

アスファルト

第43巻 第204号 平成12年7月発行

204

特集・舗装用材料の需給と品質の推移および将来展望

特集にあたって	南 雲 貞 夫	1
砕石業の現状と課題	藤 野 順 也	2
安定処理用石灰とフィラー	谷 光 男	6
道路用鉄鋼スラグの需給と品質	末 次 純 二	10
瀝青材料 ストレートアスファルト	長谷川 宏	14
改質アスファルト	上 坂 憲 一・北 岡 善 文	20
アスファルト乳剤の品質と需給の推移	(社)日本アスファルト乳剤協会	25
舗装に使われるセメントと新しいコンクリート舗装	國 府 勝 郎	31
樹脂系すべり止め舗装用バインダの推移と展開	樹脂舗装技術協会 技術委員会	36

第10回日本アスファルト協会論文賞発表	39
---------------------	----

<第10回論文賞入選第2席>

CO₂排出量に着目した舗装技術の方向に関する調査研究

田 井 文 夫・長谷川淳也 43

<アスファルト舗装技術研究グループ・第37回報告>

峰 岸 順 一 52

常温路上再生 (CIR) 工法について

市 岡 孝 夫・鈴 木 徹・越 健 太 郎・佐 藤 雅 規
玉 木 琢 雄・林 信 也・増 山 幸 衛 53

<用語の解説>

本設・仮設道路 小 島 逸 平 60

低騒音舗装とセミブローンアスファルト 青 木 秀 樹 63

<資料>平成11年市販アスファルトの性状調査 技術委員会 64

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料 68

ASPHALT

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

特集にあたって

南 雲 貞 夫

(株)ガイアートクマガイ顧問

90年代初頭にSHRPが提案した供用性をベースにしたアスファルトの新規格は、これまでの粘度分類等の役割割り主であった規格を抜本的に書き換えるもので、従来の規格に飽き足らなかった一部ユーザの賛同を克ち得たのではなかったろうか。アスファルトの本来の品質はとかく一般ユーザには窺い知れず、伝え聞く諸説に惑わされていたといつては過言かも知れない。その一方で、アスファルト単体の品質改善の努力は着実に継続していたと見受けられ、旧聞に属するがセミブローンアスファルトの開発は画期的な成果であった。

改質アスファルトの発展の歴史は長く、おもに轍ぼれと擦り減りへの防止対策として古くからのSBRや、EVA、SBSなどのゴムや樹脂が用いられてきた。最近のニーズの高い低騒音舗装は改質アスファルト等への依存が大きく、さらなる高品質のものが要請されている。話はやや古いが長大橋鋼床版舗装の成功は改質アスファルトの開発に負うところが大きい。また、種々の改質材を導入した最新のアスファルト乳剤舗装は旧来のイメージを一新し、とくに環境保全への貢献が期待されている。

骨材品質への新たな要求は低騒音舗装の性能規定と無関係ではない。初期の高速道路で採用された1/2インチの粗骨材は偶々改訂中の要綱にも取り入れられ、以来、粒径範囲の広い規格が長く用いられてきた。低騒音舗装に関連して骨材サイズと形状についても今後多様な要求がなされてくることが予想される。粗骨材ではさらにポリッシングへの抵抗性の高いものが望まれるが、我が国独自の評価試験法は無く、岩種による使い分けが一般のようである。

骨材の剥離性状について高速道路では早くから水浸マーシャル試験による判定を規格化しており、一般道路でも界面活性剤系の剥離防止剤の歴史は古い。消石灰の剥離防止効果は我が国では九州の試験舗装において確認され要綱にも取り入れられ、やがて消石灰入りの炭カル製造も試みられた。

道路用石灰の全生産量中のシェアはあまり大きくないが、最大の用途となる土質安定処理ではセメント系

固化材との競合は避けられず、新たな用途開発が様々に模索されていると仄聞する。

石灰を大量に消費する製鋼用の転炉では、転炉滓中に残存する生石灰がかつては路盤等に使用したときその膨張をひきおこす原因となった。また、転炉滓骨材は硬質で擦り減り抵抗性が高く耐摩耗骨材として一時期は積雪地域で好んで用いられたが、路盤同様、表層骨材の膨張例も報告された。そして、スラグのリサイクリングにおける過去の環境問題のひとつは黄濁水の流出事例であった。これら困難な問題の解決と対策の策定は迅速に行われ、水硬性粒度調整鉄鋼スラグなど高付加価値の製品を供給するに至ったと理解している。

セメントはアスファルトと並ぶ主要な舗装用材料であるが、普通のセメントよりもやや特殊なたとえば橋床版上面増厚工法の特種コンクリートや半たわみ性舗装のプレバック材料などの使い方が注目される。これら特殊工法は、使いやすく十分な品質を備えた材料の供給が無ければ施工がむずかしい。また環境や景観の分野で用途が広いポーラスコンクリートもセメントやポリマーなどの性能に大きく依存する。さらに、セメントは補助的な材料としても欠かせない場合が少なくない。

欧米の例を見るまでもなく景観向上のため舗装のカラー化はさらに進展することが予想され、樹脂系材料の需要は着実に拡大するものと考えられる。また、樹脂系材料はバインダーや混合物の強化材としての利用例も多く、とくに低騒音舗装において実績を挙げつつある。

舗装用材料のいくつかについて、乏しい記憶の中から勝手なコメントを加えさせていただいた。道路舗装の機能や供用性、道路環境さらには地球規模の環境の保全等に関する時代の要請に、舗装用材料は次々と対応に努めてきた。開発された新たな材料、改善された品質の材料があつてはじめて諸課題の解決の糸口を掴むことができる。施工専門に属する一人として新たな舗装用材料の出現を強く期待し、本特集の将来展望に大きな関心が持たれる。

砕石業の現状と課題

(The Present conditions and Task of Crushed stone industry)

藤 野 順 也*

砕石の生産量は昭和30年代からの公共投資、特に高速道路の建設及び道路舗装工事の拡大、さらに天然砂利資源の枯渇によるコンクリート骨材への需要増加を背景に急激に増加した。しかしバブル経済の崩壊に伴う建設工事の減少とリサイクル材の使用促進の国策等により年々需要は減少している。

一方砕石業は中小企業政策の転換、環境アセスメント法の制定、特殊舗装用砕石の生産、水洗スラッジ及び砕石粉の有効利用等多くの当面する課題を抱えており、これへの的確な対応が強く求められている。

1. 砕石の需給の推移

わが国において道路舗装に初めて砕石が使用されたのは、明治時代横浜の外国人居留地の舗装工事の時であったと言われている。今から80年前の大正8年、山梨県初狩に開設された砕石工場がわが国砕石業の起源とするのが定説となっている。その後関東大震災による東京復興の道路工事及び第2次大戦後の米軍駐留関係施設の建設及び戦後復興に伴う砕石の需要拡大を契機として砕石業は独立した産業を形成し今日に至っている。

1.1 昭和30年代以降の需給状況

昭和30年代に入り産業基盤の拡充及び生活環境の整備のため公共投資は国民総生産の伸びを上回り年々約20%の拡大をみた。特に道路整備5ヶ年計画の策定と名神を始めとする各高速自動車道の着工に加え、国道、地方道幹線の全面舗装が実施された。この旺盛な需要に支えられ砕石の生産量は表-1のとおり推計されており年率平均23%の伸び率で増加した。

このような建設経済の成長と骨材の需要増大を背景に砂利資源の早期枯渇を予測する建設省の発表も加わり、「骨材不足」が喧伝され砂利から砕石へのムードが一挙に高まった。

砂利の採取制限あるいは一部採取禁止となった事態に対応して通産省は昭和39年産業構造審議会雑貨建材部会に骨材小委員会を設置し、骨材の総合的需給対策として昭和41年「今後の骨材政策の進め方」と題する

表-1 全国の砕石生産実績推計

年度 (昭和)	生産実績 (万 t)	前年比	工場数
30年	825		257
31年	972	1.18	286
32年	1,188	1.22	322
33年	1,439	1.21	346
34年	1,880	1.31	399
35年	2,425	1.29	508
36年	2,810	1.16	601
37年	3,460	1.23	788
38年	4,240	1.23	1,145

(資料：日本砕石協会)

中間報告を纏め発表した。これによれば河川砂利をコンクリート用以外に使用することを規制するとともに砕石のコンクリート用骨材として使用を促進し、またこのための砕石設備の計画的拡大と適正配置及び砕砂生産技術の開発等の施策が打ち出された。さらにこの年には砕石業は中小企業近代化促進法の指定業種に指定され各種の助成をうけることとなった。

わが国の骨材需給量は表-2及び図-1のとおり、平成2年度の9億4,900万トン进行ピークに以後下降線をたどっている。昭和38年から平成10年に至る35年間の骨材全体の伸びが2.5倍であるのに対し、砕石は10倍、砂利は1.2倍である。また骨材全体の中で砕石の占める割合は、14%から59%へと高くなっており骨材の供給構造は大きく変化している。

さて平成10年版の砕石統計年報によれば、1,453工

*ふじの のぶや (株)日本砕石協会専務理事

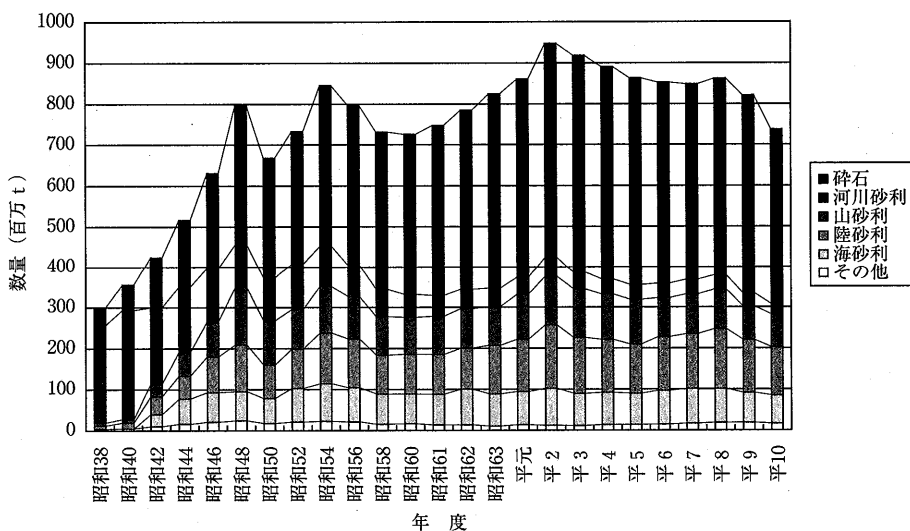
表－２ 骨材需給の推移

(単位：百万トン)

種類 年度	《需 要》			《供 給》								《供給構成》						
	計			計	砂利計					碎石	その他	砂利計				碎石		
	コンクリ ート用	道路・ 道床他	河川		山	陸	海	河川	山			陸	海					
昭38	297	234	63	297	250	234	7	9	0	43	4	84%	79%	2%	3%	0%	14%	
昭40	354	280	74	354	285	262	8	15	0	64	5	81%	74%	2%	4%	0%	18%	
昭42	423	297	126	423	287	187	28	43	29	124	12	68%	44%	7%	10%	7%	29%	
昭44	516	349	167	516	331	159	56	54	62	168	17	64%	31%	11%	10%	12%	33%	
昭46	633	417	216	633	374	133	84	86	71	237	22	59%	21%	13%	14%	11%	37%	
昭48	799	539	260	799	433	110	140	113	70	341	25	54%	14%	18%	14%	9%	43%	
昭50	669	446	223	669	353	107	106	80	60	297	19	53%	16%	16%	12%	9%	44%	
昭52	735	504	231	735	385	115	94	94	82	328	22	52%	16%	13%	13%	11%	45%	
昭54	848	581	267	848	430	103	114	123	90	395	23	51%	12%	13%	15%	11%	47%	
昭56	799	538	261	799	382	80	102	118	82	395	22	48%	10%	13%	15%	10%	49%	
昭58	733	488	245	733	327	69	91	94	73	390	16	45%	9%	12%	13%	10%	53%	
昭60	727	472	255	727	311	57	87	96	71	398	18	43%	8%	12%	13%	10%	55%	
昭61	749	487	262	749	312	52	91	96	73	422	15	42%	7%	12%	13%	10%	56%	
昭62	787	515	272	787	327	47	95	102	83	445	15	42%	6%	12%	13%	11%	57%	
昭63	827	543	284	827	333	44	96	116	77	482	12	40%	5%	12%	14%	9%	58%	
平 元	862	551	311	862	356	43	109	126	78	491	15	41%	5%	13%	15%	9%	57%	
平 2	949	604	345	949	410	49	121	151	89	526	13	43%	5%	13%	16%	9%	55%	
平 3	919	597	322	919	372	43	117	134	78	535	12	40%	5%	13%	15%	8%	58%	
平 4	892	575	317	892	352	38	110	127	77	526	14	39%	4%	12%	14%	9%	59%	
平 5	864	550	314	864	338	38	107	118	75	512	14	39%	4%	12%	14%	9%	59%	
平 6	852	558	294	852	341	37	94	130	80	497	15	40%	4%	11%	15%	9%	58%	
平 7	849	563	286	849	348	38	96	131	83	484	17	41%	4%	11%	15%	10%	57%	
平 8	862	577	285	862	357	35	97	144	81	487	18	41%	4%	11%	17%	10%	57%	
平 9	820	536	284	820	315	32	83	128	72	487	18	38%	4%	10%	16%	9%	59%	
平10	735	495	240	735	289	28	76	118	67	430	16	39%	4%	10%	16%	9%	59%	

【備考】

- (1) 「その他」の欄の数値は、人工（天然）軽量骨材、スラグ、輸入骨材の合計値である。
 (2) 通商産業省生活産業局窯業室推計



図－１ 骨材供給構造の推移

場による碎石の生産量は3億7,543万トンである。通産局別の生産割合は表－3のとおり関東（28%）、九州（17%）、東北（14%）の上位3地区で59%を占めている。また岩石別生産割合は砂岩（34%）、安山岩（25%）、石灰岩（13%）の上位3種類で72%を占めており、地質構造の複雑なわが国では稼行対象となっている岩石は20種類にのぼっている。

表－3 通産局別生産量及び岩石別生産割合

通産局別	生産量 (万t)	構成比 (%)	岩石別	構成比 (%)
北海道	1,889	5.0	砂岩	34.4
東北	5,158	13.7	安山岩	25.2
関東	10,545	28.1	石灰岩	13.2
中部	2,702	7.2	輝緑岩	3.8
近畿	4,422	11.8	粘板岩	3.3
中国	3,521	9.4	玄武岩	3.1
四国	2,277	6.1	花こう岩	2.3
九州	6,307	16.8	粗面岩	2.3
沖縄	722	1.9	その他(12種)	12.4
計	37,543	100.0	計	100.0

一方碎石の出荷割合は表－4のとおり道路用50%、コンクリート用39%、その他用11%となっている。過去18年間でコンクリート用が29%から39%へ10ポイント高くなっており、コンクリート用への供給を拡大しているのに対し、道路用は56%から50%へ6ポイント低くなっている。

