社		20,897	10.2	20,234	7.7	8,267	3.3	6,651	3.1
産油国政府国営会社		9,219	4.5	37,578	14.3	110,581	44.4	115,100	54.1
邦系石油開発会社		20,692	10.1	21,025	8.0	19,384	7.8	20,604	9.7
合 計		204,870	100.0	262,785	100.0	249,199	100.0	212,844	100.0

出所: 「石油資料」(通産省) ほか

このように、わが国の石油依存度は低下していますが、欧米の主要国との比較においては、イタリアの65%を下回ってはいらぬものの、まだまだ石油に多くを依存せざるを得ない状況にあります。

今後のエネルギー需要見通しについては、昭和58年11月、通産大臣の諮問機関である総合エネルギー調査会策定の「長期エネルギー需給見通し」によると、わが国のエネルギー需要は、年率2%強で増加し、石油換算で昭和

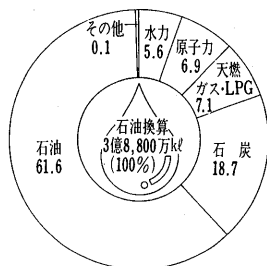


図-11 日本の一次エネルギー供給比率（昭和57年度）

表-5 日本の一次エネルギー供給の推移 単位：%

項目	年度	34	40	45	50	55	56	57
石油		37.7	58.4	70.8	73.3	65.8	63.7	61.6
石炭		42.1	27.4	20.7	16.4	17.0	18.3	18.7
水力		15.3	11.3	6.3	5.8	5.7	5.8	5.6
天然ガス/LNG		1.0	1.2	1.3	2.5	6.3	6.5	7.1
原子力		—	—	0.4	1.7	5.1	5.6	6.9
薪炭・その他		3.9	1.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1

出所：「総合エネルギー統計」（通産省）

表-6 長期エネルギー需給見通し

昭和58年11月16日

項目	年度	昭和57年度(実績)	昭和65年度	昭和70年度	昭和75年度(試算)	
エネルギー需要		3.88 億kl	4.6 億kl	5.3 億kl	6 億kl 程度	
エネルギー別	区分	実数	構成比(%)	実数	構成比(%)	実数
石炭		9,450万t	18.5	10,800万t	17.5	12,800万t
(うち国内天然ガス)		(1,850万t)		(1,800~2,000万t)		(1,800~2,000万t)
(うち一般炭)		(2,840万t)		(4,300万t)		(5,800万t)
電子力		1,730万kw	6.9	3,400万kw	10.8	4,800万kw
天然ガス		2,700万kl	7.0	5,600万kl	12.1	6,100万kl
(うち国内天然ガス)		(21億m³)		(43億m³)		(50億m³)
(うちLNG)		(1,760万t)		(3,650万t)		(4,000万t)
水力	一般水力	1,940万kw	5.4	2,200万kw	5.0	2,400万kw
揚水		1,400万kw		1,800万kw		1,950万kw
地熱		40万kl	0.1	150万kl	0.3	350万kl
新燃料油, 新エネルギー, その他		90万kl	0.2	800万kl	1.7	1,900万kl
石油		240億kl	61.9	24億kl	52.5	25億kl
(うち国内石油)		(48万kl)		(150万kl)		(190万kl)
(うちLPG)		(1,570万t)		(1,900万t)		(2,100万t)
合計		3.88 億kl	100.0	4.6 億kl	100.0	5.3 億kl
						6 億kl 程度

(注) 1. 原油換算は9,400 kcal/ℓによる。

2. 新燃料油, 新エネルギー, その他の欄には, 太陽エネルギー, オイルサンド・シェール油, アルコール燃料, 石炭液化油, 薪炭等を含む。

3. 構成比の各欄の数値の合計は, 四捨五入の関係で, 100にならない場合がある。

和65年度4.6億kl, 70年度には5.3億klとなることが見込まれています。石油需要は, 現在2.4~2.5億klで推移すると見込まれていることから, 一次エネルギー供給に占める石油のシェアは, 65年度53%, 70年度には48%へと低下する見通しとなっています。このように, 長期的にみて石油への依存度は低下するものの, 石油がわが国エネルギーの中核であることに変わりはありません。

5.2 石油の10年史(48年~)と原油の公式販売価格の推移

産油国は, それまでの安定した需給関係と低価格のもとに, 増大し続ける世界の石油需要を背景に, 石油によ

国	石油	天然ガス	石炭	水力	原子力
日本	60.4	7.4	18.5	5.7	8.0
アメリカ	41.0	25.3	23.4	5.6	4.7
西ドイツ	43.9	15.5	32.2	2.5	5.9
イギリス	37.5	22.4	33.9	0.7	5.5
フランス	49.3	13.7	13.4	8.4	15.2
イタリア	64.5	16.4	9.5	8.1	1.5

出所：BP統計

図-12 主要国の一次エネルギー消費構成(1983年)

る経済的離陸を果たすべくOPECを中心として攻勢を強め、原油公示価格の引上げ、事業参加等を達成しましたが、ことにアラブ産油国は、「石油を政治的な武器として用いる」旨の強硬な言明を行い、世界の注目を集めました。

このような国際情勢のなかで、昭和48年10月6日、アラブ諸国とイスラエルとの長年にわたる対立から、第四次中東戦争が勃発しました。

この戦争に際して、アラブ諸国は、自国内に豊富に産出する石油を強力な武器として戦うという新たな戦法をとり、生産削減及び非友好国に対する禁輸措置を決定したため、国際石油需要に多大の影響を及ぼした第一次石油危機となりました。

このようなアラブ産油国の強硬な手段により、ついに同年10月16日産油国側は一方的に公示価格の大幅引上げを宣言しました。

ここに、産油国は公示価格の決定権を完全に獲得し、これ以降公示価格を公示する主体が石油会社から産油国へ移行することとなりました。また、これに伴い、昭和50年まで有効であった既存のテヘラン、ジュネーブ等の価格協定は、事実上失効することとなりました。

この公式価格決定権の獲得を足場に、同年12月末に産油国は10月に引上げた公示価格を、翌年1月1日より、さらに2倍以上に引上げる決定を行いました。この決定は、基準原油のアラビアン・ライト原油について、産油国政府取分を1バレル当り7ドルとし、これをベースに公示価格を昭和48年12月の5.036ドル/バレルから一挙に11.651ドル/バレルに引上げるものでありました。

このようにして、OPECは、石油危機を通じ、価格と生産量の決定権をメジャーの手から奪い返すことになりました。

その後、昭和50年9月に基準原油の公式販売価格が市

場価格の10.463ドル/バレルから11.510ドル/バレルに引上げられ、51年12月のOPEC総会では、値上げ幅を5%とするサウジ・アラビアとUAEの2カ国と10%強とする11カ国とに分裂したが、翌52年7月の総会で、サウジアラビアの妥協により、10%派に値上げ幅をそろえることで結着しました。

また、OPECは53年12月総会で、基準原油の価格を12.70ドル/バレルから54年末には14.54ドル/バレルへと四段階値上げすることを決めました。

ところが、54年2月にイランに革命政権が成立し、その騒動のため、イランの原油生産が激減したことから、54年の石油需給は再び逼迫の様相を呈しました。

この結果、54年末にはアラビアン・ライト原油が24ドル/バレルに、55年6月には28ドル/バレルに引上げられ、1年余で2.2倍に高騰するという第二次石油危機となりました。

第二次石油危機もほぼ収まったかにみえた55年9月、イラン・イラク戦争が勃発しました。その緊張を背景にした55年12月のOPEC総会では、再び、穏健派のサウジ・アラビアと強硬派のリビア、イラン等が対立し、結局、アラビアン・ライトを30ドル/バレルより32ドルに値上げし、みなし基準価格を36ドルとするという二重価格状態となりました。

56年10月の総会において、基準原油（アラビアン・ラ

■主要原油の公式販売価格の変動状況

年月	1978年12月 (第2次 石油危機)	1984年5月	1978年に対 する値上り 率(%)
アラビアン・ライト	12.70	29.00	228.3
大 慶	13.20	28.65	217.0
スマトラライト	13.55	29.53	217.9
イラニアン・ライト	12.81	28.00	218.6

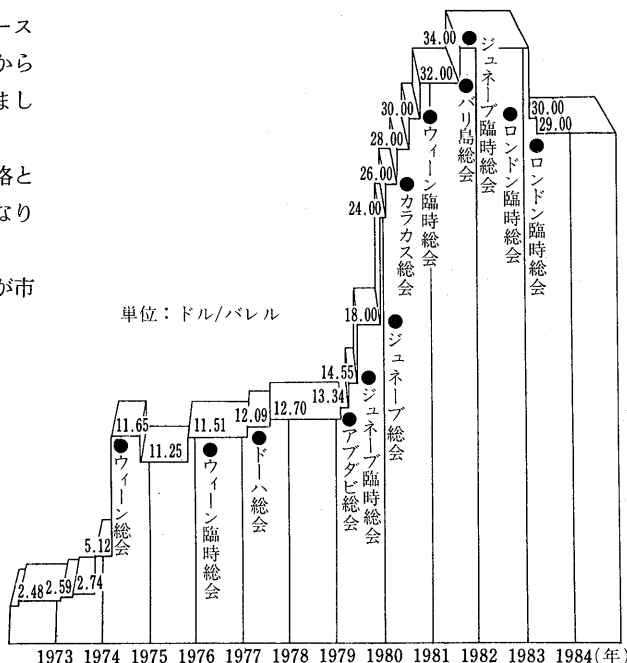


図-13 アラビアン・ライト原油の公式販売価格の推移

出所：PIWほか

イト)を34ドル/バーレルに値上げすることとし、2年半ぶりに、原油価格体系の統一を再び回復しました。

このような石油価格の急騰により、世界景気は停滞し、一方、消費国での石油代替エネルギーの開発・導入や省エネルギー努力によって、石油需要は減少を続け、石油需給は緩和基調へと変化して行きました。しかも、この間において北海、メキシコ等の非OPEC原油の生産が増大する反面、OPECの生産が減少したため、自由世界の石油生産に占めるOPECのシェアは、57年には遂に50%を割るに至りました。

こうした石油需給事情を背景に、OPECは58年3月の総会で基準原油を5ドル/バーレル値下げし、29ドルとすることを決議しました。

5.4 タンカーの保有状況

世界のタンカー船腹は、米国、欧州、日本等の主要先進国が中東から大量の石油輸入を開始した昭和40年代に入って、海上輸送距離の延長により飛躍的に増大しました。その後、昭和48年の第四次中東戦争を契機とする第一次石油危機は、世界海運にも多大の影響を及ぼし、それまで増大する一方だったタンカー船腹は、昭和53年に戦後初めて減少に転じました。これは、石油危機後の長期海運不況によって、船腹のスクラップが新造船の竣工量を上回ったためです。

J.I.ヤコブ社の“WORLD FLEET REVIEW”によると昭和58年末の世界のタンカー船腹量は、合計3,111隻、2億8,322万DWTあります。国別の船腹量は、リベリア7,642万DWT、次いで日本2,633万DWT、ギリシャ2,114万DWT、ノルウェー1,888万DWT、米国1,647万DWT、英国1,527万DWT、パナマ1,498万DWTの順となっています。

リベリア及びパナマのような小国にタンカーが多いのは、これらの国々では税負担が軽く、また、船舶法や労働法の規制も厳しくないためで、従って同国籍船といっても、実質的な船舶所有者は外国企業である、いわゆる便宜置籍船であります。これら便宜置籍船の実質的な所有者は、米国、ギリシャ、香港の企業が多いといわれており、これを考慮するとタンカーの船腹保有量は、実際には、米国、

英国の方が日本よりも多いとみられています。

また、タンカーの所有形態をみますと、昭和58年末で石油会社系船主保有が1億877万DWT、独立船主保有が1億6,325万DWTで、石油会社系船主保有の割合は約40%となっております。さらに、船型別では20万DW

表-7 アラビアン・ライト原油価格の推移

年月日	項目	公示価格 ドル/バーレル	指数	備考
1949. 4.		1.88	104.4	—
7.		1.75	97.2	—
1953. 7.		1.93	107.2	—
1957. 6.		2.08	115.6	—
1959. 2.		1.90	105.6	—
1960. 8.		1.80	100.0	—
1971. 2.15		2.180	121.1	テヘラン協定
6. 1		2.285	126.9	テヘラン協定
1972. 1.20		2.479	137.7	ジュネーブ協定
1973. 1. 1		2.591	143.9	テヘラン協定
4. 1		2.742	152.3	ジュネーブ協定
6. 1		2.898	161.0	新ジュネーブ協定
7. 1		2.955	164.2	新ジュネーブ協定
8. 1		3.066	170.3	新ジュネーブ協定
10. 1		3.011	167.3	新ジュネーブ協定
10.16		5.119	284.4	OPEC一方的値上げ
11. 1		5.176	287.6	新ジュネーブ協定
12. 1		5.036	279.8	新ジュネーブ協定
1974. 1. 1		11.651	647.3	OPEC一方的値上げ (市場価格: 10.835)
11. 1		11.251	625.1	公示価格引下げ (市場価格: 10.463)
公式販売価格				
1975. 10. 1		11.510		OPEC一方的値上げ
1977. 1. 1		12.090		"
7. 1		12.700		"
1979. 1. 1		13.339		"
4. 1		14.546		"
6. 1		18.000		"
11. 1		24.000		"
1980. 1. 1		26.000		"
4. 1		28.000		"
8. 1		30.000		"
11. 1		32.000		"
1981. 10. 1		34.000		"
1983. 2. 1		30.000		需給緩和による値下げ
3. 1		29.000		"

表-8 世界のタンカー国籍別船腹構成

国 籍	1980年			1981年			1982年			1983年		
	隻数	1,000 DWT	%	隻数	1,000 DWT	%	隻数	1,000 DWT	%	隻数	1,000 DWT	%
リベリア	758	100,273	30.87	715	91,646	28.62	649	84,411	27.79	598	76,419	26.98
ノルウェー	158	23,954	7.38	164	24,442	7.63	158	21,200	6.98	147	18,878	6.67
イギリス	253	24,793	7.63	224	21,219	6.63	200	17,624	5.80	175	15,266	5.39
アメリカ	311	16,156	4.97	311	16,397	5.12	311	16,771	5.52	289	16,474	5.82
日本	202	30,048	9.25	208	29,741	9.29	208	28,510	9.39	193	26,329	9.30
パナマ	155	12,167	3.75	176	14,387	4.49	198	15,923	5.24	201	14,978	5.29
フランス	80	14,986	4.61	70	13,246	4.14	64	11,551	3.80	58	10,389	3.67
イタリア	94	8,044	2.48	85	7,227	2.26	80	7,004	2.31	76	6,174	2.18
ソ連	205	6,052	1.86	202	6,072	1.90	199	6,139	2.02	199	6,246	2.21
ギリシャ	315	22,836	7.03	351	26,968	8.42	307	23,711	7.81	254	21,140	7.46
オランダ	17	2,882	0.89	13	2,466	0.77				26	1,738	0.61
スウェーデン	24	3,609	1.11	24	2,372	0.95	22	2,525	0.83	24	2,670	0.94
デンマーク	39	4,877	1.50	39	4,710	1.47	44	4,578	1.51	48	4,523	1.60
西ドイツ	32	5,072	1.56	33	4,765	1.49	31	4,287	1.41	26	3,498	1.23
その他	695	49,054	15.11	736	53,998	16.82	793	59,480	19.59	801	58,497	20.65
合 計	3,338	324,794	100.00	3,351	320,236	100.00	3,264	303,714	100.00	3,115	283,219	100.00

出所: John I. Jacobs

T以上のいわゆるVLCC (Very Large Crude Carrier), 30万DWT以上のULCC (Ultra Large Crude Carrier) が全船腹量の約52%を占めています。

第一次石油危機以降の石油需要の低迷により, 世界のタンカー需給は過剰状態が続いています。タンカー船主は, この対策として, スクラップ, 係船, スロースターミング等を行っており, 現在の係船量は, 約5,000万DWTと言われています。しかも, タンカー船腹需給の改善はまだ当分期待できない状況にあります。

わが国のタンカー船腹量は, 日本タンカー協会の「本邦油送船資料」によると, 昭和59年3月末で168隻2,576万DWTとなっています。保有形態別では, 20隻408万DWTが石油会社系船主の所有で, 残りは独立船主等の所有であり, 石油会社系船主所有のタンカー, すなわち自社船は約16%となっています。

また, 船型別では, 20~30万DWTのいわゆるVLCCが1,686万DWTと全体の約65%を占めているが, 東南アジアの積出港の港湾事情に合わせて5~10万DWTの中型船が約16%と多いのもわが国の特徴です。30万DWT

T以上のいわゆるULCCは4隻, 165万DWTとなっています。

表-9 世界のタンカー就航船腹量

	所有形態別期末タンカー船腹量							
	石油会社所有		独立船主所有		その他		合計	
	DWT	%	DWT	%	DWT	%	DWT	%
1968年末	41,771,140	37	72,346,294	63	—	—	114,117,434	100
1969年末	46,825,620	36	82,754,935	64	—	—	129,580,555	100
1970年末	53,685,784	36	99,539,534	64	—	—	149,225,318	100
1971年末	59,716,089	35	109,098,373	65	—	—	168,814,462	100
1972年末	63,958,843	34	123,388,170	66	—	—	187,247,013	100
1973年末	72,088,489	33.8	141,211,679	66.2	—	—	213,300,168	100
1974年末	90,108,137	36.6	163,225,738	64.4	—	—	263,333,875	100
1975年末	103,513,447	35.9	285,154,677	64.1	—	—	288,668,124	100
1976年末	114,087,621	35.8	204,231,552	64.2	—	—	318,319,173	100
1977年末	119,538,002	36.8	110,150,459	63.7	—	—	329,688,461	100
1978年末	122,018,400	38.1	198,220,305	61.9	—	—	320,238,705	100
1979年末	124,787,000	38	194,916,000	59	8,179,000	3	327,882,000	100
1980年末	126,328,089	40.6	184,899,267	59.4	—	—	311,227,356	100
1981年末	123,573,985	40.1	180,399,634	59.3	—	—	303,973,619	100
1982年末	116,572,668	40.1	174,491,370	59.9	—	—	291,064,038	100
1983年末	108,766,291	38.4	163,251,761	57.6	11,201,616	4.0	283,219,168	100

出所: London World Tanker Fleet Review

表-10 わが国国外航タンカー保有船腹量

(1) 船型別船腹量

(単位: 10³ DWT)

船型 (10 ³ DWT)	52年度末			53年度末			54年度末			55年度末			56年度末			57年度末			58年度末		
	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%
10~35	21	501	1.7	20	413	1.4	15	286	1.0	12	212	0.7	14	240	0.8	14	260	1.0	19	507	2.0
(10~50)								0													
35~70	23	1,110	3.8	19	913	3.1	17	803	2.8	25	1,246	4.2	32	1,650	5.7	34	1,776	6.7			
(50)																					
70~100	17	1,344	4.7	16	1,305	4.4	24	2,002	6.8	36	3,003	10.3	35	2,934	10.1	33	2,802	10.5	56	4,106	15.9
100~150	22	2,650	9.2	18	2,133	7.2	18	2,152	7.3	18	2,170	7.4	18	2,170	7.5	14	1,662	6.2	12	1,420	5.5
150~200	16	2,788	9.7	16	2,753	9.4	13	2,241	7.6	9	1,546	5.3	6	1,032	3.6	7	1,210	4.5	7	1,209	4.7
220~(300)	84	20,473	70.9	90	21,904	74.5	90	21,904	74.5	86	21,094	72.1	85	21,035	72.3	76	18,946	71.1	70	16,859	65.5
(300~)											6								4	1,657	6.4
合計	183	28,866	100.0	179	29,421	100.0	177	29,388	100.0	186	29,271	100.0	190	29,061	100.0	178	26,656	100.0	168	25,759	100.0
(平均)	(158)			(164)			(166)			(157)			(153)			(150)			(153)		

(注) 58年度以降の船型区分は () 内による。

(2) 保有形態別船腹量

保有形態	52年度末			53年度末			54年度末			55年度末			56年度末			57年度末			58年度末		
	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%	隻数	重量トン	%
海運会社	153	24,168	88.7	156	25,313	86.0	154	25,231	85.8	162	24,961	85.3	164	24,870	85.6	158	22,945	86.1	146	21,593	83.8
石油会社	28	4,568	15.8	21	3,978	13.5	22	4,078	13.9	22	4,151	14.2	24	4,101	14.1	19	3,702	13.9	20	4,075	15.8
漁業会社	2	130	0.5	2	130	0.5	1	79	0.3	2	159	0.5	2	90	0.3	1	11	0.0	1	91	0.4
合計	183	28,866	100.0	179	29,421	100.0	177	29,388	100.0	186	29,271	100.0	190	29,061	100.0	178	26,656	100.0	168	25,759	100.0

(注) 10,000-DWT以上を調査対象船型としている。出所: 日本タンカー協会「本邦油送船資料」

船令別にみると、9～11年のタンカーが全体の約50%を占めており、タンカーの法定耐用年数の13年を経過する時期があと3～4年後に迫っており、それらのタンカーの動向が注目されています。

国際的なタンカー過剰状態のなかにおいて、わが国はその解消策の一つとして、昭和53年よりタンカーによる石油備蓄を実施しており、陸上備蓄タンクの完成により量的には減少しているものの、現在も継続されています。

5.4 タンカーの種類と構造

タンカーの種類は、積荷の特性によって、原油やナフサ、重油等の製品を輸送するオイルタンカー、LPGタンカー、LNGタンカー、鉱石／油兼用船等に分類されます。製品を輸送するプロダクトタンカーは、ナフサ等の白油を輸送するクリーンタンカーと重油等の黒油を輸送するダーティタンカーに分けられます。

オイルタンカーは、船体をいくつかのタンクに区分しそれぞれに配管の上、直接タンク内に原油等を積載して輸送する船であり、さらに、積荷の流動点が高いものすなわち、常温では固型のを輸送する場合には、ヒーティングコイルすなわち加熱装置付のタンカーを使用します。

また、従来のタンカーは、空船時には航行の安全のために、バラストとして相当量の海水をタンクに入れていたが、海水の油濁を防止する観点から、近年の新造船はすべてSBT（専用バラストタンク）を装備しています。

また、近年のタンカーは、爆発防止のためのイナート

ガスシステムを装備しており、イラン・イラク戦争の影響でペルシャ湾内で被災したタンカーが比較的軽微な事故に留まっているのもこの装置のおかげです。

LPGタンカーは、常温、常圧下で気体であるガス類を液化して撒積輸送する船で、特に液化プロパン、液化ブタンの輸送専用船をいいます。LPGタンカーは、その液化方法によって、加圧式LPG船と冷凍式LPG船とに大別されます。前者は、常温で加圧することにより、後者は常圧で冷却することによってガスを液化し輸送するものです。

LNGタンカーは、LNGが超低温（常圧で－161.5℃）・引火性液体であるため、これに対する特殊構造が要求されることから非常に高船価であり、わが国も近年ようやく新造船が竣工しました。

LNGタンカーのタンクは形状により、独立方形タンク方式、独立球形タンク方式、メンブレン（薄膜）方式の3種類に大別されます。

タンカーの主機関としては、蒸気タービンエンジンとジーゼル（低・中速）エンジンがありますが、石油価格の高騰から、省エネ船への改良が大きな課題となっています。

鉱石／油兼用船は、油専用タンカーが通常復路は空船であり、多少なりとも空船率を減少させ、船舶の運航効率を高めるために考え出されたものであり、構造上兼用であると同時に鉱石と油との三角輸送であるため、その使用航路はかなり限定されたものとなります。

表－11 わが国外航タンカー竣工年度別・船型別船腹量（昭和58年度末）

（単位：10³ LT）

竣工 年度	船 型 (10 ³ DWT)	40未満		40～70		70～100		100～150		150～200		200～250		250～300		300以上		計		構成比 (%)
		NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	NO	DWT	
昭和43年度										1	176							1	176	0.7
44										1	153							1	153	0.6
45												1	223	2	503			3	726	2.8
46										1	183	6	1,371	1	254			9	2,175	8.4
47	1	36						1	111			7	1,646	2	504		8	11	2,297	8.9
48	3	108						1	138	1	171	12	2,779	4	1,046			21	4,241	16.5
49	2	63				1	79					7	1,614	6	1,561			16	3,318	12.9
50	2	48				6	530	5	646			8	1,838	5	1,322	2	883	28	5,267	20.4
51	2	43		1	59	3	258			1	171	3	697	3	775	1	407	14	2,409	9.4
52	1	14		1	55	1	86					1	238					4	394	1.5
53	1	22		4	237			1	100									6	359	1.4
54	1	11		4	232	6	507	1	100	1	177							13	1,027	4.0
55	1	30		8	466	11	912	1	107					1	254			22	1,769	6.9
56	1	35		5	307	3	253	2	218									11	813	3.2
57	4	98		2	125					1	178							7	401	1.6
58												1	235					1	235	0.9
計		19	507	25	1,481	31	2,626	12	1,420	7	1,209	46	10,641	24	6,218	4	1,657	168	25,759	100.0
構成比(%)			2.0		5.7		10.2		5.5		4.7		41.3		24.1		6.4		100.0	
45以前 構成比(%)										2	329	1	223	2	503			5	1,055	4.1
											31.2		21.2		47.7				100.0	
46～58 構成比(%)		19	507	25	1,481	31	2,626	12	1,420	5	880	45	10,417	22	5,716	4	1,657	163	24,704	95.9
			2.1		6.0		10.6		5.8		3.6		42.2		23.1		6.7		100.0	

出所：日本タンカー協会「本邦油送船資料」

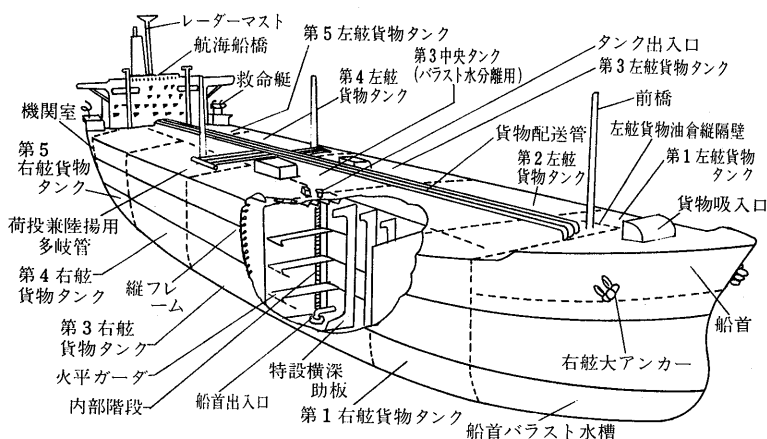


図-14 タンカー一般名称図

オイルタンカーの外観上の一般の名称は図-14の通りです。

6. 石油の備蓄

6.1 備蓄の現状

石油の備蓄は、わが国への石油の供給が不足する事態が生じた場合においても、その安定的な供給を確保し、国民生活及び国民経済に著しい混乱が生じることを回避することを目的として実施されているものです。

現在、わが国で実施されている石油の備蓄は、石油備

蓄法で義務づけられた石油精製業者等が行っている民間備蓄と、石油公団が行っている国家備蓄との2種類があります。

最新時点の実績である昭和59年8月末の備蓄量は、民間備蓄分が5,938万klで109日分、国家備蓄分が製品ベース（原油1klは製品0.95klに換算）で1,440万klの27日分、合計7,378万kl136日分となっています。

（「表-12、石油製品月末在庫量の推移」参照）

表-12の各年3月末時点の備蓄数量と備蓄日数との関係を図にすると、図-15のようになります。

表-12 石油製品月末在庫量の推移（備蓄法ベース）

（単位：万kl）

月末	民間備蓄					国家備蓄		合計		前年度の1日 当りの内需要
	義務日数	原油	製品・半製品	計	備蓄日数	原油	備蓄日数	合計（製品ベース）	備蓄日数	
昭和										
50年4月	65	2,568	2,257	4,696	69					67.7
51年3月		2,693	2,035	4,593	68					"
4月	70	2,744	2,208	4,815	76					63.6
52年3月		3,203	2,070	5,113	80					"
4月	75	3,421	2,322	5,572	84					66.0
53年3月		3,763	2,379	5,954	90					"
4月	80	3,661	2,516	5,993	87	—		5,993	87	68.7
54年3月		3,348	2,275	5,550	81	524	7	6,048	88	"
4月	85	3,511	2,362	5,700	82	524	7	6,997	89	69.4
55年3月		3,737	2,545	6,096	88	524	7	6,593	95	"
4月	85	3,858	2,691	6,357	91	524	7	6,854	98	69.7
56年3月		3,944	2,548	6,295	90	725	10	6,984	100	"
4月	90	3,087	2,719	6,600	106	754	12	7,317	117	62.5
57年3月		3,185	2,321	6,296	101	1,105	17	7,346	118	"
4月	90	3,918	2,444	6,166	105	1,105	18	7,216	123	58.5
58年3月		3,393	2,196	5,418	93	1,251	20	6,606	113	"
4月	90	3,078	2,332	5,256	97	1,251	22	6,445	119	54.1
59年3月		3,059	2,164	5,069	94	1,498	26	6,493	120	"
4月	90	2,999	2,446	5,294	97	1,498	26	6,717	123	54.0
(59年8月)		3,517	2,597	5,938	109	1,516	27	7,378	136	"

（注）1. 52年3月までは「エネルギー統計年報」、52年4月以降「備蓄法報告」

2. 原油欄は原油数量、計欄は製品ベース（原油1kl＝製品0.95kl）

3. 合計の備蓄日数については、四捨五入のため積上げ日数と合わない場合がある。

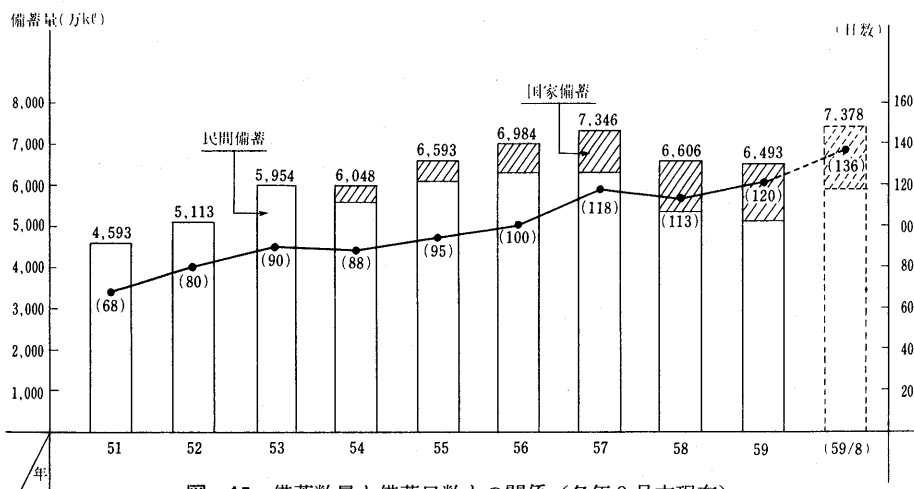


図-15 備蓄数量と備蓄日数との関係（各年3月末現在）

数量と日数との関係では、一日当りの単位量が問題となりますが、現在では前暦年の内需量を基準にしています。従って、同じ備蓄量であっても、前年の内需量が増・減することで、日数は逆に減・増することになります。

6.2 民間備蓄について

民間備蓄は、昭和47年度にスタートして以来、11年余になります。

この間の経過を大別すると、第1期の通産省の行政指導により45日分を60日分に増強した期間（昭和47～50年度）、第2期の石油備蓄法により60日分を90日分に増強した期間（昭和51～55年度）、更には、達成された90日分を維持している期間（昭和56～現在）、の3つに分けられます。

①45日～60日増強期間（昭和47～50年度）

この計画の過程において、昭和48年の「第一次石油危機」を経験し、緊急時における石油の安定供給の重要性が改めて認識され、備蓄水準の抜本的増強を図ることの必要性が強く認識されました。

一方、OECDの下部機構の国際エネルギー機構においても、協定により、加盟国は1980年（昭和55年）までに90日備蓄を達成することの義務づけがなされました。

かかる経緯を経て、昭和50年12月に石油備蓄法が制定され、法律で90日増強に移行しました。

②60日～90日増強期間（昭和51～55年度）

当初は54年度迄に30日分を積み増す計画でしたが、「第2次石油危機」のため、1年遅れて昭和55年度末に90日備蓄が達成されました。

③90日維持期間（昭和56年度～現在）

前暦年の内需量に見合った90日分の維持が図られながら、現在に至っています。

なお、民間備蓄は国家備蓄とは異なり、特定の場所で備蓄分だけを塩漬で貯えるものではなく、操業用在庫分（45日分と言われる）と備蓄分が一体となって維持管理されているものです。

また、複数の石油企業が共同して基地を建設し、運営する共同備蓄会社を設立する場合には、石油公団の出・融資が行われますが、この形態のものとして、新潟石油共同備蓄㈱と北海道石油共同備蓄㈱が設立されました。

（会社概要、基地内配置については、表-13及び図-16・17 参照）

表-13 共同石油備蓄会社の概要及び進捗状況

プロジェクト名 (所在地)	規模 (総事業費)	出資(予定) 企業名等	進捗状況
新潟石油共同備蓄㈱ 新潟県北蒲原郡聖籠町および新潟市	113万kl (366億円) (366億円)	石油公団(50%) 昭和石油(25%) 東亜石油(5%) 日網石油精製(5%) ゼネラル石油精製(5%) 東邦石油(5%) 伊藤忠商事(3%) 丸善石油(2%)	52年2月会社設立、同年8月から本格的な工事に着手、同年12月東基地において一部完成(20万kl分)し部分操業していたが、残りタンク(東基地約40万kl、西基地約60万kl)についても、54年4月に完成し、全面操業している。
北海道石油共同備蓄㈱ 北海道苫小牧市厚岸町	350万kl	石油公団(50%) 出光興産(25%) 昭和石油(10%) 丸善石油(5%) ゼネラル石油精製(4%) 東邦石油(4%) 日網石油精製(2%)	54年3月会社設立、同年5月苫小牧東部開発㈱との間で土地売買契約を締結、直ちに工事に着手し57年6月～8月にかけて第1期分(15基)完成、同年7月よりオイルインを開始、58年11月には第2期分(16基)が完成した。 第1期 57年6月～8月(15基) 第2期 58年11月(16基)