表－4 通産局別・用途別出荷割合（単位：%）

通産局別	道路用	コンクリート用	その他用	計
北海道	61.2	29.5	9.3	100
東北	65.7	27.0	7.3	100
関東	52.3	36.6	11.1	100
中部	64.9	22.5	12.6	100
近畿	42.0	47.1	10.9	100
中国	43.5	46.1	10.4	100
四国	32.8	60.6	6.6	100
九州	41.0	47.4	11.6	100
沖縄	35.0	42.4	22.6	100
計	50.0	39.4	10.6	100

道路用のうちクラッシャランの出荷割合の高い地区は、東北（47%）、低いのは四国（15%）である。また平成2年度との対比でみれば、中部地区が14ポイント、関東地区が12ポイントそれぞれ低くなっており、大都市圏における路盤材が急激にリサイクル化されている実態が表れている。

2. 品質・規格の変遷

2.1 戦前の舗装用碎石の規格

昭和3年当時既に東京市道路課において採用されていた道路舗装用碎石の規格によれば、6.5cm級、3.8cm級、3cm級及び1.3cm級の4種類に区分し、それぞれ細粗粒混合割合、比重、吸水率、摩耗率、破碎率、フレンチ係数、靱性、締合力、硬度及び外観について詳細に規定されている。

その試験方法は内務省土木試験所及び東京市道路試験所における試験方法として細かく規定されている。碎石の生産量が現在と比較して極く僅かな当時であっても品質については既に規格化されていたのである。

2.2 日本工業規格による規格

道路用碎石（JIS A5001）は、昭和27年に制定され、同36年及び同45年の改正を経て同52年には国際単位系（SI）の導入による見直しが行われた。昭和63年にはアスファルト舗装要綱及びコンクリート用碎石（JIS A5005）との関連に基づき改正が行われた。

この改正では、碎石の原石としての岩石名を整理したほか、種類の項を「種類及び呼び名」と改め、製品の識別を明らかにし、従来クラッシャランとの判別が不明りようであった粒度調整碎石の製造方法を明確にしたこと、また改正標準ふるい（JIS Z8801）との整合を図ったほか、送り状の記載事項に製造工場名、出荷年月日、数量等を加え出荷する品物を特定したこと、さらに検査のロットの大きさを品種ごとに定めていたのを抜取検査通則（JIS Z9001）又は当事者間の協議により決定することとしたことなど、いずれも需給実態に即した規格への改正が行われた。その後平成6年に確認が行われ現在に至っている。

2.3 特殊舗装用碎石の規格

平成7年に表面化した排水性及び低騒音舗装用碎石として、いわゆる「特6号碎石」については、関係方面において研究と試験施工が進められているところである。(社)日本碎石協会としては当初より、この碎石を特別規格製品として取扱うため、使用者側の品質規格についての方針が固まり次第JIS化を図る予定であり、常温舗装用碎石とも併せ今後の動向を注視しているところである。

3. 当面の課題とその対応

碎石業は長期にわたるわが国建設経済の発展の一翼を担ってきた。今後も骨材の大宗として高品質を保持し、求められる製品の安定供給を図る責務を負ってい

る。しかしながら最近の碎石業を取りまく環境は急激な変化を遂げており、これには的確に対応し産業の新たな発展を指向しなければならない。

3.1 需要の減少と市況の低落

建設経済の不振が続く中において、道路舗装工法の変化に加えリサイクル材の使用促進の国策によって碎石の需要量は減少の一途をたどっている。このため市況は低落し碎石業の経営は困窮の度を加えつつある。このためコスト管理の徹底を図ることはもとより、品質の管理、環境の保全、労働安全の確保を企業経営の基本に据え競争力を高めなければならない。

3.2 中小企業政策の転換

昭和41年、将来の骨材需要の増大に対応し、碎石業は中小企業近代化促進法に基づく指定業種の指定をうけて個々の企業の近代化及び合理化を進めた。さらに同53年には同法の特定業種の指定をうけて、組合を事業主体とする第1次構造改善事業を実施、平成6年から同11年までは(社)日本碎石協会を事業主体とする全国規模の第2次構造改善事業に取り組み各種の事業を実施した。

平成10年度末をもって同法が廃止され、新たに中小企業経営革新支援法が施行された。中小企業政策は従来の護送船団方式による保護からやる気のある企業の育成を主眼とした政策への大転換が行われた。このため今後は個々の企業または企業グループにより付加価値額を上昇する目標を定めた経営革新事業の展開を進め制度利用を図る必要がある。

3.3 環境アセスメント法・条例の制定

平成11年に環境アセスメント法が制定されたのに伴い、都道府県及び政令指定都市において環境アセスメント条例が制定された。このアセスメント調査は、中小企業が大部分を占める碎石業にとっては経済的、人的負担を強いるものであり経営を圧迫し碎石資源開発への制約要素となっている。

3.4 特殊舗装用碎石の生産

先に建設省は2010年までに総額約1兆円を投じて約9,700kmの低騒音舗装を行うと発表した。一方高速自動車国道においては既に排水性舗装が施工されている。これらに使用される多量の特殊規格の高品質の碎石を生産する際に派生する産物の処理方法について鋭意研究を行ってきたが、現状碎石業界のみで十分な対応策

を見出すことは不可能である。この副産物の有効利用を図ることにより生産コストを低減するためには、発注者および関係業界が一致協力して取り組む必要がある。

また近年高強度コンクリート用骨材として高品質の骨材が求められている。碎石の生産管理の技術的水準は現在各工場において相当のレベルを保持しているため、需要に呼応できるものと考えられる。昨今骨材の品質の悪化問題が関係方面から提起されているところである。しかし、これは市場に対応した生産管理に起因している面も多分に含まれているため、流通上の取扱いを明確にすることにより問題は解消されてゆくのではないかと考えている。

3.5 水洗スラッジ及び石粉の有効利用

碎石、砕砂の製造過程で水洗による品質管理が行われ、それに伴って発生する脱水ケーキの発生量は年々増加しており、その処理が益々困難となっている。これの有効利用及び循環型社会への貢献等の観点から、生石灰により安定処理し、クラッシャランまたは再生クラッシャランに混合し、「水硬性複合路盤材」として有効活用する技術を学界、行政、関連業界の御協力を得て平成11年度において開発した。今後はこれの使用普及を図るため、関係方面へのPR活動など碎石業界は一層の努力を払う必要がある。

一方乾式により砕砂を製造する場合に発生する碎石粉（年間発生量500～1,000万トン）の有効利用については業界永年の懸案である。これの有効活用を行うことにより生産コストの低減及び乾式製砂の普及を図る必要がある。このため碎石粉を高流動コンクリートの混和材として利用するとともに砕砂微粒分の利用範囲の拡大のための標準化を視野に入れ、関係方面との協力により研究を進める予定である。

— 参考文献 —

- 1) 藤野順也：昭和初期の関東地方の碎石事情、骨材資源、1994、p.109
- 2) 藤野順也：碎石の変遷と課題、月刊生コンクリート、1999、p.164
- 3) 通産省窯業室：骨材需給推計、1999
- 4) 通産省窯業室：碎石統計年報、1998

安定処理用石灰とフィラー

(Lime stabilizer and Asphalt filler)

谷 光 男*

安定処理用石灰には各土質に合わせ、生石灰、消石灰及びこれらにセメント、石膏、スラグ粉、フライアッシュ等を加えた複合材商品がある。これら副産物の利用は経済性、環境面から広く社会に受け入れられる。

アスファルト用フィラーはタンカルが主体だが、はく離防止効果を持たせたタンカルと消石灰をプレミックスした混合フィラーは今後のアスファルト舗装の高機能化に貢献できる。また、回収ダスト、フライアッシュ等副産物の利用は今後とも、十分な性状等の確認が必要である。

1. 安定処理用石灰

1.1 路床、路盤安定処理¹⁾

石灰はセメントと共に、路床、路盤の安定処理に用いられているが、その歴史は古く、中国の万里の長城築造、古代インドのダム建設や古代ローマの道路などをはじめとして、我が国でも古くより三和土^{たたくき}と呼ばれ活用されていた。

近代土工に初めて石灰が使われたのは1920年代アメリカのテキサス州ハイウェイ局での試験施工である。また、1945年テキサス州で数百マイルにわたる高速道路の路盤安定処理として、粘土層に石灰が使用され、14年間の過酷な交通量での耐久実績を示したことが、今日の発展の礎となったとされている。

我が国では、1955年（昭和30年）頃より、建設省及び国鉄が石灰安定処理工法を採用しており、道路では路盤の築造、鉄道では道床の噴泥防止工として施工された。同時に室内試験、現場試験が建設省をはじめとする機関によって行われ、報告も発表されてきた。特に、1967年建設省の矢板バイパス工事（路上混合方式）及び日本道路公団の東名高速道路大和工事（中央プラント方式）は大きな成果を上げた。

建設業全般で見れば、1972年で使用された石灰は出荷の90%以上が生石灰となっており、これは従来顧みられなかった超湿地帯における地盤改良や、泥水工法によって発生するスラッジ処理にも生石灰が使用されているからである。石灰安定処理工法は、今日では道

路、鉄道のみならず、工場敷地、宅地の造成、埋立地の土質改良、そして近年は残土のリサイクル用など、多方面で利用されるようになった。

1.1.1 出荷と品質について

(1) 出荷量

日本石灰協会では石灰製品別供給量の統計を機関誌にて公表している。表-1はその内、用途分類：建設用土質安定処理用について、1969年（当年より新たに用途分類となった）以降の供給量を示した。

この分類では、道路以外の工場敷地、宅地の造成、埋立地の土質改良などが含まれている。近年は、50万トン／年程度で推移している。その内90%は生石灰、10%は消石灰が用いられており、路床、路盤用でも多くは生石灰を用いている。

(2) 品質

アスファルト舗装要綱では、石灰安定処理用の安定材は、JISR 9001工業用石灰に規定されている生石灰、消石灰またはそれらを主成分とする石灰系安定材とされており、品質の基本は変わっていない。生石灰は、30～5 mm程度の粒状品と、反応時間を短縮したい場合には5～0 mmの粉状品がある。消石灰の粒度はJISR 9001に示すとおり590 μ m全通である。消石灰には湿潤消石灰があり、消石灰に20%程度の水分を加え、防塵処置を施したものである。石灰系安定材は、生石灰、消石灰に石膏やセメント、スラグ粉、フライアッシュ等を加えて効果を高めたものとなっており、各社とも、

*たに みつお 日本石灰協会技術委員会アスファルト舗装用消石灰普及部会長（吉澤石灰工業(株)常務取締役）

表－１ 建設用土質安定処理用石灰製品供給量

(単位：トン)

	生石灰		消石灰		合 計	
1969年	10,337	(0.1)	4,923	(0.1)	15,260	(0.2)
1970年	28,735	(0.3)	11,321	(0.1)	40,056	(0.4)
1971年	69,889	(0.8)	14,901	(0.2)	84,790	(1.0)
1972年	135,618	(1.5)	15,801	(0.2)	151,419	(1.6)
1973年	189,689	(1.7)	24,582	(0.2)	214,467	(2.0)
1974年	242,455	(2.3)	26,472	(0.2)	268,927	(2.5)
1975年	213,176	(2.3)	30,369	(0.3)	243,545	(2.6)
1976年	222,040	(2.4)	26,002	(0.3)	248,042	(2.7)
1977年	245,533	(2.7)	37,089	(0.4)	282,622	(3.1)
1978年	281,718	(3.0)	48,009	(0.5)	329,727	(3.5)
1979年	321,566	(3.2)	46,647	(0.5)	368,213	(3.7)
1980年	340,105	(3.3)	30,576	(0.3)	370,681	(3.6)
1981年	283,524	(2.9)	35,582	(0.4)	319,106	(3.3)
1982年	290,132	(3.0)	24,896	(0.3)	315,028	(3.3)
1983年	321,201	(3.5)	20,679	(2.3)	341,880	(3.8)
1984年	312,430	(3.3)	23,519	(0.2)	335,949	(3.5)
1985年	350,773	(3.8)	19,722	(0.2)	370,495	(4.0)
1986年	252,892	(4.4)	32,170	(0.6)	285,062	(5.0)
1987年	358,821	(4.2)	30,245	(0.4)	389,066	(4.6)
1988年	406,712	(4.2)	25,200	(0.3)	434,912	(4.5)
1989年	538,315	(5.3)	27,924	(0.3)	595,452	(5.6)
1990年	639,849	(5.6)	21,376	(0.2)	661,225	(5.8)
1991年	722,515	(6.2)	44,603	(0.4)	767,118	(6.6)
1992年	574,339	(5.6)	54,033	(0.5)	628,372	(6.1)
1993年	483,552	(4.8)	51,414	(0.5)	534,966	(5.3)
1994年	470,110	(4.8)	33,095	(0.3)	503,205	(5.1)
1995年	565,379	(5.6)	35,902	(0.3)	601,281	(5.9)
1996年	553,573	(5.6)	28,650	(0.3)	582,223	(5.9)
1997年	383,144	(3.9)	41,355	(0.3)	424,499	(4.3)
1998年	504,429	(5.6)	50,099	(0.4)	554,528	(6.2)

* (%)は全石灰製品に対する比率

日本石灰協会調べ

対象土や含水比にあわせて固化材等を配合した複合材商品を用意している。

1. 1. 2 今後の動向

(1) 出荷量

国内建設工事受注額で見れば、民間、官公庁ともここ数年減少傾向にあるが、建設用土質安定処理用石灰の需要は50万トン／年程度と、個々の建設プロジェクト内容に影響される傾向にある。

(2) 品質と新しい材料

路床、路盤安定処理に使用される石灰は、前述の通り生石灰、消石灰で、一般には生石灰がよく使用されている。セメント系固化材同様、生石灰に石膏やセメント、スラグ粉、フライアッシュ等を添加し土質安定処理効果に加えて、エトリンサイト等の生成を促進することにより特殊土への適用性を高めたものや、対象

土や含水比にあわせて各種の固化材等を配合した所謂石灰系複合材商品がある。更に、粉塵の発生を押さえたい発塵抑制型石灰系固化材も開発されている²⁾。

石灰系固化材は今後も、石膏、高炉スラグ粉、フライアッシュ等の副産物を混合した複合材として用いられる。これら副産物を用いることは処分場の負荷低減、固化材の低コスト化、資源の再利用等の観点から更に推進されるであろう。高炉スラグの硬化反応はセメントより遅いが、石灰によってスラグが活性化され反応速度が加速されると考えられている。また、石膏は処理対象土が有機物や硫黄分を含んだ場合に有利であり、かつセメント石灰複合系固化材を適用しても効果的な結果が得られない場合に石灰と混合して使用されている³⁾。

2. フィラー

2. 1 タンカルについて⁴⁾

石灰石を微粉砕、ふるい分けした炭酸カルシウムは、通常「タンカル」と呼ばれ、アスファルト舗装用フィラーの他、排煙脱硫、飼料、中和、ガラス用などに使用されている。

「タンカル」の名称の由来は、詩人宮沢賢治である。1921年宮沢賢治は岩手県松川町の東北砕石工業の技師で、酸性土壌の改良に石灰石粉の普及に努めていた。この石灰石粉を炭酸カルシウムと改め、略して「タンカル」と命名したとされている。

1950年日本道路協会が「アスファルト舗装要綱」を作成し、1955年頃から道路整備計画の拡大につれ、アスファルト舗装用にタンカルの需要が逐年増加した。舗装要綱では、フィラーには石灰岩やその他の岩石を粉砕した石粉、消石灰、セメント、回収ダスト及びフライアッシュなどを用いるとされているが、石灰岩を工業用に精選した石灰石を粉砕した石粉、つまりタンカルが最も多く用いられている。これは石灰岩が広く、我が国全域に分布し、全国各地の石灰メーカーはJIS A5008舗装用石灰石粉をベースに、良質でしかも安価にタンカルを供給できることによるものである。

2. 1. 1 はく離対策

1965年頃、九州地方の国道で、アスファルト混合物の剥離現象による舗装の顕著な破壊事例が報告された。アスファルト混合物の剥離現象には主として骨材、アスファルトなどの材料の性質や温度、水分、交通荷重などの環境条件が影響するとされ、建設省は昭和46年度、47年度と全国的な規模で調査を行った。はく離の

発生状況では、はく離が認められない箇所は全体の16.3%に過ぎず、なかでも、アスファルト混合物としての機能をほとんど失っていると評価された箇所は17.1%に及び、以下のはく離防止対策が示され、現在も舗装要綱等に盛り込まれている。また、近年でも、橋面舗装などではく離防止対策の検討がされている^{5), 6)}。

(1) 材 料

①フィラーの一部に消石灰やセメントを用いる。

②はく離防止剤を用いる。

③針入度の小さいアスファルトや改質アスファルトを用いる。

(2) アスファルトの配合はできるだけ水密性に富む配合とする。

(3) 遮水工法

特に、タンカルの一部を消石灰で置き換えた材料は、消石灰混合フィラーと呼ばれ、ロットにもよるがタンカル製造工場でのプレミックス出荷が可能で、合材プラントでの投入操作や混合時の均一性確保等の煩雑さも解消されている。

2.1.2 出荷と品質

(1) 出荷量

アスファルト舗装用フィラーをはじめ、排煙脱硫、飼料、中和などのタンカルは石灰石鉱業協会が出荷統計をまとめている。その内、アスファルト舗装用フィラーは道路用タンカルとして分類され、出荷量は表-2に示す。しばらくの間200万トン台を維持していたが、ここ数年は減少傾向で1998年は186万トンと200万トンを割り込んだ⁷⁾。

一方、はく離防止用の消石灰混合フィラーは僅かながら出荷増の傾向にあり、1999年は初めて3万トンに達する見込みである（日本石灰協会調べ）。

(2) 品 質

アスファルトはゴム、樹脂入り、セミブローン、高粘度改質、そして付着性改善アスファルトなど、様々なニーズに対応しながら発展してきているが、アスファルト舗装用フィラーはアスファルト舗装要綱並びにJISA5008舗装用石灰石粉等に規定される通りで、基本的には変わっていない。

2.1.3 今後の動向

(1) 出荷量と品質について

今後の道路建設、補修の状況からすれば、公共工事の削減、道路舗装工法の変化等により、フィラーの出荷量は更に減少傾向にある。

フィラーの品質は、大量に安定生産されているタン

表-2 道路用タンカル出荷量

(単位：千トン)

	道路用タンカル出荷量
1969年	1,376.5 (67)
1970年	1,654.5 (66)
1971年	2,068.9 (68)
1972年	2,345.0 (67)
1973年	2,520.9 (64)
1974年	2,248.7 (64)
1975年	1,906.9 (55)
1976年	2,047.2 (50)
1977年	2,419.9 (48)
1978年	2,679.6 (50)
1979年	2,576.0 (47)
1980年	2,428.6 (46)
1981年	2,331.4 (46)
1982年	2,179.3 (44)
1983年	2,127.4 (42)
1984年	2,269.6 (43)
1985年	2,189.4 (42)
1986年	2,324.3 (43)
1987年	2,503.1 (44)
1988年	2,441.6 (43)
1989年	2,426.3 (42)
1990年	2,415.9 (40)
1991年	2,332.5 (40)
1992年	2,443.1 (41)
1993年	2,325.1 (40)
1994年	2,218.5 (38)
1995年	2,127.5 (37)
1996年	2,183 (38)
1997年	2,086 (37)
1998年	1,862 (35)

* (%)は全タンカル出荷量に対する比率 石灰石鉱業協会調べ

カル、消石灰、セメント等には大きな変化はないが、回収ダスト、フライアッシュ、焼却灰など副産物の場合には性状の変化が避けられず、これら副産物の採用には今後とも安全性、品質、施工性等の十分な確認が必要になる。

(2) 最近の話題：消石灰について

アメリカ石灰協会（NLA）はSHRP他が行ったアーバン大学（Auburn Univ.）のタラー博士（Dr Tarrer）の研究結果を紹介している。この研究は、数年にわたって行われ、消石灰がアスファルト舗装にとって非常に有効な耐はく離性添加剤（ASA：Anti-Strip Additives）であり、評価試験を行ったすべての液体ASA、乾燥ASAと比べて卓越した性能を有していることを実証している。

その研究によれば、消石灰はアスファルト及び骨材

とすぐ（15～30分）に反応し、水分によって影響されない化学的に強力な結合を形成し、どんなpHレベルでも、はく離を防ぎ、現場での舗装性能を確かなものにする。現場の調査では、長時間水分にさらされると骨材周囲の水のpHは高くなっていくことが判明した。そして、図-1に示す通り、液体ASAは効果的な表面活性剤であるが、水溶性で洗い流されやすい、一方消石灰は表面化学特性により水分の影響を受けない不溶性化合物を形成するので、最良のASAであると結論付けている。またSHRPの求めにより、骨材のはく離可能性を評価するための新しい試験方法として化学結合応力試験（Chemical Bond Stress Test：修正版ロットマン試験）を開発した。通常のロットマン試験に加えて行い、アスファルト合材の物理結合強度と化学結合強度の両方を測定することができ、様々なASAの性能をより正確に評価できるようになったとしている⁸⁾。

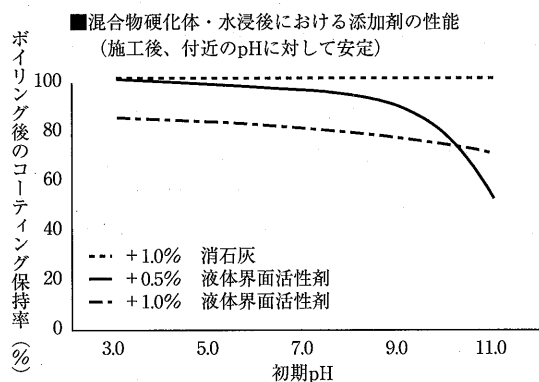


図-1 SHRP計画研究結果（資料：NLA）

日本石灰協会では今後、公的機関や業界と共に、このSHRP他の研究データを元に、消石灰の有効性を再確認し、我が国における排水性舗装や低騒音性舗装などの高機能性舗装への適用も模索して、消石灰混合フィラーの普及を図ることとしている。

参考文献

- 1) 日本石灰協会石灰安定処理委員会編：石灰による路床路盤の安定処理工法，理工評論出版，1985，P1.
- 2) 財先端建設技術センター：建設汚泥リサイクル指針，(株)大成出版社，2000年，P168.
- 3) International Lime Association：第9回国際石灰大会論文集，1998年，P119.
- 4) 石灰石鉱業協会：石灰石の用途と特性，石灰石鉱業協会，1986年，P84.
- 5) 建設省，総理府：アスファルト混合物のはく離現象に関する調査研究（Ⅰ），第25回建設省技術研究発表会資料，昭和46年度，P283.
- 6) 南雲貞夫，秋吉成美，谷本誠一，高木 勇：アスファルト混合物のはく離とその防止対策（その2），土木技術資料15-10，1973年，P16.
- 7) 石灰石鉱業協会：50年のあゆみ，石灰石鉱業協会，1996年.
- 8) National Lime Association：Performance Characteristics of Anti-Strip Additives in Hot Mix Asphalt Pavements（日本石灰協会所蔵VTR）

道路用鉄鋼スラグの需給と品質

(Supply, demand and quality of iron and steel slag for road construction)

末次純二*

鉄鋼スラグは鉄鋼の生産に伴って生成する副産物である。スラグは道路用材料としては古くから、製鉄所の周辺では利用されてきたが、道路用スラグとして昭和53年のアスファルト舗装要綱への記載以来、有用な道路用材料として、その優れた特性が注目されてきた。

鉄鋼スラグ路盤材は自然環境や天然資源の保全の観点だけではなく、エージング処理（大気暴露）による品質の安定化技術の開発など環境面での配慮もなされてきた。今後は再生路盤材との共存など、新たな取り組みも求められている。

1. はじめに

鉄鋼スラグは鉄を製造する際に生成する副産物であり、平成10年度は3,450万トン生成している。

鉄鋼スラグは路盤材のほかセメント原料や土木建築用材など、多様な用途に使用されているが、本誌では主に路盤材を中心として紹介したい。

2. 鉄鋼スラグの道路用材への規格化の経緯

道路用スラグについては鉄鋼スラグ協会が主体となり、試験舗装など公認化活動や普及PRに取り組んできた。鉄鋼スラグのうち高炉スラグについては、昭和51年に「高炉スラグ碎石路盤設計施工指針（案）」が制定され、昭和53年にアスファルト舗装要綱に品質および等値換算係数が記載された。また昭和54年にJIS A 5015「道路用スラグ」として制定された¹⁾。

製鋼スラグは昭和50年代半ばより本格的に道路用材としての各種研究がなされ、まず加熱アスファルト混合物用として昭和57年に「製鋼スラグを用いたアスファルト舗装設計施工指針」が制定された。路盤材では昭和60年に「製鋼スラグ路盤設計施工指針」が制定され、平成4年にはJISが製鋼スラグを含めて「道路用鉄鋼スラグ」として改正され現在に至っている。

3. 道路用スラグの需給の推移

平成10年度の道路用の販売量は約660万トンであり、鉄鋼スラグに占める割合は19%となっている。昭和54

年の販売実績は1,200万トンに上り、構成比も30%程度を占めていたが、セメント原料の需要増加に伴い年々減少し、昭和57年には1,000万トンを割り込んだ。（図-1）

更に、ここ数年は再生路盤材の台頭もあり、鉄鋼スラグ全体ではやや減少傾向にある。

一方、製鋼スラグは平成4年のJIS改正時に、新たに道路用鉄鋼スラグに含まれたこともあり増加傾向にある。

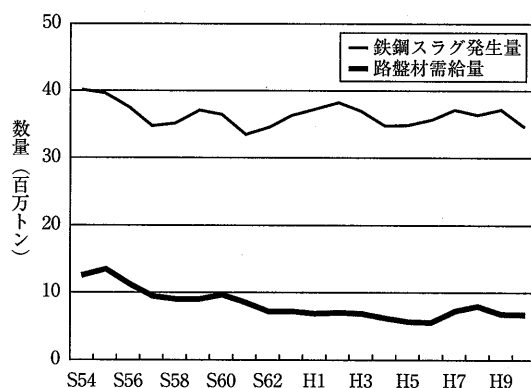


図-1 鉄鋼スラグ生成量と路盤材の需給量推移

4. 鉄鋼スラグの種類

高炉（溶鉱炉）で銑鉄を製造する際に生成する高炉スラグと、銑鉄や鉄スクラップを原料にして、転炉ま

*すえつぐ じゅんじ 鉄鋼スラグ協会技術委員会道路ワーキンググループリーダー

たは電気炉で鋼に精錬する際に生成する製鋼スラグがある²⁾。路盤材に用いられる鉄鋼スラグは以下のとおりである。

4.1 高炉スラグ

高炉で発生するスラグで、鉄鉱石の鉄以外の成分と、副原料の石灰石やコークス中の灰分がスラグとなって、比重差で銑鉄と分離される。高炉スラグは冷却の方法により徐冷スラグと水砕スラグに分けられる。

4.1.1 高炉徐冷スラグ

1,400～1,500度の溶融状態のスラグを冷却ヤードに流し、自然放冷と適度の散水により徐冷却すると岩石状になる。碎石と同様に破碎整粒して路盤材やコンクリート用粗骨材などとして使用される。

4.1.2 高炉水砕スラグ

溶融スラグに大量の加圧水を噴射して、急激に常温付近まで冷却するとガラス質（非晶質）の砂状となる。路盤材の強度補強材のほか、高炉セメント原料や肥料原料、土工用などに使用される。

4.2 製鋼スラグ

銑鉄や鉄スクラップを鋼に精錬する際に生成するスラグで、上記原料中の不要な成分と生石灰などの副原料が結合してスラグを生成する。発生する炉により転炉スラグまたは電気炉スラグがある。

路盤材のほか、セメント原料や肥料原料、土工用などに使用される。

5. 鉄鋼スラグの成分

一般にスラグは石灰CaOおよびシリカSiO₂の2成分を主としており、他の成分も地球上の地殻や普通の岩石を構成しているものに限られる¹⁾。化学組成は堆積岩やセメントに類似している。また、鉄鋼スラグは「土壤環境基準」はクリアしている。

道路用鉄鋼スラグは水と接触すると微量の石灰、シリカやアルミナ分が溶け出し、スラグの表面に緻密な水和生成物を形成する。これがスラグの粒子をつなぐ結合材となって、凝結硬化する潜在水硬性がある。スラグ路盤材はこの性質により、施工後長期間にわたり路盤の支持力が増大する。

6. 道路用スラグの製造

6.1 製造工程

鉄鋼スラグは溶融状態で炉から排出され、冷却ヤードで空冷と散水の組み合わせにより冷却される。このようなスラグは徐冷スラグと呼ばれ、一般に硬質緻密

表-1 鉄鋼スラグの化学組成例

(単位: %)

種類 成分	高炉スラグ	製鋼スラグ	ポルトランドセメント	安山岩
CaO	42.0	44.3	64.2	5.8
SiO ₂	33.8	13.8	22.0	59.6
Al ₂ O ₃	14.4	1.5	5.5	17.3
T-Fe	0.3	17.5	3.0	3.1
MgO	6.7	6.4	1.5	2.8
MnO	0.3	5.3	—	0.2
S	0.84	0.07	2.0	—

な結晶質となる。この後、通常の碎石と同様に、破碎・篩い分け工程にかけられ、品質規格に応じた粒度に調整される。

スラグは製造上金属鉄の混入があるので、上記工程の途中で磁選機を設置し、金属鉄を回収している。また、後述するエージング処理が施され、より安定した品質の道路用材料が製造される。