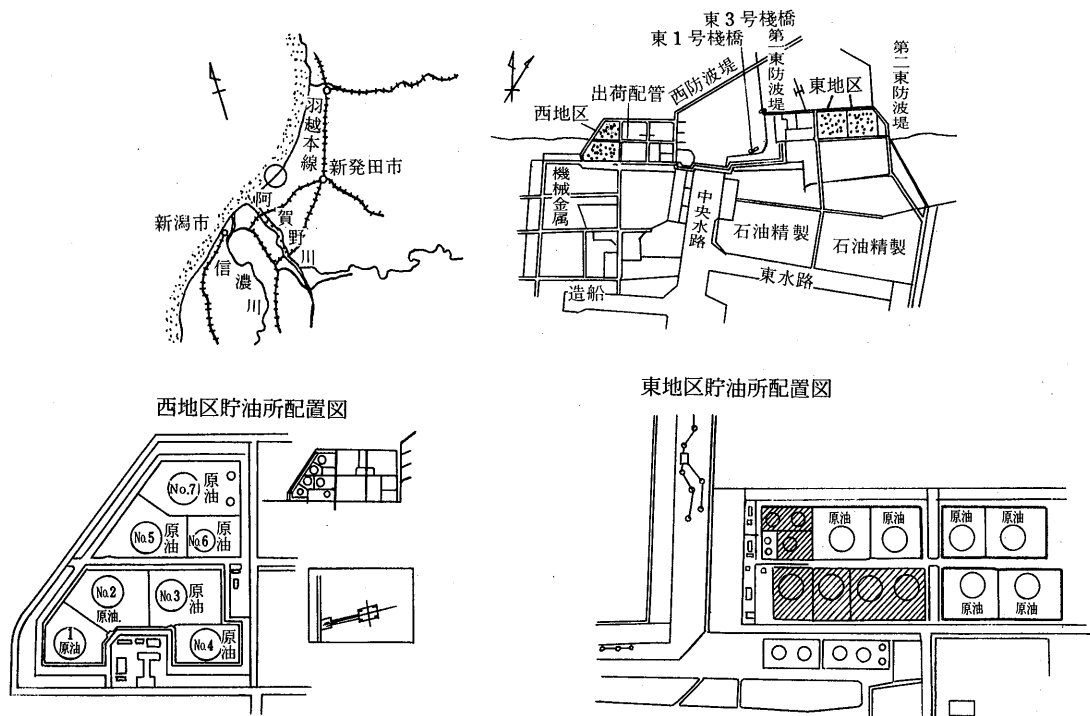


図-16 新潟石油共同備蓄基地位置図

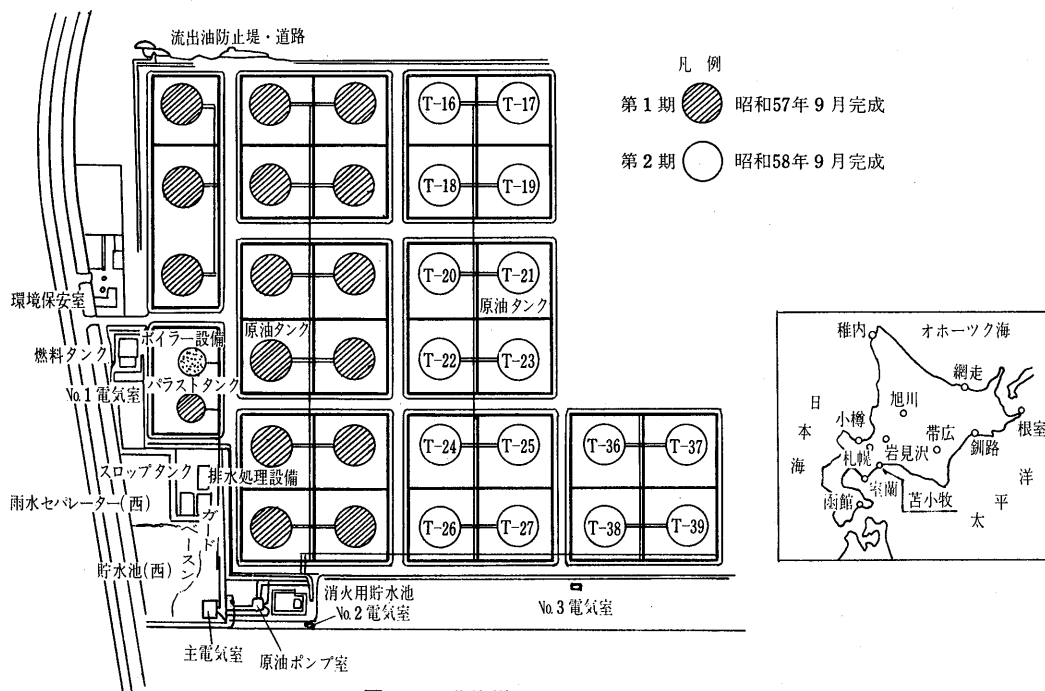


図-17 北海道共同備蓄基地配置図

6.3 国家備蓄について

国家備蓄は昭和53年秋からスタートしました。

昭和52年8月の総合エネルギー調査会の中間とりまとめにおいて、90日を上回る備蓄が必要なこと、90日を超える備蓄の増強については国家備蓄の方向で検討すべきこと等が指摘されました。

このような経緯を経て、国の指導監督の下に、石油公団による国家備蓄が始められました。

国家備蓄は、当初、貯油施設が無かったこともあり、タンカー備蓄でスタートしましたが、現在では、国備会社による陸上施設での備蓄、民間石油会社の余剰タンクによる備蓄とタンカーによる備蓄の方法で積み増しが行われています。

(「表-14 国家備蓄積増状況」参照)

国家備蓄の目標量は、昭和63年度末 3,000 万klとされており、現在、国備会社による基地建設が進められています。

これまでに立地決定がなされたのは、むつ小川原、苫小牧東部、白島、福井臨港、上五島、秋田及び志布志の7地点であり、この中、むつ小川原と苫小牧東部では一部貯油が行われています。このほか、昭和54年度から実証実験が行われてきた地下備蓄方式による基地建設につ

いてのフィージビリティ・スタディが菊間、串木野と久慈の3地点で実施されています。

(国家備蓄基地等位置については図-18、基地建設事業進捗状況については表-15、基地内配置図については図-19参照)

表-14 国家備蓄積増状況

(年度末ベース)
(万kl)

	積増量	備蓄量合計	貯蔵施設		
			タンカー	民間タンク	国備基地
53年度	524	524	524 (20隻)		
54年度	—	524	524 (20隻)		
55年度	230	754	754 (27隻)		
56年度	350	1,105	990 (35隻)	115	
57年度	150	1,251	786 (27隻)	465	
58年度	250	1,498	546 (19隻)	644	308
59年度 (見込)	250	1,750	250 (9隻)	950	550

(注) 端数があるため、積増量と備蓄量合計の伸びが一致しない年度がある。

図-18 国家石油備蓄基地等位置図

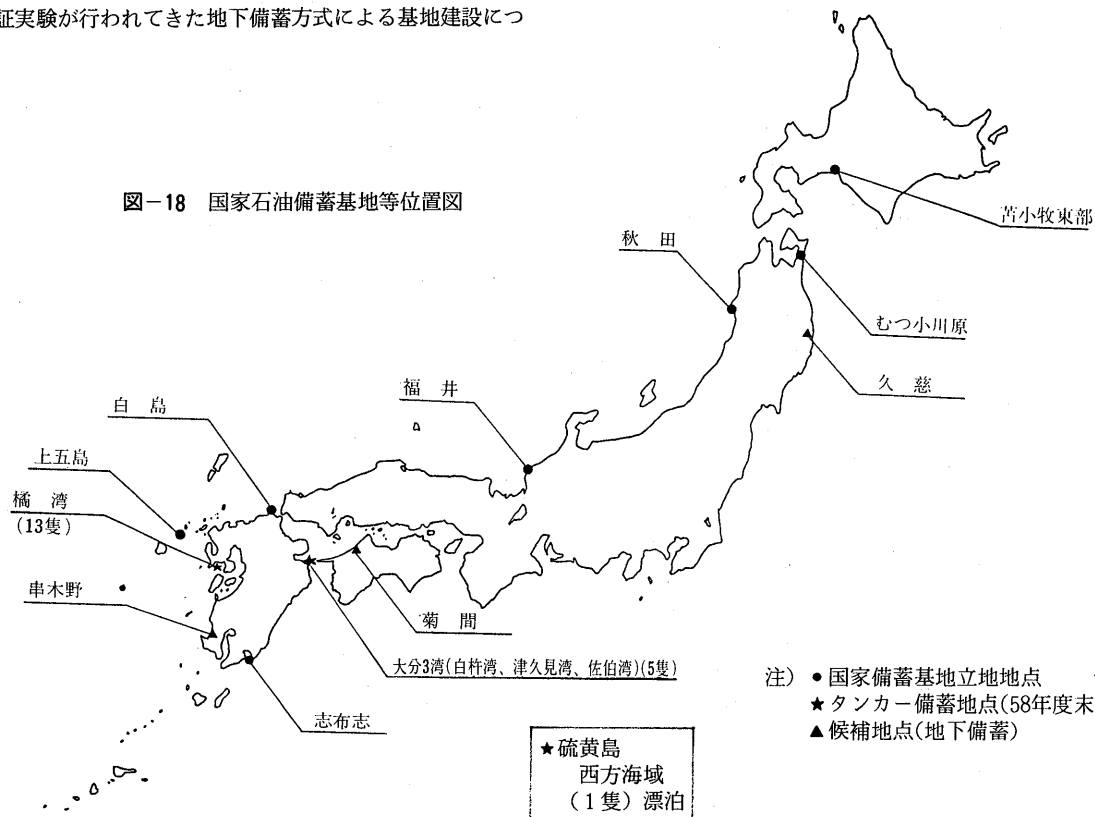


表-15 国家石油備蓄会社の概要(1)

(昭和59年9月末現在)

会社名	むつ小川原石油備蓄㈱	苫小牧東部石油備蓄㈱
本社所在地	東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラル13階 TEL: 03-501-7201	東京都港区新橋2-12-11 (第27森ビル) TEL: 03-502-1821
事業所々在地	青森県上北郡六ヶ所村(むつ小川原大規模工業基地内)	北海道苫小牧東部工業団地内
備蓄基地の所在地	青森県上北郡七ヶ所村大字尾駱字二又 525-2 TEL: 01757-4-3111	北海道苫小牧双葉町1-1-1 (Aコープビル) TEL: 0144-34-7070
会社設立年月日	昭和54年12月20日	昭和56年2月27日
資本金	授権100億円, 払込50億円	授権100億円, 払込25億円
出資構成	石油公団70%, 東亜燃料工業15%, 日本鉱業, 鹿島石油, 大協石油, 富士興産, 東北石油…各1%, その他(県, 電力, 金融, 損保等)9%	石油公団71%, 出光興産15%, ゼネラル石油2%, アジア石油1%, その他(金融, 損保等)11%
施設概要	用地: 約260 ha 原油タンク能力: 約570万kl (11.2万kl×51基)	用地: 約290 ha (南地区約155 ha 北地区約135 ha) 原油タンク能力: 約620万kl (11.3万kl×55基)
総事業費	地上タンク方式 約2,100億円	地上タンク方式 約1,900億円
建設スケジュール	第1期: 132万kl (12基) (A地区) (工期 55年4月~58年8月) 第2期: 198万kl (18基) (B地区) (工期 55年10月~58年8月末完成) 第3期: 231万kl (21基) (C地区) (工期 60年4月末完成予定)	昭和56年5月 着工 昭和59年9月 (南地区完成) (約320万kl, 28基) 昭和65年度末 南西地区完成予定 (約300万kl, 27基) 南地区完成 南西地区 詳細建設工程検討中
現況	建設中(C地区)	

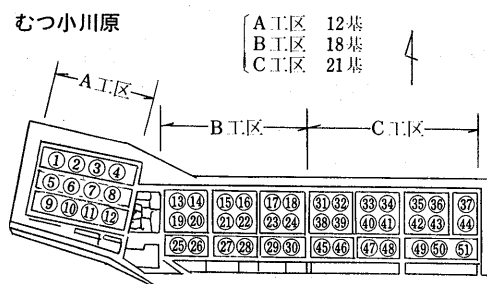
表-15 国家石油備蓄会社の概要(2)

会社名	上五島石油備蓄㈱	秋田石油備蓄㈱
本社所在地	東京都港区虎の門3-5-1 (第37森ビル) TEL: 03-434-7131	東京都港区虎の門3-5-1 (第37森ビル) TEL: 03-433-5651
事業所々在地	長崎県長崎市栄町1-15 (石井ビル) TEL: 0958-28-1710	秋田県男鹿市港船川 TEL: 0185-24-6111
備蓄基地の所在地	長崎県南松浦郡上五島地区	秋田県男鹿市船川地区
会社設立年月日	昭和57年2月4日	昭和57年3月11日
資本金	授権100億円, 払込25億円	授権100億円, 払込25億円
出資構成	石油公団70%, 三菱石油㈱10%, 東北石油㈱2%, 日本郵船6%, その他(県, 電力, 金融, 損保等)12%	石油公団70%, 日本鉱業㈱16%, 共同石油㈱1%, その他(県, 金融等)13%
施設概要	用地: 約50 ha (陸域約10 ha) 海域約40 ha 原油タンク能力: 約450万kl (全体計画約600万kl) (88万kl×5~7基)	用地: 約90 ha 原油タンク能力: 約450万kl (30.5万kl×14基) (7万kl×3基)
総事業費	洋上タンク方式 約1,800億円 (全体計画約2,100億円)	地中タンク方式 約1,700億円
建設スケジュール	昭和62年度 完成予定 (440万kl) 昭和64年度 完成予定 (176万kl)	昭和64年度 完成予定 (122万kl) 昭和66年度 完成予定 (326万kl)
現況	立地決定済 10月着工予定	建設中

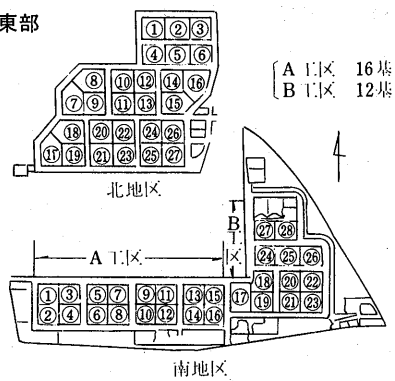
表-15 国家石油備蓄会社の概要(3)

会社名	白島石油備蓄㈱	福井石油備蓄㈱
本社所在地	東京都港区三田1-4-28 (日比谷国際ビル) TEL: 03-453-8181	東京都港区虎の門3-5-1 (第37森ビル) TEL: 03-434-8321
事業所々在地	福岡県北九州市若松区白島海域 TEL:	福井県福井市大手3丁目3番1号 (日本生命ビル) TEL: 0776-21-8937
備蓄基地の所在地	福岡県北九州市小倉区鍛冶町2-5-7 (住友海上火災ビル)	福井県福井市及び三国町地先 (福井臨海工業地帯及びF地区工業用地)
会社設立年月日	昭和56年6月8日	昭和57年1月29日
資本金	授権100億円, 払込25億円	授権100億円, 払込25億円
出資構成	石油公団72%, 丸善石油6%, 山下新日本汽船5%, 九州石油4%, ゼネラル石油2%, 大協石油, 日本鉱業, 共同石油各1%, その他(電力, 金融, 損保等)8%	石油公団70%, 共同石油㈱12%, 鹿島石油㈱3%, 日本鉱業㈱1%, 富士石油㈱1%, 福井県1%, 金融機関(31行)6%, その他6%
施設概要	用地: 陸域約14 ha, 海域60 ha 原油タンク能力: 約560万kl (浮洋式70万kl×8基)	用地: 約150 ha 原油タンク能力: 約340万kl (11.3万kl×30基)
総事業費	洋上タンク方式 約2,100億円	地上タンク方式 約200億円
建設スケジュール	昭和65年度末 完成予定	昭和61年度 完成予定
現況	立地決定済 59年10月着工予定	建設中

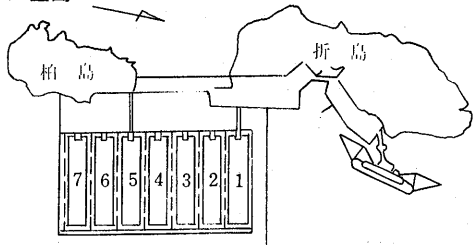
むつ小川原



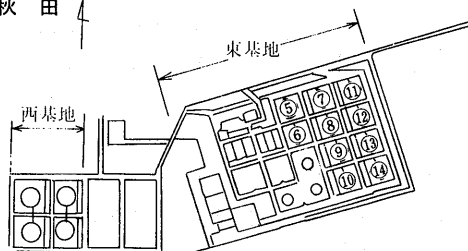
苦小牧東部



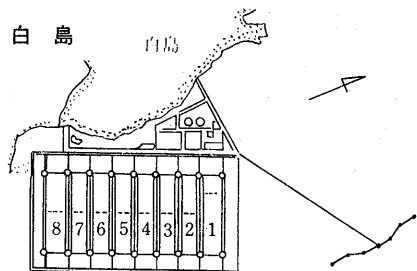
上五島



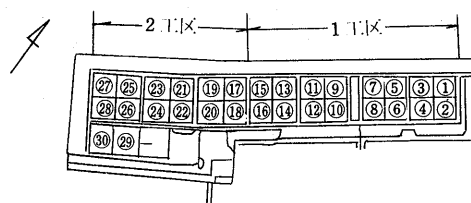
秋田



白島



福井



志布志

用地：約 196 ha
 貯油容量：約 500 万 kl
 (12.1 万 kl × 26 基)
 (11 万 kl × 12 基)
 (11.6 万 kl × 5 基)

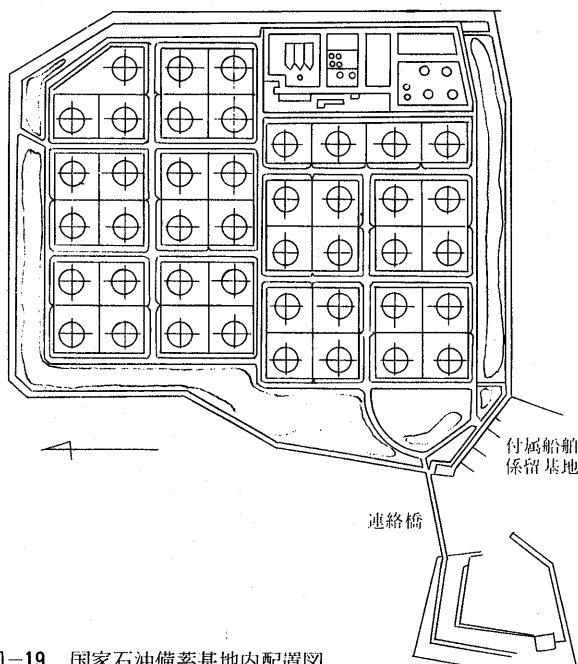


図-19 国家石油備蓄基地内配置図

7. IEA—緊急時の石油融通システム

第一次オイル・ショックが1973年にぼつ発し、世界経済が混乱の“るつぼ”の中にたたきこまれましたが、この中で、アメリカの呼びかけで、主要消費国が集り、対応策について協議しました。その結果、1974年11月、OECDはIEP協定（Agreement on an International Energy Program：国際エネルギー計画に関する協定）を締結し、また、IEA（International Energy Agency、国際エネルギー機関）が生まれました。

IEAの参加国は、現在、米国、ヨーロッパ諸国、日本をはじめとするOECD加盟国の21カ国（但しフランスは未加盟）となっています。IEA加盟国が結んでいるIEP協定の目的は次のとおりです。①平常時から備蓄増強を行うこと、②石油供給が不足する様な事態が発生した場合には、需要の抑制、備蓄の取崩し及び相互融通の措置を講ずること、③長期的には、エネルギーの節約・代替エネルギー源の開発を通じて石油の輸入に対する依存度を軽減すること、④産油国、発展途上諸国との協力関係を促進すること、等です。

石油供給が大巾に不足した場合には、先ほど述べた、IEP協定によって、緊急融通スキームが発動されます。緊急融通スキームの発動は、加盟国全体に供給不足が生じた場合と加盟国の1カ国または数カ国に供給不足が生じた場合の二つのケースがあります。発動は詳細なIEP

協定によって行われますが、加盟国全体或いは1カ国（数カ国）の場合、いずれであっても、基準消費量（過去1年間の平均消費量）の7%以上の供給削減がある場合に、その供給削減の割合に応じて、消費節約や自国の備蓄取崩しを組合せて、加盟国間で融通が行われることになります。なお、59年7月には、IEP協定に加えて、IEAで新たな取決めが行われました。この取決めは、7%以下の石油供給の中断があった場合に、需要抑制などともに中断時の早期に備蓄の取崩しを行い、迅速に対処しようとするものです。

これまで幸いにして、IEA加盟国間で、石油融通をするような事態は起こりませんでした。しかし実際に供給不足が生じた場合に、どの様に加盟国間で石油を融通するべきかという国際的なテスト・ランをこれまでに4回行ってきております。

石油備蓄をはじめとして、このように各国とも平常時から常にいったん供給不足が起きた場合に、どのように対応するかという準備を、石油産業の協力を基礎にして、努力しているといえるでしょう。IEAは政府間の協力機構ですが、日本を含めIEA加盟諸国の石油業界、企業としても、関連の機構の設置やテスト・ランなどに参画して、安定供給に向けて努力を行ってきています。

次に、IEAの機構と石油会社組織との関係については図-20に述べたとおりです。

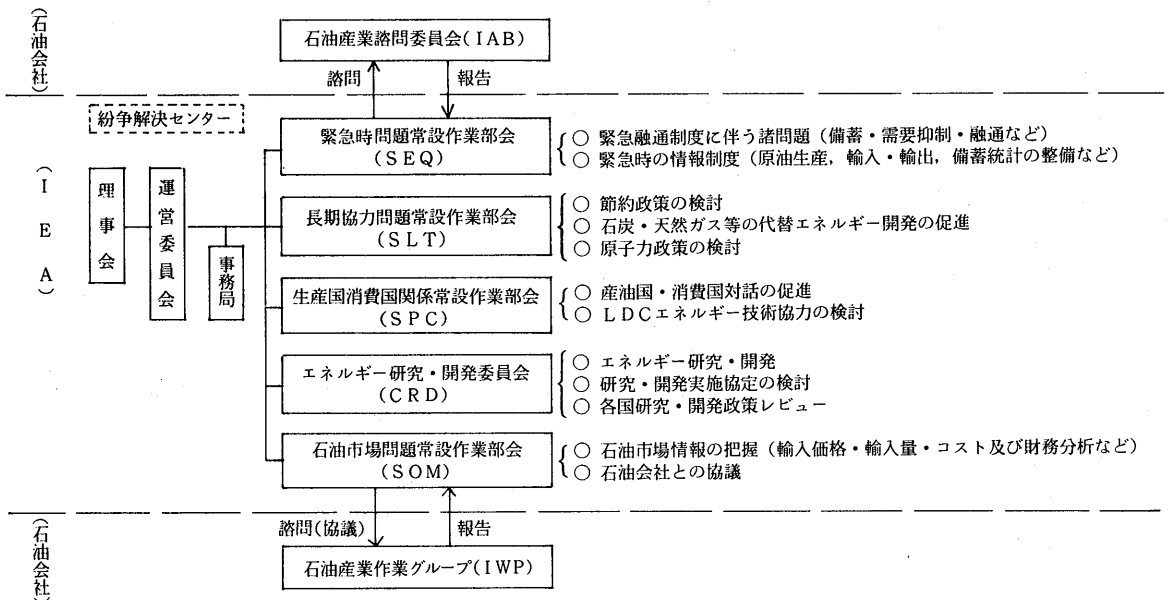


図-20 IEAの機構

石油製品の生産と需給

加藤 正夫* 長谷川 晃一**

1. 石油精製工程

原油を蒸留すると沸点の差によってガソリン、灯油、軽油、残油などが分離されます。しかし、石油製品としてはそれだけで製品になるものは少なく、さらに複雑な精製工程を経る必要があります。精製工程としては、その製油所が使用する原油の種類、出荷製品の需要構成、製品品質に対する要求などによって異なるを得ません。

したがって、石油の精製工程は一定のものではなく、製油所によって色々な装置の組合せになっています。わが国で多く建設されている装置を中心とした工程の一例を示すと図-1のとおりです。

わが国では原油の殆んどを海外からの輸入原油に依存しており、大型タンカーで中東などから運ばれてきた原

油は、原油タンクに陸揚げされた後、まず原油蒸留装置（常圧蒸留装置またはトッパーなどとも呼ばれる）に張込まれます。原油蒸留装置では沸点の差によりLPG（ガス）、ガソリン、ナフサ（軽質、重質）、灯油、軽油（軽質、重質）、残油に分けられます。各留分の沸点範囲は明確に決められたものではありませんが、大体表-1の

表-1 各留分の沸点範囲

ガス分	{メタン	(沸点 - 161.5℃)
	{エタン	(" - 88.6℃)
LPG	{プロパン	(" - 42.1℃)
	{n-ブタン	(" - 0.5℃)
ガソリン留分		35 ~ 180℃
灯油 "		170 ~ 250℃
軽油 "		240 ~ 350℃
残油		350℃以上

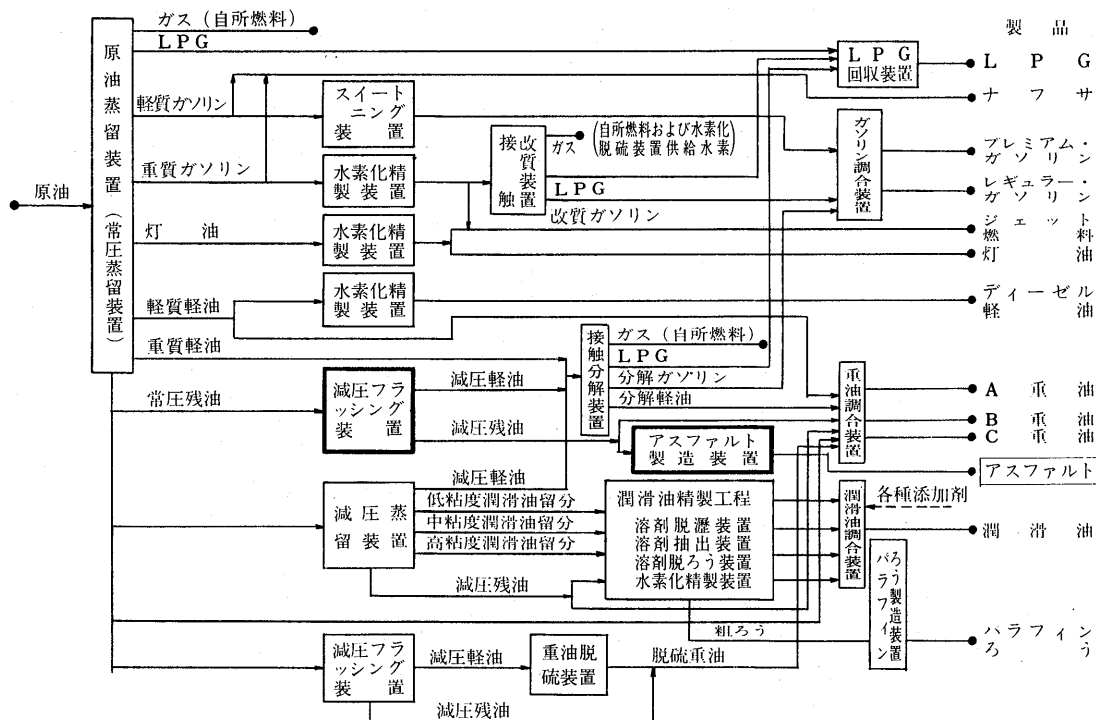


図-1 石油精製工程の一例

* かとう まさお 石油連盟技術環境部次長

** はせがわ こういち 石油連盟外国調査部次長

通りです。なお、一般に製油所の規模はこの原油蒸留装置の処理能力をもって表しています。

主要な石油製品の製造プロセスは以下のようなものが用いられています。

(1) ガス分離及びLPG回収

原油中のガス分はわずかなので、原油蒸留装置から副生するガスは、一般には接触分解装置などから副生するガスとともに精製燃料として使用されます。また、接触改質装置から発生するガスは、水素を多量に含有しているので、多くの場合、水素化精製装置の水素源に利用されます。石油精製の過程で副生されるガスは、ガス分離装置によって分離され、さらにプロパン、ブタンなどのガスはLPGとして回収されます。LPG分は軽質ガスや有害な硫黄化合物を除去するため、LPG回収装置、ソーダ洗浄などによって精製され、製品化されます。

(2) ガソリン製造設備

ガソリン分は原油蒸留によって一般に軽質ガソリンと重質ガソリンに分けられます。軽質ガソリンは重質ガソリンよりオクタン価が高いので、そのままガソリン調合材に使用されます。重質ガソリンはオクタン価が低いので、その一部は接触改質装置により高オクタン価の改質ガソリンに変えられます。接触分解装置は重質軽油や減圧軽油から高オクタン価のガソリンを増産するための装置です。一般に自動車ガソリンは原油を蒸留して得られる直留ガソリンと、改質ガソリン、分解ガソリンなどを適当な割合に調合して製品とされます。

ガソリンの精製、改質装置としては、このほか水素化分解装置、アルキレーション装置、異性化装置などがあります。溶剤や塗料などに使用される工業用揮発油はガソリン留分を再蒸留し精製して得られます。なお、一般に粗製ガソリンをナフサとよんでいます。これには主にエチレンなどの石油化学用、都市ガス製造用あるいはアンモニア合成用などの原料用及び発電用燃料などがあります。

(3) 灯・軽油製造設備

灯油として家庭燃料や溶剤などに用いられるものは、原油蒸留で得られた留分をさらに水素化脱硫装置にかけ、硫黄分など不純物を除去して製品化されます。軽油分は通常原油蒸留で軽質軽油と重質軽油に分けて採取します。軽質軽油はさらに水素化脱硫装置にかけ、硫黄分の除去や色相を向上させるなどしてディーゼル軽油とします。重質軽油は重油の混合基材にするか、接触分解装置の原料油とされます。ジェット燃料油は灯油留分のみものと、灯油とナフサを調合してつくるものとがあります。

が、いずれの場合も水素化精製装置で十分精製されたものから製品化されます。

なお、最近灯油や軽油など、いわゆる中間留分の需要伸長が著しく、その供給増加をはかるため、重質油の分解設備として熱分解装置、接触分解装置、水素化分解装置などが建設されています。さらに中間留分の増産に伴って、とくに軽油やA重油などの流動点が上昇する傾向にあるため、これの改善策として水素化精製に似たプロセスで、選択的に蠟分を分解するプロセスが開発され、わが国でも建設されるようになりました。このほか灯油の煙点を改善するプロセスなどがあります。

(4) 重油製造設備

重油は原油蒸留装置や接触分解装置から留出する軽油、常圧残油、減圧残油および重油脱硫装置からの脱硫重油などを適宜混合し、要求される品質の製品に調製します。重油は粘度によってA重油、B重油、C重油の三種類に分けられます。わが国ではとくに重油中の硫黄分が公害対策の面で問題とされ、これに対応するために昭和42年頃から多くの重油脱硫装置が建設されています。重油脱硫装置としては直接脱硫と間接脱硫の二方式に大別されます。最近では中間留分対策の一環として減圧残油の直接脱硫装置がわが国で建設されています。

脱硫装置はいずれも多量の水素を消費するため、ナフサやブタンなどを水蒸気改質して水素を製造する水素製造装置が一般に設置されます。また、水素化精製や脱硫装置などで除去された硫黄分は、硫化水素としてガス中に含まれてくるので、これを単体硫黄として回収するため硫黄回収装置が建設されています。

(5) 潤滑油製造設備

潤滑油を製造する場合には、まず常圧蒸留の残油をさらに真空（減圧）蒸留して、粘度の異なったいくつかの潤滑油留分を採取します。

これらの留分は、製品として好ましくないアスファルト分、蠟分、硫黄分、色相を不安定にする成分などを除去するため、各種の精製工程にかけられます。主なプロセスとしては溶剤脱瀝装置、溶剤抽出装置、溶剤脱蠟装置、水素化仕上げなどが組合わされて用いられます。そのほか、必要によって硫酸洗浄や白土処理などが用いられる場合もあります。

潤滑油はその使用目的、用途などが非常に多岐にわたっており、製品としても色々な基油の調合割合とか添加剤の種類、量などによって多くの品種に分かれています。

(6) アスファルト製造設備

アスファルトは天然に産出する天然アスファルトと、石油精製に伴って生産される石油アスファルトとがありますが、一般には単にアスファルトと云えば石油アスファルトを指しています。アスファルトは原油に含まれている最も重質な留分であり、減圧蒸留装置で軽質分を完全に除去して得られます。このほか潤滑油精製のプロパン脱離装置や溶剤脱離装置などによっても得られます。これらのものはストレート・アスファルトとよべます。このストレート・アスファルトをさらに空気を吹き込むことによって部分的に酸化させ、アスファルト中に含まれるある成分に重・縮合をおこさせ性質を変えたものがブローン・アスファルトです。

アスファルトの需要の大部分は道路舗装用ですが、そのほか水利構造物、防水、電気絶縁材料などに広く利用されています。

(7) その他設備

原油を精製して得られる石油製品としては、以上述べてきたもののほか、石油ワックスやグリースあるいは石油コークスなどがあります。石油ワックスは原油中に含まれる高融点の炭化水素の混合物の総称で、減圧蒸留の留出油や残油などから分離精製するか、潤滑油精製などによって副生されます。一般にはパラフィン・ワックス、マイクロクリスタリン・ワックスおよびペトロラタムなどにさらに分けられます。これらの主な用途は蠟燭、電気絶縁材のほか医薬品などがあります。

グリースは主に石油系の基油と増ちょう剤(石けん類)を加えた不均一系の半固体状の潤滑剤で、調合、混和設備が用いられます。

石油コークスは常圧蒸留や減圧蒸留の残油などの重質油を高温で処理することにより熱分解を行い、生成するガスや液状留分を除いた後に残る固形の残留物です。

石油コークスとしてはコーキング装置で得られた、まだかなり揮発成分を含んだものを生コークスとよび、これをさらに加熱して揮発分を少なくしたものをカルサイン・コークスとよんでいます。

2. 製油所と石油精製能力

(1) 製油所用地

わが国の石油精製工業は、原料である原油の殆んど全量を海外からの輸入に依存しており、その受入と生産された石油製品の出荷のために、全て沿岸地域でしかも太平洋岸に集中して立地しています。製油所の用地は原油処理能力でみると、1バーレル当り概ね6～10㎡の敷地が必要と云われており、したがって、15万バーレル/日

の平均的な製油所で大体30万～50万坪の広さが必要です。

この製油所用地のうち、石油を精製するための装置などの敷地面積は全体の約1割に過ぎず、その約半分は原油や製品を貯蔵するためのタンク用地に占められています。残りの土地は受入出荷設備のための用地や、防災、環境対策のための緑地あるいは事務所など建家用地となっています。

(2) 原油蒸留能力

わが国の石油精製工業は、この30年間に飛躍的な発展をとげ、原油蒸留能力の推移でみると表-2のとおりとなっています。わが国の石油精製工業は昭和25年、太平洋岸製油所の再開時にわずか72,500バーレル/日であった原油蒸留能力が、その後、年を追うごとに増加を続け、昭和50年度末には遂に594万バーレル/日の規模に達しました。しかしながら、昭和50年を過ぎると、第1次および第2次の石油危機の影響が石油消費の面に強く現れるようになり、一転してわが国における石油精製工業の稼働率は著しい低迷を続け、原油蒸留能力としては昭和58年まで594万バーレル/日のままで推移しました。

このため、昭和58年度において過剰設備の処理が行なわれ、一部設備の廃棄、休止などによって原油蒸留能力は497万バーレル/日に削減されるにいたりました。

全国の製油所数は昭和25年当時の12製油所から、昭和50年には49製油所となり、1製油所あたりの平均原油蒸留能力も昭和25年の約6,000バーレル/日から、昭和50年には12万バーレル/日と20倍にもなりました。しかしながら現在は設備処理の関係から、平均能力としては約10万バーレル/日となっています。

表-2 わが国の原油蒸留能力の推移

年度末	原油蒸留能力 BPSD (A)	製油所数 (B)	原油蒸留装置数 (C)	1製油所当り平均能力 BPSD (A/B)	1装置当り平均能力 BPSD (A/C)
昭和25	72,500	12	16	6,042	4,531
30	279,950	18	33	15,553	8,483
35	780,290	25	55	31,572	14,351
40	2,057,640	37	64	55,612	32,151
45	3,748,800	42	74	91,434	50,659
50	5,940,360	49	89	121,232	66,746
55	5,940,360	49	89	121,232	66,746
56	5,940,360	49	89	121,232	66,746
57	5,940,360	49	89	121,232	66,746
58	4,972,610	48	70	103,596	71,037

製油所の規模としては、昭和58年3月末現在において20万バレル／日以上の製油所が9製油所あり、その内30万バレル／日以上の大製油所が3製油所含まれていました。これが59年現在では30万バレル／日以上は一製油所のみとなり、これを含めて20万バレル／日以上の製油所は6カ所に減ってきています。

原油蒸留装置1基あたりの平均能力も、昭和50年頃までは順調に大型化の傾向がみられました。ちなみに、昭和25年当時約4,500バレル／日／基であったものが、昭和50年には約67,000バレル／日／基となり、59年現在では約71,000バレル／日／基となっています。なお、1基の能力が10万～15万バレル／日の大型の原油蒸留装置は、合計70基のうち昭和59年3月末現在では21基で、その内20万バレル／日以上のものは1基だけとなっております。これから石油精製の減量化がうかがえます。