6.2 エージング

6.2.1 高炉スラグのエージング

製造直後の高炉徐冷スラグは、スラグ中にわずかに含まれる硫黄の酸化過程で黄濁水や硫化水素臭を発生することがある。この対策として、あらかじめ硫黄分を安定化させるため、製造工場ではエージング処理（ヤード積みによる大気暴露）を3ヶ月以上実施し、呈色判定試験で硫黄分の安定化が完了したことを確認して出荷している。

6.2.2 製鋼スラグのエージング

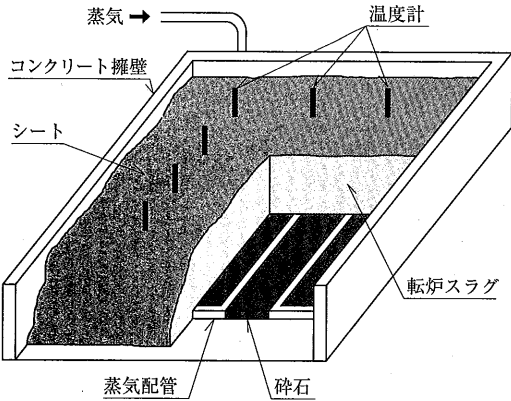
転炉や電気炉等で銑鉄や鉄スクラップを鋼に精錬する際に、副原料として添加された生石灰の一部は未反応のままスラグ中に残存し（未さい化石灰）、水と反応してスラグを膨脹崩壊させることがある。このため、従来は殆ど道路用材として使用されていなかった。これは大気暴露による通常エージングによって安定化させることが出来る。

製鋼スラグを路盤材として用いる場合、6ヶ月以上の通常エージングをした後、製品の規格は水浸膨脹比が1.5%以下とされている。

最新技術では、高温蒸気を吹き込むことにより95～100℃の雰囲気下でスラグを保持し、遊離石灰の水和反応を促進させることによりエージング期間が1～5日と、大気暴露法に比べ画期的に短縮される促進（蒸気）エージング方法が開発され、実用化されている³⁾。

この促進エージング法は、通常エージングに比べ、エージング敷地が大幅に縮小できるのに加え、エージ

ング後の膨張比がより低減され、安定化できる様になった。



図－２ 蒸気エージング設備の概念図

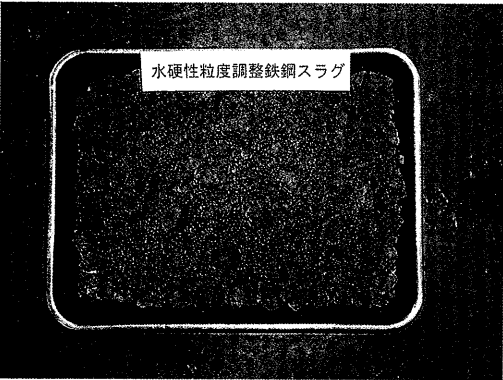
7. 道路用鉄鋼スラグの品質

粒度調整鉄鋼スラグ（上層路盤用MS-25）やクラッシャーラン鉄鋼スラグ（下層路盤用CS-40）はそれぞれ砕石のM-30やC-40と、粒度範囲や等値換算係数などは同様の規格となっている。

水硬性粒度調整スラグ（HMS-25）は粒度範囲の設定が厳しく、他のスラグとの複合化などにより強度補強をするなどして製造が管理されている。等値換算係数は0.55と、MS-25やM-30の0.35に比べて高く評価されており、より薄い施工厚で耐久性のある路盤を施工できる。（表－2）

また、加熱アスファルト混合物に用いられる製鋼スラグは砕石に比べ硬質緻密で、耐磨耗性に優れている。加熱アスファルト混合物用スラグ骨材の主な規格は表－4のとおりである。

鉄鋼スラグ路盤材を使用する上での留意点としては、



写真－１ 水硬性粒度調整スラグ（HMS-25）

表－２ 鉄鋼スラグ路盤材の等値換算係数（アスファルト舗装要綱）

使用位置	名 称	等値換算係数
上層路盤	水硬性粒度調整スラグ (HMS-25)	0.55
	粒度調整スラグ (MS-25)	0.35
下層路盤	クラッシャーランスラグ (CS-20, 30, 40)	0.25

表－３ 鉄鋼スラグ路盤材の主な規格（JIS A 5015）

呼び名	呈色判定	水浸膨張比（％）	単位容積質量（kg/ℓ）	一軸圧縮強度（N/mm ² ）	修正CBR（％）
HMS-25	なし	1.5以下	1.5以上	1.2以上	80以上
MS-25	なし	1.5以下	1.5以上	—	80以上
CS-20 -30 -40	なし	1.5以下	—	—	30以上

表－４ 加熱アスファルト混合物用および瀝青安定処理用スラグ骨材の主な規格（JIS A 5015）

呼び名	水浸膨張比（％）	表乾比重	吸水率（％）	すりへり減量（％）
SS-20 -13 -5	2.0以下	2.45以上	3.0以下	30以下
CSS-30 -20	2.0以下	—	—	50以下

スラグからの溶出水はアルカリ性を呈する。しかしながら、通常の使用においては、土壤中を通過することで石灰分が土に吸着されるため、周辺に影響を与えることはほとんどない。しかし、河川、湖沼等に直接溶出水が流入する可能性がある場合には、覆土する等の配慮が必要である。

8. 最近の課題と対応

近年、建設廃材を原料とするリサイクル再生路盤材の増加に伴い、スラグ路盤材も需要量が減少するなど少なからず影響を受けている。しかし、これら再生材料と単に対抗するのではなく、共存を目指す新たな動きとして、廃コンクリート等に鉄鋼スラグを混合し、強度や粒度の改善を行って、再生複合路盤材として出荷するなど、再生路盤材との共存の道を探る動きも出てきている。

また、環境負荷の低減の方策として、近い将来、発生の増加が予想されるゴミ溶融スラグの取り込みなど、スラグ路盤材の優れた特性を生かした複合化技術開発が求められてこよう。

鉄鋼スラグの特性を生かした使用方法では、前述の水砕スラグには軽量性や高い支持力などの優れた特徴があり、路床改良の置き換え材料や土工用に用いると、工期短縮やコスト縮減が可能となる。また液状化防止にも効果があり、各種工事のマニュアル化が進められている。

なお道路用ではないが、水砕スラグを原料として使

用する高炉セメントは、省エネルギーやCO₂の抑制効果が高い。

9. おわりに

近年、道路工事量の減少や再生路盤材の増加などにより、道路用鉄鋼スラグも出荷減の一途を辿っている。

しかし、鉄鋼スラグもリサイクル材の一つであり、資源循環型社会の構築に寄与する有効な用途への開発普及を通じて、天然資源の保護と、より一層の品質強化とともに、ユーザーの技術的要請に応じていく必要がある。

参考文献

1) 鉄鋼スラグ協会：スラグニュース20周年記念特集

2) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグの特性と有用性

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 施工個所と舗装構成
2.3 わだち掘れ (Rutting)	5.4 追跡調査の方法
3. セミブローンアスファルトの開発	5.5 使用アスファルトの性状
3.1 概 説	5.6 アスファルト混合物の性状
3.2 市販ストレートアスファルトの60℃粘度調査	5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状
3.3 製造方法の比較	5.8 第3次試験舗装の供用性
3.4 セミブローンアスファルトの試作	5.9 アンケート調査
3.5 試作アスファルトの特徴	5.10 試験舗装のまとめ
3.6 60℃粘度と他の物理性状の関係	6. む す び
3.7 薄膜加熱による性状変化	資 料
4. セミブローンアスファルトを用いた混合物の性状	1. セミブローンアスファルトの規格 (案)
4.1 概 説	2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法
4.2 マーシャル安定度試験	2.2 60℃粘度試験の共通試験
4.3 ホイールトラッキング試験	3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準

瀝青材料 (Bituminous Material)

ストレートアスファルト

(Straight asphalt)

長谷川 宏*

舗装用アスファルトを中心に需給、製造方法・品質、規格の変遷、今後の動向について述べた。今後需要は300万トン程度まで落ち込み、原油は多様化するものの品質は当分の間変動はない事、今後SHRP規格を導入する場合には経済性を考慮した区分設定が必要な事を述べ、またアスファルトの品質を飛躍的に改良することは経済性の点で困難であるため、添加剤などによる性能向上と混合物の配合設計方法を見直すべきことを述べた。

1. はじめに

石油アスファルト（以下、アスファルトという。）の用途は、道路舗装用、燃料、工業用、防水用、水利構造物用など様々であるが、そのうち道路舗装用は平成10年度の内需は69.2%を占め最も多く使用されている¹⁾。

アスファルトは、原油から精製処理して製造されるため戦後日本のエネルギー消費の急成長に伴う処理原油の輸入先、原油種など様々な変化をしてきた経緯があり、また精製技術の進歩および要求性能の変化に応じてその性状も変化してきた。

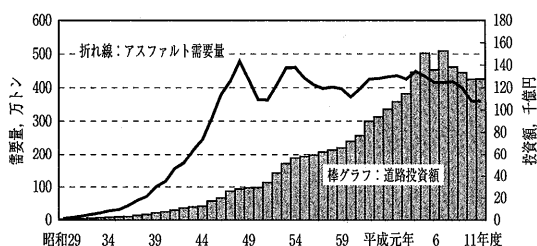
ここでは、道路用のアスファルトを中心に需給、製造方法、品質の変遷、SHRPおよび流通の問題など今後の課題に向けて幅広い話題に触れてみたい。

2. 需要と供給の推移および今後の動向

2.1 需要の推移と今後の動向

アスファルトの需要²⁾は、道路舗装用が大部分なため、経済復興期とか高度経済成長期などには需要が急増し、その逆に政府の総需要抑制策や景気の停滞などでは需要が減少するといった変化を辿ってきた。図-1に示すように、戦後の道路整備、舗装率の向上に伴って需要は急増し昭和48年度には478万トンと史上最高を記録したが、昭和48年の第四次中東戦争、昭和55年のイラン・イラク戦争による原油高騰などによる公共事業抑制策によって需要が減少し、昭和60年度には373万トンにまで落ち込んだ。その後バブル景気で需

要を伸ばし平成4年度には449万トンにまで回復した。バブル崩壊後は道路投資額の減少³⁾や、図-2に示すように再生合材の急増⁴⁾による影響で需要が減少し続け平成11年度には360万トンまで減少した。



注1. 道路事業のうち一般、有料は8年度まで最終実施計画、9年度以降は当初予算。
地方単独は7年度まで決算、8年度以降は見込み額。
注2. 本四公団は道路分のみ。

図-1 道路用アスファルトの需要と道路投資額の推移

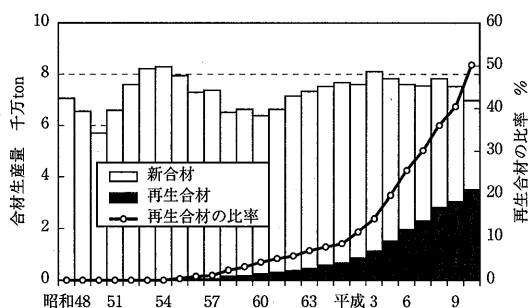


図-2 アスファルト合材の生産量

*はせがわ ひろし 日石三菱㈱技術開発部 (㈱日本アスファルト協会技術委員長)

表－１に道路用アスファルトの需要量と今後の推定値^{５)}を示す。新道路整備五箇年計画が終了する平成14年度には舗装発生材のリサイクル率が100%に達しているとして試算すると、平成15年度以降再生合材使用によるアスファルト需要の減少量は87万トン／年に達し、そのためアスファルトの需要量は300万トン程度にまで落ち込むと推定され、その割合は約22%になる。また、マイクロサーフェーシング工法などの維持修繕の増加や、平成13年度以降道路関係予算が大幅に削減されるといわれており、アスファルトの需要はさらに落ち込むことも予想される。

2.2 アスファルトの需要拡大対策

日本アスファルト協会では、アスファルトの需要対策の1つとしてヨーロッパで実用化が始まっている廃棄物最終処分場のしゃ水壁への適用およびアメリカ・ドイツで行われている鉄道道床へのアスファルト舗装の適用について、平成7年度に資源エネルギー庁の委託を受けて調査を行った^{６)}。

報告書によると、最終処分場はアスファルトを利用したしゃ水壁を設置することが現在問題となっている廃棄物処分場からの環境や水質汚染などの改善に十分役立つとしている。現段階でわが国にはその施工の手引書がないため、設計・施工のマニュアルを作成し^{７)}アスファルトによるしゃ水技術の普及を図っている。

さらに、運輸省では、鉄道の軌道保守労働力の不足や列車タイヤの過密化による軌道保守時間の短縮などから、比較的安価で軌道保守量が少なくて済む省力化軌道を採用できるよう、平成11年11月に「鉄道構造物等設計標準（省力化軌道用土構造物）」として鉄道事業者等に周知したが、この中で当協会が委託調査によって研究した「アスファルト鉄道直結軌道」の成果が反映されており、今後の需要増が期待される。

3. 舗装用アスファルトの品質の変遷

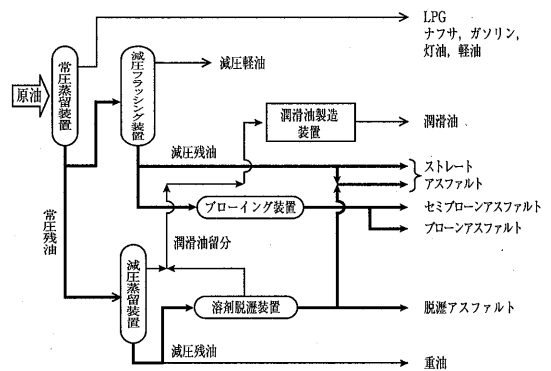
アスファルトの品質を考えると、精製技術、製造される原油の種類・組成あるいは規格が大きな要因となる。

ここでは、製造方法、輸入原油の種類とその構成および規格と性状の変遷について記述する。

3.1 アスファルトの製造方法

アスファルトは、基本的には原油を蒸留して製造され、昭和32年頃以前は回分式蒸留法であったが現在では連続式が行われている。

アスファルトを製造方法で分類すると、蒸留法によるストレートアスファルト、空気酸化法によるブローンアスファルト、沈殿分離法による溶剤脱瀝アスファルトの3種類に大別され、これら単独であるいは混合されて製造される。溶剤脱瀝アスファルトは潤滑油基油の製造に溶剤脱瀝法が導入されはじめた昭和43年頃から適用され始めた製造方式である。原油からこれらアスファルトまでの生産工程の例を図－3に示す。



図－3 アスファルトの生産工程（例）

表－１ 再生合材使用による道路用アスファルトの需要減少量の推移と推定値

道路整備計画	第8次	第9次	第10次	第11次	新五箇年	新五箇年 2次	新五箇年 3次
	昭和53～57	58～62	63～平成4	平成5～9	平成10～14	平成15～19	平成20～24
①アスファルト 需要量* ¹ 千トン/年	4,302	3,984	4,392	4,086	3,379	3,016	3,055
②再生合材使用による 減少量* ² 千トン/年	6.4	46.8	123	377	716	870	870
②÷(①+②)×100 %	0.15	1.2	2.7	8.4	18	22	22

* 1 道路用アスファルト：(株)日本アスファルト協会資料（平成10年度まで実績、11年以降協会の資料を基に筆者が推定）

* 2 (株)日本アスファルト合材協会の統計資料を基に、再生合材使用によって減少したと推定される道路用アスファルト量。

一般に、250～350℃に加熱した原油を常圧蒸留装置に張り込み、ガソリン、灯・軽油などの低沸点成分を留出させ、塔底部に常圧残油を得る。常圧残油はさらに加熱されて減圧フラッシング装置に送られ減圧残油を得る。減圧残油は、ストレートアスファルトや重油基材となる。減圧フラッシング装置に張り込む常圧残油の温度をコントロールする事により目的の針入度のストレートアスファルトが得られる。また、ブローイング装置に送られブローンアスファルトやセミブローンアスファルトが造られる。

一方、常圧残油は減圧蒸留装置に送られ潤滑油留分を留出し塔底部からは減圧残油を得る。この減圧残油は溶剤脱瀝装置に送られ、プロパンなどの炭化水素で抽出し潤滑油の基材を得ると共に溶剤不溶分として脱瀝アスファルトが得られる。

ストレートアスファルトは、減圧フラッシング装置で所定の針入度グレードを直接製造する場合と、高針入度の減圧残油と低針入度の脱瀝アスファルトを混合して数種の針入度グレードのアスファルトを製造する場合とがある。また、規模が大きく複数の減圧フラッシング装置がある製油所では針入度グレードが異なるアスファルトを製造しそれを混合して所定の針入度グレードのアスファルトを製造することもある。

小規模製油所に多い減圧フラッシング装置で直接に所定針入度のアスファルトを製造する方式は昨今の製油所の統廃合によって減少しつつあり、いわゆるブレンド方式によるアスファルトの割合が今後も次第に増加するものと思われる。

3.2 アスファルト品質の変遷

アスファルトの性状がその製造法に依存することは否定できないが、基本的に蒸留法で製造する限り原料が同じであれば組成には大差がない。実際にアスファルトの品質を大きく支配するのは原料としての原油油種の寄与が大きく、品質を考える場合輸入原油油種の変遷を抜きにする事はできない。

3.2.1 輸入原油油種の変遷

図-4に戦後から現在に至るわが国の輸入原油構成比の推移を示す⁸⁾。平成10年度のわが国の原油総輸入量は2億5427万 kl で中東系原油は85.2%にまで達している。アスファルトの製造量は520万トンで約2.0%に当たる。

戦後の一時期北米の原油が輸入されアスファルトが製造されていたが昭和35年頃を境に輸入は途絶え、その後昭和40年頃まではクウェート中心、その後はカフジ、

アラビアンヘビー、イラニアンヘビー等が中心に用いられ、最近では、カフジ、アラビアンヘビー、アラビアンミディアム、クウェート、アッパーザクム、イラニアンヘビー、アラビアンライト、その他中東系原油の順に使用されており原油種は次第に多様化してきている。今後もこの傾向は当然変わる事はないであろう。

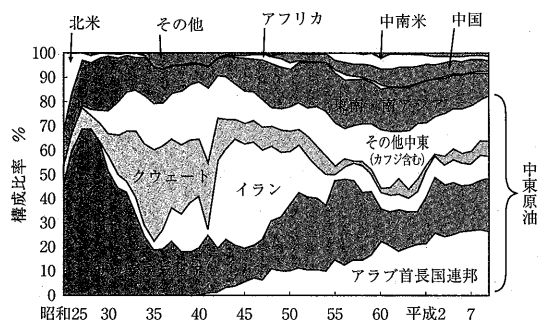


図-4 我が国輸入原油構成比率の推移

3.3 性状の変遷

戦後使用されてきた主な原油系のアスファルト性状⁹⁾を表-2に示す。ナフテンベースのサンノークンと中間基の中東系では、針入度指数、伸度、動粘度、アスファルテン分の相違が大きく、ナフテンベースから中東系に切り替わった当時は需要家が戸惑いを感じたことと思われる。その後、詳しい性状の変化をまとめたものは暫くの間見当たらないが、(社)日本アスファルト協会は昭和48年から市販アスファルトの性状調査を毎年実施している。その結果の一部を図-5に示す。昭和48年から52年頃までの間は性状の変動が大きく、品質のばらつきが大きかった事がうかがえる。これは第1次石油危機による影響があったものと推定される。それ以降は性状の変化はほとんどなく今日に至っている。

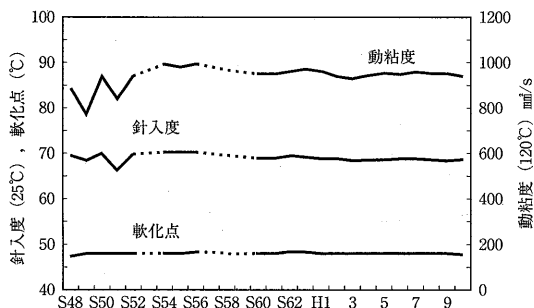


図-5 ストレートアスファルト60～80の性状変化

表-2 原油の違いとアスファルトの性状 (参考文献⁹⁾の抜粋)

原油種	サンノーキン	カフジ	クウェート	イランヘビー
針入度 (25℃)	74	71	80	78
軟化点	44.0	48.5	46.0	46.0
針入度指数	-1.7	-0.8	-1.2	-1.3
伸 度 (10℃)	100 ⁺	25~39	100 ⁺	30~49
(5℃)	0.5 ⁻	6.5~7.2	8.6~10.2	5.8~6.6
動粘度 (100℃) ml/s	1,250	3,700	2,700	1,800
組成 (アスファルテン) %	13.9	23.9	19.8	19.8

3.4 アスファルト規格の変遷

3.4.1 現在に至る変遷

わが国アスファルト規格の変遷については本誌に詳しく紹介されている¹⁰⁾。それによると、石油アスファルトの規格として最も古いものは大正11年(1922)に創立された東京市道路局試験所の材料購買仕様書の規格のようである。昭和7年(1932)になって日本標準規格(JIS)第173号K27が国の定めた最初の規格として制定された。

戦後になって、昭和31年(1956)日本工業規格(JIS)K2207石油アスファルトが制定された。一方日本道路協会は、昭和25(1950)にアスファルト舗装要綱を発行し、アメリカのAsphalt Instituteの規格を紹介している。その後、昭和32年(1957)舗装用ストレートアスファルトの品質を規定した日本道路協会規格を制定した。この昭和32年規格では、針入度級の他5, 10, 15, 25℃における伸度によりA, B, C型に分類された。これは、戦後北米原油以外にサウジアラビアなど原油が多様化し、針入度が同一であってもその他の性質、ことに、アスファルト混合物の性質がいろいろと違っている事に対する施工現場での理解が十分になされていなかった事に依るもので、トラブルを避ける目的でA, B, Cに区分して使い分けられた¹¹⁾。

JISおよび日本道路協会規格は、その後の石油事情の変化や品質の向上によりそれぞれ数次改正され、昭和55年(1980)にはJISと日本道路協会規格とが整合された。

3.4.2 これからの規格動向

米国の「新道路研究計画(SHRP)」では、舗装の供用性に基づいた新しいアスファルトバインダの規格およびアスファルト混合物の配合設計方法が開発され、その成果はSuperpaveと名付けられた。現在ではバインダ規格については全米の3/4の州が既に導入しておりFHWAは2000年に全米への導入終了を目標としている¹²⁾。

日本アスファルト協会では、SHRPのSuperpaveをわが国のアスファルトの品質規格として導入すべきかどうかの検討を進めるため調査を行った¹²⁾。その結果、「Superpaveのアスファルト規格におけるPG分類は、日本の現状から総合的に判断するとメリットは少ない。しかし、試験方法は非常に合理的であり、当面PAV試験が検討事項として挙げられ、その他の試験についても試験研究の継続とデータの蓄積を図っていく事が重要である。」としている。

図-6に国内のアスファルトをSHRP規格のPGで示す¹³⁾。現行のアスファルト60~80はほとんどがPG64-22に該当し一部がPG58-22であり、アスファルト40~60についてもPG64-22に該当し一部がPG64-16となる。このように狭い範囲のグレードに集中しており、日本にSHRPを導入するとしても、アスファルトの銘柄数は増えない事が予想されるが、現在の流通・経済性等を考慮して、極力銘柄数を増やさない方向で且つ日本の交通事情・気候を考慮したPG区分を築くことが極めて重要な事と思われる。

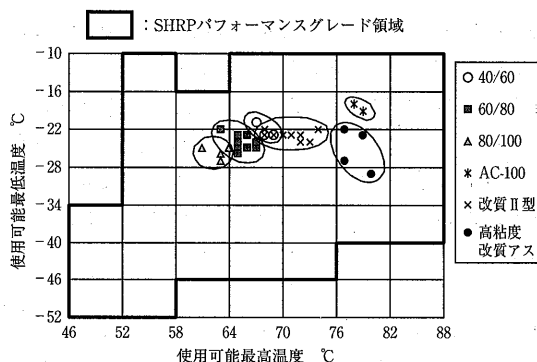


図-6 国内アスファルトのSHRP試験結果

4. 今後の課題

4.1 需要の季節変動と供給体制

アスファルトは本来季節商品ではないが、図-7に

示す¹⁴⁾ように需要の季節変動が極めて大きい。需要最大月のアスファルト輸送用ローリー回転数は年平均の約2倍といわれており、ローリーの容量は10トン車が大半を占める現状においては、効率が悪く採算性の悪化・コストアップの要因となっている。

公共工事のコスト縮減策が実施されている昨今、道路工事発注の大半を占める地方自治体において、アスファルトの需要量を平準化するための道路工事の仕組みを構築し工事発注時期の見直しを行う事が必要と思われる。

また、ローリーを大型化し効率アップ・コスト縮減を図るために、合材工場の出入口の改善、受け入れタンクの容量の増加等の改善をしていくことが必要であろう。

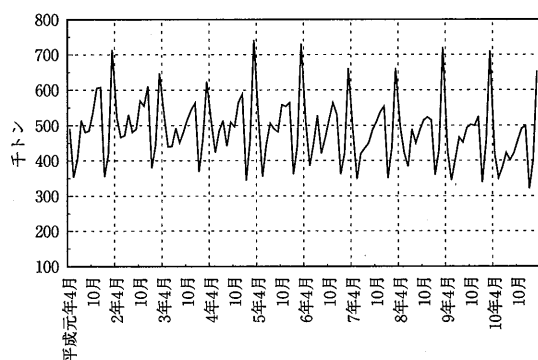


図-7 アスファルトの国内需要月別推移

4.2 改質アスファルトの原料

道路用ストレートアスファルトの需要が減少する一方、改質アスファルトの需要は急増し平成10年度には29.3万トンに達し道路用ストレートアスファルトに対する比率は8.1%になっている。改質アスファルトのうち高粘度改質アスファルトは改質材の添加量が多くその分散性がベースアスファルトの性状に大きく左右されるため、アスファルト製造において改質アスファルトのベースとなることも考慮した品質管理が必要である。

4.3 今後のアスファルト材料の新たな方向性

SHRP規格や性能発注あるいは道路に対する高機能が要求されるようになった昨今、アスファルトに対して耐流動性、ひび割れ抵抗性、骨材剥離抵抗性など要求性能がますます厳しくなっている。アスファルトの品質は戦後一貫して向上してきたと確信しているが、オールマイティーなアスファルトは未だ開発され

ていないし、またそのようなものは経済性の点で無理があると思われる。基本的には、現在のアスファルトの特徴を生かした選択的な利用研究が必要だと思われる。

アスファルトの供給側から考えると、対原油で2%程度のアスファルトに対して多額の研究投資と生産原価を投入して品質改良するというのは、現在の価格体系の中で考えると極めて非効率となる。最近の石油産業の厳しい環境下においては、製品のひとつひとつが商業ベースに乗ったものでなければならず、品質だけを向上して価格はそのままというのは非常に難しいことである。もちろん技術的に改善する余地はまだあると思われるが、むしろ値段はあまり上がらないが品質はいまの程度であり、その中でどう使いこなしていくか、ということが今後の一つの方向性と思われる。

汎用のアスファルトでかつ品質が非常にいいというのは難しいが、現状のアスファルトでも配合設計方法や骨材配合を基本的に見直す事で、もっと耐久性のよい舗装体が造れるのではないかと。また、舗装用アスファルトは一つの素材と考えて、重交通、寒冷地、橋面あるいは低品位骨材などの限定されたあるいは特殊な用途に使用するアスファルトについては、改質アスファルトのように添加剤による物性改良をして多様なニーズにあった舗装材料をつくるが必要ではないかと。

このようなことを実現していくには、SHRPのバインダー試験や配合設計法などの新たな考え方を参考に日本の実状に合った評価方法の確立も一つの方向性と考えられる。

5. おわりに

戦後の一時期や第一次石油危機を除いて、昭和50年頃からアスファルトの品質はほぼ安定してきていると考えられる。将来とも中東系原油がわが国アスファルトの中心をなすことは間違いないが、さらに中東系といっても石油製品の需要構成に合った原油の選択、さらにはより安価な原油の選択により今後ますます原油の多様化が進むものと思われる。このような中でメーカーとしてはユーザーと十分な理解を得ながら良好な製品の安定供給と可能な限りの技術的改善による品質の向上に向けてより一層の努力を払う必要があると考えている。

一方、石油産業を取り巻く厳しい環境を考えると、需要家においても、採算性の悪い非効率的な高品質の

アスファルトの開発が極めて困難なことを理解して頂き、現状のアスファルトの物性を最大限引き出す舗装技術の向上に今後も引き続き努められることを希望してやまない。

— 参考文献 —

- 1) アスファルト誌, 42巻, 200号, 1999, P63.
- 2) アスファルト誌, 統計資料より.
- 3) 出所: 建設省.
- 4) (社)日本アスファルト合材協会, アスファルト合材統計年報, 平成10年度.
- 5) (社)日本アスファルト協会試算.
- 6) (社)日本アスファルト協会, アスファルトの鉄道道床および廃棄物処理場への適用に関する調査報告書, 平成8年3月.
- 7) (社)日本アスファルト協会, 廃棄物最終処分場アス

ファルトしゃ水工設計・施工マニュアル(案), 2000年1月.

- 8) 石油連盟: 「石油資料年報」.
- 9) 関根幸生: アスファルト誌, 26巻, 137号, 1983, p14.
- 10) 白神健児, 土居貞幸: アスファルト誌, 29巻, 148号, 1986, p3.
- 11) 岸 文夫: アスファルト誌, 3巻, 16号, 1960, p5.
- 12) (社)日本アスファルト協会: ストレートアスファルトの品質規格に関する調査報告書, 平成11年10月.
- 13) 土木研究所資料, 第3389号(1995.10).
- 14) アスファルト誌, 統計表より.
- 15) アスファルト誌, 座談会「アスファルトの品質と供給をめぐる」, 26巻, 137号, 1983, p25.