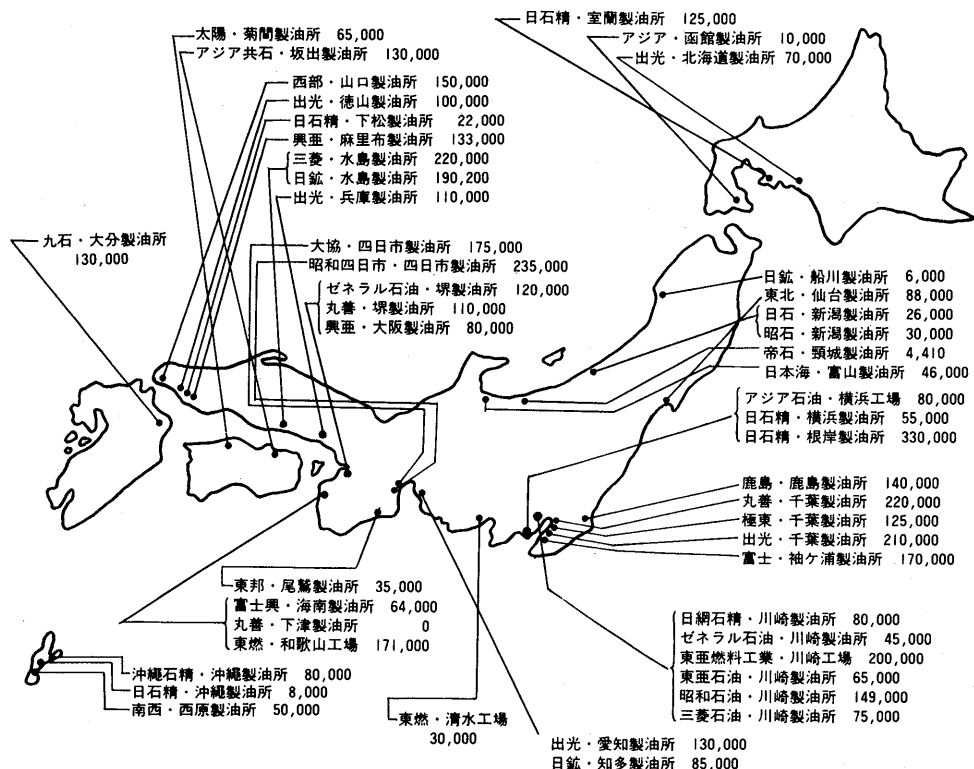
(3) その他の設備

製油所における主要な石油精製設備としては、原油蒸留装置のほか減圧蒸留装置、改質装置、分解装置、脱硫装置、その他多くの精製設備が単独にか、あるいは組み合わせられて設置されています。原油蒸留装置以外の装

表-3 わが国の大型製油所

会 社 名	製油所	(単位：バレル／日)	
		昭和58年 3月末	昭和59年 3月末
日本石油精製	根 岸	330,000	330,000
昭和四日市石油	四日市	310,000	235,000
丸善石油	千 葉	230,000	220,000
三菱石油	水 島	270,000	220,000
出光興産	千 葉	310,000	210,000
東亜燃料工業	川 崎	200,000	200,000
日本鉱業	水 島	235,200	190,200
大協石油	四日市	215,000	175,000
東亜燃料工業	和歌山	187,000	171,000
富士石油	袖ヶ浦	210,000	170,000
西部石油	山 口	190,000	150,000

置についても昭和50年頃までは一般的に設備大型化の傾向がみられています。これらの設備の最近における能力は表-4のとおりです。



合計4,972,610バレル／日
注：数字は常圧蒸留装置能力(バレル／日)である。

図-2 製油所能力図

なお、製油所としては精製設備のほかに、入出荷設備、貯蔵設備、用水設備、電力、蒸気などの動力設備、およ

び防災・保安および公害防止設備など、プロセスやプラントの運転操業に直接関連しない付帯設備が必要です。

表-4 石油精製設備一覧(昭和59年3月末)

単位: バレル/日

会社名	装置区分 製油所名	常圧蒸留装置	減圧蒸留装置	接触分解 装置	水素化分解 装置	接触改質装置	重質油脱硫 装置	溶剤精製装置		
								溶剤抽出 装置	溶剤脱離 装置	溶剤脱離 装置
出光興産	徳山	100,000	70,000	23,000	-	12,000 (2,000)	45,000	-	-	-
	千葉	210,000	60,000	42,000	-	23,000	79,000 (40,000)	-	16,000	8,500
	兵庫	110,000	-	-	-	15,000	40,000 (40,000)	-	-	-
	北海道	70,000	-	-	-	11,000	-	-	-	-
	愛知	130,000	-	-	-	18,000	55,000 (55,000)	-	-	-
日本海石油	富山	46,000	-	-	-	-	-	-	-	-
日本鉱業	船川	6,000	2,740	-	-	-	-	940	-	1,070
	水島	190,200	101,000	35,000	3,000	20,000 (5,000)	91,000 (31,000)	9,000	4,300	4,900
	知多	85,000	46,000	-	-	22,000 (12,000)	37,000	-	-	-
日網石油精製	川崎	80,000	[22,000]	[2,500]	-	8,000 (3,000)	[16,000]	-	-	-
日本石油	新潟	26,000	2,000	-	-	5,100	-	-	-	-
日本石油精製	室蘭	125,000	50,000	16,000	-	18,000	65,000	-	-	-
	横浜	55,000	25,000	5,600	-	3,300	(25,000)	2,300	3,500	6,800
	根岸	330,000	110,000	32,000	-	31,000	81,000	7,200	4,500	4,800
	下松	22,000	4,500	-	-	3,300	-	780	-	1,000
	沖繩	8,000	-	-	-	2,000	-	-	-	-
東北石油	仙台	88,000	60,000	-	-	13,000	35,000	-	-	-
東亜燃料工業	和歌山	171,000	79,500	29,300	-	20,000	25,000	14,500	6,000	8,400
	清水	30,000	-	-	-	4,600	-	-	-	-
東亜石油	川崎	200,000	123,000	63,000	-	16,000	78,000	-	-	-
	川崎	65,000	53,000	-	-	13,500	46,000	-	-	-
鹿島石油	鹿島	140,000	67,000	14,000	-	12,500 (5,000)	45,000 (20,000)	-	-	-
太陽石油	菊間	65,000	4,000	-	-	5,000	-	-	-	-
大協石油	四日市	175,000	74,000	20,000	-	14,000	35,000	5,300	-	3,870
九善石油	下津	-	-	-	-	-	-	1,900	-	1,700
	千葉	220,000	65,000	26,000	-	25,000	95,000 (60,000)	-	-	-
	堺	110,000	34,000	19,500	-	5,000	20,000	-	-	-
富士石油	袖ヶ浦	170,000	88,000	12,000	-	16,900	58,000	-	-	-
興亜石油	麻里布	133,000	56,000	14,000	-	9,700	10,000	-	-	-
	大阪	80,000	55,000	18,000	-	9,000	15,000	-	-	-
極東石油工業	千葉	125,000	83,000	-	-	16,000 (1,500)	28,000	-	-	-
アジア石油	函館	10,000	1,500	-	-	1,300	-	-	-	-
	横浜	80,000	-	-	7,000	14,000	32,000 (32,000)	-	-	-
九州石油	大分	130,000	91,000	15,000	-	8,000	47,000	-	-	-
三菱石油	川崎	75,000	5,800	-	-	15,000	-	-	-	-
	水島	220,000	97,000	30,000	-	5,100	117,500 (45,000)	6,600	5,000	4,600
昭和四日市石油	四日市	235,000	116,000	17,200	-	48,300 (1,400)	40,000	10,500	9,800	6,000
昭和石油	新川	30,000	-	-	-	4,800	-	-	-	-
	鴻巣	149,000	30,000	-	-	27,500	16,000	-	-	-
西部石油	山口	150,000	10,000	-	-	19,500	50,000 (45,000)	-	-	-
ゼネラル石油	川崎	45,000	-	-	-	8,500	-	-	-	-
	堺	120,000	53,000	-	-	25,000 (10,000)	31,000	-	-	-
帝石トッピングプラント	頸城	4,410	-	-	-	-	-	-	-	-
東邦石油	尾鷲	35,000	-	-	-	-	-	-	-	-
富士興産	海南	64,000	46,800	-	-	-	-	11,600	-	9,000
アジア共石	坂出	130,000	40,000	15,000	-	10,000	45,200 (28,000)	-	-	-
沖縄石油精製	沖縄	80,000	-	-	-	-	38,000 (38,000)	-	-	-
南西石油	西原	50,000	-	-	-	9,600	-	-	-	-
合 計		4,972,610	1,803,840	446,600	10,000	568,500 (36,900)	1,399,700 (459,000)	70,620	49,100	60,640

1. 調査対象とした製油所は石油業法に基づく石油精製業の48製油所です。
2. 常圧蒸留装置については10月1日現在の能力である。
3. 接触改質装置のうち()で示してあるものは石油化学用としての能力で内数である。
4. 日網石精の設備のうち()で示してあるものは東燃川崎の能力の内数である。
5. 重質油脱硫装置のうち()で示してあるものは、直接脱硫装置としての能力で内数である。
6. (本表作成者 石油連盟技術環境部技術課)

3. 石油製品の需要

3.1 石油製品需要の推移

わが国の石油製品需要は、昭和54年の第2次石油危機発生までの20年間、日本経済の発展と石炭から石油へのいわゆるエネルギー流体化革命の進展に伴って、増大につぐ増大をつづけてきました。石油製品需要の伸び率についてみると、昭和35年度から10年間における高度成長期には年率18.3%という極めて高い伸び率で推移、つづく安定成長期に入ってから昭和45年度からの10年間に おいても、年率2.2%の伸び率で推移しました。

これに伴い、一次エネルギー供給全体に占める石油の割合は、飛躍的に上昇しました。一次エネルギー供給全体に占める石油の割合は、昭和35年度の37.7%から昭和45年度70.8%、さらに昭和48年度に77.6%まで上昇し、その後低下したものの、昭和54年度にはなお71.1%を占めておりました。

ところが、昭和54年の第二次石油危機を境にして、わが国の石油製品需要の動向は、大きく変化しました。二度にわたる石油危機によって、石油価格が異常に高騰したために、重油などの石油製品の価格競争力が低下、石油から石炭・原子力など代替エネルギーへの代替が進み、また、産業界を中心に省エネルギー化が進展したことなどから、石油製品需要が昭和54年度以降3年連続して減退をつづけたためです。また、昭和58年度の石油製品需要は、前年度の水準を4.5%上回りましたが、これは猛暑や厳冬などの一時的な要因によるもので、需要の基調が変化したものではありませんでした。このため、昭和59年度の石油製品需要は、再び前年度の水準を下回ることが見込まれています。第1表は最近における石油製品需要の推移を示したものです。

今後においても、わが国の石油製品需要の増大は、期待できそうにありません。昭和58年11月、政府が策定した「長期エネルギー需給見通し」によると、エネルギー

需要は昭和70年度までの期間、年率はば3%程度で推移することが見込まれていますが、LPGなどを含めた石油製品需要は、現在とほぼ同じ2.4～2.5億klの水準で推移することが見込まれています。

このため、石油は今後ともエネルギーの中心的地位を占めるものの、一次エネルギー供給全体に占める石油の割合は昭和65年度52.5%、昭和70年度48.0%とさらに低下することが予想されています。

3.2 石油製品の需要構成

わが国の石油製品需要構成の特徴は、重質重油の比率が高いことです。これはエネルギー流体化革命が石炭から重質重油への転換によって進展したことによっており、石油化学用原料であるナフサ（未精製ガソリン）と共に、石油製品需要の増大を支える大きな柱となってきました。

例えば、昭和45年度の石油製品別需要構成についてみると、重質重油は全体の52.5%を占め、ついでナフサ14.8%、ガソリン11.2%、灯油8.5%、軽油6.4%、A重油5.9%、ジェット燃料油0.6%の順でした。

しかし、この石油製品需要構成は二度にわたる石油危機によって石油価格が異常に高騰したために、大きく変化しています。とくに、第2次石油危機以降、その傾向が顕著になっています。

これは、石油価格の高騰により、産業や電力産業でつかわれるエネルギーが重油などの石油製品から石炭・原子力、液化天然ガスなどに転換したために、石油製品需要全体に占める重質重油の割合が相対的に低下、代って、ガソリンや灯油・軽油・A重油などの中間製品の比重が相対的に上昇したことによっています。この変化は、石油製品需要構成の軽・中質化と呼ばれているものです。

さきに述べた昭和45年度と昭和58年度の石油製品需要構成を対比してみると、表-5にみるように、重質重油は52.6%から30.1%へと大きく低下し、他方、ガソリンは11.6%から20.4%へ、また、中間製品は21.4%か

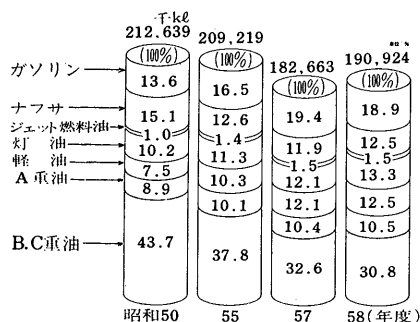


図-3 日本の燃料油需要の構成比

表-5 日本の燃料油需要の推移

単位：1,000 kl

油種	年度	45	50	55	57	58	(%)
ガソリン		21,014	28,995	34,543	35,343	36,066	18.9
ナフサ		27,645	32,031	26,297	21,729	23,836	12.5
ジェット燃料油		1,174	2,058	2,967	2,753	2,809	1.5
灯油		15,835	21,663	23,566	22,146	25,496	13.3
軽油		12,003	15,996	21,564	22,109	23,838	12.5
重油		109,626	111,896	100,282	78,583	78,897	41.3
合計		187,297	212,639	209,219	182,663	190,942	100.0

出所：「エネルギー統計年報」(通産省)

ら37.4%へと急速に上昇しました。

そしてこの傾向は今後とも進展することが見込まれています。このため、石油会社は、とくに比重が高まることが予想される中間製品を増産するために、分解設備の増強などを進め、石油の安定供給の確保に努めています。

4. 石油製品の供給

わが国における石油製品の供給は、いわゆる消費地精製方式により行われています。これは、海外から原油を輸入して、ガソリン、灯油、軽油、重油などの製品に精製、供給する方式ですので、石油製品の輸入は需要構成と製品生産得率の違いから不足する一部の製品が補完的に行われているに過ぎません。

例えば、昭和58年度の石油供給についてみると、製品供給は全体で2億445万kl、製品輸入2,155万klであり、全体の約90%は国内生産品によって賄われ、製品輸入は約10%に止まりました。しかも、この製品輸入の大部分は、需要比率が高いナフサと重油でした。

石油製品は、原油から一定割合で生産される連産品で

す。しかし、各石油製品が生産される割合（得率）は、常に同じではありません。製品需要構成が変化すれば、石油会社は原油の組み合わせを変えたり、設備の操作方法を変更したり、また、設備を新設・改造したりなどして、必要な製品をできるだけ多く生産できるようにします。

例えば、昭和45年度の場合、石油製品の生産得率は、ガソリン14.0%、ナフサ12.0%、ジェット燃料油1.4%、灯油9.2%、軽油6.7%、重油52.9%、その他6.8%でした。ところが、その後、製品需要構成の中で重油比率が低下、軽・中質製品の比率が高まったことから、これに応じて、生産得率も変化し、昭和58年度のそれは、ガソリン18.9%、ナフサ6.0%、ジェット燃料油2.1%、灯油12.9%、軽油12.2%、重油39.2%、その他8.7%となっております。

このように消費地精製方式は、需要の変化に弾力的に対応していくことができますので、わが国のように原油のほとんどを輸入に依存している国にとっては石油製品の安定供給を行う上でも望ましい供給方式と考えられております。

☆1984年改訂版発行のお知らせ☆

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』1984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 500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59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 |

アスファルトの生産と流通

今井 武志*

1. アスファルトの生産

1.1 製造方法と分類

一般にアスファルトと称されているものをその製造方法によって大別すると、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の3つに分けることが出来るが、われわれは通常、製造方法のみによって分類せず、製造方法に用途を加味した分類方法を採用している。

すなわち、

- 1) 主として道路舗装に使用する一般ストレートアスファルト
- 2) 工業原料用ストレートアスファルト
- 3) 燃料用ストレートアスファルト
- 4) 防水工事等に使用するブローンアスファルト

日本アスファルト協会における各種統計も、この分類を採用している。

それではこれらのアスファルトがどのような方法によって製造されるのかを見てみよう。

先づ図-1を参照されたい。

原油を常圧蒸留装置にかけて、LPG、ナフサ、灯油、

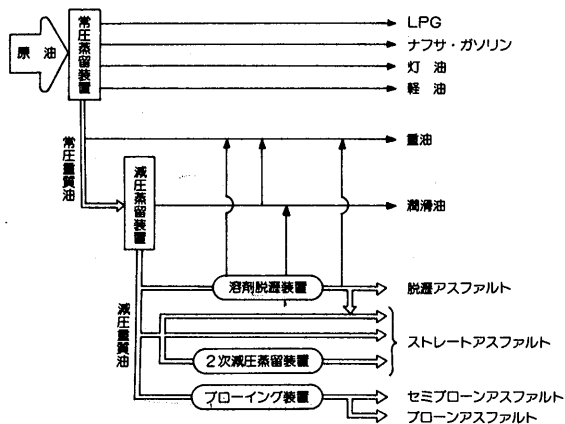


図-1 アスファルトの生産工程

軽油等の留出留分を分別した後の常圧残油を更に減圧蒸留装置にかける。今更改めていうまでもないが、この減圧蒸留装置は油の性質を損うことなく常圧蒸留で分別できない留分を分別する装置であり、この装置によって留出留分を徹底的に除いたものがストレートアスファルトである。

いま徹底的に除いたと述べたが、ストレートアスファルトといえどもその中味は重質のレベルで軽いものから重いものまで分布しているものであって、決してストレートアスファルトという単一のものがあるのではない。いま更にストレートアスファルト中の軽い部分を除いていくと遂にはサラサラした固形の物体を得るに至る。減圧重質油から溶剤を使って重質潤滑油を採取することが行われているが、潤滑油分を採取した後の部分が脱瀝アスファルトで、そのとき溶剤にプロパンを使用したものがプロパン脱瀝アスファルト(PDA)である。

今まで述べた製造法は原油の中に存在する重質分を物理的に分別したものであるが、この重質分にある特定の条件で空気を吹き込んで化学的に重質分の分子構造を変化させたものがブローンアスファルトである。

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とがあるが、現在は主にバッチ式が採用されている。バッチ式の工程例を図-2に示したので参照されたい。

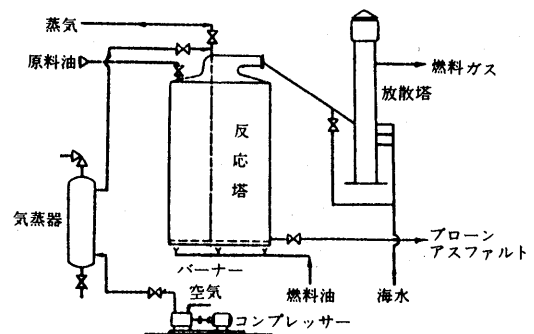
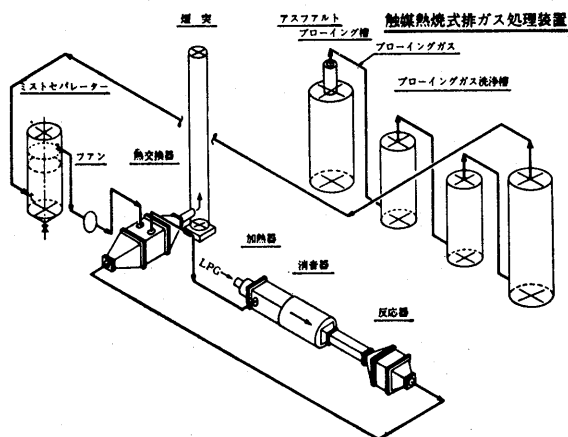


図-2 バッチ式ブローイング装置

*いまい たけし 丸善石油(株)業務部業務課

空気を吹き込むことをブローイングというが、これによって、重質分に種々の有用な性質が付与され、防水工事用、防錆塗料用等に適したものが得られる。他面、このブローンアスファルトについては原料を非常に高温（一般に 250℃程度）にした状態で空気を吹き込むため、系外に臭気の強い廃ガスが出る問題があり、製造者はこの点に非常に苦労している。図-3に脱臭工程の一例を示したが、これがブローンアスファルトの価格構成の一要素であることを忘れてはならない。



アスファルトブローイングを終った廃ガスは酸性物質、油のミスト、その他のダストを取る為に油洗、弱アルカリ液洗浄を行い、ブローで昇圧されて熱交換器に入り装置より出る無臭ガスと熱交されて、プロパンの加熱器で所要温度 350℃に加熱されて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を経て大気中に放出される。

図-3 脱臭工程（一例）

ブローイングの効用に着目し、近年、重交通道路のわだち掘れ対策用として開発されたものがセミブローンアスファルトと呼ばれるものであり、今後の需要が期待される。

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がわれわれの採用している分類とどのように関係しているかを表-1に示した。

表-1 統計上の分類と製造方法

統計上の分類	製造方法
一般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、セミブローンアスファルト
工業用	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
ブローンアスファルト	ブローンアスファルト

1.2 原油油種とストレートアスファルト

表-1に示したとおりストレートアスファルトは一般用（道路舗装用）、工業用および燃焼用のいずれにも使用できるが、道路舗装用に要求される品質とその他用の品質との間に差があるため、仕分けをする必要が生じる場合がある。すなわち、道路舗装用として製造されたものは工業用および燃焼用として使用できるのが普通であるが、工業用、燃焼用として製造された場合は必ずしも道路舗装用として使用することはできない。道路舗装用として製造するためには非常に限られた原油を必要とする。現在、日本に輸入されている原油の中から拾ってみると、アラビアンヘビー、イラニアンヘビー、カフジ、クウェート等の中重質原油が主なものである。表-2にこれらの原油の輸入状況を示したが、近年における日本の石油製品需要構造の白油化への変化に伴って、これらの原油の輸入量が大幅に減少しており、この傾向が今後も続くとなれば道路用アスファルトの国内生産による供給は厳しい面がでてくるであろう。

表-2 主なアスファルトの製造に適した原油の輸入状況

原油名 項目 年度	アラビアン ヘビー		イラニアン ヘビー		カフジ		クウェート		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
45	2,621	1.3	60,957	31.3	13,234	6.8	10,928	5.6	87,740	45.1
50	1,476	0.6	33,755	14.1	8,684	3.6	21,835	9.2	65,750	27.5
55	16,250	6.5	2,865	1.2	8,449	3.4	8,840	3.6	36,404	14.7
56	17,571	7.6	7,329	3.2	5,707	2.5	7,451	3.2	38,058	16.5
57	14,888	7.2	8,849	4.3	8,126	3.9	1,865	0.9	33,728	16.3
58	15,071	7.1	13,057	6.1	11,378	5.3	3,498	1.6	43,004	20.1

(注) 構成比は原油輸入量に対する 100 分比。

出所：石油連盟

それではつぎに日本におけるアスファルト生産の実態を調べてみよう。

1.3 アスファルトの製造能力

表-3に日本における減圧蒸留装置の能力とブローンアスファルトの製造能力の最近5カ年の推移を示した。製造能力上からみて、わが国の現在の需要規模（ストレ

表-3 アスファルト製造能力

装置名	54	55	56	57	58
減圧蒸留装置 (千バレル/日)	1,859	1,855	1,861	1,861	1,818
ブローンアスファルト 製造装置 (千トン/年)	357	371	369	395	395

出所：石油連盟および日本アスファルト協会調査

ートアスファルト 約500万トン/年、ブローンアスファルト 約30万トン/年)を賄うのに不足はない。しかしながら先にも述べたとおり、ストレートアスファルト、特に道路用ストレートアスファルトの生産については原油油種に負うところが大きく、この点を注意しておかねばならない。

1.4 アスファルトの生産場所

わが国における石油アスファルトの生産場所を図-4に掲げた。現在わが国の石油精製会社は全体で30社あり、そのうちアスファルトを生産している石油会社は19社、29製油所、この他に潤滑油専業者でアスファルトを生産している会社が4社あるので合計23社、33工場で生産していることになる。図-4でも分るとおり、これらの工場の大半が太平洋岸および瀬戸内海沿岸地域に集中しており、このことが流通上の問題にも関係していることはいうまでもない。

1.5 アスファルトの生産量

表-4に最近5カ年間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が年間450万トン前後であること
- 2) ブローンアスファルトの生産量が年々減少していること
- 3) 輸入が殆んどなく、需要に対してはほぼ全量生産品によって賄われていること

がわかる。

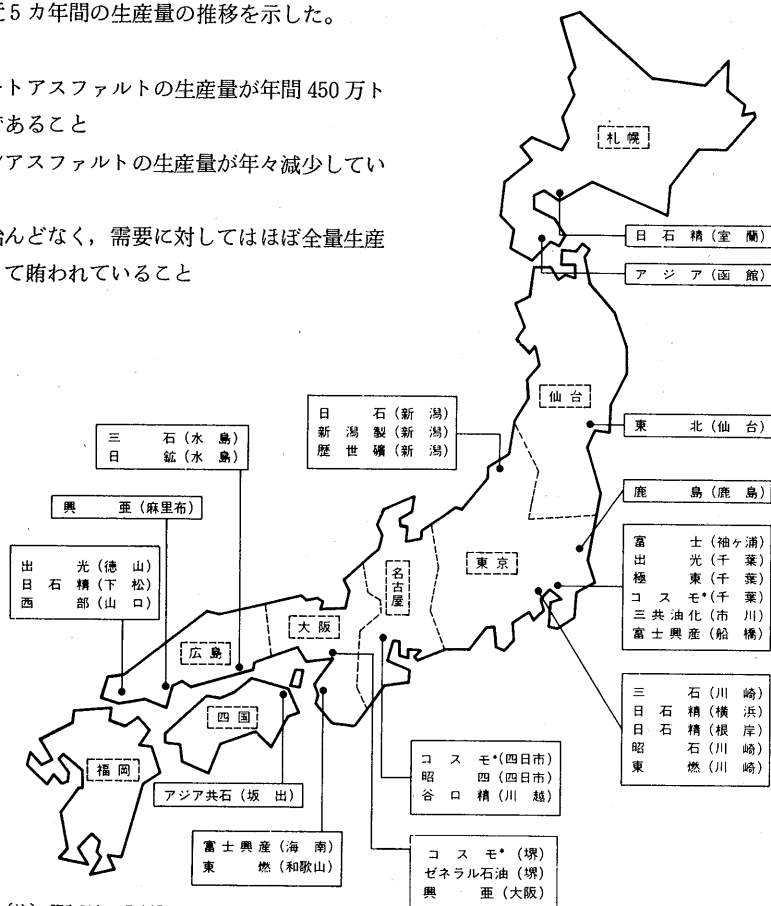
表-4 アスファルト生産量の推移 (単位: 1,000トン)

種別 年度	生産量			(参考) 輸入量	
	ストレート	ブローン	計	ストレート	ブローン
54	4,727	338	5,065	1	0
55	4,428	293	4,721	1	0
56	4,322	278	4,600	0	0
57	4,350	273	4,623	0	0
58	4,675	270	4,945	0	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

ここで表-5で最近5カ年の需要量の推移をみてみよう。輸入量がないことから生産の中味を表-5の需要量と対比して考察して良いだろう。表-5の助けを借りるとストレートアスファルトの中味がはっきりしてくる。

- 4) 一般用ストレートアスファルト(主として道路舗装用)が年々減少している
- 5) 工業用はほぼ横這いである
- 6) 燃焼用が昭和57年から急速に増加している



(注) 昭和59年9月末現在
※昭和59年4月より「コスモ石油」となる

図-4 アスファルトの生産場所分布図

7) 輸出は若干あるが内需が大半である

一般用ストレートアスファルトの減少傾向については最近の国の道路関係予算がゼロシーリングに抑えられているためであるが、ここで注目すべき点は燃焼用の急増である。従来C重油を熱源としていた企業が石炭の燃焼をも含めて採算性について検討を加えた結果、アスファルト（減圧重質油）の燃焼に転換したものである。先にも述べたとおり、この燃焼用については、その品質規格上必ずしも道路用にならないこともあって、われわれは統計上一般用とは分離している。現在、主として化学工業会社がアスファルトを燃焼しているが、通産省資源エネルギー庁の発表によれば、59年度の需要見込量は約80万トンとなっている。石油製品の需要構造に対する各種の設備対応、輸入原油種の選択等の状況からみて、今後、減圧重質油が多量に余剰になるとは考えられず、したがって採算上の問題、また、アスファルト燃焼にとも

表-5 アスファルト需要量の推移 (単位: 1,000トン)

種別 年度	内 需				輸 出	
	ス ト レ ー ト			燃焼用	ブローン	ブローン
	一般用	工業用	計			
54	4,617	177	4,794		343	2
55	4,232	184	4,416		287	18
56	4,080	202	4,282	4	275	18
57	3,951	184	4,135	187	260	15
58	3,940	177	4,117	540	253	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

なう廃ガス対策等を考えると、燃焼用アスファルトが今後も大巾に伸びることはないと考えられる。

以上、わが国のアスファルトの生産状況についてみてきたが、表-6に諸外国における状況を掲げたので、その規模等について日本と比較するなど参考にしていきたい。

2. アスファルトの流通

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とがある。昭和58年度の流通状況を図-5に示したが、その実態についてもう少し詳しく調べてみよう。

表-6 OECD諸国のアスファルト需給 (1982年)

総括表

(単位: 1,000t)

項 目		供 給			需 要		
国 別		生 産	輸 入	供給計	内 需	輸 出	需要計
ヨーロッパ地域	オーストリア	265	251	516	496	22	516
	ベルギー	554	43	592	386	212	592
	デンマーク	76	212	288	247	33	288
	フィンランド	284	20	304	312	21	304
	フランス	2,738	41	2,779	2,356	182	2,779
	ドイツ(F・R)	2,919	275	3,088	2,991	316	3,088
	ギリシャ	107	53	160	158	—	160
	アイスランド	—	12	12	12	—	12
	アイルランド	—	84	84	84	—	84
	イタリー	1,972	—	1,972	1,872	147	1,972
	ルクセンブルグ	—	28	28	28	—	28
	オランダ	755	105	798	415	412	798
	ノルウェー	91	158	249	273	7	249
	ポルトガル	127	59	186	188	—	186
	スペイン	1,620	2	1,622	845	783	1,622
西半球	スウェーデン	546	49	595	546	—	595
	スイス	123	201	324	322	2	324
	トルコ	336	—	336	350	—	336
	イギリス	1,862	108	1,984	1,956	90	1,984
	小計	14,375	1,701	15,917	13,837	2,227	15,917
オーストラリア	ニュージーランド	514	9	523	528	1	523
	ニュージーランド	69	—	69	98	—	69
日本	日 本	4,561	—	4,561	4,545	18	4,564
	OECD 合計	41,986	2,015	43,845	44,635	2,580	43,848

出所: O.E.C.D Oil Statistics. 1982年(暦年)

[注]: ロス、その他でバランスしない。

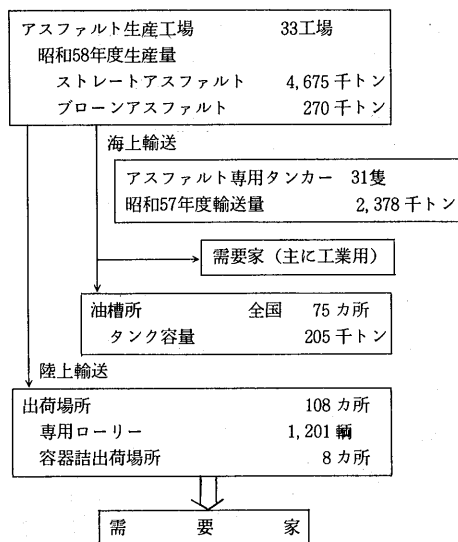


図-5 アスファルトの流通経路 (一例)

2.1 輸送手段

図-5で分るとおり、工場で生産されたアスファルトの50%以上のものが専用の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。今、この専用タンカー31隻の大きさを調べてみると、表-7のとおりである。

昭和48年から58年の10年間の変化をみると、500トン未満の船が姿を消し、1,000～2,000トン積に集約してきている。1,000～2,000トン積 26隻を更に区分すると、17隻が1,000～1,100トン積であり、アスファ

表-7 アスファルト専用タンカー保有状況

年度	48	58
積トン数別		
500 未満	4	0
500 以上 1,000 未満	13	4
1,000 以上 2,000 未満	22	26
2,000 以上	0	1
合 計	39	31
積トン数合計(トン)	37,410	36,750
平均積トン数(トン)	959	1,185

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

ルトタンカーは1,000トン積が主流であるといえる。

アスファルトは、その性質上、高温を保って(ストリートアスファルト 160～180℃、ブローンアスファルト 220～240℃)輸送しなければならない。したがって専用の輸送手段を必要とするわけであるが、その運用の良悪がコストに大きく影響してくる。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、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うか。

ここでアスファルトタンカーの構造をみてみよう。図-6にその一例を掲げた。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でも思ってもらえば良い。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およびタンク車についても同様のことがいえる。その一例を図-7、図-8に示した。ここで陸上輸送に目を転じてみよう。

昭和49年に36車もあった専用タンク車は現在13車に減っており、今や陸上輸送はローリーのみといっても良い。アスファルト専用ローリーの保有状況を表-8に示した。

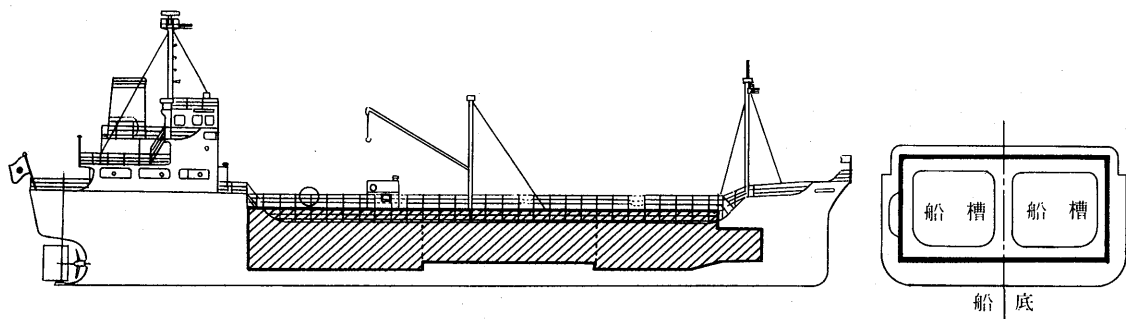


図-6 アスファルトタンカーの構造(一例)

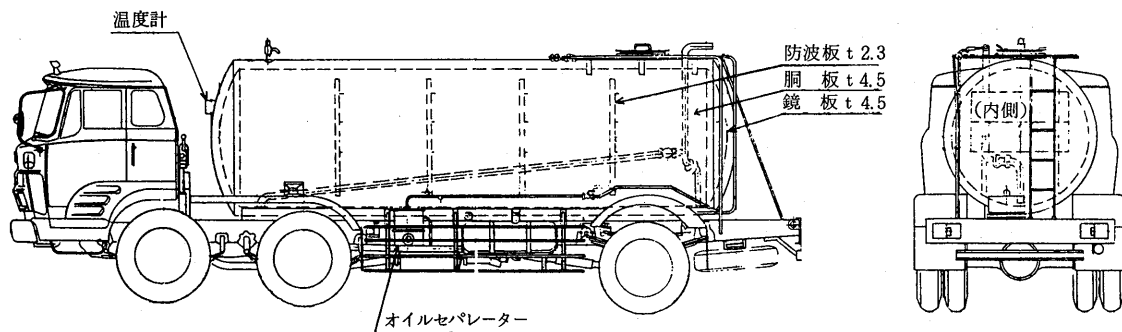


図-7 アスファルトローリーの構造(一例)

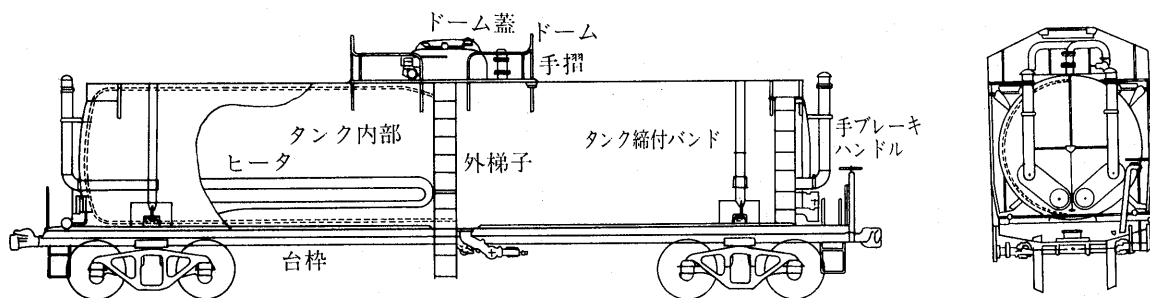


図-8 アスファルトタンク車の構造 (一例)

表-8 アスファルト専用ローリーおよびタンク車

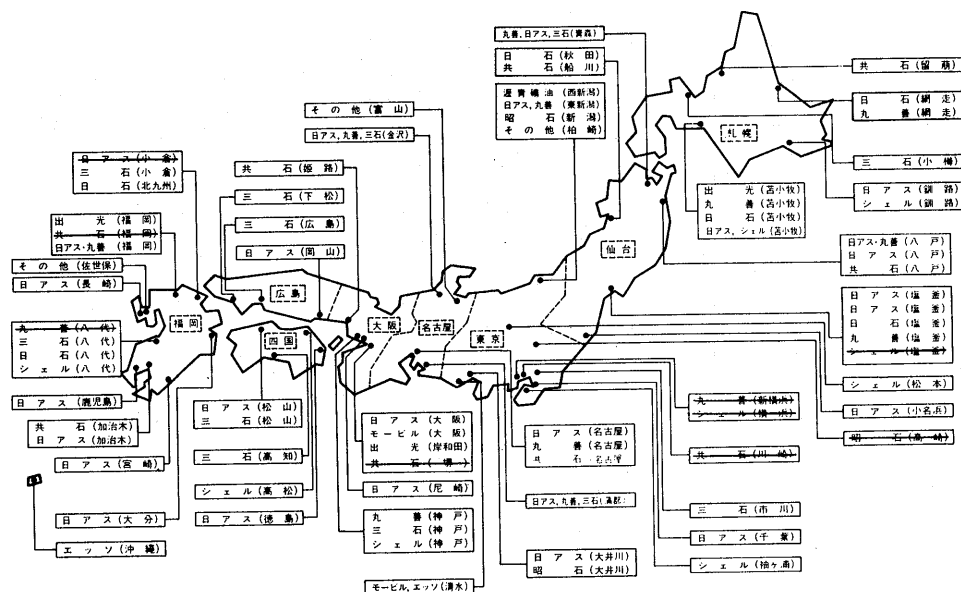
年度	52	54	56	58
専用ローリー (車両)	1,281	1,372	1,251	1,201
専用タンク車 (車)	19	8	16	13

出所: 日本アスファルト協会

近年減少傾向にあるが、大巾な変動は見られない。

2.2 油槽所

昭和59年3月末のアスファルトの油槽所の分布図を図-9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、昭和57年度におけ



- (注) 1) 昭和59年3月末現在
2) 精製・元売会社・特約店のみで需要家は除く。
3) ○○(●●)は昭和59年度中に廃止予定

図-9 アスファルトの油槽所分布図

表-9 アスファルトの油槽所数およびタンクの状況

項目	通産局名	札幌	仙台	東京	名古屋	大阪	広島	四国	福岡	沖縄	計
油槽所数		10	9	14	7	9	3	5	17	1	75
タンク容量 (千トン)		27	40	48	16	22	6	7	35	4	205
通油量 (千トン/年)		333	355	400	139	361	161	103	330	25	2,207
回転率 (回/年)		12.3	8.9	8.3	8.7	16.4	26.8	14.7	9.4	6.3	10.8

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

る油槽所の通油量があるので、それを使ってタンク回転率の程度を見てみた。全国の油槽所におけるアスファルトタンクの平均回転率が10.8回／年と計算され、これを12で除すと0.9回／月となる。昭和51年度について石動谷氏（アスファルト Vol. No.114）が計算した0.83回転／月よりは若干改善されたものの、未だこの面における改善が進んでいないことが分る。最近、企業合併、業務提携の話が進められているが、この面における改善には大いに期待されるところである。

表－10に最近5ヶ年間における通産局別の一般用ストレートアスファルトの需要量の推移を参考までに掲げた。全体需要が減少していく中で北海道地区の需要が増加していることが目を引く。

3. アスファルト需給に係る今後の問題

アスファルトの生産および流通の現状について述べてきたが、ここで、われわれアスファルト業務に関連する者として認識しておかねばならないことをまとめてみると、

- 1) 石油製品需要の軽質化、白油化傾向により、道路用アスファルトの採取に適した原油の輸入が減少していること
 - 2) 燃焼用アスファルトの需要が年間80万トン程度あり、流通上、一般用ストレートアスファルトと共用するところがあり、無視出来ない規模にあること
 - 3) 軽質化、白油化傾向と関連して、減圧重質油が分解装置の原料油として使用される方向にあること
- 本来の道路舗装用のアスファルトの供給にとっては、余り芳しくない方向に進んでおり、今後、石油製品需要構成の中に道路舗装用アスファルトの位置付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され、アスファルト採取のためにでも超重質原油が輸入されるようにならねばならない。

一方、流通の面においては、一メーカー内にとどまらず、会社の壁を破って、二次基地の統廃合、タンカーの効率的運用等の合理化を図っていくようにしなければならない。

表－10 通産局別ストレートアスファルト需要量の推移

(単位 1,000 トン)

局名 年度	札幌	仙台	東京	名古屋	大阪	広島	四国	福岡	沖縄	計
54	392	618	1,448	511	593	349	174	504	39	4,628
55	342	560	1,433	462	556	305	153	453	32	4,296
56	342	512	1,321	449	541	302	142	418	32	4,059
57	358	502	1,203	392	495	341	139	369	27	3,826
58	384	465	1,236	401	501	269	143	370	26	3,795

出所：日本アスファルト協会 石油アスファルト統計月報

☆

☆

☆

☆

☆

☆

アスファルトの用途と品質

井 町 弘 光*

1. アスファルト利用の歴史と需要推移

地表面に露出した天然アスファルトは、紀元前3,800年頃から、古代文明の発祥地であるメソポタミア（現在のイラク）のチグリス・ユーフラテス河や、エジプトのナイル河、パキスタンのインダス河等の流域の住民によって、防水材、接着材、ブロック建造物の目地材、あるいは装飾品や塗料に用いられていたことが考古学上明らかにされている。例えば、メソポタミアに最古の文明をつくったシュメール人の美術品には、貝殻に画像を線刻しバックを削り取ってアスファルトを埋め、黒地に白い像を浮き出させた装飾画が残されている¹⁾。またインダス文化が栄えた古代都市モヘンジョ・ダロの城の中心にある大浴場の水槽の壁面は、焼レンガを積み、その裏に厚く天然アスファルトを塗った耐水構造になっている²⁾。また古代エジプト人は紀元前2500年頃から死体をミイラにしていたが、これを包む布に防腐材として死海産のアスファルトを塗布していた³⁾。更に紀元前1400年頃からのアッシリア人は、従来の用途の他に、アスファルトを薬剤として用い、また当時の湖上家屋の木杭の防腐材としても用いていたことが、発掘調査で明らかにされている⁴⁾。

一方、アスファルトが近代的な意味で利用され始めたきっかけは、1712年以降のスイス、ドイツ、フランスにおけるロックアスファルト鉱床の発見と言われている。このロックアスファルトの塊を道路に散布すると、馬車等の交通荷重により砕かれ、締固められて舗装としての効果を発揮することが発見され、1852年にフランスで、このロックアスファルトを用いた最初の近代的なマカダム式アスファルト道路が建設された。この工法をコンプレストロックアスファルトと称して、その後パリ、ロンドン等の欧州の都市で道路舗装に広く用いられた。

アメリカでも1876年にペンシルバニアでトリニダッドアスファルトをオイルで軟化し、砂、石、フィラーと加熱混合した混合物が初めて舗装に用いられ、この工法はホットロールドアスファルトとして有名になった⁵⁾。

また日本では寛政2年（1790年）に秋田県の豊川油田で天然アスファルト（土瀝青と呼んだ）が初めて採掘され、黒沢利八はこれを油煙の製造に用いた。その後、明治11年（1878年）に東京府はこのアスファルト原鉱を黒沢家から買入れ、神田昌平橋の橋面舗装に用いた。更に厩舎やプラットホームの舗装、貯水池、工場、倉庫等の防水にも使用された。

しかし、天然アスファルトの利用は、主としてこれらを産出する特定の地域に限定されていたが、1890年代に石油から精製されたアスファルトが初めてアメリカで製造販売され、この石油アスファルトの登場により、アスファルトの利用は各国で急速に拡大した。

特に1900年頃のアメリカの道路の高級舗装は、水締めマカダムであったが、1913年にフォードが自動車の流れ作業による大量生産方式の導入に成功して、それまでの馬車から本格的な自動車社会を迎え、道路のほこり防止が大きな課題となり、石油アスファルトの舗装用としての需要が年々大幅に増加していった。

またアメリカで1894年に F.Byerley、1899年に Culmer 兄弟らによってブローンアスファルトの製造方法が開発され、アスファルトの品質が多様化するに従い用途も防水、防食塗料、床材等従来の天然アスファルトに代わり工業用分野でも拡大していった。

石油アスファルトの需要量でみると、アメリカでは、1902年に約2万トンであったが、1926年に300万トン、1946年に800万トン、1974年に3,300万トンに増大しピークに達したが、最近の道路投資への減少により1982年には約2,390万トンとなっている。また日本国内の需要推移は、1950年（昭25）にわずか10万トン程度であったが、1960年（昭35）に44万トン、1970年（昭45）に351万トンに増大し、第一次オイルショック時の1973年（昭48）には515万トンに達した。その後需要は大幅に減少したが、1978年（昭53）には521万トンに回復した。しかしその後、毎年漸減傾向が続き、1983年（昭58）には

* いまち ひろみつ 昭和シェル石油㈱中央研究所課長

423 万トン（燃焼用を除く）となった。アスファルト需要の約90%は道路用のストレートアスファルトであり、道路投資額との関連が大きい。

表-1はOECD主要国別のアスファルト需要量を示しているが、共産圏を除く全世界の需要量の約50%はアメリカで消費され、日本は約10%を占めている。

表-1 OECD主要国別のアスファルト需要量
(単位: 1,000t)

国 別	1979	1980	1981	1982
フランス	2,913	2,773	2,643	2,356
ドイツ	3,936	3,383	2,944	2,991
イギリス	1,977	1,826	1,666	1,956
アメリカ	36,459	30,468	22,952	23,097
日本	5,140	4,759	4,566	4,546
OECD 合計	61,497	53,936	44,894	44,636

(出所: Annual Oil and Gas Statistics. OECD/IEA)

2. ストレートアスファルトとブローンアスファルトの構成比

アスファルト製品は、主として減圧蒸留により軽質油分を取り除いて得られるストレートアスファルトとこのアスファルトに 240℃～300℃で空気を吹込み、酸化重合、脱水素反応等により高粘度化したブローンアスファルトに大別される。

表-2に、我が国におけるストレートアスファルトとブローンアスファルトの構成比を示す。アスファルトの90%近くは一般用として、道路舗装や乳剤製造に用いられているが、最近化学工場等でハイサルC重油の代替にストレートアスファルトを燃料として用いるケースが増加しており、1983年にはアスファルト需要量の11%に当る54万トンが燃料用として使用された。この燃料用アス

表-2 我が国のストレートアスファルトとブローンアスファルトの構成比 (%)

年度	ストレートアスファルト			ブローンアスファルト
	一般用	工業用	燃焼用	
1979	89.9	3.4	—	6.7
1980	90.0	3.9	—	6.1
1981	89.5	4.4	0.1	6.0
1982	86.2	4.0	4.1	5.7
1983	80.3	3.6	11.0	5.1

(出所: 当協会調査)

ファルトの需要は、今後もある程度のレベルまでは伸びるものと予測されているが、燃料として使用する場合、アスファルトの加温タンクや排煙脱硫、排煙脱硝や集じん装置などかなりの設備投資を必要とするため、コスト的な面からもハイサルC重油を大量に使用している大規模工場でないとコストメリットが生まれないなど⁶⁾、利用拡大には制約も多く、将来動向については未だ不透明である。また表-2中の工業用ストレートアスファルトは潤滑油製造プロセスの一つである溶剤脱瀝装置から得られるプロパン脱瀝アスファルトで、主として製鉄用コークスを製造する加熱成型炭プロセスにおいて、石炭粉末を固化して豆炭状にするためのバインダーに用いられている。1983年には約18万トンのアスファルトがこの目的に利用された。

一方、ブローンアスファルトの需要量は1979年に34万トンであったが、毎年若干ではあるが減少傾向にあり、1983年には25万トンに落ち、構成比も6.7%から5.1%に低下した。ブローンアスファルトの用途の80%以上はアスファルトルーフィング等の防水、建材用であり、最近の民間設備投資の減少や、防水、建材部門でのゴム、樹脂等の高分子材料との競合が影響していると考えられる。

3. 針入度別アスファルト販売量

石油アスファルトの種類は、JIS K 2207 でストレートアスファルト10種類、ブローンアスファルト5種類及び防水工事用アスファルト4種類が規定されている。ストレートアスファルト及びブローンアスファルトの種類は25℃でのアスファルトの硬さを表す針入度で分類されているが、表-3及び表-4に我が国の針入度別アスファルト販売量を示す。

表-3中のストレートアスファルト40～60、60～80、80～100は舗装用アスファルト混合物に用いられ、150～200、200～300は主としてアスファルト乳剤製造に用いられている。また、20～40はグースアスファルトのバインダーとして用いられている。従って、燃焼用を除くストレートアスファルトの95%近くは道路用に利用されている。また舗装用には、1975年迄は80～100が最も多く使用されていたが最近の舗装の耐流動、耐わだち掘れ対策を反映して60～80の使用が主体となってきている。また1981年以降、関東地方で、わだち掘れ対策用に40～60の利用が増加している。

表-4のブローンアスファルトでは、防水・建材用として主に10～20、20～30が用いられていたが、最近この

表-3 針入度別アスファルト販売量

(ストレータスファルト) (単位: t)

種 類	1980	1981	1982	1983
0-10	2,170	2,335	1,893	2,023
10-20	0	0	0	0
20-40	1,086	1,141	1,018	1,047
40-60	7,163	70,000	49,819	43,559
60-80	2,930,264	2,806,200	2,638,357	2,651,605
80-100	1,141,659	1,023,577	975,034	941,828
100-120	0	0	0	0
120-150	1,223	0	468	0
150-200	113,392	113,232	117,302	117,141
200-300	34,197	41,968	39,847	36,381
工業用	183,872	202,108	185,496	177,223
燃焼用	0	0	187,015	539,725
その他	0	4,335	1,867	1,675
合 計	4,479,482	4,264,896	4,197,117	4,512,207

(出所: 当協会調査)

分野では低温可とう性や高温での耐流動性等の感温性状に特に優れた性能をもつ防水工事用アスファルト3種(表-4中のアスコンパウンド)の利用が増加した。

4. ブローンアスファルトの用途

国内でのブローンアスファルト需要の80%近くは、アスファルトルーフィング等の防水・建材用途であるが、残りの20%は少量であるが、その用途は多岐にわたっている。表-5に、我が国でのブローンアスファルトの用途別実績を示す。主な用途は次の通りである。

(1) アスファルトルーフィング

アスファルトルーフィングは、コンクリート建物の屋根防水や瓦ぶき屋根の屋根下ぶき材、その他地下建築物や高架橋、貯水池等の土木構造物の防水、冷凍冷蔵倉庫等の断熱材の防湿層等に利用されている。

アスファルトルーフィングは一般に木質繊維、綿、羊毛、麻等の天然有機繊維を一定比率で配合し抄造したラグフェルト又は石綿を主原料として抄造した石綿フェルトを基材とし、これにストレータスファルトを含浸し更に表面にブローンアスファルトをコーティングしたもので、表面に粘着防止のため砂等の鉱物質粉粒を散着させている。また高級アスファルトルーフィングの場合には、基材としてグラスファイバーマットや合成繊維不織布が用いられるが、基材の浸透性が良いため、含浸用にもブローンアスファルトが用いられる。

またアスファルトルーフィングを現場で2~3層積層

表-4 針入度別アスファルト販売量

(ブローンアスファルト) (単位: t)

種 類	1980	1981	1982	1983
0-5	154	123	103	134
5-10	17	76	72	3
10-20	106,425	100,418	95,808	93,148
20-30	62,059	54,105	53,970	58,552
30-40	458	462	356	281
40-50	4,056	3,803	3,402	3,310
アスコンパウンド	104,276	109,812	102,220	96,414
特殊アス	9,549	6,244	4,426	795
その他	8	70	23	0
合 計	287,038	275,113	260,380	252,637

(出所: 当協会調査)

表-5 ブローンアスファルトの用途別需要量

(単位: t)

() 内は構成比, %

用 途	1979	1980	1981	1982
ターポリン紙	4,585 (1.3)	4,178 (1.5)	4,006 (1.5)	3,599 (1.3)
アスファルト塗料	29,641 (8.6)	25,155 (8.8)	25,197 (9.2)	21,903 (8.2)
鋼管塗覆装	11,876 (3.5)	11,060 (3.9)	7,629 (2.8)	6,438 (2.4)
建材・アスファルトルーフィング	266,655 (77.8)	219,859 (76.6)	214,024 (77.8)	220,213 (82.0)
道 路	12,572 (3.7)	7,932 (2.8)	8,650 (3.1)	5,622 (2.1)
ゴミ処理	1,423 (0.4)	1,257 (0.4)	1,606 (0.6)	3,183 (1.2)
電気絶縁用	1,289 (0.4)	2,335 (0.8)	1,135 (0.4)	830 (0.3)
その他	14,854 (4.3)	15,262 (5.3)	12,866 (4.7)	6,879 (2.6)
合 計	342,895 (100.0)	287,038 (100.1)	275,113 (100.1)	268,667 (100.0)

(出所: 当協会調査)

して防水層を形成するための接着・防水材には、主としてJIS K 2207に規定する防水工事用アスファルトが用いられるが、この防水工事用アスファルトもブローンアスファルト製品である。

(2) アスファルト塗料

アスファルトの透水係数は、約 $1.4 \times 10^{-8} \text{ g/hr} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mmHg}$ で不透水性であり、また金属やコンクリート面等への密着性にも優れているため鉄面の防錆塗料あるいはコンクリート表面の防食保護材としても用いられている。

塗料としての主な製品にはアスファルトプライマー及び自動車、コンテナ、車両等のアンダーボディーコー

ティングや船舶用のビチューメンソリューションやビチューメンエナメルなどがある。これらはアスファルトを溶剤でカットバックしたものであるが、アンダーボディーコーティングの場合には、塗膜の耐衝撃性や可とう性を改善するため、フィラーやアスベスト等の特殊骨材を配合している。

(3) 鋼管塗覆装

鋼管塗覆装とは、石油、ガス、水などのパイプラインに用いる鋼管外面の防食被覆で、パイプラインの大部分が土中に埋設されるため、鋼管との密着性や機械的強度耐流動性、吸水性の小さいことが要求される。

防食被覆にはブローンアスファルト10~20、20~30あるいはこれにタルク、スレートダスト等の不活性鉱物質微細粉を添加したアスファルトエナメルが用いられる。

詳細については、JIS G 3491-77（水道用鋼管アスファルト塗覆装方法）に規定されているが、鋼管表面に先ずアスファルトプライマーを塗布し、この上にアスファルトを3~6mm厚に塗覆装する。またアスファルト塗膜の亀裂や流動を防止するため塗膜中に補強材としてヘッシャンクロス、耐熱ビニロンクロス、ガラスクロス、ガラスマット等のテープを巻き付け、アスファルト塗膜と一体化する。

このアスファルト塗覆装は、パイプラインの防食方法として重要な役割を果たしてきたが、最近はポリエチレンや粉体エポキシ樹脂などのプラスチック被覆へ移行しつつある。

(4) ターポリン紙

ターポリン紙は2枚のクラフト紙の間にアスファルトを薄く塗布し密着させ、防水防湿性をもたせた紙で、防湿性の包装紙として用いられている。ターポリン紙に用いるアスファルトは柔軟性に富み、かつ紙表面への油分のにじみ出しの無いものが要求され、一般にブローンアスファルト20~30、30~40が用いられるが、気温の高い地方では耐流動性の良い10~20等も用いられる。

(5) 道路用

ブローンアスファルトの道路用途の主なもの、道路目地材とコンクリート舗装版のサブシーリングである。目地材としては、アスファルト目地材があるが、これはブローンアスファルトにアスベスト、石粉、コルク粉、ゴム粉などを混合し成形したもので、この両面にアスファルトフェルトを貼付けたものもある。またアスファルト注入目地材としては、ブローンアスファルト20~30、30~40、またはこれらにアスベスト、石粉を混合したものが用いられる。

コンクリート舗装版のサブシーリングは、コンクリート舗装版と路盤との間に生じた空洞を充填したり、沈下した版を押し上げ正常の位置に戻す工法で、道路維持修繕要綱では、グラウト材として針入度10~40のブローンアスファルトを用いると規定している。コンクリート版に適当な間隔に穴を開け、210℃以上に加熱溶融したブローンアスファルトを圧入するものである。

その他、クラックの発生したアスファルト舗装表面を簡便に修繕する工法として、ブローンアスファルト又はゴムアスファルトを加工したシートを、舗装表面に貼り付け、そのまま交通開放する方法もある。また舗装のオーバーレイを行うさい、既存舗装表面のクラックによるリフレクションクラックの発生を防止するために、アスファルトシートやテープが利用されている。

(6) ゴミ処理用

焼却処理し難いプラスチック、ゴム、金属、ガラスなどの不燃物の処理はやっかいな問題の一つであるが、これらのゴミを一定の大きさにプレス固化し、金網で包んだ上、加熱アスファルト中にどぶ漬けし、固化ゴミの表面をアスファルトで被覆する方法も採用されている。埋立て地に投棄後も、ゴミの形くずれ、離散、膨張などを防ぐことができる。

この他、ゴミ焼却炉で発生する焼却灰をアスファルトで固化し、雨水による有害物質の流出を防止する方法も採用されている。また低レベルの放射性廃棄物の固化にもアスファルトが利用されている。

(7) 電気絶縁用

電気機器のコイルなどの含浸、変圧器の端子引出部など電気機器の隙間充填、ケーブルの接続箱の充填、蓄電池の封口などに、ブローンアスファルト単体あるいは無機質フィラーを加えたコンパウンドなどが利用されている。電気絶縁用コンパウンドの品質、性能については、JIS C 2380-75に規定されている。

5. アスファルトの規格

アスファルトは、特殊な用途も含めると種類も多く、規格も複雑多岐なので、ここでは主として各国の道路用アスファルトの規格について述べる。

表6~9に日本、イギリス、西ドイツ、フランスの舗装用アスファルトの規格を示す。またアメリカではASTM (American Society for Testing and Materials) 規格とAASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 規格の他に各州独自の規格もあるが、紙面の都合で最も代表的なAA

SHTO の60℃粘度分類による規格を表10～12に示す。

各国の規格を比較してみると、イギリス及びフランスの規格は項目も少なく単純で、特にイギリスは伸度の規格を採用していない。しかし、ホットロール用用のバインダーには25℃における Permittivity (電気絶縁係数に相当するもので、試験法は TRRL 312) の規定が追加されることもある。一般に Permittivity の高いアスフ

アルトは酸化老化を受けやすいので、劣化による舗装表面の摩耗で適度な表面粗度を維持し、すべり抵抗性を確保する目的である。また西ドイツでは、規格項目が多く、フラスゼい化点やパラフィン含有量の他に、薄膜加熱(163℃, 5時間)後のサンプルの軟化点上昇やフラスゼい化点、伸度なども規定されている。フラスゼい化点は、アスファルトの低温可とう性を表すもので、我

表-6 日本の道路用アスファルトの規格 (JIS K 2207-1980) (抜すい)

種 類	40～60	60～80	80～100	100～120
項 目				
針 入 度 (25℃), 1/10 mm	40を越え60以下	60を越え80以下	80を越え100以下	100を越え120以下
軟 化 点, °C	47.0～55.0	44.0～52.0	42.0～50.0	40.0～50.0
伸 度 (15℃), cm	10以上	100以上	100以上	100以上
三塩化エタン可溶分, %	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上
引 火 点, °C	260以上	260以上	260以上	260以上
薄膜加熱質量変化率, %	0.6以下	0.6以下	0.6以下	—
薄膜加熱針入度変化率, %	58以上	55以上	50以上	—
蒸発質量変化率, %	—	—	—	0.5以下
蒸発後の針入度, %	110以下	110以下	110以下	—
比 重 (25/25℃)	1.000以上	1.000以上	1.000以上	1.000以上

注：ストレートアスファルトの種類 40～60, 60～80, 80～100 については 120℃, 140℃, 160℃, 180℃ のそれぞれにおける動粘度を試験表に付記しなければならない。

表-7 イギリスの道路用アスファルトの規格

種 類	BS 規格 3690, 1970 年								
	15	25	35	50	70	100	200	300	450
項 目									
針入度 (25℃), 1/10 mm	15±5	25±5	35±7	50±10	70±10	100±20	200±30	300±45	450±65
軟化点, °C	60～76	55～67	51～62	47～56	43～52	40～49	33～42	29～38	25～34
蒸発減量 (163℃, 5hr)									
蒸発減量, %	0.1以下	0.2以下	0.2以下	0.2以下	0.2以下	0.5以下	0.5以下	1.0以下	1.0以下
針入度低下, %	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	25 以下	25 以下
二硫化炭素またはトリクロエチレン可溶分, %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上
灰 分, %	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下

表-8 西ドイツの道路用アスファルトの規格

種 類 項 目		DIN 規格 1995, 1974 年						
		300	200	80	65	45	25	15
針 入 度 (25℃), 1/10mm		250~320	160~210	70~100	50~70	35~50	20~30	10~20
軟 化 点, °C		27~37	37~44	44~49	49~54	54~59	59~67	67~72
フラスゼい化点, °C		-20以下	-15以下	-10以下	-8以下	-6以下	-2以下	+3以下
灰 分, %		0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下
伸 度 (25℃), cm		—	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上
伸 度 (15℃), cm		100以上	—	—	—	—	—	—
灰分以外の不溶分, %		0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下
パラフィン含有量, %		2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下
引 火 点, °C		210以上	220以上	240以上	250以上	260以上	280以上	290以上
比 重 (25/25℃)		1.004~1.01	1.01~1.04	1.01~1.04	1.02~1.05	1.02~1.06	1.03~1.06	1.03~1.06
薄膜加熱減量 (163 °C, 5 hr), %		2.5以下	2.0以下	1.5以下	1.0以下	1.0以下	1.0以下	1.0以下
薄膜加熱後の軟化点上昇, °C		10以下	10以下	10以下	10以下	10以下	8以下	6以下
フラスゼい化点, °C		-15以下	-10以下	-8以下	-6以下	-5以下	± 0以下	+ 5以下
残留針入度, %		60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	50以上	40以上
伸 度 (25℃), cm		—	50以上	50以上	50以上	15以上	5以上	2以上
伸 度 (15℃), cm		50以上	—	—	—	—	—	—

表-9 フランスの道路用アスファルトの規格

種 類 項 目	NF 規格 T65-001, 1979 年				
	180 ~ 220	80 ~ 100	60 ~ 70	40 ~ 50	20 ~ 30
針 入 度 (25℃), 1/10mm	180 ~ 220	80 ~ 100	60 ~ 70	40 ~ 50	20 ~ 30
軟 化 点, ℃	34 ~ 43	41 ~ 51	43 ~ 56	47 ~ 60	52 ~ 68
比 重, (25/25℃)	1.00 ~ 1.07	1.00 ~ 1.07	1.00 ~ 1.10	1.00 ~ 1.10	1.00 ~ 1.10
蒸 発 減 量 (163℃, 5hr), %	2以下	2以下	1以下	1以下	1以下
残 留 針 入 度, %	70以上	70以上	70以上	70以上	70以上
引 火 点, ℃	230以上	230以上	230以上	250以上	250以上
伸 度 (25℃), cm	100以上	100以上	80以上	60以上	25以上
四塩化炭素可溶分, %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上
パラフィン含有量, %	4.5以下	4.5以下	4.5以下	4.5以下	4.5以下

表-10 AASHTO 60℃ 粘度グレード規格その1 (M 226-73, Table 1)
(原アスファルトによるグレード分け)

種類 (粘度グレード)		AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
試験項目						
原 ア ス フ ア ル ト	粘 度 (60℃), poise	250±50	500±100	1,000±200	2,000±400	4,000±800
	粘 度 (135℃), cSt	80以上	110以上	150以上	210以上	300以上
	針 入 度 (25℃), 1/10mm	200以上	120以上	70以上	40以上	20以上
	引 火 点 COC, ℃	163以上	177以上	219以上	232以上	232以上
	トリクロロエチレン可溶分, %	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上
薄熱後 膜試 加熱	粘 度 (60℃), poise	1,000以下	2,000以下	4,000以下	8,000以下	16,000以下
	伸 度 (25℃), cm	100以上*2	100以上	50以上	20以上	10以上
スポット試験*1 (原アスファルト)						
標準ナフサ溶剤		陰 性				
ナフサーキシレン溶剤		陰 性				
ヘプタン-キシレン溶剤		陰 性				

注: *1 任意試験, 実施させる場合はこの溶剤の中から一つを指定し, キシレンについては%を指示する。

*2 100以下の場合でも, 15.6℃ (60°F) で100以上であれば合格とする。

表-11 AASHTO 60℃ 粘度グレード規格その2 (M 226-73, Table 2)
(原アスファルトによるグレード分け)

種類 (粘度グレード)		AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
試験項目						
原 ア ス フ ア ル ト	粘 度 (60℃), poise	250±50	500±100	1,000±200	2,000±400	4,000±800
	粘 度 (135℃), cSt	125以上	200以上	250以上	300以上	400以上
	針 入 度 (25℃), 1/10mm	220以上	140以上	80以上	60以上	40以上
	引 火 点 COC, ℃	163以上	177以上	219以上	232以上	232以上
	トリクロロエチレン可溶分, %	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上
薄熱後 膜試 加熱	加熱減量, %		1.0以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下
	粘 度 (60℃), poise	1,000以下	2,000以下	4,000以下	8,000以下	16,000以下
	伸 度 (25℃), cm	100以上*2	100以上	75以上	55以上	25以上
スポット試験*1 (原アスファルト)						
標準ナフサ溶剤		陰 性				
ナフサーキシレン溶剤		陰 性				
ヘプタン-キシレン溶剤		陰 性				

注: *1 任意試験, 実施させる場合はこの溶剤の中から一つを指定し, キシレンについては%を指示する。

*2 100以下の場合でも, 15.6℃ (60°F) で100以上であれば合格とする。

が国でも防水工事用アスファルトの品質規格に採用されている。薄膜加熱後のサンプルの品質規定は、アスファルト混合物製造時及び施工時のアスファルトの熱劣化による品質変化を考慮したものである。またアメリカでは、日本やヨーロッパ諸国と同様の針入度分類による規格と60℃粘度分類による規格の両方が用いられているが、約

80%の州では60℃粘度分類規格が採用されている。舗装の供用性状は、アスファルトの25℃の針入度より、60℃の粘度とより密接な関係にあるという研究結果に基づくものである。表-10, 11は原アスファルトの60℃粘度で分類したものであるが、表-12は回転式薄膜加熱試験後のアスファルトの60℃粘度で分類している。これは、ア

表-12 AASHTO 60℃ 粘度グレード規格その3 (M 226-73, Table 3)
(回転式薄膜加熱試験*1後アスファルトによるグレード分け)

種類 (粘度グレード)		AR-10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
試験項目						
回試験 転後 式薄 膜ア スフ 加 熱	粘 度 (60℃), poise	1,000±250	2,000±500	4,000±1,000	8,000±2,000	16,000±4,000
	粘 度 (135℃), cSt	140以上	200以上	275以上	400以上	550以上
	針 入 度 (25℃), 1/10mm	65以上	40以上	25以上	20以上	20以上
	原アスファルトとの針入度比(25℃), %	—	40以上	45以上	50以上	52以上
	伸 度 (25℃), cm	100以上*2	100以上*2	75以上	75以上	75以上
原フ ア ス ル	引 火 点 PMCT, %	205以上	219以上	227以上	232以上	238以上
	トリクロロエチレン可溶分, %	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上

注: *1 AASHTO T179 (薄膜加熱試験) で行ってもよいが、審判判定は AASHTO T240 (回転式薄膜加熱試験) による。

*2 100 以下の場合でも、15.6℃ (60°F) で 100 以上であれば合格とする。

表-13 工業用アスファルトの品質規格と用途分類 (西ドイツ シェル社)

		硬質アスファルト		ブローンアスファルト					
		85/95	95/105	85/25	85/40	100/25	105/45	105/15	120/20
針 入 度	1/10 mm	5-11	4-7	20-30	35-45	23-33	35-45	10-20	15-25
軟 化 点	℃	85-95	95-105	80-90	80-90	100-108	100-108	100-110	115-125
フラスゼい化点	℃, max.	—	—	-10	-20	-20	-30	-8	-15
灰 分	wt. %, max.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
伸 度 (25℃)	cm, min	—	—	3	3	3	2	2	2
シクロヘキサン不溶分	wt. %, max.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
パラフィン含有量	wt. %, max.	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
引 火 点	℃, min	330	330	240	230	240	230	250	230
比 重 (25℃)	g/cm ³ , min	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
薄膜加熱減量	%, max.	0.05	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5
薄膜加熱後の軟化点上昇	℃, max.	5	5						
屋根防水, 目地, 充填材				○	○	○	○	○	
リノリウム, カーベットタイル		○	○	○		○		○	
防 音, 断 熱 材				○	○	○	○	○	
鋼 管, タンク防食				○		○		○	○
塗 料, ラッカー, 腐食防止		○	○	○	○	○		○	○
グースアスファルト, 床舗装		○	○						
紙, ジュート		○	○	○	○	○			
接 着 材, パテ類				○	○	○		○	○
電 気, ケーブル類		○	○	○	○	○		○	○
ゴ ム 製 品		○	○	○					○

スファルトのプラント混合時や施工時の熱劣化を考慮して、舗装後のアスファルトの性状を規定しようと言うものである。この考え方は合理的ではあるが、アスファルト製造上の品質管理規格としては試験に手間がかかりすぎ、余り実用的でない。また表10, 11中のスポット試験は、アスファルト中のオイル分の浸み出しや耐久性に影響するアスファルトコロイドの均一性を、溶剤に対する溶解性で判定するものである。アスファルト中に熱分解によるカーボンなどが多量に混入している場合、溶剤に不溶解なカーボンなどが、ろ紙上で分離し、スポット試験で陽性と判定される。しかし、舗装用アスファルトは溶剤に溶解して用いるものでなく、またアスファルト混合物の品質とスポット試験の関係は必ずしも明確でない⁷⁾などの指摘もある。この項目は任意試験で、特にユーザーの要求がある場合にのみ実施される。

建材・工業用途のアスファルト規格は、我が国では JIS K 2207 にブローンアスファルト及び防水工事用アスファルトの規格がある。これらの製品の需要量は全アスファルト需要の約10%程度であるが、ヨーロッパ諸国では約20~25%で、ブローンアスファルトの品質も針入度と軟化点の組合せで分類され種類も多い。また Hard Grade と呼ばれる低針入度・高軟化点のピッチタイプのアスファルトもかなり利用されている。

参考までに、表-13に西ドイツシェル社の硬質アスファルト及びブローンアスファルトの製品規格と、それらの用途分類を示す。

参考までに、表-13に西ドイツシェル社の硬質アスファルト及びブローンアスファルトの製品規格と、それらの用途分類を示す。

あとがき

アスファルトの用途及び品質について、その概要を紹介したが、内容が多岐にわたり、十分整理できず分かり難い点も多いと思うが、アスファルト利用の概要をご理解いただく上で参考になれば幸いです。

参考文献

- 1), 2) 世界大百科事典No.14, No.2, 平凡社
 - 3), 4) アスファルト及びその応用, アスファルト同業会
 - 5) Hoiberg A.J., Bituminous Materials, Vol. II
 - 6) 角屋直竹, 「アスファルト燃料の現状について」アスファルト No.137 (1983)
 - 7) Barth E.J., ASPHALT p. 69
- その他, 参考にした資料:

- 齊藤 彪, 「アスファルト防水 その材料・用途・種類」アスファルト No.125 (1980)
- 梶田 慈, 「道路目地・土木防水・水利・鉄道への利用」アスファルト No.125 (1980)
- 木村忠雄, 「アスファルト鋼管塗覆装とノンネガティブフリクションパイル」No.125 (1980)
- 井町弘光, 「環境対策におけるアスファルトの応用」アスファルト No.101 (1975)
- 牛尾俊介, 「欧米諸国の石油製品の現状(6)ーアスファルトー」ペトロテック No.6, Vol. 4 (1981)
- 林 誠之, 「アメリカ各州のアスファルトの規格について」, 重交通道路の舗装用アスファルトに関する文献調査資料, アスファルト協会

砂利道の歴青路面処理指針 (59年版)

12月発行 B 5 版・64ページ・実費頒価 300 円 (送料実費)

昭和49年6月の第3次案を発行して以来、当協会のアスファルト舗装技術委員会および歴青路面処理分科会において鋭意検討され、ここに「砂利道の歴青路面処理指針(59年版)」が取りまとめられ出版することになりました。関係者必読の書としておすすめします。

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

アスファルト需給の将来動向

— 道路用需要を中心に —

真山 治 信*

1. はじめに

アスファルトに関与する者にとって、アスファルトの需給が将来どう展開するかは重要な関心事である。今後の需要見通しはどうだろうか？あるいは、供給の方はどうだろうか？ についてである。より正確な答案を用意するには、とりまく情勢要因をひとつずつ掘り下げて、それらを積み上げていくことがもっとも正攻法であるが、ここでは極めて大まかに、主としてその方向性に重点をおいて探ってみることとしたい。話しの順序として、需要構成の約9割（除く燃焼用）を占めている道路用を対象に、需要動向をめぐるいくつかの特徴点に触れ、次いで同様に供給動向について触れていきたい。あくまで一つの見方として整理したつもりであるが、多少なりとも何らかの参考になれば幸いである。