☆2000年版発行のお知らせ☆

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

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』2000年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文91ページ・実費頒価1部 800円(送料実費は申込者負担)
ハガキにてお申し込み下さい。

— 主 な 内 容 —

- アスファルト需要の推移
- 石油アスファルトの生産実績
- 石油アスファルトの需要推移
- 石油アスファルトの需要見通し
- 石油アスファルトの製造及び流通
- 石油アスファルトの生産場所及び油槽所
- 石油アスファルトの製造原油
- 石油アスファルトの品質規格
- 石油アスファルトの用途
- アスファルト合材の製造実績
- 改質アスファルトの出荷実績
- アスファルト乳剤の出荷実績

- 道路投資額とアスファルト需要
- 新道路整備5カ年計画
- 平成12年度の道路予算
- 道路特定財源の推移
- 道路の整備状況
- 石油供給計画
- 世界の石油アスファルト生産量
- 主要諸国の道路事情
- データーシート
- 日本アスファルト協会の概要
- 住 所 録
- 関連官庁・関連団体

瀝青材料 (Bituminous Material)

改質アスファルト

(Modified asphalt)

上 坂 憲 一*・北 岡 善 文**

改質アスファルトの出荷量は1999年には、年間30万トンを超えるに至り、一般材料として広く認知され、定着している。その一方で、舗装に対するニーズの多様化に伴い、現在ではさまざまな用途の改質アスファルトが開発され、従来のバインダー規格では評価が難しいことや、普及に伴う改質アスファルト舗装の再生等の課題も出てきている。

そこで、本報では、改質アスファルトの歴史、需要動向をふまえ、改質アスファルトの種類、現状の課題、そして改質アスファルトの今後について述べることにする。

1. 舗装用改質アスファルトの歴史と需要動向

(1) 舗装用改質アスファルトの歴史

日本における改質アスファルトの幕開けは、1950年代にさかのぼる。その当時は舗装の荒れ、ひびわれへの対応が主な目的で、粉末ゴム、NR粉末ゴムが使用された。

続いて1960年代に入り、混合物の飛散抵抗性、積雪寒冷地でのタイヤチェーンによる摩耗対策としてSBRラテックスやNRラテックスなどが使用された。

1960年代後半には本格的なモータリゼーションによって全国的に流動わだち掘れが発生し、より硬いアスファルトが使用されるようになったが、その結果ひび

われが発生し、靱性の改良効果のある樹脂系材料が注目されるようになった。

1970年代後半には、流動わだち掘れ、摩耗、ひびわれによる舗装の供用性低下が問題となり、本格的な研究、試験施工が行われ、改質アスファルトも一般材料として認められるようになった。

1990年頃には舗装に対する高品質化、多様化のニーズが高まり、目的・用途に応じた種々の改質アスファルトが製造されるようになり現在に至っている¹⁾。

(2) 舗装用改質アスファルトの需要動向

図-1に1968年度から1999年度までの改質アスファルトの出荷量の推移と、図-2に1999年度における地

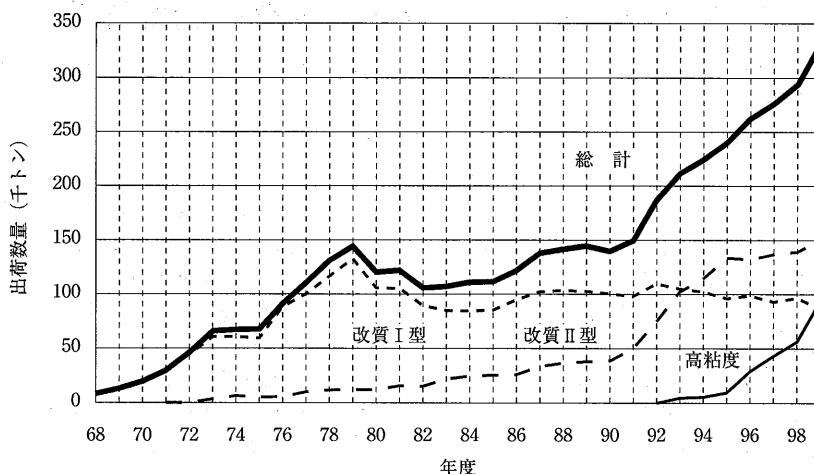


図-1 改質アスファルトの出荷量の推移

*うえさか けんいち 昭和瀝青工業㈱

**きたおか よしふみ 大林道路㈱

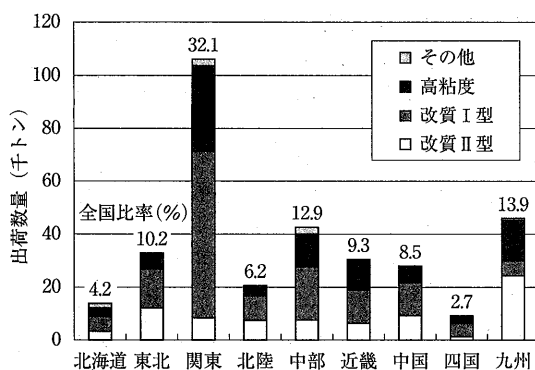


図-2 改質アスファルトの地域別出荷量(1999年度)

域別出荷量を示す。

1980年代初めに一時的に出荷量が低下したが、その後はほぼ直線的に増加している。特に1990年代に入り改質アスファルトⅡ型と高粘度改質アスファルトの増加が顕著である。舗装のわだち掘れ対策や、走行安全性や低騒音性を有する排水性舗装が普及してきていることがわかる。

地域別出荷数量をみると、関東地区が全体の30%強を占め、特に改質アスファルトⅡ型と高粘度改質アスファルトの出荷量が際だっている。続いて九州、中部、東北地区が10%を越えている。

2. 改質アスファルト、改質添加材の分類

(1) 改質アスファルトの分類

改質アスファルトをその製造方法や使用する改質添加材などで分類すると図-3のようになる。改質アスファルトは、アスファルトに改質添加材を加えて改質するゴム系、ゴム・樹脂系、樹脂系改質アスファルトと、ストレートアスファルトに高温で空気を吹き込んでつくられるセミプローン系アスファルトおよび天然アスファルトに大別される。

さらにゴム系、ゴム・樹脂系、樹脂系改質アスファ

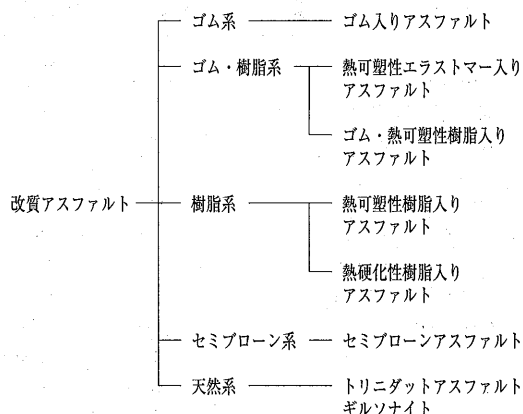


図-3 改質アスファルトの分類¹⁾

ルトでは、あらかじめストレートアスファルトに改質添加材を溶解分散させたブレックスタンプと、アスファルト混合物製造時にミキサへ改質添加材を直接投入するプラントミックスタイプとがある。

(2) 改質添加材の種類と改質効果

改質アスファルトに用いる一般的な改質添加材の種類を図-4に示す。

表-1に各種改質添加材を使用してつくられた改質アスファルトの性状の一例を示す。表より改質添加材の違いにより改質効果に違いが見られるのがわかる。実際に舗装に使用されている改質アスファルトは、これら改質添加材を単独または複数で使用し、適用目的に応じて：

- ・耐流動性の向上（軟化点の上昇、感温性の低下）
 - ・耐摩耗性の向上（タフテナの向上、脆化点の低下）
 - ・耐はく離性の向上（タフテナの向上、付着性の向上）
 - ・耐ひびわれ性の向上（伸縮性の向上、脆化点の低下）
 - ・耐すべり性の向上（粘度の上昇、タフテナの向上）
- など、アスファルトの性状を改善している。

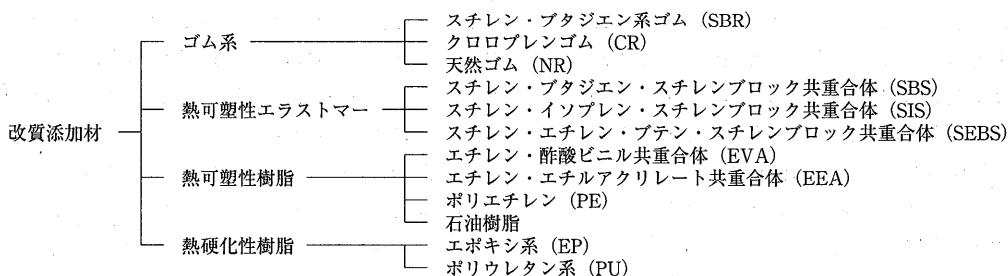


図-4 一般的な改質添加材の種類²⁾

表-1 各種改質添加材を使用した改質アスファルトの性状の一例¹⁾

試験項目	改質添加材の種類						
	ストアス	SBS	SIS	EVA	EEA	SBR	SBR (ゲル)
改質添加材の添加量 wt%	—	4.8	4.8	5	4.8	4.8	4.8
針入度 1/10mm	66	43	51	40	38	60	55
軟化点 ℃	48.0	70.0	57.0	66.5	71.0	59.0	57.5
伸度 (15℃) cm	100—	80	56	7	9	100+	100+
タフネス kgf・cm	60	212	204	53	63	87	208
テナシティ kgf・cm	21	135	146	0	0	42	149
タフテナの伸び cm		9	13	1.5	1.5		
粘度 (60℃) P	2,390	16,500	24,500	4,170	23,400	9,660	9,530
粘 度 cSt	(140℃)	350	1,200	948	1,290	779	1,860
	(160℃)	153	432	372	548	328	912
	(180℃)	72	204	163	216	153	523
薄膜加熱質量変化率 %	-0.08	-0.04	-0.06	-0.08	-0.07	-0.09	-0.09
薄膜加熱後の針入度 1/10mm	37	38	44	32	32	41	41
薄膜加熱後の針入度変化率 %	55.8	89.6	87.4	80.1	85.3	73.7	73.7

3. 改質アスファルトの課題

現在、改質アスファルトは改質Ⅰ型、改質Ⅱ型、高粘度などに区分され、それぞれに標準的性状が定められている。これに適合すればそれぞれの改質アスファルトの性能を有していると認識できるようになっている。しかし、改質アスファルトの需要が伸び、改質アスファルトに対する性能要求が高度化するとともに、品種も多くなるにつれて種々の研究が進んできており、各性状項目が舗装としての性能を十分に表しているかどうかについての疑問が生じている。また、海外でも改質アスファルトの価値が高まってきているが、改質アスファルトの性能評価方法については共通ではない。さらに、改質アスファルト混合物発生材の再生や再生混合物の改質化の技術はまだ統一された基準がないのが現状である。

(1) 改質アスファルトの評価方法の課題

① タフネス・テナシティ試験

当試験はもともとゴム入りアスファルトの評価のために考案されたもので、当時のゴム系改質材を用いた改質アスファルトには有効であった。この試験は骨材把握力の評価試験としても利用されている。しかし、改質Ⅱ型が規定の長さまで伸びないものが多い事実がある。特に高粘度改質アスファルトの場合、凝集力がヘッドとの接着力を上回り、ヘッドからはがれて伸びないという現象があり、正しく引張仕事量を表せていない³⁾。また、当試験値と排水性混合物のカンタブロ損失量との相関も明確ではないとの報告もある⁴⁾。すなわち、タフネス、テナシティ値の大小の比較は必ずしも骨材把握力の大小を正確に言い表せない。これに

代わる試験についてはバインダーの曲げ試験などが提案されているが、当試験方法自体の改良も含めてさらに検討が必要である。

② 60℃粘度

当試験は混合物の塑性流動と関連があるとされ、重要視されている。しかし、この試験はストレートアスファルトやセミブローンアスファルトに適しているものであるが、ポリマー改質アスファルトの場合は精度が低いと言われている⁵⁾。特に高粘度領域での精度が悪いため、高粘度改質アスファルトでは10万Pa・sより大きい場合は10万Pa・s以上と表記することになっている。従ってもやみに60℃粘度の大きさだけで改質アスファルトの耐流動性を比較評価することは危険であり、代替試験の検討が必要である。

③ 高温粘度

ストレートアスファルトではセイボルトフロールや毛管式粘度計で測定された粘度に基づいて混合物の混合、締固温度を求められるが、ポリマー改質アスファルトは粘度のせん断速度依存性が高いため、ストレートアスファルトと同様に測定した粘度から求めた混合、締固温度が適用できない。たいていは現行法で求めた温度よりも低い温度で混合や締固めが可能である。また、SHRPで定められている二重円筒型回転粘度計で測定しても同様の傾向である⁶⁾。従って、混合、締固温度を知る目的で粘度を測定することは意味がない。現状では混合物のマーシャル締固め度⁷⁾や現場試験施工によって決められているが、バインダー自体の性状から求めることができる試験方法の開発も重要な課題である。

④ 伸 度

もともとは品質の悪いストレートアスファルトを判別するための試験であり、改質アスファルトでは特に低温でのたわみ性やひび割れ性などの指標とされている。しかし、伸度と舗装の耐久性の関連を明確にした研究はなされていない。また、排水性混合物の場合、伸度とカンタプロ損失量との関連についても賛否両論があり、明確ではない。さらに、精度が低いことも指摘されている。従って、伸度を直接混合物の性能としての判断材料とすることには問題が多く、今後この試験の改廃検討が必要である。

⑤ SHRP関連試験

DSRについてはDSとの関連に関する研究が進んでおり、ある程度相関があり重要視されてきている。しかし、BBRやDTはSHRP試験がもともとストレートアスファルトに対する評価手法であることから改質アスファルトへの適用性についてはさらに試験条件等の研究が必要である。

⑥ ホイールトラッキング試験

現在、混合物の耐流動性評価でもっとも重要視されている試験で、現場のわだち掘れ量との相関も比較的高く、わだち掘れ量の予測にも利用されている。しかし、DS値が高くなるにつれて精度に問題が生じるため、現在DSが6000回/mmを超える場合は6000回/mm以上と表記することになっている。また、骨材の種類や粒度によってもDSが異なることは衆知のことである。従って、高DS領域でDSの大小から混合物の耐流動性の善し悪しを判断することは誤った結果になる危険がある。今後はより高性能の改質アスファルト（混合物）が開発されるものと考えられるので、高DS領域が正しく評価できるように、当試験方法の改良や新たな試験方法の開発が必要である。

(2) 再生に関する課題

① 改質アスファルト混合物の再生（再生改質）

老朽化した改質アスファルト混合物発生材をストレートアスファルト再生混合物に再生することは、実際に行われており、室内試験でも問題ないとされている⁸⁾。しかし、高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物の再生に関しては、骨材粒度設計を含めて配合設計やプラントでの取扱上の問題が残っており、早急に解決すべき事項である。