2. それほど期待できない先行き需要

結論的にいえば、道路用アスファルト需要の将来見通しは、当分悲観的にならざるを得ない情勢にある。つまり、昨今の横ばい乃至は微増基調が今後ともかなり続くのではないかと考えられるのである。以下、その理由や背景について考察してみたい。

(1) 理由の第一は低成長経済が続くこと

道路用アスファルトの需要動向を探るとき、もっとも手っ取り早い指標はGNP見通しである。図-1は、GNP伸び率と道路投資額および道路用アスファルト需要との関係につき、これまでの実績をまとめたものであるが、この図からこれらの相互関係がかなり深いものであることが読みとれる筈である。すなわち、GNP価格に対する道路投資額の比率、あるいは、道路投資額に対する道路用アス需要量の原単位がそれである。部分部分でのふれもあって、厳密には必ずしも一定関係にあるとは言いきれないが、おおよその将来展望には十分役立てられる指標なのである。

そしてこのことは、道路に限らずすべての公共事業に

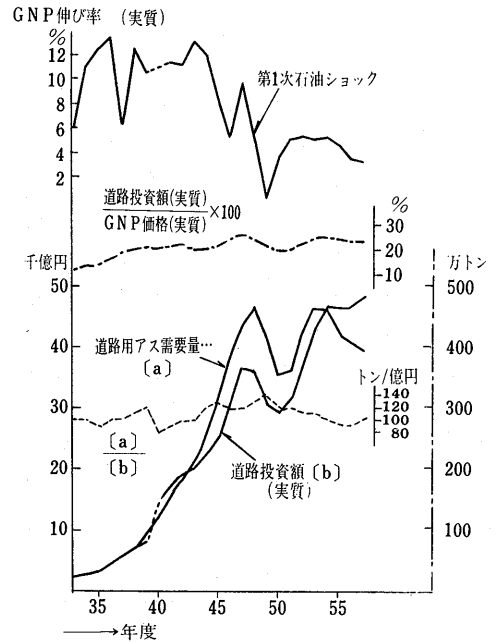


図-1 アス需要量とGNP等との関係

いえることだが、もともと長期的な性格でそれぞれの観点から必要計画が策定されるものには違いないが、結局のところは、財源なくしては遂行できないことを意味しており、また全体の中での常識的な調和も止むなしとしているところなのである。すなわち、厳密な定義づけは少しおくとして、これらの因果関係は、政府年度予算レベルで考えるとき、図-2のような図式に結果的には整理されるのである。

そこで、肝心の今後のGNP見通しであるが、表-1の通り、政府をはじめ関連機関での大勢は、伸び率3~4%程度の低成長安定経済が続くだろうとの見通しでありこれはまた、現在では一般的に常識に近いものとして受けとめられているところなのである。ということは、前述のごとくアス需要には悲観的情勢が続くのである。

* さなやま はるのぶ 東亜燃料工業㈱企画部

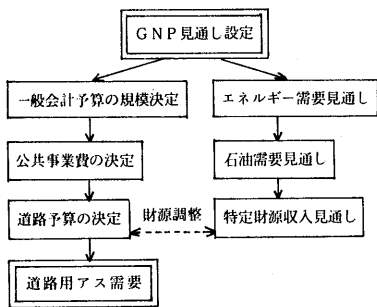


図-2 アス需要量とGNP等との関係

(2) 緊縮型予算が続く国家財政

頼みのGNPの伸びがそれほど期待できないとあっては、当然のごとく、政府予算の規模も伸び悩むことになる。それどころか、いわゆる赤字国債の解消が財政政策上の重要課題となっている昨今である。図-3はGNP伸び率と一般会計歳出、それに国債発行残高との関連を示したものであるが、石油ショック後の一層の国債増発による債務構造の財政運営が、今日では大きな負担となっていることを示している。増税なき財政再建であれば、図-3の国債発行残高から推して、今後まだ相当期間はおしん型予算が強いられていくとみるのが常識的である。とすれば、一般会計全体→公共事業費→道路予算と

いう図式において、一様に厳しい情勢が続くものと考えられるのである。

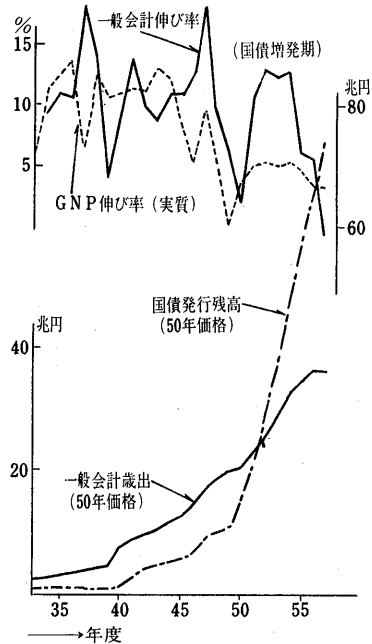


図-3 GNPと一般会計等との関連

表-1 長期一次エネルギー供給見通し * 構成比 = % ** 伸率 = % (65/55)

年 度	項 目	65 年 度					
		政 府 (58/11)		石油連盟 (59/7)		日本エネルギー経済研究所 (59/6)	
	エネルギー需要 10^6 kl (10^6 BD)	460	(7.9)	458	(7.9)	470	(8.1)
	エネルギー原単位 BD/ 10^3 ¥	27.8		28.8		29.7	
	省エネルギー率 % (55年度をベースとする)	28.0		25.4		23.1	
エネルギー別	単 位	実 数	構成比* (伸率)**	実 数	構成比 (伸率)	実 数	構成比 (伸率)
海外炭 { 原料炭 一般炭 }	10^3 t	N. A.	N. A.	65,000 25,800	14.9 (1.7)	67,600 27,600	15.4 (2.3)
国内炭 { 原料炭 一般炭 }	10^3 t	N. A.	N. A.	4,500 13,900	3.0 (▲ 0.3)	17,000	2.4 (▲ 2.2)
石 炭 計	10^3 t	108,000	17.5 (1.6)	109,200	17.9 (1.4)	112,200	17.8 (1.6)
原 子 力	10^3 kw	34,000	10.8 (8.7)	30,250	9.8 (7.7)	33,500	11.3 (9.5)
天 然 ガ ス	10^3 kl	56,000	12.1 (8.0)	49,500	10.8 (6.7)	53,110	11.3 (7.5)
(うち国内天然ガス)	10^3 m ³	(4.3)		(2.7)		(3.5)	
(うち L N G)	10^3 t	(36,500)		(33,200)		(34,000)	
水 力 { 一般水力 揚 水 }	10^3 kw	22,000 18,000	5.0 (▲ 0.4)	20,800 17,600	5.3 (0.1)	19,700 17,500	5.2 (0.2)
地 熱	10^3 kl	1,500	0.3 (17.5)	500	0.1 (0.7)	940	0.2 (8.1)
新 燃 料 ・ そ の 他	10^3 kl	8,000	1.7 (27.6)	1,300	0.3 (4.8)	3,000	0.7 (14.4)
小 計	10^6 kl	220	47.5 (4.3)	202	44.2 (3.4)	219	46.5 (4.3)
石 油	10^6 kl	240	52.5 (▲ 1.7)	256	55.8 (▲ 1.1)	251	53.5 (▲ 1.2)
(うち国内石油)	10^3 kl	(1,500)		(1,000)		(1,000)	
(うち L P G)	10^3 t	(19,000)		(17,500)		(14,700)	
供 給 合 計	10^6 kl	460	100 (0.7)	458	100 (0.7)	470	100 (0.9)
GNP伸率 (50年基準)		4%程度 (65/55)		3.7% (65/55)		3.6% (65/55)	
エ ネ ル ギ ー 弾 性 値		0.2		0.2		0.3	

(3) コンセンサスが厳しくなった道路整備の緊急性

図-4は、政府予算の一般会計における公共事業費の内訳構成であるが、近年、道路予算のウェイトが順次下降している点が注目されるのである。そしてこの背景は複雑多様な社会的ニーズが、財政困窮下も手伝って、公共事業施策各分野への優先序列に少なからず変化を与えてきていると見做されるのである。道路特定財源制度（昭和29年）や道路整備緊急措置法（昭和33年）など法制度の拡充強化を基盤に、高度経済成長期を経て今日まで、社会的な重責を担ってきた道路整備事業に対する評価は万人の認めているところであり、そのニーズは引き続き変りないものと一般的には理解されているところである。しかしながら最近では、一部に道路整備事業鈍化説や道路特定財源制度徹廃説など、新聞報道等で見聞きするように、財政困窮下を背景に論争のあることもまた否定できない事実なのである。すなわち、それだけ道路整備の緊急性に対する全体のコンセンサスのとりつけが一層厳しくなっているわけである。

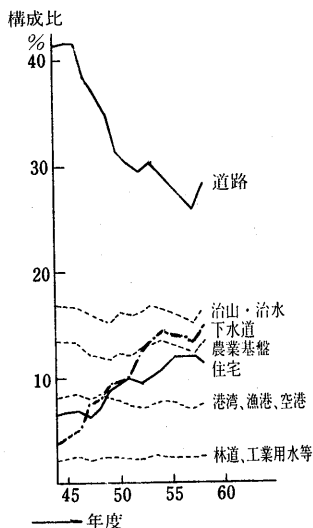


図-4 公共事業費費目別内訳（一般会計）

(4) 債務部分が増えている道路財源の中味

図-5は、道路投資額の財源内訳を示したものであるが、全体として目立っているのは財政投融资と地方自治体起債分の構成比が増加傾向にあることである。特に地方費における財源困窮の様相は顕著で、図-6の通り地方自治体起債分のウェイトが恒常化し、今後の財政運営に不健全な姿を露呈していることである。つまり、それだけ一般会計よりの充当力が減退しているわけであり、

道路整備の進展とは裏腹に、地方自治体の今後の財政運営に問題を残しているわけである。

(5) 石油需要低迷による特定財源ネック

表-1で示した通り、GNP低成長下で一次エネルギー

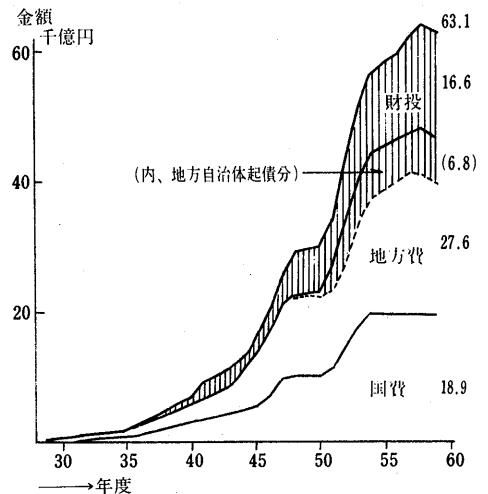


図-5 道路投資額（名目）内訳

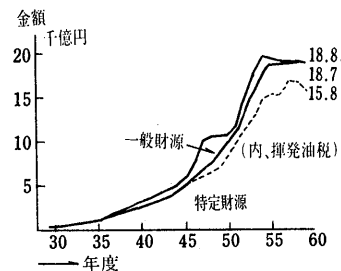


図-6(1) 国費（名目）財源内訳

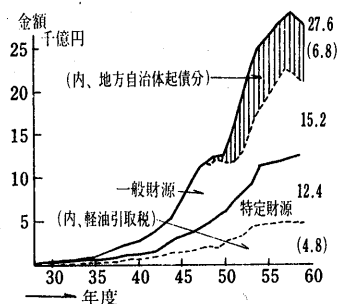


図-6(2) 内、地方費財源内訳

一全体需要は低迷、そしてその中で、石油需要は代替エネルギーや新エネルギーなどの進出でさらに下回る、というのが今後の見通しである。もちろん、石油製品別には多少の違いがあるにしても、基調としては低迷に変わりなく、これがため揮発油税など特定財源の収入見通しは決して明るくはないのである。そしてこの場合、増税論が一方で出てくるが、もはや今日では、石油需要低迷下における石油産業の構造不振を背景に、全くそれが受け入れられる環境条件にはないのである。参考までに、揮発油税等道路特定財源の税率推移を図-7の通りに示したが、過去間断ない税率引上げなのである。

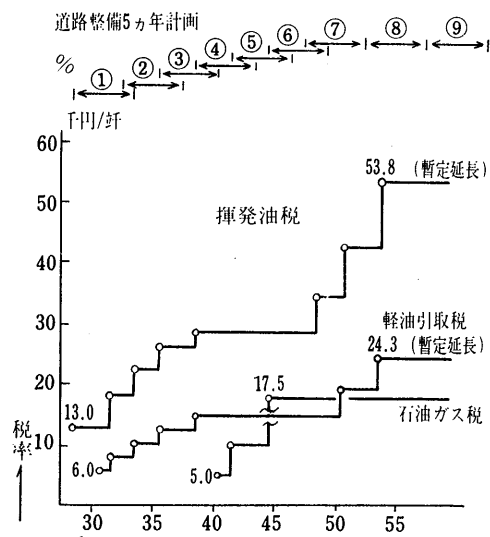


図-7 揮発油税等税率推移(道路整備特定財源)

3. 適正条件下で維持できる安定供給

それでは、供給の方はどうだろうかということになるが、結論は「今後ますます適正条件維持のウェイトが高まり、その上で需要相当の安定供給が続けられる」ということになるものと考えられる。適正条件とは、品質の安定保証と適正価格の市場形成である。その辺の理由と背景について、以下いくつかの点について考察してみた。

(1) 原油自体の Availability は問題なし

今日、世界的に原油需給がダブついているという情勢認識については、もはや一般的なものである。その一番早い物差しとしては、現在進めているOPECの価格維持のための各国生産上限協定が、そのいい例である。因みに、最近のOPEC原油生産実績を表-2に示したが、要するに一昔前とは著しい情勢変化が読みとれるのであ

る。もちろん、アスファルト生産には品質上の理由から、

表-2 OPEC原油生産量 単位:百万バレル/日

単位: 百万バレル/日	生産上限 協定枠	最近生産実績			過去最高 生産実績
		83/CY	84/1Q	84/2Q	
サウジアラビア*1	5.0	5.1	5.0	5.2	9.5
イラン	2.4	2.4	2.3	2.2	3.8
イラク	1.2	1.0	1.1	1.2	3.5
クウェート*1	1.05	1.1	1.2	1.1	2.8
UAE	1.1	1.1	1.2	1.2	1.8
カタール	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
リビア	1.1	1.1	1.1	1.2	2.0
ナイジェリア*2	1.3	1.2	1.5	1.3	2.4
アルジェリア	0.725	0.7	0.6	0.7	1.0
ベネズエラ	1.675	1.8	1.8	1.7	2.3
インドネシア	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6
その他	0.35	0.4	0.4	0.4	0.4
合計	17.5	17.6	18.1	18.1	31.7

*1 中立地帯を含む

*2 8月0.1 9月0.15 増産枠が認められている

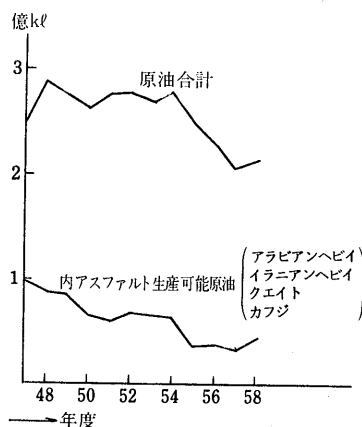


図-8 原油輸入実績

特定の原油油種(アラビアンヘビイ、イランアンヘビイ、サウジ、クウェートの4種が代表的なアスファルト生産可能原油)に注目しなければならないが、これとても図-8の、これまでの輸入実績動向を考え合せれば、Availability不安になる要素は全くないのである。

(2) 採算性重視が強まる石油産業の生産構造

図-9は、石油製品の需要構成推移を示したものであるが、なんといっても特徴的なことは、ガソリンや灯油・軽油などのいわゆる白油が年ごとに高くなり、これに反し、重油がその逆となってきている点である。これはいうまでもなく、石油ショック後の石油代替エネルギーや産業構造の変化などによるもので、現在、石油産業が当面している大きな課題のひとつなのである。というの

は、単に量的な構成変化のみでなく、市場メカニズムによる価格体系がガソリン始め白油に相対的に高く、重油が低位にあるということが、必要な対応を強く急がせているものである。すなわち、適切な原油選択、運転条件の効率化、二次設備の増強、品質規格の見直し、等々の手段を講じて、採算的に優位な白油の増産にますます拍車をかけている情勢なのである。

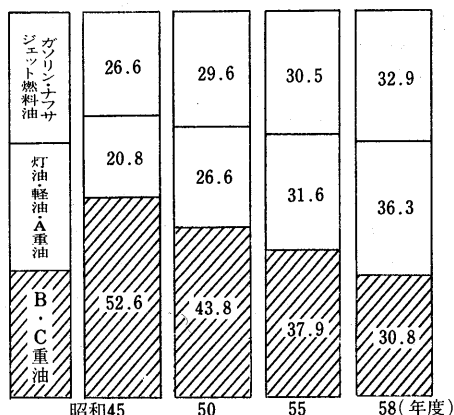


図-9 原油製品の需要構成(比率)

(3) 二次設備増強で重質油生産得率はさらに減少

石油製品の製造工程上、重質留分から白油に変換するもっとも代表的な設備は、分解装置であり、その主なものは流動式接触分解装置(Fluid Catalytic Cracking Unit 一通常FCCと呼称)である。図-10は、最近の全国能力推移と今後の増強計画であるが、巨額の設備投資(およそ450億円/3万バレル1日/1基の見当、含付帯設備)を注ぎこんでも、今日の石油産業としては重質油の生産得率減を進めなければならない状況下なのである。

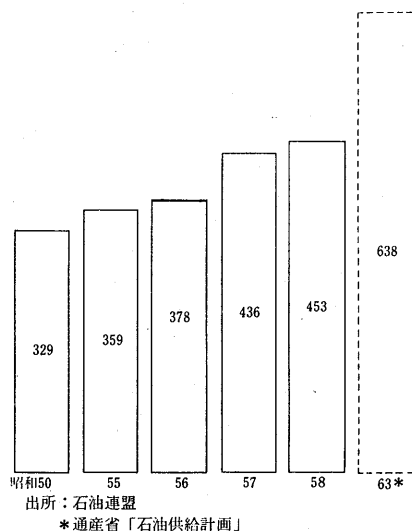


図-10 接触分解装置能力(千バレル/日)

4. むすび

以上のように道路用アスファルトの需要見通しは悲観的なものであるが、これはあくまでも財政ネックによるもので、道路整備の社会的ニーズは、国民総ドライバーと呼べる今日、産業用使命はもちろん民生用にとっても、少しも減退はしていないと考えられるのである。そういう意味では、当面制約された道路予算の中で、効率的運用が重要視されるのは当然の成り行きである。

一方、供給面では、なんといっても市場での適正価格の形成が必要不可欠の条件であり、今日、石油産業が進めている生産構造改善対策の中で、アスファルトが魅力の乏しい位置づけのものであってはならないのである。もちろん、それには品質の安定保証と高度な供用性が、供給側にとって、同時に社会的な責務であることもまた当然のことなのである。

「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議（7）」

第19回研究報告をお届けする。第13回以降、「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議（The Fifth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements）」の発表論文をセッションごとにとりまとめたが、今回は最終セッションとなる。

最終セッションに含まれる論文は概して統一的な分類をしにくいものが多い。本会議も例外ではなく、担当の野村君はまとめ方に非常に苦慮していたが、数回にわたって筆者と検討した結果、各論文を一つ一つ紹介する方式をとることにした。従来の研究報告のパターンでまとめようとするとかえって不自然になってしまうという判断からである。

毎年12月は勉強のあと忘年会となる。今年の出席者は

25人。これにあたって年間の出欠が発表された。1年間全出席は、阿部（日大）、阿部（東京都）、竹田（東京都）、野村（日歴）の4人だけ。一回も休まないというのはなかなか困難のようである。その意味では、阿部（東京都）さんの7年間全出席という記録はすばらしい。阿部さんがたまたま遅刻したりすると、これで全勝記録が破れるのではないかと話題になる。筆者は入学試験の極秘作業で一度欠席している。竹田さんが2度だけだが、現場を担当しながらのこの記録もすばらしい。他に珍記録としては太田（日歴）さん。最近の勉強会は出席ゼロ（これはOB扱いでグループが承認している）で、夏期合宿と忘年会はオール出席。

研究グループの活動は当分楽しく続きそうである。

（阿部頼政）

アスファルト舗装技術研究グループ

阿部 頼政	日本大学理工学部土木工学科	滝 瀬 穰	日本大学理工学部土木工学科
秋 本 隆	日歴化学工業㈱業務技術課	竹 田 敏 憲	東京都第二建設事務所
阿 部 忠 行	東京都第二建設事務所	田 中 輝 栄	東京都土木技術研究所
荒 井 孝 雄	日本舗道㈱技術研究所	谷 口 豊 明	大林道路㈱技術研究所
安 崎 裕	建設省大臣官房技術調査室	丹 羽 和 裕	㈱バスコ道路調査部
飯 田 章 夫	日本道路公団名古屋建設局企画調査課	栃 木 博	日本道路公団試験所土工試験室
池 田 拓 哉	建設省土木研究所舗装研究室	中 村 州 章	日本道路公団試験所舗装試験室
井 上 武 美	日本舗道㈱技術研究所	西 沢 典 夫	大成道路㈱技術研究所
大久保 高 秀	首都高速道路公団湾岸線設計課	野々田 充	日本道路㈱技術研究所
太 田 健 二	日歴化学工業㈱技術課	野 村 健一郎	大成道路㈱技術研究所
大 坪 義 治	日歴化学工業㈱関東営業所	野 村 敏 明	日歴化学工業㈱技術研究所
亀 田 昭 一	日本大学理工学部土木工学科	林 誠 之	日本石油㈱中央技術研究所
栢 野 宏	日本大学理工学部土木工学科	八 谷 好 高	運輸省港湾技術研究所滑走路研究室
古 財 武 久	大成道路㈱技術研究所	羽 山 高 義	日本舗道㈱工事開発部
児 玉 充 生	シェル石油㈱技術研究所	姫 野 賢 治	東京工業大学工学部土木工学科
佐 藤 喜 久	鹿島道路㈱東京支店技術部	福 手 勤	運輸省第三港湾建設局海域整備課
東海林 更二郎	日本舗道㈱工事開発部	吉 川 文 夫	日歴化学工業㈱技術研究所
田 井 文 夫	日本道路㈱技術研究所	吉 村 啓 之	前田道路㈱技術研究所

セッションⅥ 材料特性

野村 健一郎*

まえがき

「第5回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議（以下第5回構造会議と略す）セッションⅥ：材料特性」は、当該会議の最終セッションで、材料特性に関するものを主として、セッションⅠ～セッションⅤのどれにも分類できない11篇の論文が集められている。これらの論文は表-1に示すように分類できるが、その内容は

多岐に渡り、第14回～18回研究報告のように一つの流れに沿ってまとめた場合、かえって理解しにくいものになると考えられる。そこで当該セッションでは、表-1に示した分類に従い、各項目ごとにそれぞれの論文の概要を 1) 目的, 2) 研究方法, 3) 研究成果, に分けて紹介する。

表-1 セッションⅥ発表論文

区分	種 別	著 者 お よ び 文 献 名
材料特性に関する研究	路 床 土 および 路 盤 材	Kirwan R.W., Farrel E.R., Hartford D.N.D., orr T.L.L. "The Interpretation of Repeated Load Parameters for a Clacial Subgrade From Soil Properties" 「くり返し載荷試験による路床土の特性評価」・イギリス
		T.C. Jhonson, D.M. Cole, and L.H. Irwin; "Characterization of Freeze / Thaw-Affected Granular Soils for Pavement Evaluation, 「舗装の供用性に及ぼす, 粒状材の凍結融解作用の影響について」: アメリカ
		J.L. PAUTE and J. MARTINEZ; "Structural Finite Element Design of Unbound Material Pavements From Cyclic Loading Triaxial 「くり返し三軸試験による粒状材の特性評価と, 有限要素法による構造設計」: フランス
	アスファルト 混 合 物	S.K.Khanna, M.G.Arora and K.R.N.S.Setty; "Characterization and Design Analysis of Bituminous Pavements", 「瀝青舗装の特性と構造設計に関する解析」: インド
		Dallas N.Little, Jon A.Epps and R.J.Holmgreen; "Recycling Asphalt Concrete: Guidelines And Performance Potential" 「アスファルト舗装のリサイクリングとその供用性」: アメリカ
	イオウアスファルト 混 合 物	G.J.Kennepohl, D.C.Beam, L.J.Miller and R.G.C.Haas; "A Summary of Sulphur-Asphalt Design Technology", 「イオウアスファルト混合物の舗装への適用性」: ベルギー
クラックに関する研究	疲 労 による ク ラ ッ ク	K.P.George and S.K.Nair; "Probabilistic Fatigue Design for Flexible Pavements", 「確立論的疲労特性に基づくたわみ性舗装の構造設計法」: アメリカ
	リフレクション ク ラ ッ ク	J.P.Marchand and H.Goacolou; "Cracking in Wearing Courses", 「舗装表層内のクラック」: フランス
		B.F.Mc Clough, S.B.Seeds: Field Validation of an Overlay Design Procedure to Prevent Reflection Cracking, 「リフレクション防止のためのオーバーレイ設計法と実験的検証」: オーストラリア
	温度応力による ク ラ ッ ク	R.L.Lytton, U.Shanmugham: "Analysis and Design of Pavements to Resist Thermal Cracking Using Fracture Mechanics", 「破断力学を用いた, 温度ひびわれに耐える舗装の解析と設計」: アメリカ

*のむら けんいちろう 大成道路技術研究所

1. 材料特性に関する研究

1-1 路床土および路盤材

(I) 「くり返し载荷試験による路床土の特性評価」:

イギリス

1) 目的

本研究の目的は、アイルランドで多く見られる路床土“Till”の復元変形係数(M_R)および永久変形特性を求めることである。なお、Tillとは、AASHTOの締固め試験における最適含水比、13.7%、最大乾燥密度 2.050 g/cm^3 、またPI 14%、で日本統一土質分類¹²⁾にてふるい分けによる粒度測定結果のみで分類した場合、砂質土に属する土である。

2) 研究方法

本研究では、含水比(W)、乾燥密度(γ_d)を変化させた路床土に対して、非排水条件で応力レベルおよび応力履歴を変化させくり返し三軸試験を行ない、復元変形係数^{注1)}および永久変形特性を求めた。

3) 研究成果

くり返し三軸試験の結果、復元変形係数と含水比および乾燥密度の関係は、図-1に示すようになり、乾燥密度が大きい領域を除くと、復元変形係数が乾燥密度に比べ含水比の影響を大きく受ける傾向を示している。特に、含水比が高い領域では、乾燥密度が変化しても復元変形係数はほとんど影響を受けていない。また、著者らは同図に改定 AASHTO およびプロクターの締固^{注2)}めによる、含水比と乾燥密度の関係を示し、これらの締固めによる最適含水比では、復元変形係数が最大値とならないことを報告している。

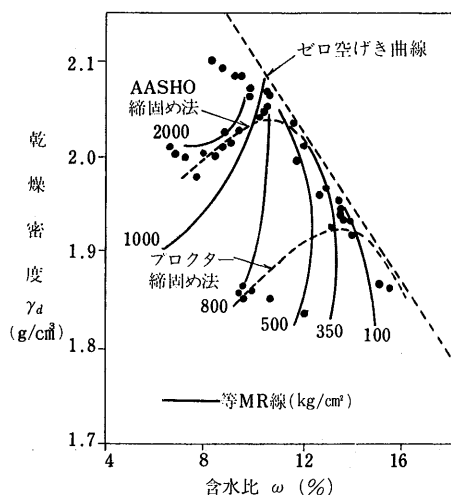


図-1 $\omega \sim \gamma_d \sim M_R$ の関係¹⁾

この他、著者らは試験の結果得られた復元変形係数と CBR の関係を図-2 に示し Heukelom らの提案している、 $M_R (\text{kg/cm}^2) = 100 \times \text{CBR}$ の関係式による復元変形係数と比較すると、CBR が20%以下ではこれらがほぼ一致するが、20%以上では急激に誤差が大きくなり、Chous らの報告と一致する傾向を示したと報告している。

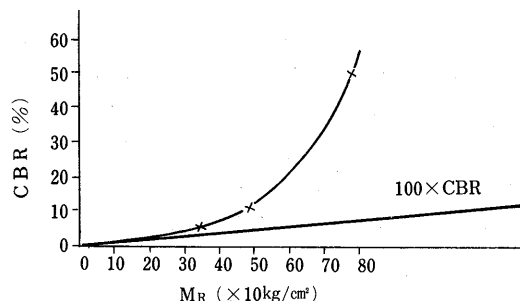


図-2 M_R と CBR の関係¹⁾

一方、路床土の永久変形に関するものとして、偏差応力と载荷回数および永久ひずみの関係は、図-3に示すようになり、偏差応力の変化に伴い永久軸ひずみもほぼ直線的に増加している。また、どのような応力下でも、永久ひずみは载荷初期に急激に増加し、その後は徐々に増加している。この他、応力履歴の影響を調べるために、载荷荷重を载荷中に変化した結果、载荷回数と永久ひずみの関係は、図-4に示すようになり、路床の永久変形は、小さな荷重を数多く受けた場合に比べ、大きな荷重の载荷を数回受けた方が若干大きいとしている。なお、図-3と図-4において、同様の偏差応力载荷時における軸永久変形が異なっているが、これは供試体の乾燥密度および含水比が異なるためである。

注1) 復元変形係数(M_R)はくり返し三軸試験によ

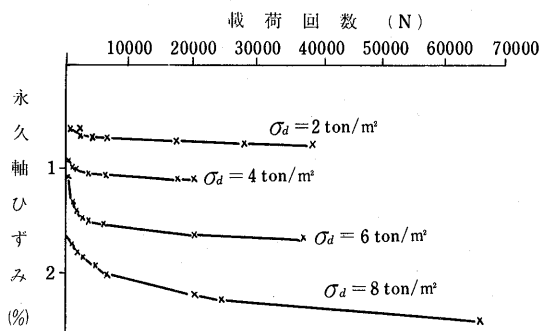


図-3 载荷回数と永久軸ひずみの関係¹⁾

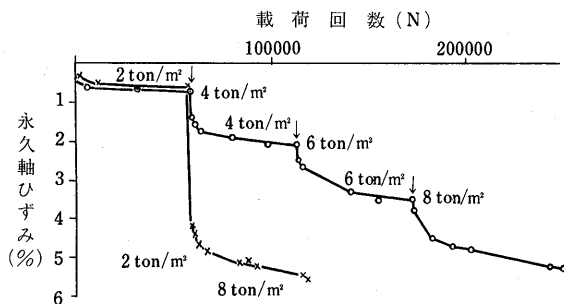


図-4 永久ひずみに及ぼす偏差応力の影響¹⁾

り求まるもので、次式により定義される¹³⁾。

$$M_R = \sigma_d / \epsilon_a$$

ここに、 σ_d ：偏差応力、 $\sigma_d = \sigma_{ij} - (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) / 3$ 、 ϵ_a ：復元軸ひずみ

注2) 改定 AASHO の締固め試験は、JIS A-1211、プロクタの締固め試験は JIS A-1210 の「突固めによる土の締固め試験方法」とほぼ同様のものである^{12) 14)}。

(II) 「舗装の供用性に及ぼす、粒状材の凍結融解作用の影響について」：アメリカ

1) 目的

本研究の目的は、路床土および路盤材の特性への凍結・融解および間隙水圧の影響を室内試験で確認すると同時に、これらを考慮した復元変形係数を求める重回帰式を作成し、フィールドで検証することである。

2) 研究方法

本研究では、路床土および路盤材に対し、軸圧 (σ_1)、側圧 (σ_3)、温度 (T)、間隙水圧 (Ψ) を変化させくり返し三軸試験を行い、各条件における復元変形係数を求めた。次に、これらの結果を基に凍結融解および間隙水圧を考慮した重回帰式を作成し、フィールドでフォーリングウェイトデフレクトメータ試験 (FWD) を実施し、検証を行った。

3) 研究成果

路盤材に対し、 $-8^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ で温度を変えてくり返し三軸試験を行った結果、温度と復元変形係数の関係は、図-5 に示すようになり、凍結した水分が融解することで復元変形係数が急激に低下することを明らかにしている。なお、図中の J_2 は第2応力変数、 τ_{oct} は正八面体剪断応力^{注3)}で以下に示す式により定義される。

$$J_2 = 2\sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_3$$

$$\tau_{oct} = \sqrt{2/3} \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)$$

一方、第1応力変数 (J_1) を変化させて繰り返し三軸

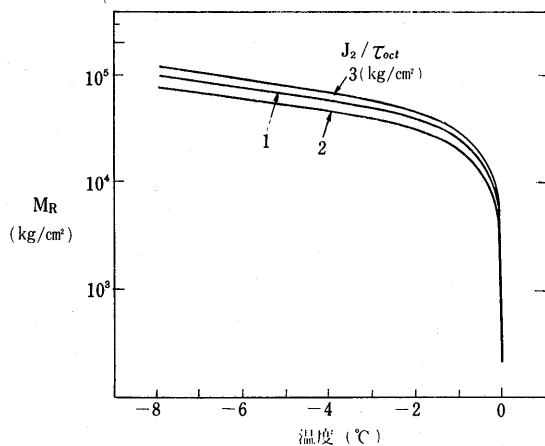


図-5 復元変形係数への凍結、融解の影響²⁾

試験を行った結果、路床土の間隙水圧と第1応力変数および復元変形係数の関係は、図-6 に示すようになるとして、間隙水圧も復元変形係数に影響を与えることを明らかにしている。なお、第1応力変数は以下に示す式により定義される。

$$J_1 = \sigma_1 + 2\sigma_3$$

次に、これらの試験結果を基に、以下に示すファクターを用い復元変形係数を求める重回帰式を作成した。これらの回帰式は材料により固有のものとなるので、ここでは参考として1例を紹介する。

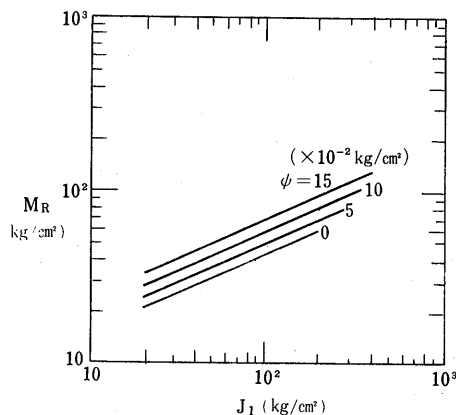


図-6 第1応力～レジリエントモジュラス～間隙水圧の関係²⁾

◎復元変形係数を求める重回帰式に使用するファクター

T：温度 τ_d ：乾燥密度 Ψ ：間隙水圧 J_1 ：第1応力変数 J_2 ：第2応力変数 τ_{oct} ：正八

面体剪断応力 f : 載荷周波数 W : 全含水量

Wu : 非凍結水量 $= 0.0181 (-T^{\circ}\text{C})^{-0.34}$

例 : ハートブラザーサンド (路盤材) の凍結期における, FWD による復元変形係数を予測する式

$$M_R (\times 10 \text{ kg/cm}^2) = 8.05 \times 10^{-2} r_d^{7.64} \left(\frac{J_2}{\tau_{oct}} \right)^{0.365}$$

$$\left(\frac{Wu}{W} \right)^{-1.97}$$

($n=88$, $R^2=0.97$, 標準誤差 0.44)

その他, フィールド試験を行い, 前記の復元変形係数を求める重回帰式を使用し, NELAPAV と呼ばれる多層弾性理論プログラムにて求めたたわみと, FWD による測定結果を比較し, 図-7 に示すように良好な結果が得られたと報告している。

注3) 正八面体剪断応力とは, 3 個の直交する主軸面

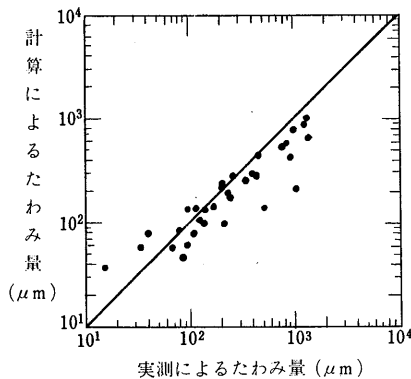


図-7 FWD による実測たわみと計算によるたわみ²⁾

と等しい角度をなす面上の応力状態を考慮した場合, この面が幾何学的に八面体の側面となることから考えられるものである¹⁵⁾。また, 第1, 第2 応力等については, 参考文献15) に解説されているので参考とされたい。

(Ⅲ) 「くり返し三軸試験による粒状材の特性評価と, 有限要素法による構造設計」: フランス

1) 目的

本研究の目的は, くり返し三軸試験により粒状材の特性を評価し, 得られた特性を利用して, 有限要素法にて構造設計を行なうことである。

2) 研究方法

本研究では, 応力比 (q/p) を一定にしたくり返し三軸試験を実施した。なお, 平均主応力 (p) および軸差

応力 (q) は以下に示す式により定義される。

$$p = (\sigma_1 + 2\sigma_3) / 3$$

$$q = (\sigma_1 - \sigma_3)$$

3) 研究成果

三軸試験により得られた体積ひずみ (ϵ_v) と偏差率および平均応力の関係は, 図-8 に示すようになり, 応力比が小さいほど体積ひずみが大きくなる傾向が得られた。なお, 体積ひずみは以下に示す式により定義される。

$$\epsilon_v = \epsilon_1 + 2\epsilon_3$$

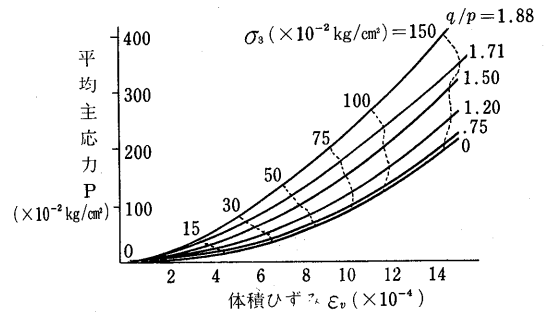


図-8 体積ひずみ～平均主応力～偏差率の関係³⁾

また, 軸永久ひずみ (ϵ_p) と, 平均応力および軸差応力の関係を図-9 に示すが, 体積ひずみと同様に偏差率が大きいほど, 軸永久ひずみも大きくなるのがわかる。

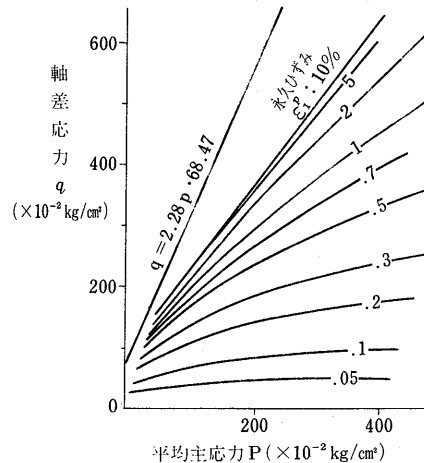


図-9 平均主応力～軸差応力～軸永久ひずみの関係³⁾

その他, 著者らはこれらの関係を基にして, 有限要素法により, 表-2 に示すように要素ごとに永久ひずみから変形量を求め, 各要素の変形量を合計してわだち掘れ量の推定を行った例を紹介している。

表-2 わだち掘れ量の算出³⁾

路 盤			
要 素	h (mm)	$\epsilon_1^p (10^{-3})$	変 形 量 ΔW (mm)
1	40	1.7	.068
5	40	2.5	.100
12	40	2.5	.100
16	40	2.0	.080
27	80	1.6	.128
31	80	1.2	.096
			.572
路 床			
要 素	h (mm)	$\epsilon_1^p (10^{-3})$	変 形 量 ΔW (mm)
41	100	2.5	.250
45	100	1.6	.160
52	100	1.1	.110
56	100	.85	.085
67	200	.70	.140
71	200	.40	.080
78	200	.30	.060
82	200	.21	.041
90	400	.17	.068
91	400	.14	.056
91	400	.12	.010
93	400	.10	.040
			1.140

わだち掘れ量 = 0.572 + 1.140 = 1.712 mm

1-2 アスファルト混合物

(IV) 「瀝青舗装の特性と構造設計に関する解析」：インド

1) 目的

本研究の目的は、アスコン下面に働く引張り応力をシュミレートする試験によりアスファルト混合物の特性評価を行い、より現実的な構造設計方法を確立することである。

2) 研究方法

本研究では、引っ張り応力をシュミレートする中空三軸圧縮試験を実施し、アスファルト混合物の強度特性を、また、同時に引っ張りクリープ試験を実施し、アスファルト混合物の変形特性を解析した。

3) 研究成果

中空三軸圧縮試験の結果、内部圧の違いによるX軸応力と復元変形係数の関係は、図-10に示すようになり、内部圧力が大きいほど、アスファルト混合物の復元変形

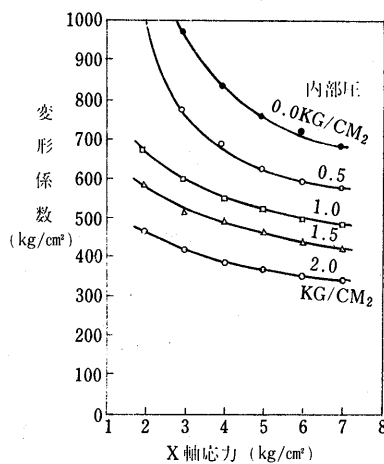


図-10 内部圧の違いによるX軸応力～変形係数の関係⁴⁾

係数が低下すると報告している。

また、引張りクリープ試験の結果、荷重時間の違いによる応力とクリープコンプライアンスの関係は、図-11に示すようになり、クリープコンプライアンスも荷重のみならず、荷重時間の影響を確認したことを報告している。

この他著者らは、LIORFEPと呼ばれる有限要素法に基づく非線形プログラムを開発し、上記の試験により求めた特性値を用いて構造設計を行い、良好な結果が得られたと報告している。

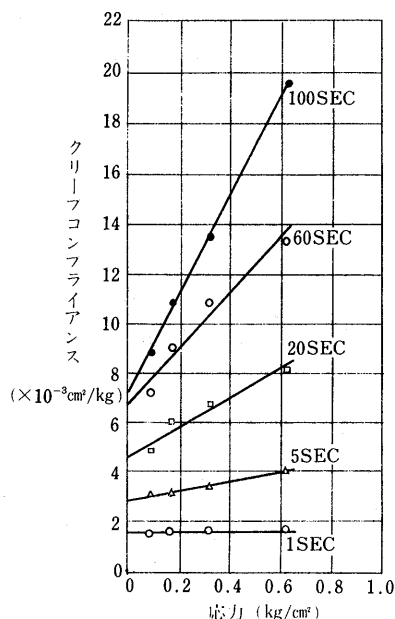


図-11 荷重時間の違いによる応力～クリープコンプライアンスの関係⁴⁾

なお、本研究で対象としているアスファルト混合物は、シートアスファルトおよび瀝青マカダム等である。

(V) 「アスファルト舗装のリサイクルとその供用性」：アメリカ

1) 目的

本研究の目的は、アスファルト舗装のリサイクル（以下リサイクル）の補修工法としての位置付けを明確にすること、およびリサイクルを適用した舗装の構造の評価である。

2) 研究方法

本研究では、リサイクルの現状を整理し、補修工法としての位置付けを明確にした。また、リサイクルを適用した26箇所の舗装の評価を、ダイナフレクトを用いて行った。

3) 研究成果

著者らは、リサイクルは、補修工法として図-12に示すように位置付けられるとしている。また、リサイクルを、1) 路上表層再生工法、2) 路上再生路盤工法、3) 中央プラント方式による再生アスファルト混合物、に分類して、表-3に示すようにそれぞれの長所と短所を示している。

一方、リサイクルを適用した26箇所の舗装のたわみを、ダイナフレクトで測定した結果の一例として、路盤以下が同一条件の5箇所について、図-13に示すチャートを示している。チャート中の舗装表面における最大たわみ量（d）は、ダイナフレクトの第1センサーで測

表-3 アスファルト舗装のリサイクルの長所と短所

方式	長 所	短 所
路上表層再生工法	・リフレクションクラックの発生を減少できる。 ・既設舗装とオーバーレイの付着を良好にする。 ・オーバーレイと既設の側溝、橋、舗装等とのすり付けがスムーズに行え、耐摩耗性が向上する。 ・転圧時に発生する局所的な粗面化を減少できる。 ・適切な投資で多岐に渡る舗装の破損（摩耗、フラッシュ、コルゲーション、わだち掘れ、老化した路面、段差等）に適用できる。 ・すべり抵抗性が改善できる。	・構造の改善に限界がある。 ・凹凸のある舗装では、ヒータおよびスカリファイヤを数回通過させないと効果が得られない。 ・フラッシュのひどい舗装や、安定性の低い舗装には適用限界がある。 ・ある程度の大気汚染を伴う。 ・道路に近接した草木に被害を与える。 ・機種により最大粒径25mm以上の混合物には適用できない。
路上再生路盤工法	・構造改善に効果がある。 ・各種の舗装のあらゆる程度の破損に適用できる。 ・リフレクションクラックを消すことができる。 ・耐凍上性を改善できる。 ・すべり抵抗性を改善できる。	・中央プラント方式程度の品質管理が行えない。 ・交通規制を伴う。
中央プラント方式によるリサイクル	・構造改善に効果がある。 ・品質の改善が行える。 ・各種の舗装のあらゆる程度の破損に適用できる。 ・リフレクションクラックを消すことができる。 ・すべり抵抗性を改善できる。 ・耐凍上性を改善できる。 ・容易に幾何構造を改善できる。 ・バインダーの添加、骨材の添加により品質の改善が行える。 ・乗心地を改善できる。	・プラントにおける粉じんの増加 ・プラント近隣での大気汚染 ・交通規制を伴う

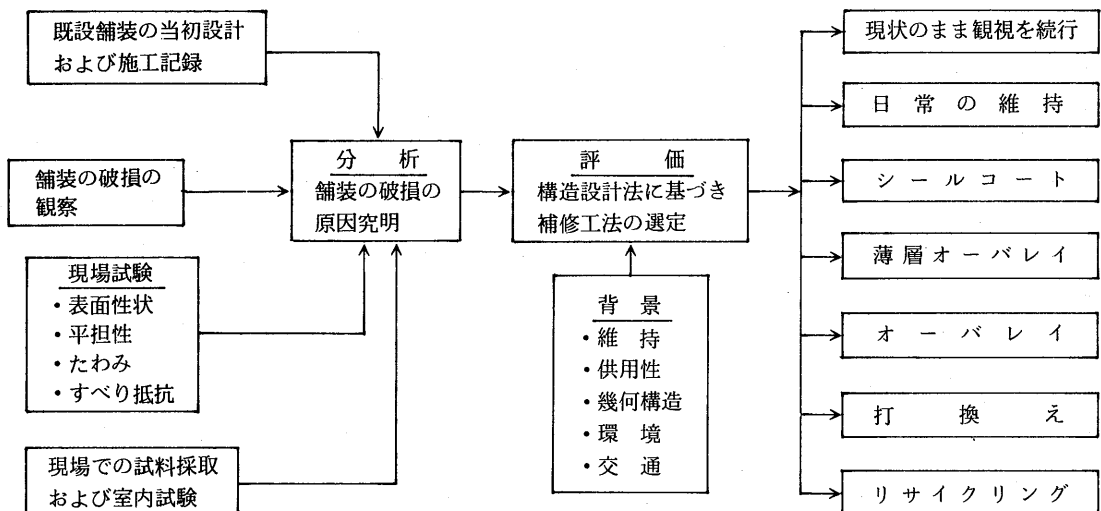


図-12 補修工法としてのリサイクルの位置付け

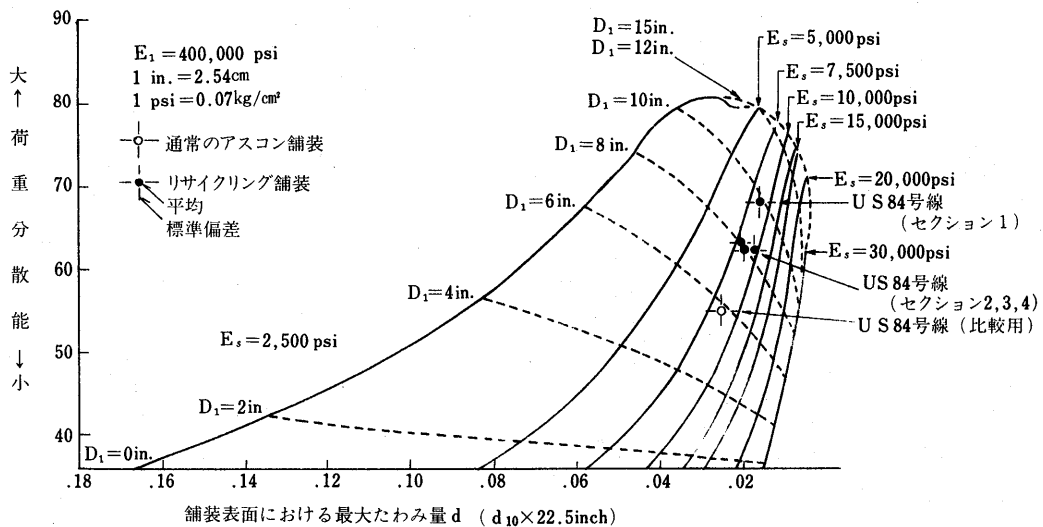


図-13 ダイナフレクトによるたわみ量と荷重分散能の関係⁵⁾

定したたわみ量 (d_{10}) に 22.5 を乗じたもの、また荷重分散能 (S) は、ダイナフレクトの各センサーによる路面のたわみの平均値の d_{10} に対する比率である。

なお、図中の実線は層弾性電算プログラム「シェブロン」にたり解析した、上層の弾性係数を 400,000 psi (約 28,000 kg/cm²) とした場合の各舗装厚と各路床条件における、 d と S の関係を示したものである。また、破線は各路床条件での同一舗装厚を結んだものである。このチャートから、リサイクリング層は通常のアスコン層 6 in (約 15.2 cm) に対して、同一厚さで 8 ~ 10 in (20.3 ~ 25.4 cm) に匹敵する荷重分散能があることが読みとれるわけである。

また、各測定結果にアスファルト舗装要綱の TA と同様の考え方をういてリサイクリングによる層の等値換算係数を求めている。ここでは参考として、図-13 に示してある 4 箇所で求めた等値換算係数を表-4 に示す。

表-4 リサイクリング層の等値換算係数例

試験施工箇所	等値換算係数
US 84号線 セクション 1	1.98
US 84号線 セクション 2	1.57
US 84号線 セクション 3	1.59
US 84号線 セクション 4	1.59

1-3 イオウアスファルト混合物

(Ⅶ) 「イオウアスファルト混合物の舗装への適用性」

：ベルギー

1) 目的

本研究の目的は、イオウアスファルト混合物の特性の把握、イオウアスファルト混合物を適用する場合の構造設計法の確立、およびイオウアスファルト混合物による舗装の供用性の確認である。

2) 研究方法

本研究では、引張り試験、圧縮試験、応力制御くり返し引張り試験等を行い、イオウアスファルト混合物の特性を把握したと同時に、これらの試験結果を基に、イオウアスファルト混合物を適用する場合の構造設計法の検討を行った。その他、実施工を行い、追跡調査により供用性の評価を行った。

3) 研究成果

室内試験の結果、低温域および高温域におけるスティフネスは、図-14 に示すようになり、イオウを添加することで、特に高温域でのスティフネスが大きくなると同時に、感温性が改善されることが明らかになった。この他、イオウアスファルト混合物の疲労特性は図-15 に示すとおりで、イオウを添加することで疲労特性が改善されるとしている。

更に、著者らはイオウアスファルト混合物を用いる場合、通常のアスファルト混合物に対応する必要厚さを経験的に求めたものとして、表-5 に示す値を提案している。また、著者らは図-16 に示す条件での舗装の寿命を、表-6 に示す Heukelom らによる限界水平ひずみを基に、弾性理論により求めた。その結果、通常のアスファルト混合物に比べ、イオウアスファルト混合物を用いた舗装の寿命が 4 倍以上長いと予測できるとしている。

一方、フィールドによる追跡調査の結果、イオウアス

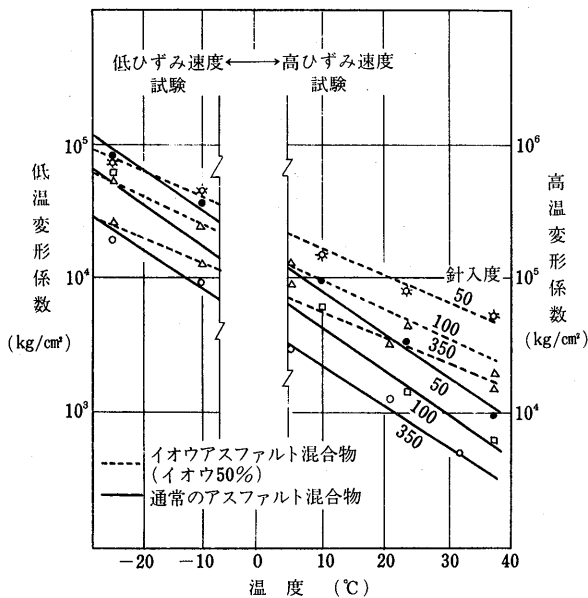


図-14 イオウ添加アスファルト混合物の変形係数⁶⁾

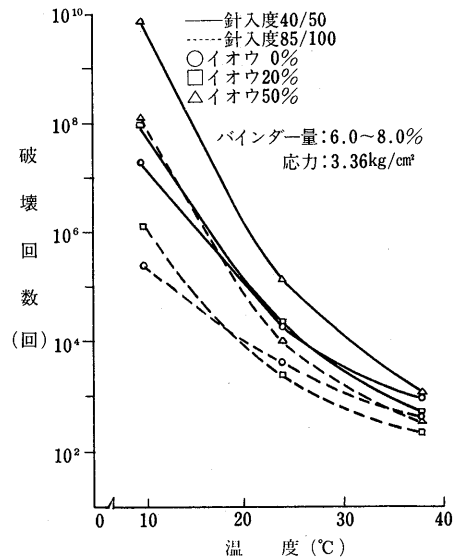


図-15 応力制御くり返し引張り試験による疲労特性⁶⁾

表-5 通常のアスファルト混合物に対応するイオウアスファルト混合物厚

条 件	通常のアスファルト混合物 1mmに対応する厚さ
既設アスコン厚が 300mm以上の場合	0.8mm
既設アスコン厚が 200~300mmの場合	0.9mm
既設アスコン厚が 200mm以下の場合	1.0mm

表-6 限界水平ひずみ

80KN (8 ton) 载荷回数 (回)	限界水平ひずみ ($\times 10^{-4}$)
10^2	9
10^3	5.8
10^4	3.6
10^5	2.3
10^6	1.45

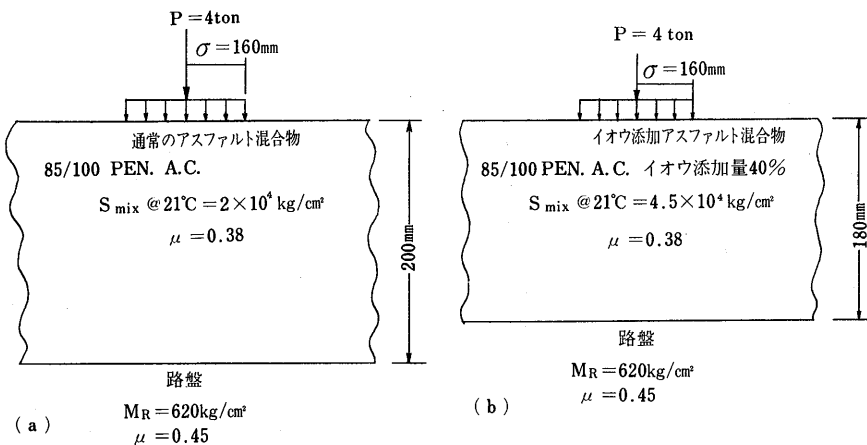


図-16 設計断面例⁶⁾

ファルト混合物による舗装は耐流動性に優れ、すべり抵抗性が大きく、また、骨材の飛散への抵抗性が高いことが明らかになったが、舗装厚に関する評価に関しては、更に追跡調査を行う必要があるとしている。

(VII) 「室内試験およびフィールド試験によるイオウアスファルト混合物の疲労特性の評価」：アメリカ

1) 目的

本研究の目的は、室内研究にて優れた特性が認められ

ているイオウアスファルト混合物の、よりフィールドに近い状態での疲労特性を把握することである。

2) 研究方法

本研究では、写真-1に示す、車輪を走行させる型式のひずみ制御によるくり返し曲げ試験、およびフィールドにおける走行試験を行い、イオウアスファルト混合物の疲労特性を評価した。なお、疲労破壊を評価する際の破壊の判定は、前者では目視観察により供試体にクラックが発生した時点、後者では舗装表面のひび割れ率が25%に達した時点とした。

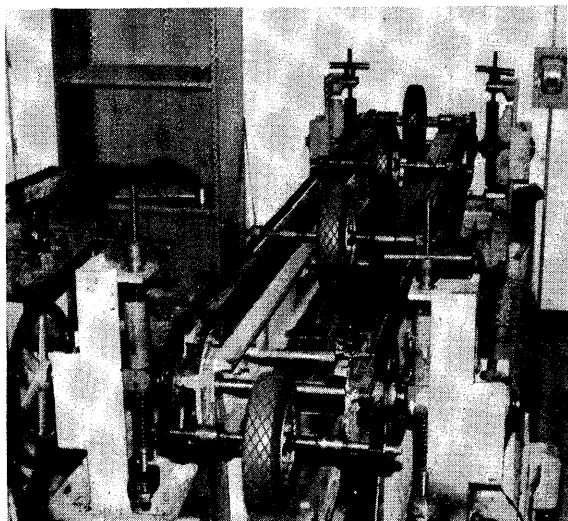


写真-1 車輪走行型くり返し曲げ試験機⁷⁾

3) 研究成果

くり返し曲げ試験の結果、初期ひずみと破壊回数の関係は、図-17に示すように、また走行試験における初期ひずみと破壊回数の関係も同様の傾向となっている。こ

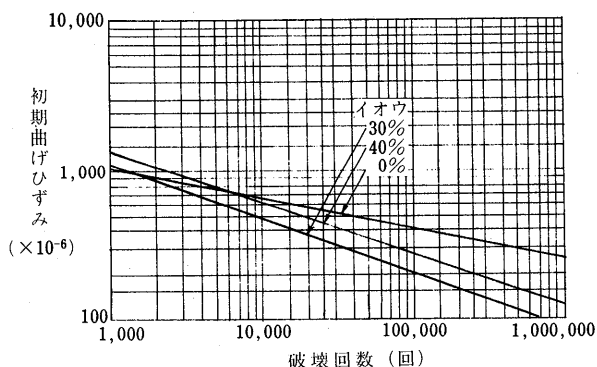


図-17 くり返し曲げによるイオウ添加アスファルト混合物の疲労特性⁷⁾

れらの結果、著者らは、曲げひずみが低いレベルでは、イオウアスファルト混合物に比べ、通常のアスファルト混合物の方が疲労特性に優れ、曲げひずみが低いレベルでは、その逆の傾向となることが明らかになったと報告している。

2. クラックの発生に関する研究

2-1 疲労によるクラック

(Ⅷ) 「確立論的疲労特性に基づくたわみ性舗装の構造設計法」：アメリカ

1) 目的

本研究の目的は、疲労破壊を基本とする構造設計法を開発することである。

2) 研究方法

本研究では、図-18のフローに示すように、表-7に示す900条件について、走行位置のクラック率が10%に達するまでの荷重の載荷回数(Nf)をHwang, Witczakの提案している¹⁶⁾式にて求めた。次にこれらの(Nf)と、輪荷重(L)、気温(T)、舗装厚指数(SN)、路床の弾性係数(S)の関係から、NfとL、T、SN、Sの回帰式を作成した。また当回帰式から求まるNfおよび輪荷重(L)、気温(T)等を累積疲労($\Delta\mu$)を求める式に代入して、任意の条件での舗装厚指数(SN)を

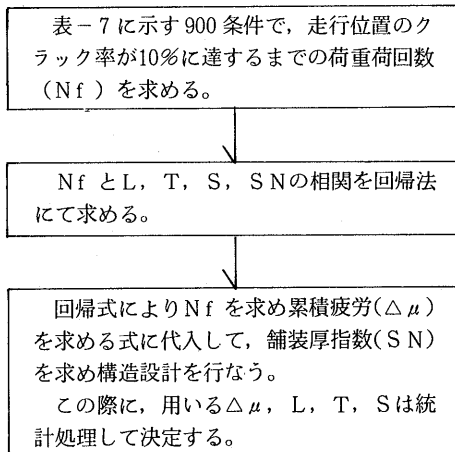


図-18 K.P. George らの研究のフロー

表-7 計算条件

パラメータ	記号	条件数	条 件
輪 荷 重	L	5	0.908 ton ~ 4.086 ton
気 温	T	12	-16.9 °C ~ 43.3 °C
路床の支持力	S	3	245, 525, 1,050 kg/cm ²
舗 装 厚 指 数	SN	5	2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5

求め構造設計を行なった。なお、輪荷重(L), 気温(T)等の条件は統計処理して求めた。

3) 研究成果

本研究では、回帰式を求めるまでの各式の展開の概要を解説し、更に回帰式から得られる Nf を、統計処理した他の条件とともに累積疲労を求める式に代入し、任意の条件での舗装厚指数を求める例を示している。なお、図-19~21に示すように、輪荷重は指数分布で、気温はワイブル分布で、また路床の支持力は正規分布で示されると報告している。

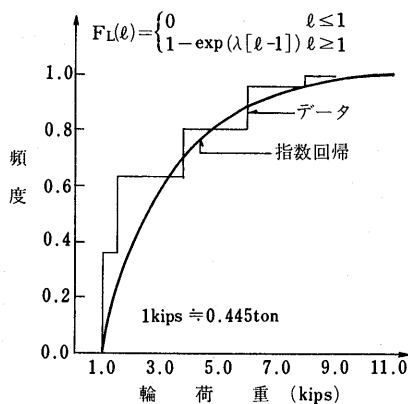


図-19 輪荷重の指数分布⁸⁾

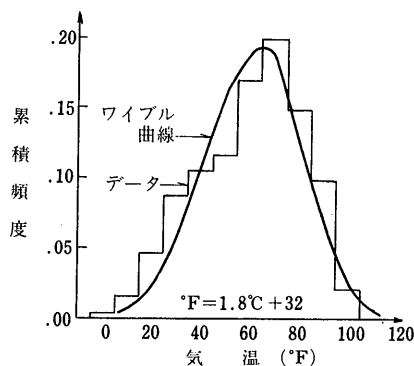


図-20 気温のワイブル分布⁸⁾

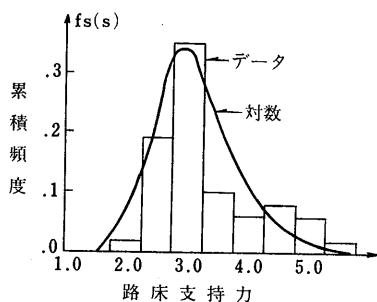


図-21 路床支持力の対数正規分布⁸⁾

また、この手法を用いて求めた舗装厚と、AASHTO, および Von Quintus によるゼロメンテナンス法¹⁷⁾により求めた舗装厚さを比較したところ、当該方式により求めた舗装厚は、両者の中間的なものであり、妥当な設計手法と判断できるとしている。

2-2 リフレクションクラック

(IX) 「舗装表層内のクラック」：フランス

1) 目的

本研究の目的は、舗装内部に存在するクラックの、挙動、および伝播のメカニズムを解析することである。

2) 研究方法

本研究では、舗装内部に発生したクラックに関し、2次元の有限要素モデルを作成しその挙動を解析した。

3) 研究成果

本研究では、舗装内部にクラックが存在する場合の、クラック先端での応力分布、および舗装の挙動を明らかにしている。

著者らは、舗装内部に存在するクラックに、ⅰ) 温度応力が作用した場合、ⅱ) クラックの真上に荷重が作用した場合、ⅲ) クラックから離れた位置に荷重が作用した場合でのクラック先端における応力分布は、図-22に示すようになると報告している。

また、舗装内部にクラックが存在する場合と存在しない場合では、舗装表面でのたわみおよび曲率半径は、図-23に示すようになり、クラックが存在する場合はたわみが20~30%増加し、曲率半径が1/2~1/3に減少すると報告している。

このほか、クラックの伝播を次のパターンに分けて論じている。

- 初期に表層と路盤面で層間はくりが発生し、次にクラックが上昇する。
- 初期にクラックが上昇、層間はくりは発生しない。
- 初期にクラックが発生し、その後層間はくりが発生する。
- 温度応力によりクラックが上昇する。

なお、上記のdに関するものとして、舗装内部に存在するクラックの、温度応力による舗装表面までの上昇時間は、例えば6cmの表層厚さを10cmにすることで約10倍になるとしている。

(X) 「リフレクション防止のためのオーバーレイ設計法と実験的検証」：オーストラリア

1) 目的

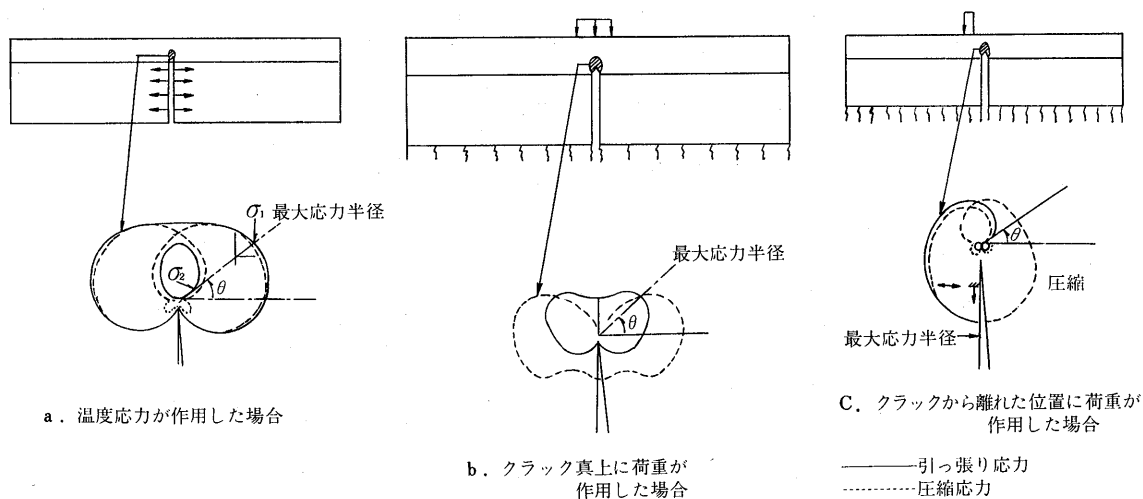


図-22 有限要素法により解析した、クラック先端での応力分布⁹⁾

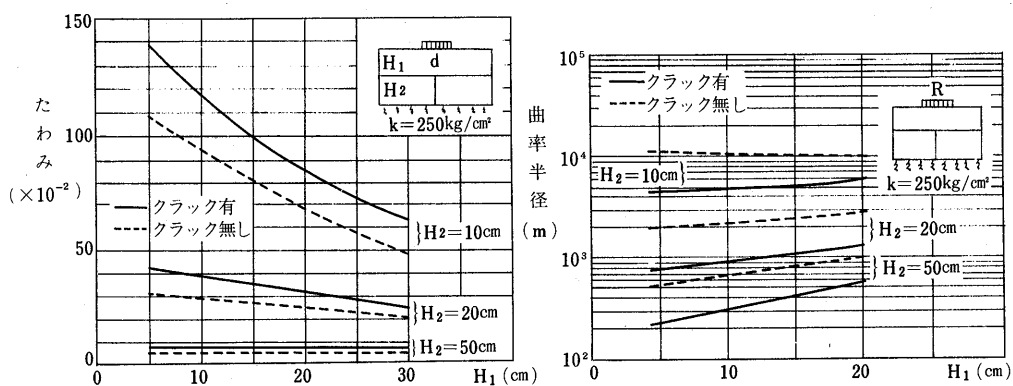


図-23 舗装内部のクラックの影響⁹⁾

本研究の目的は、コンクリート上のアスコンによるオーバーレイに発生するリフレクションクラックを力学的に表現するモデルを作成し、リフレクション防止のためのオーバーレイ設計法を検討することである。

2) 研究方法

本研究では、"RFLCR" と呼ばれる電算プログラムを用いて、リフレクションクラックを解析した。また、Schnitter の提案¹⁸⁾に従い、同プログラムを用いて、目地上に発生する引張りひずみ (ϵ_t) および目地上に発生する垂直剪断ひずみ (τ) に影響を及ぼす因子を明らかにした。

3) 研究成果

本論文では、"RELCR" の概要を紹介し、実際の舗装に適用し検証を行なった結果を紹介している。

当プログラムは、リフレクションクラックの原因とされている、i) 温度低下による既設コンクリート舗装の

収縮により目地上に発生する引張りひずみ (ϵ_t)、ii) 荷重の作用により目地上に発生する垂直剪断ひずみ (τ) を弾性計算により算出し、マイナー則を介してアスコンの疲労曲線と結びつけ、リフレクションクラックの発生を予測するものである。

ここでは、当該プログラムの概要として、プログラムのフローを図-24に、またインプットデータを以下に示す。

◎インプットデータ

- ・アスコンのクリープ常数
- ・アスコンの弾性係数
- ・コンクリートの弾性係数
- ・アスコン厚
- ・コンクリート厚
- ・温度差
- ・熱膨張係数
- ・ジョイントまたはクラックの間隔
- ・コンクリート版が動き始める時の版の移動量 (表-8 参照)
- ・荷重伝達率 $= \delta_2 / \delta_1$ (図-25 参照)

なお、当該プログラムを、Texas州の舗装でのデータ

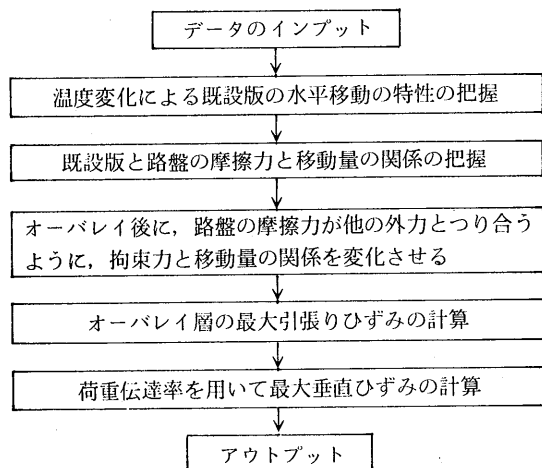


図-24 RELCR のフローチャート

を用いて検証した結果、実際のリフレクションクラックを適確に説明でき、更に検討を行うことで、オーバーレイの設計法が確立できると報告している。

一方、"RFLCR"を用いて分析した結果、目地上に発生する引張りひずみ (ϵ_t) に対しては、アスコンのクリープ常数、コンクリートの熱膨張係数、既設舗装とオーバーレイ層の付着強度、オーバーレイ厚等が、また、目地上に発生する垂直剪断ひずみ (γ) に対しては、目地部の荷重伝達率、オーバーレイ層の弾性係数等が大きく影響することが明らかになったと報告している。

2-3 温度応力によるクラック

(X) 「破断力学を用いた、温度応力によるクラックに耐える舗装の解析と設計」：アメリカ

1) 目的

本研究の目的は、温度応力によるクラックの進行をシュミレートするモデルを作成し、温度応力によるクラックの予測を可能にすることである。

2) 研究方法

本研究では、Paris¹⁹⁾らがクラックの成長を表わす際に用いた、以下に示す破断力学の基本式を応用して、アスファルト舗装表面に発生したクラックが、アスコン全層に達するまでの温度応力のくり返し数を求める式を導き、温度応力によるクラックの進行をシュミレートするモデルを作成した。

$$dc/dN = A (\Delta K)^n$$

C: クラック深さ, N: 温度応力のくり返し数,
A, n: アスコンの破断特性, ΔK : クラック先端部の応力集中係数の変化

表-8 コンクリート版が動き始める時の版の移動量

材 料	版の移動量 (mm)
ポリエチレンシート	0.51
粒状路盤材	6.35
砂	1.27
サンドアスファルト	0.51
粘土	1.27

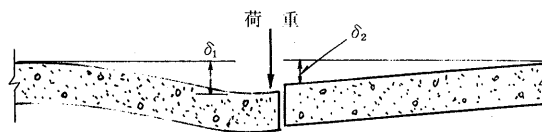


図-25 δ_1 および δ_2 ¹⁰⁾

3) 研究成果

著者は、前記の破断強度力学の基本式を積分し、以下に示すように、クラックがアスコン層全層に達するまでの温度応力のくり返し数を求める式を導き、温度応力によるクラックの進行をシュミレートするモデルを作成している。

なお、応力集中係数 (ΔK) は、アスコンの弾性係数、気温変化量、およびアスコン厚等を用いて有限要素法にて求め、アスコンの破断強度特性 A, n は Van der Poel のノモグラフを用いて求めている。

$$Nf = 1 + \int_{C_0}^d dc/A (\Delta K)$$

Nf: クラックがアスコン層全層に達するまでの温度応力のくり返し数

C₀: 初期クラック深さ

d: アスコン層厚

また、当該モデルをそのままオーバーレイ等の設計に用いることが困難であるとして、当該モデルを基に、材料特性や気象特性等の適用地域の特性とクラック発生率との相関から重回帰式を作成した。更に著者は、ミシガン州のデータを用い従来の破断力学を用いない重回帰式と比較した結果、当重回帰式は、汎用性に富むことが確認され、更に必要であればファクターを付け加えることで改良が可能であると報告している。

おわりに

以上、第5回構造会議、セッションVIの各論文の概要を紹介した。冒頭にも示したように、各論文の内容が多岐に渡り、一つのテーマに沿ってまとめることが不適と

考え、このような形とした。なお、それぞれの論文の内容が豊富であったことに加え、筆者の力不足により、充分な紹介ができなかったが、我が国であまり馴染のない材料の評価等を知る上で少しでも参考にしていただければ幸いである。

最後に、本稿をまとめるにあたり、御指導をいただいた日本大学阿部頼政助教授、ならびに東京都の阿部忠行

氏に誌面を借りて御礼申し上げる。

参考文献

1)～11)は第5回構造会議、セッションVIの発表論文である。

16)～19)は発表論文中の参考文献である。

参 考 文 献

- 1) Kirwan R.W., Farrel E.R., Hartford D.N.D., orr T.L.L. "The Interpretation of Repeated Load Parameters for a Glacial Subgrade From Soil Properties", pp. 768～779.
- 2) T.C. Jhonson, D.M. Cole, and L.H. Irwin: "Characterization of Freeze/Thaw-Affected Granular Soils for Pavement Evaluation, pp. 805～817.
- 3) J.L. PAUTE and J.MARTINEZ; "Structural Finite Element Design of Unbound Material Pavements From Cyclic Loading Triaxial Tests", pp. 792～804.
- 4) S.K. Khanna, M.G. Arora and K.R.N.S. Setty; "Characterization and Design Analysis of Bituminous Pavements", pp. 878～885.
- 5) Dallas N.Little, Jon A. Epps and R.J. Holmgren; "Recycling Asphalt Concrete: Guidelines And Performance Potential", pp. 844～863.
- 6) G.J. Kennepohl, D.C. Beam, L.J. Miller and R.G.C. Haas; "A Summary of Sulphur-Asphalt Design Technology", pp. 864～877.
- 7) Joe P. Mahoney and Ronald L. Terrel; "Laboratory and Field Fatigue Characterization for Sulphur Extended Paving Mixtures", pp. 831～843.
- 8) K.P. George and S.K. Nair; "Probabilistic Fatigue Design for Flexible Pavements", pp. 758～767.
- 9) J.P. Marchand and H. Goacolou; "Cracking in Wearing Courses", pp. 741～757.
- 10) B.F. McCullough, S.B. Seeds: Field Validation of an Overlay Design Procedure to Prevent Reflection Cracking, pp. 780～791.
- 11) R.L. Lytton, U. Shanmugham: "Analysis and Design of Pavements to Resist Thermal Cracking Using Fracture Mechanics", pp. 818～830.
- 12) 土質試験法, 土質工学会編
- 13) 西 勝, たわみ性舗装の力学 土木学会関西支部講習会テキスト 舗装に関する最近の問題と新しい技術・抜萃
- 14) STANDARD SPECIFICATIONS for HIGHWAY MATERIALS and METHODS OF SAMPLING AND TESTING, Part II, THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS
- 15) 足立紀尚, 龍岡文夫, 土の力学, 新体系土木工学 18, 土木学会編
- 16) Hwang, D., and Witczak, M.W (1979), "Program DAMA (Chevron), User's Manual", University of Maryland, College Park.
- 17) Von Quintvs, H.L. et al. (1980), "Flexible and Composite Structures for Premium Pavements, Vol. 2. Design Manual" FHWA-RD-80.
- 18) Schnitter, Otto, W.R. Hvdson, and B.F. McCullough, "A Rigid Pavement Overlay Design Procedure for the Texas SDHPT", Research Report 177-13, Center for Highway Research, The University of Texas at Austin, May 1978.
- 19) Paris, P., and F. Erdogan, "A Critical Analysis of Crack Propagation Laws", Transactions of the ASME Journal of Basic Engineering, Series D, Vol. 85, No. 4, December, 1963.