② 再生混合物の改質化（改質再生）

舗装発生材を用いた再生混合物を改質混合物に再生する場合、再生用改質アスファルト（プレミックス）

や再生用改質材（プラントミックス）を用いて新規改質混合物と同等の品質に再生することが試験的に実施されている。また、発生材の混入率が少ない場合には現状の改質Ⅰ型やⅡ型を用いている場合もある。この場合も排水性混合物が発生材の場合には上述と同様の問題が残っている。また、発生材の品質により再生混合物の品質が一定しない場合もあり、その都度使用する改質アスファルトの品質を適合させる困難性も指摘されている。

③ 再生混合物の配合設計

再生改質、改質再生のいずれに関しても、現在の配合設計方法では改質混合物中の改質アスファルト性状を測定する必要がある。しかし、ポリマー改質アスファルトの溶剤への溶解性や粘度が高いために蒸留時に溶剤が回収しにくいといった回収試験の困難性が指摘されている。また、前述の排水性混合物を始めとする配合設計に関する種々の問題が未解決であるため、改質アスファルトに関する再生混合物の配合設計方法の抜本的な見直しが必要である。

4. 改質アスファルトの今後

今後の道路舗装には安全、円滑、環境、快適のキーワードが益々求められるが、これらの実現のためには改質アスファルトが欠かせないものと考えられる。例えば舗装表面に起因する交通事故の防止や沿道環境保全機能を有する舗装材（現在では排水性舗装がそれに当る）には高粘度改質アスファルトが用いられる。また、交通渋滞を緩和して円滑な交通を維持するためには、道路工事を少なくするための舗装の長寿命化が有効である。このことは、舗装のトータルコスト低減にもつながるが、これに関しても改質アスファルトが活躍できるだろう。このように、道路に対する国民の要求に応えられる有力な武器として改質アスファルトは今後とも益々重要視されるものと期待される。これらのことを前提に、改質アスファルトには以下のような事項が今すぐにも要求されるものと推定される。

(1) 性能規定

今後ますます増えてくる性能発注方式では舗装の供用性が問題になる。従って改質アスファルト自体の品質よりは混合物の品質評価が主体になると予想される。このことから、混合物性能をより表現できるような改質アスファルトの評価試験方法の開発が重要である。性能規定では供用初期だけでなく、ある期間供用された後の性状が良好であることも要求される。従って、

供用中の改質アスファルトの性状の追跡調査研究はもとより室内試験でシュミレートできるような評価試験方法（例えばSHRPのPAV）を取り入れることも必要である。

(2) 高性能化

道路に要求される多様な国民ニーズに応えるために舗装はより高性能化に向かうものと考えられる。例えば、現在その機能を高く評価されている排水性舗装では、交差点での耐久性に問題がある。また、非常に交通負担の大きい路線に試用されている超重交通用改質アスファルトの現場性能はまだ十分に評価されていない。このように色々な道路環境に応じた舗装を実現するために、改質アスファルトの高性能化や多機能化の開発研究を進めることが大きく期待されている。

(3) 事前審査制度

現在はプラントの改質混合物の審査は一メーカーの改質アスファルトのみが適用されるので、同グレードの改質アスファルトであっても他メーカーのものを使用するときは改めて審査を受ける必要がある。しかし、需要の増大による各メーカーの品質競争の激化から、同グレードの改質アスファルトは品質的にどのメーカーのものでもほぼ同じであるのが現状である。従って、審査を受けようとするプラントから見れば同グレードの改質アスファルトのどれを使用してもよいという自由度を要求される。この声に対応して、今後は予め試験されて認定を受けた品名の改質アスファルトであればそのうちの1つの改質アスファルトで審査を受ければ、同グレードの他メーカーの改質アスファルトも使用できる制度に改訂されようとしている。

(4) 取扱方法

すでに改質アスファルトは膨大な使用実績があり、プラントや施工業者も改質アスファルト（混合物）の用法に慣れて、一般化している感がある。しかし、今後はもっと高性能の改質アスファルトが開発される可能性が高く、それに伴って使用方法も変わってくる。

舗装の性能は改質アスファルトの性能もさることながら、混合物の製造や施工が正しく行われることも重要である。従って、改質アスファルトの取扱に関しては一層の配慮が必要である。

(5) リサイクル

現状の改質アスファルト混合物の再生に関しては相当の実績があり、問題無く実施されている。今後は高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物を含め、高性能改質アスファルトの開発に当ってはリサイクルの可能性も十分に検討する必要があることは言うまでもない。

— 参考文献 —

- 1) 栗谷川祐造：改質アスファルトと舗装技術．改質アスファルト誌，Vol.5，1995，p.8
- 2) 第3章 ゴム，熱可塑性エラストマー，熱可塑性樹脂入り舗装用改質アスファルト．ASPHALT誌，Vol.39，No.191，1997，p.53
- 3) 高粘度改質アスファルトの評価法について．改質アスファルト誌，Vol.5，1995，p.4
- 4) ニチレキ(株)技術研究所 田中他：改質アスファルトの評価方法に関する一検討．第23回日本道路会議一般論文集(C)，1999.10.
- 5) (社)石油学会 アスファルト分科会 青木他：改質アスファルト60℃粘度試験方法の検討結果．第23回日本道路会議一般論文集(C)，1999.10.
- 6) 改質アスファルトの混合・締固め温度 二重円筒型回転粘度計の有効性の検討．改質アスファルト誌，Vol.11，1998，p.22
- 7) 日本改質アスファルト協会編：ゴム・熱可塑性エラストマー入り改質アスファルトポケットガイド，平成10年1月
- 8) 改質アスファルト混合物発生材の再生混合物への適用性．改質アスファルト誌，Vol.12，1999，p.27

☆

☆

☆

☆

☆

☆

瀝青材料 (Bituminous Material)

アスファルト乳剤の品質と需給の推移

(社)日本アスファルト乳剤協会

アスファルト乳剤は日本で使用され初めてから既に70年以上の歴史を持つ舗装材料である。昭和40年代、経済発展の原動力として使用された乳剤の使用量は、現在その半分以下となった。しかし、乳剤は常温で使用できるという特徴から、環境面であるいは予防的維持の材料として新たな実績づくりが始まっている。アスファルト乳剤の品質は、JIS K 2208および(社)日本アスファルト乳剤協会規格JEAASとして制定されている。

本稿では、昭和36年に制定された乳剤のJIS規格および協会規格の現在までの変遷と、アスファルト乳剤の出荷量ならびにその種類に関する需給の推移について述べるものである。

1. はじめに

アスファルトは常温においては半固体ないし固体であり、これを舗装に用いる場合は一般に加熱し液状にして使用するが、常温において液状であり舗設後乾燥固化するようなアスファルトがあれば、取扱いや施工の面で非常に便利である。この要望を満たすように加工製造されたものがアスファルト乳剤（以下、乳剤とする）で、これはアスファルトを微細な粒子にして（1から3 μ m）水中に分散させた液体（エマルジョン）である。

我が国において乳剤の使用が始まったのは大正の末期からで、既に70年以上の歴史をもつ舗装材料である。乳剤はカチオン乳剤や路上安定処理工法（スタビライザ工法）など技術の開発もあって、防じん処理や簡易舗装へと大量に使用され、戦後の経済復興とともに急速にその需要を伸ばし、昭和40年代における日本経済発展の原動力の一つとなった。

しかしながら、乳剤生産量は昭和45年の71万トンにピークに、その後年々減少し、昭和55年には30万トン台になり、以後は30万トン前後の横ばいで推移し現在に至っている。

この減少の理由としては、舗装率の向上とともに交通量が激増し、より高品質を求めるニーズに合わなくなったこと、加熱アスファルト混合物が容易に入手できるようになったことにある。

しかし、近年CO₂発生抑制など地球環境保護の面から、さらに維持管理の時代となり予防的維持に適した

材料として再度乳剤に注目が集まっている状況にある。

ここでは乳剤の品質の変遷と需給および今後の動向について述べる。

2. 乳剤の品質の変遷

乳剤の分類はカチオン、アニオンといったアスファルト粒子の電荷の違いによるものと、浸透用、混合用といった用途の違いで分類される場合がある。このような乳剤の品質はJIS K 2208で規定されているものと、(社)日本アスファルト乳剤協会で規定されているものがあり、両者の規格についての変遷は以下ようになる。

2.1 JIS規格

昭和16年に発足した日本瀝青乳剤工業統制組合は、昭和21年にGHQの指令により解散を命じられたが、その後、国内の乳剤メーカーが製造を開始し始めたことから、翌年の昭和22年2月に業界の親睦団体として、同組合を母体とした日本アスファルト乳剤工業会が結成され、同年12月1日、任意団体日本アスファルト乳剤協会として発足した。さらに、昭和55年8月27日には社団法人化がなされ、現在に至っている。

乳剤の日本工業規格（JIS）の制定については、当時業界各方面から強く要望されていたが、その主原料である石油アスファルトの規格が未制定であったため、乳剤の規格も制定をみるに至らなかった。

しかし、昭和31年に石油アスファルトの規格がJIS K 2207として制定されたのに伴い、日本工業標準調査会化学部会に乳剤専門委員会が設置され、東京都の規

格や米国のFederal Specificationなどを参照し、昭和32年JIS K 2208-1957として制定された。

このJISでは乳剤を用途によって浸透用と混合用とに大別し、さらにそれぞれを5種および3種に分けた計8種が示された。浸透用にはPenetrating Emulsionに因んでPE、また混合用にはMixing EmulsionからMEの記号が付与された。石油アスファルト乳剤はそれまで、アスファルト乳剤と通称されていたが、この規格が対象とするものは石油系アスファルト乳剤に限るという建前から、石油アスファルト乳剤と命名された。なお、ここで示された用途および試験項目などは現行規格の原型となったものであるが、この規格ではまだアニオン系が主流であったため電荷による区別はなされていない。

昭和32年米国で、これまでのアニオン系乳剤に代わってカチオン系乳剤の研究が行われ、製品化に成功するとともに、昭和34年には、ソ連において寒冷地におけるカチオン系の効果が認められ、アニオン系乳剤の欠点が十分に補足されていることが実証された。カチオン系乳剤は、アスファルト粒子が(+)に帯電しているため、ほとんどの骨材に短時間内に付着し、降雨にも影響されにくく、早期の交通開放が可能等の長所を有する乳剤として注目された。我が国においても外国の文献、資料をもとにカチオン系乳剤の研究が行われ、多雨多湿の気象条件には適していることから、浸透用乳剤はもとより、路上混合式や中央混合式の混合用乳剤として、これまで使用されていたアニオン乳剤に代わり、昭和36年以降の乳剤需要が急速に拡大する一因となった。これを受けて昭和42年にはJISの改正が行われ、カチオン乳剤として規格化された。

さらに昭和55年JISの改正においては、粘度および濃度の変更と見直しならびに表現方法の統一などを行い、カチオン系の浸透用はPK、混合用はMK、アニオン系の浸透用はPA、混合用はMAとして記号化され、全部で14種類制定された。浸透用乳剤については、表面処理用とタックコート、プライムコート用を明確に区別するために濃度である蒸発残留分の変更を行い、表面処理用は60%、タック、プライムコート用は50%とした。

一方、昭和51年に電荷を持たないノニオン系乳剤が開発された。この乳剤は、本来鉄道のスラブ軌道の充填材であるセメント・アスファルト乳剤モルタル用に開発されたもので、これを改良して道路舗装用の乳剤混合物や路盤安定処理用に応用したものである。

昭和50年代、民間企業を中心に既設舗装の路上再生路盤工法が開発され、この工法のバインダとしてノニオン系乳剤とセメントを併用することが非常に有効であることが認められ、各機関で多くの実績が積まれるようになった。乳剤協会では、このような動向を受けて、昭和57年からノニオン系乳剤を用いた路上再生セメント・アスファルト乳剤安定処理路盤工法の設計方法の検討を行い、配合設計方法を提言するとともに、室内実験および現場供用性調査から等値換算係数を推定し、検証した。本工法は昭和62年に(社)日本道路協会から発行された「路上再生路盤工法技術指針(案)」に採りあげられ、公共事業におけるリサイクル工法として本格的に採択され実績を伸ばすこととなった。これらの経緯を受けて、ノニオン系乳剤は平成5年JISに規格化された。

平成8年、蒸発残留物の可溶分を試験する際に用いる三塩化エタンがオゾン層破壊特定物質に指定され製造中止となった。これを受けて乳剤協会ではJISの改正を検討し、溶剤のトルエンへの変更や現在ほとんど道路用には製造されていないアニオン乳剤の削除(実際には協会規格へ移行)など規格の見直しを行った。改正案は日本工業標準調査会へ提出し、平成12年3月の審議部会(化学部会)で審議され、平成12年8月には官報に告示される予定である。

以上述べてきたこれまでのJISの改正経緯を一覧表として表-1に示す。

2.2 乳剤協会規格

乳剤協会ではJIS規格とは別に、実績は少ないが各社で製造されている特殊な乳剤について、会員各社の要望を受けて協会規格(JEAAS)として制定している。

協会規格として初めて制定された乳剤は、昭和37年カチオン系石油アスファルト乳剤、はく離防止剤入り石油アスファルト乳剤で、このうち前者は昭和55年にJIS規格化された。協会規格は昭和44年にカットバックアスファルト乳剤、高濃度浸透用アスファルト乳剤の2種類が追加され、さらに昭和46年にゴム入りアスファルト乳剤が加えられた。このゴム入りアスファルト乳剤のタックコート用(PKR-T)は、排水性舗装のタックコート用乳剤として「排水性舗装技術指針」に示されている。その後、昭和59年にはセメント混合用アスファルト乳剤が追加されたが、平成5年のJISの改正時に、ノニオン乳剤MN-1(セメント・アスファルト乳剤安定処理混合用)としてJISに規格化された。また、同年の協会規格の改正時に、高浸透性アスファ

表－１ 石油アスファルト乳剤規格（JIS K 2208）の変遷

	1957年（昭32） 制定	1961年（昭36） 改正	1967年（昭42） 改正	1980年（昭55） 改正	1993年（平５） 改正	2000年（平12） 改正予定	用 途
種 類	アニオン系 PE-1 A PE-1 B PE-2 PE-3 PE-4 ME-1 ME-2	アニオン系 PE-1 PE-2 PE-3 PE-4 ME-1 ME-2 ME-3	カチオン系 浸透用PK-1 PK-2 PK-3 PK-4 混合用MK-1 MK-2 MK-3	カチオン系 浸透用１号PK-1 ２号PK-2 ３号PK-3 ４号PK-4 混合用１号MK-1 ２号MK-2 ３号MK-3	カチオン系 浸透用１号PK-1 ２号PK-2 ３号PK-3 ４号PK-4 混合用１号MK-1 ２号MK-2 ３号MK-3	カチオン系 浸透用１号PK-1 ２号PK-2 ３号PK-3 ４号PK-4 混合用１号MK-1 ２号MK-2 ３号MK-3	PK-1 温暖期浸透用及び 表面処理用 PK-2 寒冷期浸透用及び 表面処理用 PK-3 プライムコート用 及びセメント安定 処理層養生用 PK-4 タックコート用 MK-1 粗粒度骨材混合用 MK-2 密粒度骨材混合用 MK-3 土混り骨材混合用
			アニオン系 浸透用PA-1 PA-2 PA-3 PA-4 混合用MA-1 MA-2 MA-3	アニオン系 浸透用１号PA-1 ２号PA-2 ３号PA-3 ４号PA-4 混合用１号MA-1 ２号MA-2 ３号MA-3	アニオン系 浸透用１号PA-1 ２号PA-2 ３号PA-3 ４号PA-4 混合用１号MA-1 ２号MA-2 ３号MA-3 ノニオン系 １号MN-1	ノニオン系 １号MN-1	MN-1 セメント・アスフ ァルト乳剤安定処 理混合用
主 な 改 正 点		・ PE-1のA、B 廃止 ・ 蒸発残留分の 見直し ・ 残留物針入度 の見直し ・ エングラー度 の見直し	・ カチオン系 の追加	・ 規格体系分類 の見直し ・ エングラー度 見直し ・ 蒸発残留分見 直し ・ 残留物針入度 見直し	・ ノニオン系の 追加	・ アニオン系の 削除 ・ 残留物可溶分 溶剤変更 ・ 残留物伸度削 除	

表－２ (社)日本アスファルト乳剤協会規格（JEAAS）の種類
（平成12年改正予定）

種 類			記 号	用 途
高浸透性アスファルト乳剤			PK-P	プライムコート用
高濃度アスファルト乳剤			PK-H	浸透用および表面処理用
ゴム入りアスファルト乳剤			PKR-T-1	温暖期タックコート用
			PKR-T-2	寒冷期タックコート用
			PKR-S-1	温暖期表面処理用
			PKR-S-2	寒冷期表面処理用
カットバックアスファルト乳剤			MK-C	維持修繕の常温混合物用
アニオン乳剤	浸透用	1号	PA-1	温暖期浸透用及び表面処理用
		2号	PA-2	寒冷期浸透用及び表面処理用
		3号	PA-3	プライムコート及びセメント安定処理層養生用
		4号	PA-4	タックコート用
	混合用	1号	MA-1	粗粒度骨材混合用
		2号	MA-2	密粒度骨材混合用
		3号	MA-3	土混り骨材混合用
マイクロサーフェシング用乳剤			MS-1	マイクロサーフェシング工法専用

ルト乳剤が追加された。

平成12年のJIS改正に伴い、アニオン乳剤とマイクロサーフェシング用乳剤規格を加えて協会規格も変更する予定であり、JISと同様に平成12年内の発刊を目

指して鋭意作業中である。表－２にその種類と用途を示す。

なお、近年ゴム入りアスファルト乳剤に加えてマイクロサーフェシング用の乳剤など改質アスファルト乳

剤が製造されるようになってきた。さらにドイツではタックコート専用乳剤としての規格も制定されている。このように今後の乳剤規格には、用途に応じた性能を直接表すことのできる試験項目を設定することも必要と思われる。

3. 乳剤の需給動向

3.1 乳剤需要の推移

日本における昭和3年からの乳剤出荷量の推移を図-1に示す。

これを見ると昭和35年頃から出荷量は顕著に伸び始めている。これは国産技術によるカチオン乳剤が開発されたことと、乳剤舗装は施工が簡便であることから地方自治体で採用されたことによる。さらに、昭和33年に国産化された自走式スタビライザによる路上混合式工法が、防じん処理としてまたステージコンストラクションの路盤として、地方道の舗装整備事業に大きく貢献することになり、急激な出荷量の増加となった。

一方、昭和39年から始まった特殊改良第四種事業（以下、特四とする）は、国の補助事業として進められ、事業を実施するための技術指針として「簡易舗装要綱」が道路協会から発刊された。この特四においては、低廉な工法で実施すべきであるとの方針から、当

初表層に浸透式舗装が推奨され、乳剤に対する期待は大いに高まった。しかし、実際面において浸透式工法は、熟練工を要すること、機械化施工への対応が十分でないことや、品質管理検査方法が不明確で国の検査で説明しきれないこと、舗装されると交通量が予測以上に増加し耐久性に不安があることなどから、次第に敬遠されるようになってきた。加えて、舗装に一層の強度が求められ、だんだんと高級化するにつれ、加熱アスファルト混合物プラントも相次いで設置され、ますます浸透式工法の採用は減少していった。

また、混合用乳剤の主用途である路上混合式も減少し、地方自治体の直営事業で使用されていた乳剤も直営方式から請負方式へと事業形態の変化により漸減することとなった。

このような特四の恩恵が受けられなくなった時期に、追い打ちを掛けるように昭和48年、第四次中東戦争に端を発したオイルショックによる物価高騰、舗装事業の減少という状況となり、昭和45年に71万トンのピークを迎えた乳剤の出荷量は昭和51年には40万トンに激減し、昭和55年には30万トン台まで落ち込む状況となった。その後出荷量は30万トン前後で推移したが、ここ2～3年は漸減の傾向にあり、平成11年の実績は約28万トンである。

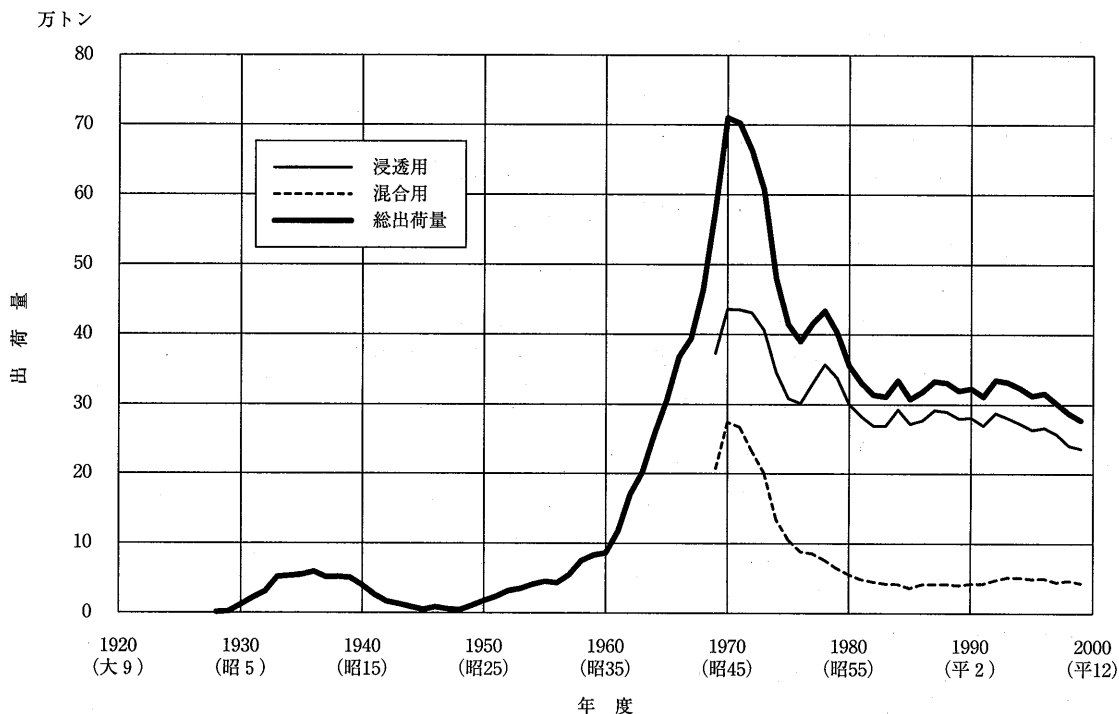


図-1 わが国の乳剤出荷量の推移

日本と世界各国の乳剤出荷量を表-3¹⁾に示す。これによるとアメリカの出荷量は227万トンと数量では別格であることが分かる。乳剤出荷量の推移をアメリカと比較したのが表-4²⁾で、これよりアメリカもここ20年程の変化は横ばいまたは漸減しており、全舗装用アスファルトの中での乳剤の占める割合は、両国とも8%程度である。しかし、フランスは表-3に見られるように約38%で、同国では乳剤は舗装材料として重要な部分を占めているようである。アメリカでも州によって大きな差があり、ニューメキシコやカンサスでは30%を超えているようである²⁾。

3.2 乳剤の種類別出荷量

図-1のなかで乳剤出荷量を浸透用と混合用に分けて示した。この図から種類別の推移をみると、混合用が昭和40年後半に急激に落ち込んでおり、これが乳剤減少の主要因であるといえる。なお、現在乳剤の80%は浸透用が占め、しかも浸透用はほとんどがタック、プライムコート用であることから、乳剤の実績は加熱舗装の実績に左右されようになっている。

ここで乳剤種類別割合の推移をフランスの場合と比較したのが図-2³⁾である。我が国では80%がタック、プライムコート用の浸透用であるのに対して、フラン

表-3 世界各国の乳剤出荷量 (1996年)

国 名	乳剤出荷量 (千トン)	アスファルト出荷量 (千トン)	乳剤/アスファルト 出荷量比率
アメリカ	2,265	30,680	7.4
フランス	1,010	2,650	38.1
メキシコ	515	900	57.2
ブラジル	405	1,400	28.9
スペイン	350	1,300	26.9
日 本	316	4,026	7.8
イギリス	160	2,200	7.3
ドイツ	130	2,800	4.6
イタリア	100	2,250	4.4
ポルトガル	86	363	23.7
オーストラリア	67	270	24.8
トルコ	40	800	5.0

表-4 日米の乳剤出荷量推移

年	日 本			アメリカ		
	道路用 アスファルト	アスファルト 乳 剤	E/A	道路用 アスファルト	アスファルト 乳 剤	E/A
	(A)	(E)	(%)	(A)	(E)	(%)
1970	309	71	23.0	2,360	267	11.3
1980	428	36	8.4	2,710	317	11.7
1990	442	32	7.2	2,390	291	12.2
1995	401	31	7.7	2,500	232	8.3
1999	364	28	7.7			

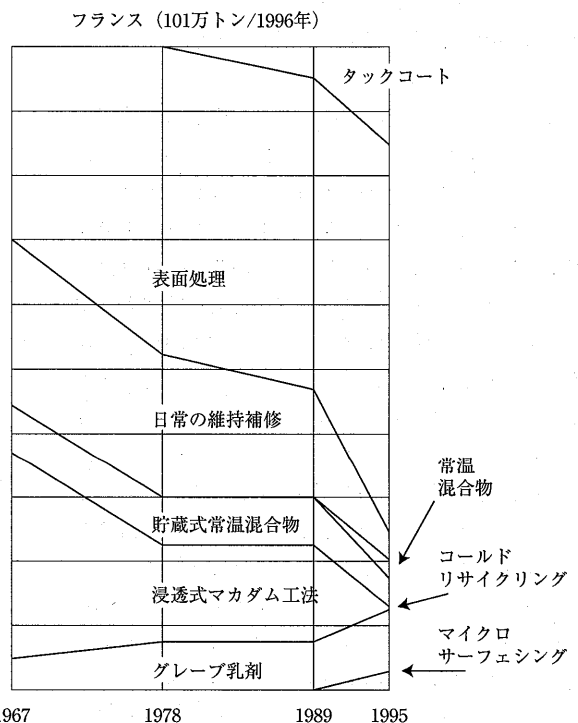
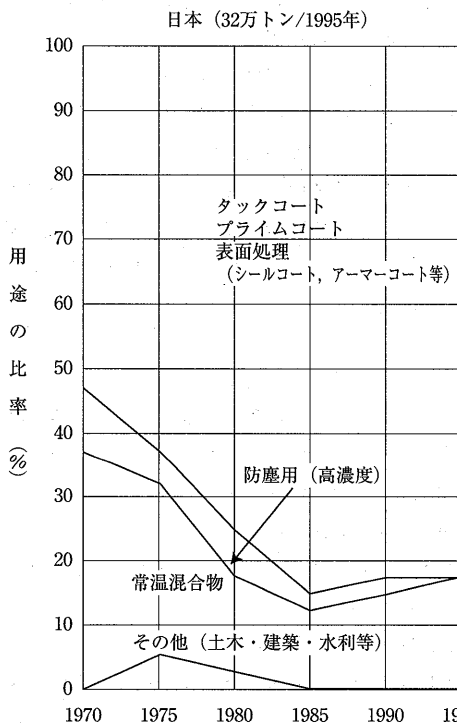


図-2 乳剤種類別占有割合の推移

スでは表面処理用が60%を占め、しかもタックコート用は1980年以降より使用され始めているのが興味深い。

4. 乳剤の今後の動向

乳剤は3.2で見たように、その出荷量の8割はタック、プライムコート用であり、本来の使い方である散布式表面処理や常温混合物用は残念ながら少ないものとなっている。そこで乳剤協会では、今後の乳剤技術の動向を調査するため、乳剤先進国であるフランス、スペインに「ヨーロッパ常温舗装調査団」を派遣した。この成果は報告書にまとめられているが、その中で欧州において常温舗装は、CO₂の削減などの環境保全、安全性、省資源、コスト低減などから見直され、特に予防的維持の考え方が浸透し、これに適したマイクロサーフェッシング工法などが積極的に行われていること、さらに乳剤そのものの開発はもちろんのこと、混合プロセスの開発など様々な観点からの研究開発が進められていることが報告されている。乳剤協会においてもこのような欧州の動向を受けて、マイクロサーフェッシング工法を日本においても普及すべく、乳剤の規格化、パンフレットおよび施工に関する技術マニュアルの作成を行った。乳剤協会では、この工法を今後の維持修繕工法の柱となるよう重点的に推進するための委員会を設置して、対応に努めている所である。ちなみに本工法の我が国における実績は、平成11年度までの累計で30万㎡となっている。

さらに、乳剤協会では技術委員会を中心に、乳剤の標準化や乳剤舗装工法の技術マニュアル整備などを行っているが、以下に最近の活動のいくつかを紹介する。

その一つには、路上再生セメント・アスファルト乳剤安定処理路盤工法に関するものがある。乳剤協会では昭和57年から平成4年にかけて分科会を設置し、本工法の配合設計方法の確立と、実際の施工現場調査から等値換算係数の検証を行い、その普及に努めてきた。しかし、これら路上再生路盤の施工箇所において、既に10年以上が経過し、一部では破損も見られるようになり、補修を必要とする箇所が発生してきた。そこで、このような箇所の補修工法として、再度、再生路盤工法を適用する再再生工法について、平成4年協会内に分科会を設けて、配合設計等について検討した結果、現指針（案）の配合設計方法が適用できることが示された。乳剤を使用した再生路盤工法は再再生が可能ということで意義深いものと考えられるが、今後も再

生を行った箇所の追跡調査を継続して、本工法の妥当性を検証していく予定である。

その他としては、日本道路公団とのポリマーを併用した密粒度ギャップタイプのセメント・アスファルト乳剤混合物に関する共同研究を行い、パーキングエリアで試験施工を実施した。

また、オーバーレイをする際、既設舗装のリフレクションクラックを抑制