舗装の維持管理システムに関する研究 第三回

阿部 頼 政*

1. まえがき

前回までに述べてきた主な項目は次のとおりである。

- (1) システムとは何か
- (2) 舗装の維持管理システムの必要性
- (3) システムの目的設定の重要性
- (4) システム設計に考慮すべき要因

以上の問題は、システム設計のいわば“ソフト”の部分に相当し、対象とする舗装を技術的に評価する“ハード”の部分があって初めて意味をもつものである。

今回は、舗装の履歴（過去、現在、未来）のとりえ方について考察し、あわせて独自の供用性評価法を考えている東京都の研究例を紹介する。

2. 舗装台帳の整理（過去）

わが国の人口は現在約一億二千万人で、すべて戸籍に登録されている。必要があれば、誰が、いつ、どこで、誰の子として生まれたかすぐ調べることができる。それぞれが住む家屋、土地も同様である。

舗装の場合は、国、都道府県、市町村が分担して管理しているが、機関によっては必ずしも舗装の歴史を把握していないようである。子供が非行に走って初めて対策を考える親と同様に、修繕の時期がきてからその舗装の経緯を調査するケースが多いものと思われる。極端な場合、昭和何年に建設されたか、舗装構造がどうなっているかも不明のことがあると聞く。

維持管理システムの設計にあたっては、舗装の過去、現在のデータと将来の予測値が必要であるが、その中でも舗装の誕生を意味する建設当時のデータは、まず最初に整理しておくべきものであろう。システムの目的によって必要とする内容は異なるが、いかなるシステムにしても次に次のようなデータが不可欠と思われる。

- ① 建設年・月
- ② 大型車交通量
- ③ 路床土の CBR

④ T_A と舗装構造（材料を含む）

建設後、現在に至るまでのデータに関しては次のようなものが望まれる。

- ① 大型車交通量の推移
- ② 路面損傷度の推移
- ③ 維持修繕の履歴とその方法

このうち、①と②については、過去のデータがなければ、現在のデータから類推することもある程度可能であろう。

以上に挙げた項目は、特に測定が必要なものではなく、資料収集によって整理できるものである（現実には大変な作業になるかも知れないが……）。システムを考えるならば、まず最初にとりかかるべき課題であろう。正体不明の対象を相手にシステムを設計することは不可能に近いからである。

3. 舗装の現況調査（現在）

維持修繕の要否を判断するには、舗装の現況調査が必要である。一般には、パトロールなどの目視観察をもとに維持修繕の候補区間を選定し、機械・器具による詳細測定を行なって最終決定をすることになる。測定項目には、ポットホール、段差、すべり抵抗なども含まれるが、AASHO 道路試験¹⁾、道路維持修繕要綱²⁾の影響もあり、ひびわれ、わだち掘れ、縦断方向の凹凸の測定が中心となっている。従来、これらの測定は人力に頼っており、長距離の測定は無理があったが、最近ではエレクトロニクス利用の高速測定機が開発され、実用化されている³⁾。道路管理者にとっては大いに役立つ武器となるう。

路面調査は、予算の許す限りできるだけ頻繁に行なうとよい。破損の経時変化をとらえたいからである。データ量が膨大になるからコンピュータを利用した方が便利であろう。建設省では大型のデータバンクを開発中⁴⁾であるが、一般には性能のよいパーソナルコンピュータ

*あべ よりまさ 日本大学理工学部助教授

で十分と思われる。

4. 破損の将来予測（未来）

維持管理システムでは、長期的な展望にたって計画をたてるため、対象とする舗装の破損がどのように進行するかを予測することが必要となる。これまでアスファルト舗装は10年、簡易舗装は4～5年の寿命を目途に設計を行ってきたが、この数値は舗装のおかれた環境、維持の程度などにより大きく変るものである。また、システムでは予防的な修繕という考え方が基本にあるため、破損の予測はきわめて重要な課題となっている。

しかしながら、あらゆるケースに適用できる予測法というのはまだ開発されていない。今後数十年間は無理であろうと思われる。考慮すべき因子が多く、研究も断片的にならざるを得ない状況にあるからである。また、このような万能薬を期待しなくとも、他に方法はあろう。

舗装は経験工学の域を出ていないとよく言われるが、これにはかなりの真実が含まれていると思われる。すなわち、技術者一人一人の経験が教科書となり参考書となるわけである。破損の予測には、この技術者の経験を数量化する方法も有力である。長年、同一地域をパトロールしている技術者は、どの舗装がいつ頃限界に達するかほぼ推定がつくにちがいない。数人、数十人の経験が集まって結論が出れば、それは一つの貴重な予測値となる。

一方、同一区間の路面性状を3年間調査してあれば、4年目にどうなるかはかなりの精度で予測できよう。4年目も測定すれば、5年目の精度はさらによくなる。このようにして、いくつかの代表区間のデータが得られれば担当路線全体の概要も推定できよう。前に述べた経験と実測データの比較検討があれば信頼度はさらに高まる。

以上に述べた方法は、非学問的で、長い年月と地道な努力を必要とするが、すぐに着手できること、年々確実に研究が進展することなどの特徴がある。遠まわりのように見えるが、最短距離となる可能性が強い。10年前に誰かが始めていれば今頃は……。

5. 舗装技術に関する研究の必要性

アスファルト舗装技術研究グループの研究報告でもたびたび紹介したように、海外で発表された舗装管理システムはきわめて多くの数にのぼる。しかし、そのうちのいずれをとってみてもわが国にそのまま適用できるものはない。同様のことは、国内に限ってみてもあてはまる。すなわち、東北で開発されたシステムを関西に適用することは無理であるし、国道を対象としたシステムが市町

村道にそのまま適用できるとは思えない。要するに、他機関で開発されたシステムは、その考え方、手法などを参考にすることはできるが、自分のところは自分で作成しなければ効果的なシステムとはならないということである。これは、予算、気象条件、交通条件、地域住民の要望など、各種の変数を考慮すれば当然の結論であろう。

各機関が独自にそのシステムを作成するには、相応の調査研究が必要とされる。従来、ともすれば研究は学者、研究者の担当のように見られてきたが、維持管理システムの設計にあたっては道路管理者の研究的な姿勢が特に重要となる、と言っても、数式の計算やコンピュータのプログラムなどを勉強することではない。それに類したことは専門家にまかせておけばよいのであって、道路管理者の役割は次の2項目に焦点が絞られよう。

①維持管理方針の策定

②当該道路の特徴の把握

以上のうち、①は前回に述べたシステムの目的設定に係わる課題であり、将来のために深く掘りさげて検討する必要がある。

②は、前章までに述べてきたハードの部分であり、現場担当者の経験的な知識、破損の特徴と推移、維持修繕の効果などを数量化してとらえることである。それには、長期間の地道な研究が必要であり、官だけではなく、民学の協力が効果を発揮しよう。

次章において、当該道路の特徴を把握し、独自の供用性評価式を検討した例を紹介する。なお、これは、東京都と筆者が共同で行なった研究の一端である⁵⁾。

6. 重交通街路舗装の供用性評価

東京都の主要道路はすべて舗装済みであり、新設よりも維持修繕が中心となってからすでに十数年経過する。この間、交通量の増加にともなって舗装の破損は年々進行の度合いを早めてきているが、特に交通量が多くかつ大型車混入率の高い幹線道路（以下、重交通街路と称する）ではこの傾向が顕著である。

舗装の維持修繕は「東京都道路工事設計基準」⁶⁾に従って行なわれているが、維持修繕の判断基準は道路維持修繕要綱に準拠しており、PSIによる路面の総合評価で客観的に定量化しようとしてきた。しかし、実際にはひびわれとわだち掘れの簡単な測定から、技術者の経験を加味した判断により維持修繕の要否を決定する場合が少なくない。

これは、平坦性の測定に手間がかかること、重交通街路では平坦性にあまり問題がないと経験的に判断できる

こと、PSI の計算式が複雑なため測定しながらの判断は困難なことなどの理由による。

本研究は、以上のような現実を考慮して、ひびわれとわだち掘れの2変数により簡単に表示できる新しい供用性指数を提案し、その妥当性を実測値によって検討しようとするものである。

6.1 維持修繕の判断基準

アスファルト舗装の路面状態から維持修繕の要否を判断する方法は、次の2種類に大別できる。

- ① 路面性状を総合的に評価する PSI, MCI などの供用性指数により判断する方法
- ② わだち掘れ、ひびわれなど単独の破損の許容限度により判断する方法

本節では、以下の解析の準備として上記の方法を簡単に一覽する。

(1) 供用性指数 PSI

AASHO 道路試験において供用性指数 PSI (Present Serviceability Index) が発表されて以来、各種の機関によって類似の指数が数多く提案されてきたが、わが国の道路維持修繕要綱では次の式を採用している。

$$PSI = 4.53 - 0.518 \log \sigma - 0.371 \sqrt{CR} - 0.00174 RD^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに PSI : 供用性指数

σ : 縦断方向の凹凸の標準偏差 (mm)

CR : ひびわれ率 (%)

RD : わだち掘れ深さの平均 (mm)

この PSI による維持修繕の判断基準は図-1 のとおりである。

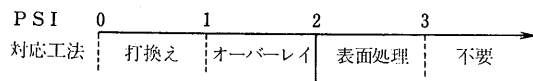


図-1 PSI による判断基準

(2) 供用性指数 MCI

MCI (Maintenance Control Index) は、建設省土木研究所の提案⁷⁾によるもので、PSI と同様に σ , CR, RD の3変数をもとにした次の式によって求められる。

$$MCI = 10 - 0.47 \sigma^{0.2} - 1.48 CR^{0.3} - 0.29 RD^{0.7} \quad \dots\dots\dots(2)$$

また、2変数表示、1変数表示として次の式も同時に提案されている。

$$MCI_0 = 10 - 1.51 CR^{0.3} - 0.3 RD^{0.7} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23 CR^{0.3} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54 RD^{0.7} \quad \dots\dots\dots(5)$$

維持修繕の判断基準は、暫定的なものとして、 MCI_0 , MCI_1 , MCI_2 のうちいずれかが4.0になった場合とされている。

(3) 単独の破損による判断

破損の種類とその大きさによっては、PSI, MCI など路面を総合的に評価する指数の値に無関係に維持修繕を必要とすることがある。このように、単独の破損が卓越した場合について、道路維持修繕要綱では、道路の種類ごとに維持修繕要否判断の目標値を示している(表-1)。すなわち、それぞれの破損が表-1の許容限度を超えれば、他の路面性状にかかわらず維持修繕が必要となる。これは、PSI, MCI などの3変数表示に対比して1変数表示と言えよう。

表-1 維持修繕要否判断の目標値²⁾

項目 道路の種類	わだち掘れおよびラベリング (mm)	段差 (mm)		すべり 摩擦係数	縦断方向 の凹凸 (mm)	ひびわれ 率 (%)	ポット ホール 径 (cm)
		橋	管渠				
自動車専用道路	25	20	30	0.25	8mプロファイル 90 (PrI) 3mプロファイル 3.5 (σ)	20	20
交通量の多い 一般道路	30~40	30	40	0.25	3mプロファイル 4.0~5.0 (σ)	30~40	20
交通量の少ない 一般道路	40	30	—	—	—	40~50	20

以上に述べてきた維持修繕の判断基準をまとめると、まず単独の破損の目標値で維持修繕の要否を判断し、不必要の場合はさらに PSI, MCI などの総合評価で判断することになる。

6.2 供用性指数 CRD の考え方

東京都の重交通街路における維持修繕の原因は、わだち掘れとひびわれによるものが90%以上を占める。縦断方向の凹凸や他の破損によるものはきわめて少ない⁸⁾。したがって、重交通街路舗装の評価は、わだち掘れとひびわれの2変数表示が現実的と言えよう。本節では、1変数表示、3変数表示それぞれの特徴を加味して作成した2変数表示の基本的な考え方を述べる。

(1) ひびわれとわだち掘れの表示法

単独の破損のうち、ひびわれとわだち掘れについて表-1を見ると、これらの目標値はCR=20~50, RD=

25~40と、道路の種類によってかなりの差がある。しかし、自動車専用道路を除いて考えると、PSI = 2.0 のオーバーレイ必要時期に対応するCRとRDの基準値は、それぞれ40%, 40mm程度であることが表-1より読みとれる。きわめて大まかな推定ではあるが、図-2のようにこれらの限界を定めて考察を進める。

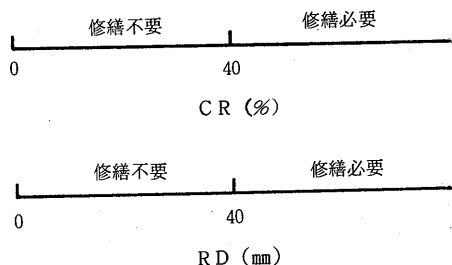


図-2 修繕の判断基準

以上は1変数の場合の基準であるが、いま、図-2のひびわれ率とわだち掘れ量をそれぞれ縦軸、横軸にとって2次元的に示すと図-3が得られる。この図で、修繕の要不要領域は、1変数表示の基準をそのまま採用している。そのため、ひびわれとわだち掘れを両方考慮すれば修繕が必要となる部分も修繕不要の領域に入ってしまう

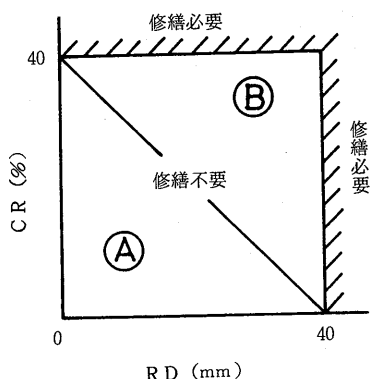


図-3 CRとRDの表示

っている。たとえば、ひびわれ率(%)とわだち掘れ量(mm)の総合評価に対するウェイトを等しくとれば、対角線で区分されたA、B領域のうち、B領域は修繕必要となる。なお、本研究はこの対角線を中心に研究を進めるものである。

(2) PSIとMCIの変化

東京都の重交通街路舗装における縦断方向の凹凸の標準偏差 σ は、従来の測定結果から一般に2.5mm程度と判

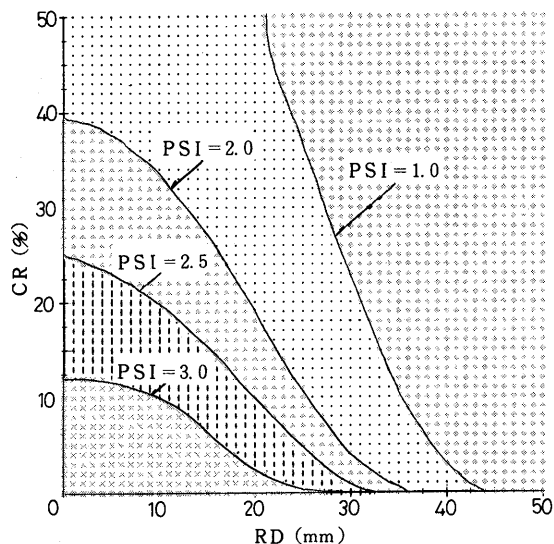


図-4 PSIの変化

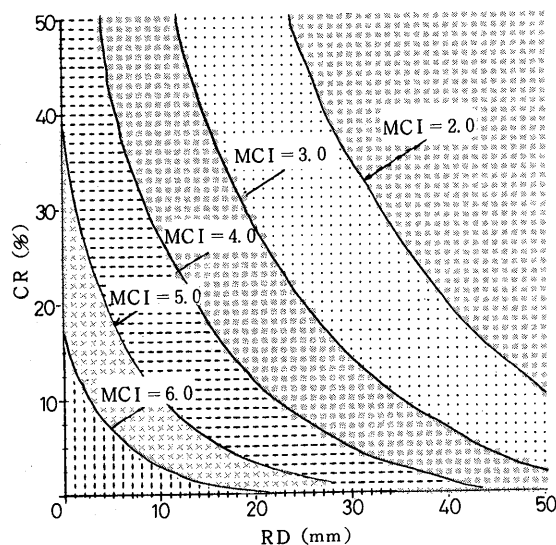


図-5 MCIの変化

断できる。 σ をこの値に固定し、クラック率0~50%, わだち掘れ量0~50mmをそれぞれ50等分し、両者のすべての組合せ、すなわち2500の場合につきPSIとMCIを計算した。結果は、PSIとMCIの大きさと分類し、それぞれ図-4、図-5に示す。

図で、PSIの等しい値を結んだ線(図の境界線)は上に凸、MCIのそれは下に凸という差はあるが、両者とも図-3のA領域、B領域を区分するような傾向にあると言える。

(3) 簡易な供用性指数の提案

前節までに考察してきた1変数表示、3変数表示による維持修繕判断の限界値を簡単にまとめると次のように

なる。

① 1変数表示：ひびわれ率40%，わだち掘れ量40mm

② PSI : 2.0

③ MCI : MCI_0 , MCI_1 , MCI_2 のいずれかが 4.0

③に対応する CR, RD を計算で求め、①, ②, ③を同一座標に示すと図-6 のようになる。曲線の動きはある

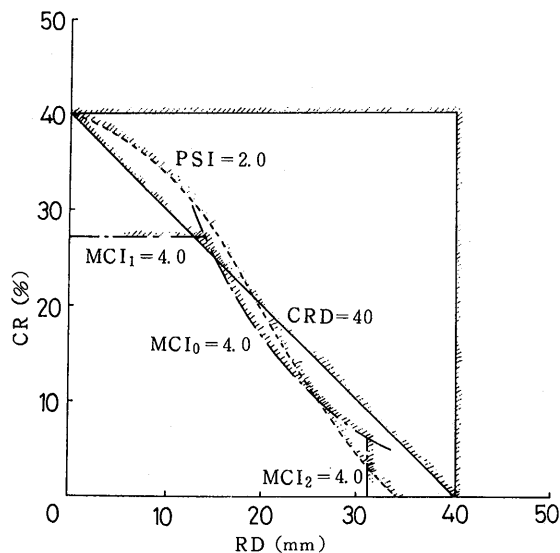


図-6 PSI, MCI, CRD の比較

ものの、②, ③は①の対角線にほぼ近いと見ることができよう。すなわち、1変数表示と3変数表示による限界値は決してかけ離れたものではなく、対角線を媒介とすればほぼ同一の基準を別々の角度から表現しているものと言える。

このように、対角線が意味を持つ背景には、ひびわれ率、わだち掘れ量それぞれの単位は異なるものの同程度の数値であり、また、路面の総合評価に対する両者のウェイトがほぼ等しいと見なされているためと推定できよう。

本節では、維持修繕判断の限界値を中心に考察を進めてきたが、対角線の利用は限界値だけではなく、ひびわれとわだち掘れの2変数による路面評価法として応用できる可能性がある。そこで、供用性指数として次の式による CRD を定義し、次章において実測値からその妥当性を検討する。

$$CRD = CR + RD \quad \dots\dots(6)$$

なお、図-6 の対角線は $CRD=40$ の線である。

6.3 CRD の妥当性に関する検討

東京都土木技術研究所では、昭和52年以来、環状7号線を中心に重交通街路舗装の供用性調査を行なってきた

いる。この調査結果をもとに、本章では供用性指数 CRD の妥当性を PSI と対比させて検討する。

(1) 縦断凹凸量の影響

CRD は2変数表示であり、縦断方向の凹凸量の標準偏差 σ の影響をとり入れていない。したがって、現実の重交通街路舗装における σ の変動が大きければ、CRD と PSI の関係は不明確になり、ひいては CRD の妥当性が疑問となる。そこで実態調査の結果から、(1)式に含まれている $0.518 \log \sigma$ の大きさを検討してみた。

図-7 は、横軸に $0.518 \log \sigma$ の範囲をとり、縦軸にその度数(%)をとって示したものである。 $0.518 \log \sigma$ の値は、平均値で 0.24 であり、全体の95%以上が 0.15 ~ 0.35 の範囲に入る。これは、重交通街路舗装において

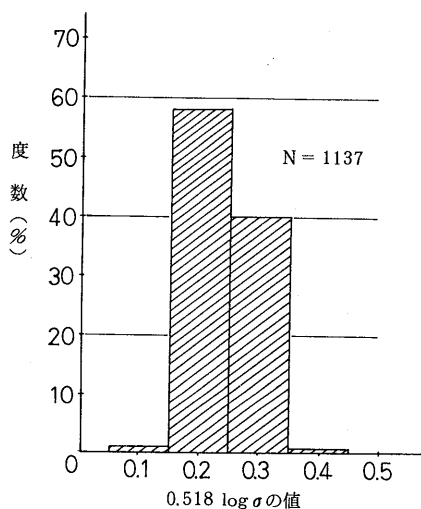


図-7 σ の影響

は、PSI に対する σ の影響がほぼ定数として処理できることを意味するとともに、CRD のような2変数表示の妥当性を示すものであろう。なお、MCI の(2)式に含まれる $0.47 \sigma^{0.2}$ の平均値は 0.58 であった。

(2) 実測値からみた PSI の変化

図-4 では、 σ を一定にして PSI の変化を示したが、実測の CR, RD, σ をもとに(1)式から計算した PSI の値の範囲を示すと図-8 ~ 図-10 のようになる。すなわち、図-8 では全測点のうち $PSI \leq 3.0$ となる点を、図-9, 図-10 ではそれぞれ $PSI \leq 2.5$, $PSI \leq 2.0$ となる点をプロットしてある。図の対角線から明らかに、 $PSI = 3.0, 2.5, 2.0$ の限界は、それぞれ、 $CRD = 20, 30, 40$ の線にほぼ一致している。これは重交通街路舗装の維持修繕要否を判断する場合、CRD が PSI とは

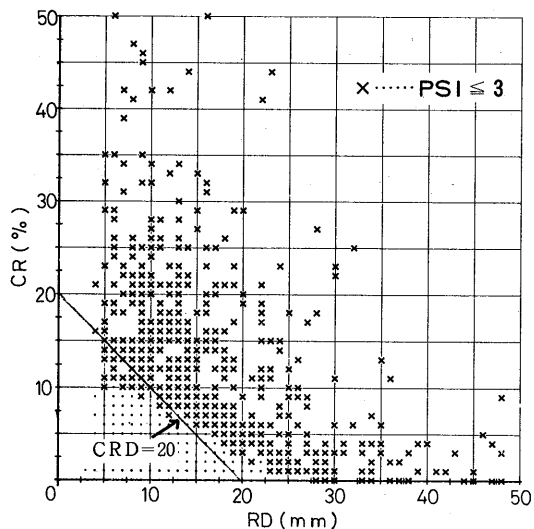


図-8 PSI ≤ 3 のデータ

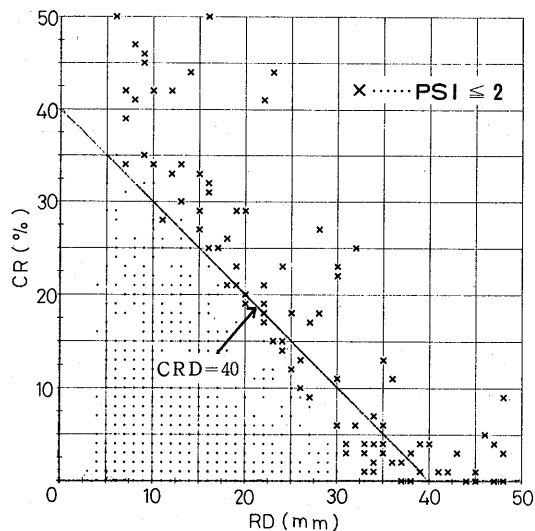


図-10 PSI ≤ 2 のデータ

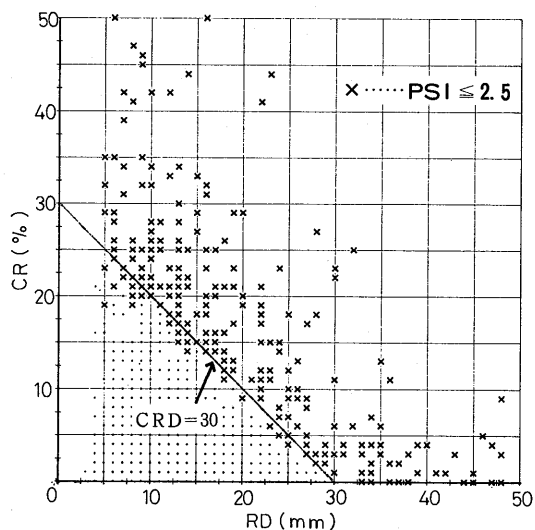


図-9 PSI ≤ 2.5 のデータ

表-2 実測値によるCRDとPSIの比較

CRD	CRDの 平均値	CRDの 標準偏差	PSIの 平均値	PSIの 標準偏差	データ数
0~5	4.4	0.7	4.1	0.19	115
5~10	8.1	1.4	3.9	0.24	202
10~15	12.9	1.4	3.6	0.25	207
15~20	17.9	1.4	3.3	0.26	195
20~25	22.9	1.5	2.9	0.20	144
25~30	27.8	1.4	2.6	0.13	85
30~35	32.8	1.2	2.3	0.11	71
35~40	37.8	1.4	2.0	0.19	54
40~45	43.0	1.5	1.8	0.21	20
45~50	48.4	1.5	1.5	0.36	15

ば同程度に路面を評価できることを意味するものであろう。両者の相関関係については次節で検討する。

(3) CRDとPSIの関係

1108個の測点に関するデータをCRDの大きさによって表-2のように10グループに分類し、各グループごとにCRDの平均値、標準偏差およびPSIの平均値、標準偏差を計算した。各グループの平均値でとったCRDとPSIの関係を図-11に示す。両者の関係はほぼ直線的であり、回帰分析によって次のような回帰式が得られた(相関係数0.99)。

$$PSI = 4.4 - 0.061 CRD \quad \dots\dots(7)$$

この式を利用して、PSI = 3.0, 2.5, 2.0に対応する

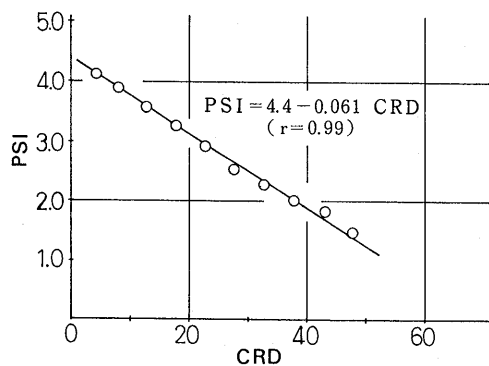


図-11 CRDとPSIの関係

CRDの値を求めると、それぞれCRD=23, 31, 39が得られる。

(4) CRDとMCIの関係

前節と同様の手法で求めたCRDとMCIの関係を表-3, 図-12に示す。2次回帰による回帰式は次のとおりである(相関係数0.99)。

$$MCI = 8.8 - 0.21 CRD + 0.0019 CRD^2 \quad \cdots \cdots (8)$$

MCI=6.0, 5.0, 4.0に対応するCRDの値は、それぞれ16, 23, 32となった。

MCIの2変数表示であるMCI₀とCRDの関係式は次の通りである(相関係数0.99)。

$$MCI_0 = 9.4 - 0.21 CRD + 0.0019 CRD^2 \quad \cdots \cdots (9)$$

(8), (9)式は定数項が異なるのみで全く同一の形となっているが、この定数項の差0.6は前に求めたσの影響、すなわち $0.47\sigma^{0.2}$ の平均値0.58にほぼ一致している。

表-3 実測値によるCRDとMCIの比較

CRD	MCIの 平均値	MCIの 標準偏差	MCI ₀ の 平均値	MCI ₀ の 標準偏差	データ数
0~5	8.1	0.72	8.7	0.71	115
5~10	7.1	0.75	7.7	0.75	202
10~15	6.3	0.61	6.8	0.60	207
15~20	5.7	0.64	6.3	0.63	195
20~25	5.0	0.41	5.6	0.41	144
25~30	4.5	0.41	5.1	0.40	85
30~35	4.1	0.33	4.7	0.32	71
35~40	3.8	0.24	4.3	0.24	54
40~45	3.5	0.23	4.1	0.23	20
45~50	3.1	0.31	3.7	0.31	15

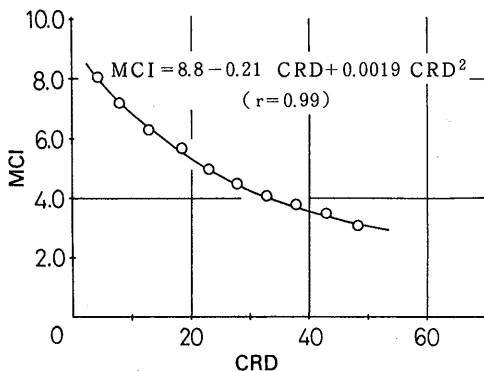


図-12 CRDとMCIの関係

(5) 重交通街路におけるCRDの分布

図-13は、昭和56年度に測定した環状7号線、新青梅街道、府中街道、五日市街道、町田街道のCRDの分布を示したものである。また図-14には、これらの路線のうち最も損傷の激しい環状7号線についてCRDの分布を示した。

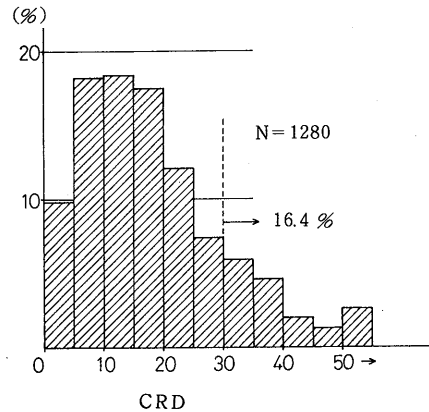


図-13 CRDの分布

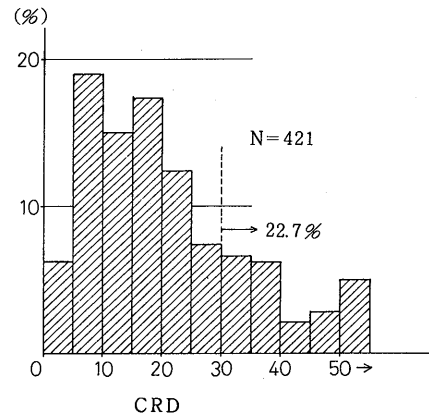


図-14 CRDの分布(環状7号線)

以上の重交通街路は、表-1の「自動車専用道路」ではないが、「交通量の多い一般道路」よりは荷重条件が厳しく、維持修繕の目安は両者の中間程度の基準が望ましい。この点を考慮して表-1の目標値を見直すと、重交通街路の場合、ひびわれ率30%, わだち掘れ量30mm程度が維持修繕要否の境界となろう。すなわちCRD=30である。図より、30を超える区間は、一般の重交通街路で16%, 環状7号線で23%程度となる。全線調査ではな

いため断言はできないが、補修を必要としている延長はきわめて多いと考えられる。

(6) CRDの適用限界と利用法

本研究で提案した供用性指数 CRD は、解析の経過から明らかなように σ の値が 2.5 mm 程度の重交通街路にのみ適用できるものである。今後の研究により、適用範囲を拡張できる可能性はあるが、そのためには当該道路のデータで検討しなおす必要があろう。

これまで CRD の基準値を仮に 30 として考察したが、この値は予算とのバランスなどを考慮に入れながら現実の則した基準に確立していく必要がある。また、CRD を単に CR と RD の和として求めてきたが、ひびわれとわだち掘れの重みをかえ、 $CRD = \bar{n} CR + RD$ のような変形も考えられよう。

さらには、図-15 のような維持修繕工法の選定にも役立てることができる。

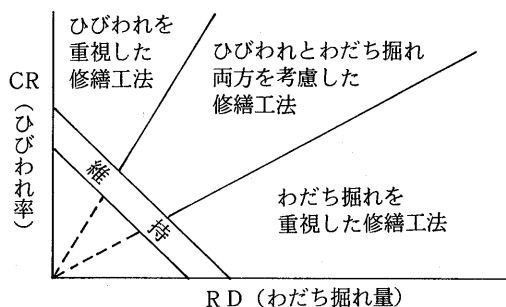


図-15 維持修繕の工法選定

以上、研究の一例を紹介した。道路維持修繕要綱の規定に準拠しながら、縦断方向の凹凸は定数として処理できること、供用性の評価は簡単な式で代用できることが明らかとなった。きわめて単純な結果ではあるが、調査費用、日常の維持管理業務に関し、かなりのプラスがあるものと期待してよからう。

地域によっては、わだち掘れだけ、あるいはひびわれだけを考慮すればよい場合もあるはずである。すなわち、それぞれの機関独自の調査研究が必要不可欠であると思われる。

7. あとがき

舗装の維持管理システムにつき、基本的な考え方、とりくみ方を述べてきた。今回をもって一応終了とし、各論、細部設計などに関しては、いずれ機会をあらためて一緒に考えてみたいと思っている。

舗装の世界は、土木の中でも一種独特の世界である。官・民・学がそれぞれの立場を前近代的に固守しながら技術者同士はきわめて仲がいい。時代の最先端ともいべきシステムが、この世界でどのように発展していくか興味深いところである。

御愛読ありがとうございました。

参考文献

- 1) 「AASHO 道路試験」セメント協会、1973.
- 2) 「道路維持修繕要綱」日本道路協会、1978.
- 3) 丹治和裕「供用性調査とエレクトロニクス」アスファルト、135、1983.
- 4) 岡村 真「維持管理・補修へのエレクトロニクスの利用」アスファルト、135、1983.
- 5) 阿部(頼)、達下、阿部(忠)「アスファルト舗装供用性評価式に関する一考察」、第37回土木学会年次学術講演会、1982.
- 6) 「東京都道路工事設計基準」1983.
- 7) 建設省第34回技術研究会「舗装の維持修繕の計画に関する調査研究」建設省道路局国道一課、土木研究所、1981.
- 8) 達下、阿部(忠)、「重交通都市道路舗装の維持管理—環状7号線を中心に—」舗装、16-5、1981.

温泉郷と景観にかこまれて

美馬 孝

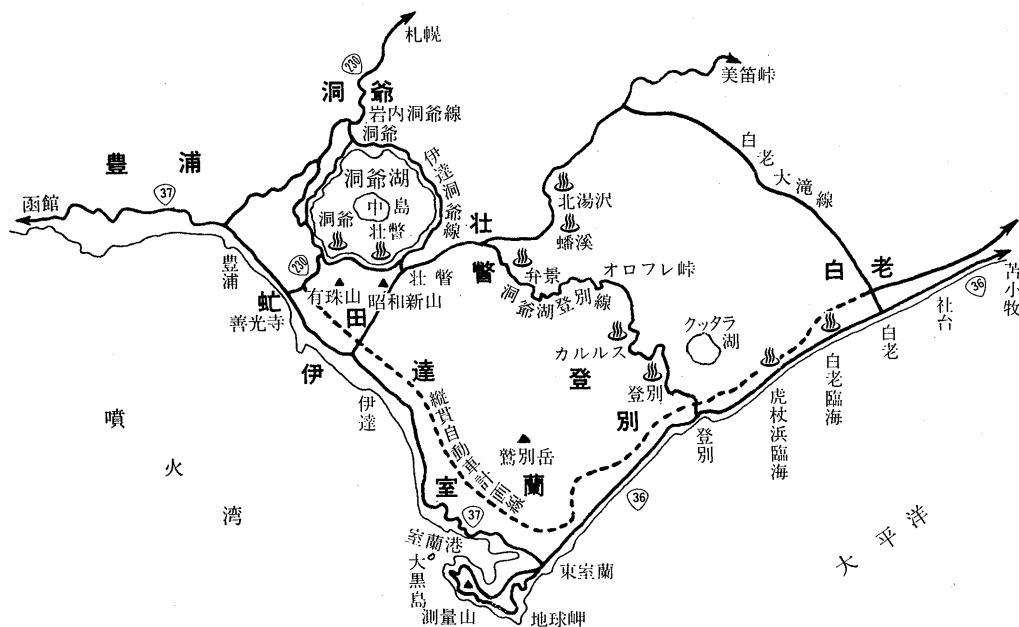
北海道開発局室蘭開発建設部室蘭道路事務所長

北海道といえば「豊かな自然」と多くの人が連想するらしいが、事実見るべき多くの自然に恵まれた土地である。

当事務所所管の道路は、国道36号、37号、230号の一部であるが、路線に沿っての各市町村は農業、漁業、重化学工業、観光等を主な産業として、この100年北海道の開拓、開発の歴史と共に歩み発展してきた。

事務所は温泉で名高い登別市の郊外にあり、道内屈指の観光地支笏洞爺国立公園を控えている。この一帯は道都札幌市、空の玄関千歳空港、海路フェリーが発着する室蘭、苫小牧港に隣接していることから、道内観光に訪れる人々のほとんどが立ち寄っているものと思われる。

登別温泉は今から126年前の安政5年、場所請負人岡田半兵衛が湯治人止宿小屋（共同浴場）を造り、続いて滝本金蔵が湯宿を経営したのが始まりとされている。以降、温泉湯治場として発展し現在ではホテル、旅館が林立し、四季を通じて全国から年間300万人もの観光客が訪れている。爆烈火口である地獄谷は、面積約12haの中の各地で熱湯を噴出させ温泉郷の湯元になっており、その異様な光景はこの世の地獄を想像させるため、この名前が付されている。180頭ものひぐまを飼育する熊牧場チップ釣りの名所クッタラ湖、周囲約1kmの大湯沼、オロフレ峠（標高930m—道々洞爺湖登別線）からの眺望、登別温泉より更に山間にあるカルルス温泉等観光名所は多い。降霜前後の時期は、山々の緑が黄色から真紅に変



化して温泉街、地獄谷、湖沼の光景に格別の色どりを添える。その時期は短くやがて全山白一色になり厳冬を迎える。冷えた身体を暖めてくれる冬の温泉がまた良い。3300 ㎡もある大浴場は10年程前までは混浴であった。目の保養には適地であったが女性軍の反対で仕切りが出来てしまって、残念ではある。最近では「豊富な湯量と泉質の種類が多い」ことを売りものにしている。

白老町のポロトコタンは郊外のポロト湖畔にあり、先住民族アイヌの人々の衣食住、風俗等の文化を集積した集落である。また、町郊外には幕末に造られた仙台藩の陣屋跡がある。これは当時ロシアの南下政策に脅威を抱いた幕府が1854年に仙台藩に命じて、この地に陣屋（土塁、堀を巡らしていた）を築かせ白老以東の根室、厚岸国後、択捉までの防衛本拠地にしたもので、面積約7haの大規模なものである。今日ソ連が領土権を主張している国後、択捉両島は、この時期既に日本領土であったことがわかる。

国道36号沿いの虎杖浜及び白老臨海温泉は新しい温泉郷である。地域の休息地として近年大いに利用されており、豊富な湯量と地理的な条件も良いのでこれからも更に大きく発展するものと考えられる。

36号沿いには社台牧場がある。有馬記念、天皇賞等のレースで優勝し、競馬ファンを沸かしたアンバーシャダイはこの牧場の産であるが、他にノーザンテースト、シャダイソフィア等多くのレース優勝馬を生産している。競争馬の産地として、日高地方と共に有名である。広い牧場に若駒が駆ける光景は気持ち良いものである。

観光地洞爺は洞爺、壮瞥両温泉と湖、昭和新山等を含む2町1村（虻田、壮瞥町、洞爺村）に跨る広大な地域に展開する、リゾートゾーンである。昭和52年有珠山の噴火は、周辺に数百万㎡の灰を降らせたが灰、泥流、地殻変動による被災は完全に癒え温泉街、湖とも賑わいを取戻している。洞爺湖は約3万年前にこの地にあった洞爺火山が陥没して湖となり、湖上に浮ぶ中島はその後の再噴火で隆起したものとされている。4つの中島は見る角度によってそれぞれ姿を変えて、背景の山々と共に大自然のパノラマを展開している。温泉街や温泉街背後台地からの眺めは、遠く洋蹄山を配し青い湖水に中島が美

しい。また、国道230号月浦地内からは温泉街、昭和新山、有珠山が見渡せ別の趣きがある。安政5年蝦夷地を調査していた幕吏松浦武二郎が、景色の美しさに何度も振返ったと伝えられる見返り坂（洞爺村台地一道々岩内洞爺線）からの眺めはすばらしい。道民には四季折々の洞爺湖は馴染の深い湖であるが、特に短い夏の湖には家族連れや若者等道内外からの観光客で賑わう。湖畔のキャンプは爽快だ。テントでの語らいや夜明けの清清しさに魅せられて毎シーズン1万余人が楽しんでいる。湖は陥没湖であるため水深は湖岸より急激に深くなっており遊泳には向かない。

特定重要港湾室蘭港は、絵鞆半島に囲まれた天然の良港である。湾は、昔白鳥が飛来していたことから白鳥湾と呼ばれている。

臨港地区には鉄鋼、造船、石油精製等の基幹産業とその関連産業等が多数立地しているが、近年、鉄鋼及び造船産業は長引く不況によって操業短縮あるいは人員整理等厳しい対応に迫られている。関連する産業にも不況は波及しており、このため市全体の経済は沈滞している。

室蘭港からのフェリー航路は、現在青森及び八戸航路が開設されているが、更に今年6月茨城県の大洗港とを結ぶ航路が事業認可となった。この航路は北海道と関東圏、首都圏とを連絡するため地域経済に及ぼす影響が大きいことから北海道の港を何処にするか、昭和56年よりこれまで室蘭港と隣の苫小牧港とが大いに競い合い、苦闘を演じてきた。結果は傷み分けの形で室蘭港、苫小牧港ともに隔日運航で決着したが、この長い長い論争は「止まらん戦争」とか「ツマラン戦争」とか茨城県には「オオワライ」されたとか、白熱した議論の割にはユーモラスな「落ち」が付けられてしまった。プロ野球の解説ではないが、市民にとって「大事な一戦」であったことは確かなようである。

市の観光は室蘭港を形作る絵鞆半島の景観にある。測量山からは室蘭港、有珠山、昭和新山及び大平洋が一望の元に見渡せるパノラマである。また、港の夜景もなかなかのものである。大黒島周辺海域では魚釣りも楽しめる。更に地球岬及び金屏風、銀屏風といわれる断崖絶壁の景観等半島全体が風光明媚な自然公園を作っており、ハイキングロードもあって室蘭市民の憩いの場となつて

いる。

当事務所は、この室蘭港をひと跨ぎ（市内祝津～陣屋町間）する国道37号の吊橋形式橋梁（白鳥大橋～仮称）の実施調査を56年度より行っている。1種3級自動車専用道路で、中央径間720m、側径間330m～2、橋長1380mの3径間2ヒンジド補剛吊橋として計画中である。補剛桁は鋼床版箱桁形式で、耐風安定性のため断面の両側に三角形のフェアリングを付けること、としている。現在、気象、地震、地質等のデータを収集しており併せてアンカレッジ、主塔基礎形式の検討及び施工法検討、上部工架設工法検討等の調査を行っている。この吊橋の特徴は、イ）積雪寒冷地に架設すること ロ）支持層となる岩盤は主塔位置で海面下70～80m（水深約15m）と深く、また海底から岩盤までの地層は複雑な層になっていること ハ）補剛桁は鋼床版箱桁であること ニ）側橋梁区間の一部が精油所構内を横断するルートであること、等である。高度な技術を要する橋梁のため技術調査委員会（土木学会北海道支部）に検討を委託して、計画を進めているところである。

37号沿いの伊達市、虻田、豊浦町、230号の洞爺村は北海道の中でも特に気候温暖で、北海道の湘南といわれている。この気候と良質な土壌を生かした農業が主な産業で札幌、室蘭等の消費地に新鮮な野菜を供給する農村地帯である。米、豆類のほかにメロン、イチゴ、果樹栽培が盛んで、シーズン中には挽ぎたての野菜、果物を並べた露店が道路沿いに出現してドライバーを楽しませている。収穫期に催される産業祭は盛況である。

おわりに

当所は、国道36号、37号のうち約90kmの除雪を含む維持及び管理業務並びに36号、37号、230号のうち約144kmを改築事業区間として担当している他に、先の白鳥大橋の調査業務を実施している。特に冬期の除雪並びにスパイクタイヤによる路面破損への対応は重要な業務である。これら国道が地域社会に果たしてきた役割は大きいがこれからも更に国道の整備を押し進めて地域の発展に寄与したい、と考えている。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

わだち掘れ (Rutting)

道路の横断方向に現われる路面の凹凸を通常わだち掘れという。

アスファルト舗装では、車両の走行位置が集中する部分は、加熱アスファルト混合物を使用した表層・基層部分が塑性変形（圧密も含む）したり、摩耗をうけて、わだち掘れになる。しかし、路面の凹凸を測定すると、この他、舗装の部分的な沈下による変形や路面の粗さも含んだ横断凹凸量を測定するので、わだち掘れと横断凹凸は厳密には区別されるべきである。

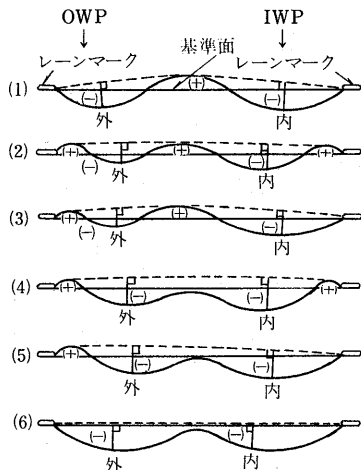
建設省の路面性状調査要領(案)によれば、わだち掘れは図-1に示すように様々なパターンがある。ここで(1)~(5)は基準面に対してアスファルトコンクリート層が盛り上がるタイプであり、(6)はこれとは逆のタイプである。わだち掘れ量は、外側わだち部(OWP)と内側わだち部(IWP)それぞれで頂点からの下がり方を測定し、それらの平均値をわだち掘れ量とする。

標準的には、100 m区間を20 m間隔で5断面測定し、その平均値($\bar{x}_{10}$) (RD_M)を評価している。

一方、日本道路公団の舗装維持修繕要領では、基準面から上側(+)と下側(-)を区別し、その絶対値(車線内の最高点と最低点のキヨリ) (RD_P)をわだち掘れ量と定義している。ここでは前述の平均値法(RD_M)との関係式

$$RD_P = 2.07 + 1.06 \times RD_M$$

や、区間長、精度等を検討し、1 km単位で100 m間隔の評価を行っている。



[小島逸平 熊谷道路技術研究所]

ひび割れ (Crack)

舗装路面に発生したキレツのことをひび割れという。舗装の維持修繕の目安にするひび割れ率とは、次式で数値化した値で評価することになっている。

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \frac{\text{ひび割れ面積の和} + \text{パッチング面積の和}}{\text{調査区間面積}} \times 100$$

建設省の路面性状調査要領(案)では、ひび割れ面積の計算方法は、線状ひび割れはひび割れ巾を0.3(m)とし、ひび割れ長さとの積によって、亀甲状ひび割れは、ひび割れ部分を囲む面積で計算することになっている。しかし、道路維持修繕要綱(日本道路協会)では、スケッチ又はひび割れ測定車により記録されたひび割れを0.5(m)×0.5(m)のメッシュで判読し、このメッシュ内にひび割れが入る場合はこれをひび割れ面積0.25(㎡)として累積し、調査区間の面積と比からひび割れ率を評価する方法をとっている。ここではさらに、コンクリート舗装のひび割れ破損は次式で求められるひび割れ度で評価することになっている。

$$\text{ひび割れ度(cm/㎡)} = \frac{(\text{ひび割れ長さ(cm)} + \frac{\text{パッチング面積(㎡)} \times 100}{0.3 \text{ (m)}})}{\text{調査区間面積(㎡)}}$$

なおこの場合のメッシュも0.5(m)×0.5(m)としている。一方、日本道路公団では、ひび割れをメッシュにより、面積あるいは長さを測定し、ひび割れの分類を次の4つに分けて解読している。

- ① 面状ひび割れ： 1メッシュ内に2本以上ひび割れが入ったもの。
- ② 線状ひび割れ： 1メッシュ内に1本だけひび割れが入り、その方向が相対的に延長方向であるもの。
- ③ 横ひび割れ： 1メッシュ内に1本だけひび割れが入り、その方向が相対的に横断方向であるもの。
- ④ パッチング： パッチングは1箇所100㎡以下のものとし、その中でも大規模な打換えや段差修正部分を除いた面積とする。

ここでは、アスファルト舗装を対象とする場合のメッシュは1m×¼車線巾とし、ひび割れ率は次式で定義している。

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \left(\frac{\text{面状ひび割れ面積(㎡)} + \text{線状ひび割れ面積(㎡)} + \text{パッチング面積(㎡)}}{\text{調査区間面積(㎡)}} \right) \times 100$$

なおコンクリート舗装のメッシュサイズは道路維持修繕要綱(日本道路協会)と同一にしている。

組成分析

アスファルトの組成分析法にはいろいろな提案がなされているが、カラムクロマトグラフィーによる4成分分析法が一般的である。つまりアスファルテン、レジン、芳香族分、飽和分の4成分に分離するもので、試験法としては我が国では、石油学会規格JPI-5S-22-83（アスファルトのカラムクロマトグラフィーによる組成分析法）がある。

アスファルトの組成分析に用いるクロマトグラフィーは、カラム吸着クロマトグラフィーと呼ばれるもので、試料中の各成分の溶剤に対する溶解度と吸着剤に対する吸着性の差異を利用して分離する手法である。吸着剤には粒径が200メッシュ程度の活性アルミナゲルが用いられる。

試験法の概要は、試料をn-ヘプタンに溶かし、目の細かいろ紙でろ過してから、ろ紙をn-ヘプタンで熱循環してマルテンを抽出する。ろ紙上のアスファルテンはトルエンで抽出分離する。得られたマルテンは、アルミナクロマトグラムに吸着させた後、n-ヘプタン、トルエンおよびメタノールで順次展開溶出させ、それぞれ飽和分、芳香族分およびレジンを分離する。この組成分析系統図を図-1に示す。

アスファルト中で最も分子量の大きいアスファルテンの含有量は、道路用アスファルトで10~13%程度であるが、防水工事などに用いるブローンアスファルトでは、30%前後である。また道路用アスファルトでも、熱や酸化劣化の過程でアスファルテン量は増加する。これは、劣化過程において、各成分が高分子側に移行し、芳香族分がレジンに、レジンがアスファルテンに変化するためと言われている。

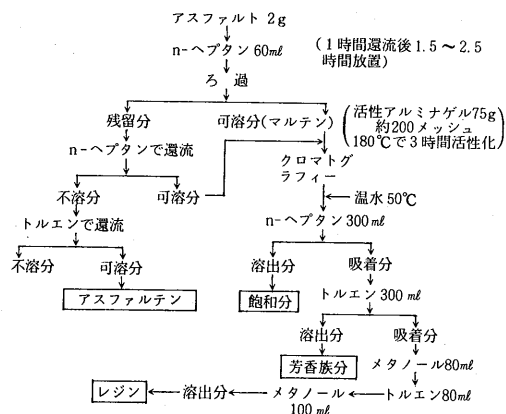


図-1 組成分析系統図

コロイド構造

高温で液体状のアスファルトの内部構造は、マクロ的にみるとコロイド構造を有していると言われている。つまり、アスファルテン (asphaltenes) と呼ばれる芳香族性の高分子炭化水素が、マルテン (maltenes) と呼ばれる低分子量のオイル中に分散、浮遊しているとされている。アスファルテン自体はオイルに不溶解であるがマルテン中の芳香族性の強いレジン分がアスファルテン表面に吸着され、アスファルテン表面を解こうし、ミセル (micelle) を形成して分散性を高めている。この様に微粒子が分散媒中に安定して浮遊し続ける状態をコロイド構造と呼ぶ。アスファルトの物理性状は、分散相であるアスファルテンの量や、分散媒のマルテンの性質、特にアスファルテンに対する吸着性の高いレジンや芳香族分の含有量に影響される。つまりコロイド構造のタイプによりアスファルトの性状も異なる。例えば、アスファルテン分が少ないか、あるいはレジン分による解こう度が高いため分散相の粒子が非常に細かいものをゾル型アスファルトと呼び、低温では硬く、もろいが温度が高くなると急速に流動性を増しニュートン流体となる。溶剤脱離アスファルトなどの感温性の高いピッチタイプのアスファルトがこれに属す。一方、アスファルテンが多く、解こう剤の役割を果たすレジンが相対的に少ないため、ミセル同志が結合して大きくなり網目類似構造を形成しているものをゲル型アスファルトと呼ぶ。感温性が低く、可とう性、耐流動性に優れており、ブローンアスファルトがこのタイプに属す。舗装用アスファルトは一般に、この中間のゾル-ゲル型に属す。図-1にアスファルトのコロイド構造の模式図を示す。

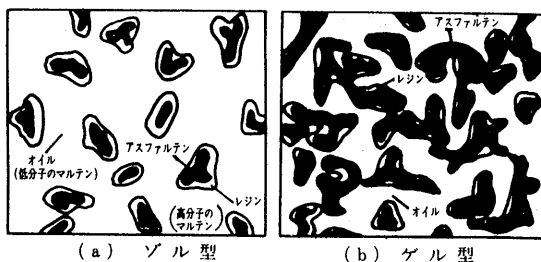


図-1 アスファルトのコロイド構造

〔井野弘光 昭和シェル石油中央研究所〕

第16回日本道路会議発表論文応募案内

発表方法：特定課題論文（6,000字以内）

一般論文（4,000字以内）

申込期限：昭和60年5月20日（必着のこと）

提出期限：昭和60年7月20日（必着のこと）

問い合わせ先：〒100 東京都千代田区霞が関3-3-1 尚友会館7F

社団法人 日本道路協会 /

日本道路会議論文委員会

TEL 03-581-2211

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・実費頒価 3000円（送料実費）

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

目 次

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. 研究の概要 | 4.4 高速曲げ試験 |
| 1.1 文献調査 | 4.5 水浸マーシャル安定度試験 |
| 1.2 室内試験 | 4.6 試験結果のまとめ |
| 1.3 試験舗装 | 4.7 品質規格の設定 |
| 1.4 研究成果 | 5. 試験舗装による検討 |
| 2. 舗装の破損の原因と対策 | 5.1 概 説 |
| 2.1 アスファルト舗装の破損の分類 | 5.2 実施要領 |
| 2.2 ひびわれ（Cracking） | 5.3 施工箇所と舗装構成 |
| 2.3 わだち掘れ（Rutting） | 5.4 追跡調査の方法 |
| 3. セミ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 |

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

項目 年度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前 年度 比	輸 入	合 計	内 需	対前 年度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,564	236	2,800
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	228	2,149	(95.8)	0	2,377	2,130	(96.2)	8	2,138	240	2,378
1～3月	172	1,167	(105.7)	0	1,339	1,118	(102.7)	8	1,126	213	1,339
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57 年 度	228	4,561	(99.2)	0	4,789	4,545	(99.6)	18	4,563	213	4,776
58. 4月	213	426	(105.4)	0	639	368	(117.6)	0	368	271	639
5月	271	342	(108.2)	0	613	339	(113.0)	0	339	277	616
6月	277	329	(104.1)	0	606	379	(105.9)	0	379	232	611
4～6月	213	1,097	(105.9)	0	1,310	1,086	(111.8)	1	1,087	232	1,319
7月	232	410	(107.6)	0	642	410	(104.1)	1	411	229	640
8月	229	463	(130.1)	0	692	425	(111.8)	1	426	259	685
9月	259	418	(111.2)	0	677	435	(113.0)	0	435	241	676
7～9月	232	1,291	(116.0)	0	1,523	1,271	(109.7)	2	1,273	241	1,514
58年度上期	213	2,388	(111.1)	0	2,601	2,581	(108.6)	3	2,584	241	2,825
10月	241	465	(100.6)	0	706	472	(103.1)	0	472	238	710
11月	238	456	(110.4)	0	694	489	(113.7)	0	489	205	694
12月	205	485	(114.7)	0	690	469	(100.9)	0	469	220	689
10～12月	241	1,406	(108.3)	0	1,647	1,430	(121.7)	0	1,430	220	1,650
1月	220	313	(101.3)	0	533	248	(94.3)	0	248	281	529
2月	281	314	(87.2)	0	595	302	(92.6)	0	302	289	591
3月	289	522	(104.6)	0	811	585	(110.6)	1	586	226	812
1～3月	220	1,149	(98.5)	0	1,369	1,135	(101.5)	1	1,136	226	1,362
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,565	(103.8)	1	2,566	226	2,792
58 年 度	213	4,943	(108.4)	0	5,156	5,146	(113.2)	4	5,150	226	5,376
4月	226	483	(113.4)	0	709	425	(115.5)	0	425	288	713
5月	288	395	(115.5)	0	683	365	(107.7)	0	365	319	684
6月	319	360	(109.4)	0	679	376	(99.2)	0	376	301	677
4～6月	226	1,238	(112.9)	0	1,464	1,166	(107.4)	1	1,167	301	1,468
7月	301	429	(104.6)	0	730	452	(110.2)	0	452	278	730

（注） (1)通産省エネルギー統計月報 59年7月確報
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千t）

項目 年月	内 需 量					構 成 比					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計
	一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
52 年 度	4,242	235	4,477	288	4,765	89.0	4.9	93.9	6.1	100.0	116.9	112.4	116.6	109.1	116.1
53 年 度	4,638	267	4,905	313	5,218	88.9	5.1	94.0	6.0	100.0	109.3	113.6	109.6	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	167	2,576	89.6	3.9	93.5	6.5	100.0	98.0	74.3	96.7	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	176	2,562	90.2	2.9	93.1	6.9	100.0	101.2	57.3	98.8	104.8	99.2
54 年 度	4,620	175	4,795	343	5,138	89.9	3.4	93.3	6.7	100.0	99.6	65.5	97.8	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	137	2,323	90.4	3.7	94.1	5.9	100.0	90.9	87.0	90.7	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	150	2,380	89.7	4.0	93.7	6.3	100.0	92.3	128.0	93.5	85.2	92.9
55 年 度	4,233	183	4,416	287	4,703	90.0	3.9	93.9	6.1	100.0	91.6	104.6	92.1	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	135	2,215	89.3	4.7	93.9	6.1	100.0	94.2	118.4	95.2	98.5	95.4
56年度下期	2,105	103	2,208	139	2,347	89.7	4.4	94.1	5.9	100.0	98.6	107.3	99.0	92.7	98.6
56 年 度	4,082	206	4,288	274	4,562	89.5	4.5	94.0	6.0	100.0	96.4	112.6	97.1	95.5	97.0
57年度上期	1,867	140	2,007	123	2,130	87.7	6.5	94.2	5.8	100.0	94.4	135.9	96.5	91.1	96.2
1～3月	927	126	1,053	65	1,118	82.9	11.3	94.2	5.8	100.0	96.3	221.1	103.2	106.2	102.7
57年度下期	2,104	231	2,335	135	2,470	85.2	9.3	94.5	5.5	100.0	100.0	224.3	105.8	97.1	105.2
57 年 度	3,971	371	4,342	258	4,600	86.3	8.1	94.4	5.6	100.0	97.3	180.1	101.3	94.2	100.8
58 4 月	304	44	348	19	367	82.8	12.0	94.8	5.2	100.0	113.0	183.3	118.8	95.0	117.3
5 月	274	45	319	19	338	81.1	13.3	94.4	5.6	100.0	107.0	180.0	113.5	100.0	112.7
6 月	307	52	359	20	379	81.0	13.7	94.7	5.3	100.0	96.8	236.4	105.9	105.3	105.9
4～6月	885	142	1,027	59	1,086	81.5	13.1	94.6	5.4	100.0	105.1	200.0	112.5	101.7	111.8
7 月	341	50	391	20	411	83.0	12.2	95.1	4.9	100.0	98.3	200.0	105.1	90.9	104.3
8 月	344	61	405	20	425	80.9	14.4	95.3	4.7	100.0	101.8	277.3	112.5	100.0	111.8
9 月	347	66	413	22	435	79.7	15.2	94.9	5.1	100.0	102.1	300.0	114.1	95.7	113.0
7～9月	1,032	177	1,209	62	1,271	81.2	13.9	95.1	4.9	100.0	100.7	256.5	110.5	95.4	109.7
58年度上期	1,917	319	2,236	121	2,357	81.3	13.6	94.9	5.1	100.0	102.7	227.9	111.4	98.4	110.7
10月	394	56	450	22	472	83.4	11.9	95.3	4.7	100.0	97.8	180.6	103.7	91.7	103.1
11月	412	52	464	25	489	84.3	10.6	94.9	5.1	100.0	109.6	167.7	114.0	108.7	113.7
12月	369	77	446	23	469	78.7	16.4	95.1	4.9	100.0	92.7	179.1	101.1	100.0	101.1
10～12月	1,175	185	1,360	70	1,430	82.2	12.9	95.1	4.9	100.0	99.8	176.2	106.1	100.0	105.8
1 月	156	71	227	21	248	62.9	28.6	91.5	8.5	100.0	79.2	165.1	94.6	91.3	94.3
2 月	213	67	280	21	301	70.8	22.2	93.0	7.0	100.0	81.9	152.3	92.1	95.5	92.3
3 月	489	75	564	21	585	83.6	12.8	96.4	3.6	100.0	104.0	192.3	110.8	105.0	114.9
1～3月	858	213	1,071	63	1,134	75.7	18.8	94.5	5.5	100.0	92.6	169.0	101.7	96.9	101.4
58年度下期	2,033	398	2,431	133	2,564	79.3	15.5	94.8	5.2	100.0	96.6	172.3	104.1	98.5	103.8
58 年 度	3,950	717	4,667	254	4,921	80.3	14.5	94.8	5.2	100.0	99.5	193.3	107.5	98.4	107.0
4 月	322	84	406	19	425	75.8	19.7	95.5	4.5	100.0	105.9	190.9	116.7	100.0	115.8
5 月	276	69	345	20	365	75.6	18.9	94.5	5.5	100.0	100.7	153.3	108.2	105.3	108.0
6 月	285	72	357	20	377	75.6	19.1	94.7	5.3	100.0	92.8	138.5	99.5	100.0	99.5
4～6月	883	224	1,107	59	1,166	75.7	19.2	94.9	5.1	100.0	99.8	157.7	107.7	100.0	107.4
7 月	360	74	434	18	452	79.6	16.4	96.0	4.0	100.0	105.6	148.0	118.0	90.0	110.0

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 59年7月確報

(2)工業用ストレート・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)一般用ストレート・アスファルト＝内需量合計－(ブローンアスファルト＋工業用ストレート・アスファルト)

(4)工業用ストレート・アスファルトに燃焼用アスファルトを含む。

(5)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
〔メーカ―〕		
ア ジ ア 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 4 5 0
大 協 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 5 0 0
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂 5-3-3	03 (585) 9 4 3 8
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-4-3	03 (580) 3 5 7 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-2-3	03 (211) 6 5 3 1
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 3-1-1	03 (213) 3 1 1 1
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区紀尾井町 3-6	03 (265) 0 4 1 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 2-6-2	03 (270) 7 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-11-2	03 (593) 6 1 1 8
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-7-2	03 (270) 0 8 4 1
丸 善 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 8 4 2
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門 1-2-4	03 (595) 7 4 1 2
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-7-2	03 (244) 4 3 5 9
日 本 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区平河町 2-7-6	03 (234) 5 0 2 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門 2-10-1	03 (582) 2 1 1 1
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋 1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋 1-3-12	03 (202) 1 1 1 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 1-4-2	03 (284) 1 9 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-1-3	03 (215) 3 0 8 1
昭 和 シ ェ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 2-7-3	03 (580) 0 1 1 1
昭 和 四 日 市 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区霞が関 3-25	03 (580) 3 7 1 6
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区一ツ橋 1-1-1	03 (213) 2 2 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 宮城県仙台市港 5-1-1	02236 (5) 8 1 4 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

アサヒレキセイ ㈱ 札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3 9 0 6	日 ア ス
中西瀝青 ㈱ 札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5	日 石
㈱ 南部商会 札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7 5 8 7	日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西12	011 (231) 5 9 3 1	出 光
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6	丸 善
東光商事 ㈱ 札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (261) 7 9 5 7	三 石
㈱ 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
葛井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1	丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
アサヒレキセイ 仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1101 日 アス
木畑商会 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (22) 9203 共 石
株式会社 亀井商店	(980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6077 日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222 (57) 1231 三 石
中西瀝青 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222 (23) 4866 日 石
南部商会 仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1011 日 石
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (3) 3293 共 石
菱油販売 仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222 (25) 1491 三 石
正興産業 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	0222 (63) 5951 三 石
竹中産業 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2770 昭和シェル
常盤商事 仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222 (24) 1151 三 石
● 関 東		
アサヒレキセイ 株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8011 日 アス
朝日産業 株式会社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (669) 7878 日 アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001 昭和シェル
富士興産アスファルト株式会社	(107) 東京都港区赤坂1-5-11	03 (585) 7601 日 アス
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2891 丸 善
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061 共 石
富士油業 東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501 日 アス
パシフィック石油商事株式会社	(103) 東京都中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (661) 4951 モービル
伊藤忠燃料株式会社	(107) 東京都港区赤坂2-17-22	03 (584) 8555 共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161 昭和シェル
株式会社 木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191 共 石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8231 出 光
丸紅石油株式会社	(102) 東京都千代田区九段北1-13-5	03 (230) 1131 モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6290 三 石
三井物産石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7111 極 東 石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3471 日 石
株式会社 南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (213) 5871 日 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6101 昭和シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03 (915) 7151 昭和シェル
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7691 出 光
菱東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-7-16	03 (281) 2030 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03 (571) 5921 三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (348) 6241 三 石
三徳商事 東京支店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03 (254) 9291 昭和シェル
澤田商行 東京支店	(104) 東京都中央区入船1-7-2	03 (551) 7131 丸 善
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03 (294) 3961 昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1	03 (345) 3904 出 光
大洋商運株式会社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03 (245) 1632 三 石
竹中産業株式会社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03 (251) 0185 昭和シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2751 三 石
株式会社 トーアス	(160) 東京都新宿区西新宿2-7-1	03 (342) 6391 共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3401 日 アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8691 日 アス
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	03 (273) 3551 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8151 日 アス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3101 三共油化
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区湯場町9	03 (269) 7541 丸 善
ユニ石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1	03 (503) 4021 昭和シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭和シェル
● 中 部		
アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111 日 アス
丸 福 石 油	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860 昭和シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡町ト25	0762 (21) 6121 三 石
三谷商事株式会社	(910) 福井県福井市中央3-1-5	0776 (20) 3111 モービル
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市西區城西4-28-11	052 (521) 9391 日 アス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011 日 石
三徳商事(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781 昭和シェル
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721 日 アス
株式会社 澤 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 丸 善
新東亜交易(株)名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514 三 石
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1195 モービル
竹中産業(株)福井営業所	(910) 福井県福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565 昭和シェル
株式会社 田中石油店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721 昭和シェル
富安産業株式会社	(930-11)富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298 共 石
● 近 畿		
赤馬瀝青工業株式会社	(531) 大阪市淀川区中津3-10-4-304	06 (374) 2271 モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西區南堀江4-17-18	06 (538) 2731 日 アス
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5531 三 石
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8965 共 石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西區京町堀2-3-19	06 (441) 5195 日 アス
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771 昭和シェル
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5856 日 アス
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西區九条南4-11-12	06 (581) 7216 日 アス
株式会社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1608 昭和シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073 丸 善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜1-1-5	06 (343) 1111 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2551 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3-18-21	06 (303) 0201 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市淀川区豊崎5-8-2	06 (372) 0031 出 光
株式会社 菱 芳 砒 産	(671-11)姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 共 石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551 昭和シェル
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2701 三 石
(株)シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0681 昭和シェル
梅本石油(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区宮原4-4-64	06 (394) 2441 丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 共 石
アサヒレキセイ(株)広島支店	(730) 広島市中区中町5-9	0822 (44) 6262 日 アス
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3210 昭和シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市蕃山町3-10	0862 (33) 1500 共 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350 日 アス
● 四 国・九 州		
アサヒレキセイ(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436 日 アス
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 丸 善
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 共 石
伊藤忠燃料(株)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (444) 8353 共 石
株式会社 カ ソ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 昭和シェル
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度町家中3-1	08773 (3) 1001 三 石
菱油販売(株)九州支店	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 日 アス
三陽アスファルト株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 日 アス

編集顧問

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

編集委員

阿部忠行	太田健二	戸田 透	真柴和昌
荒井孝雄	河野 宏	中島守博	吉兼秀典
飯島 尚	小島逸平	南雲貞夫	
今井武志	真山治信	林 誠之	
井町弘光	白神健児	藤井治芳	

アスファルト 第142号

昭和60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 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 27 No. 142 JANUARY 1985

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION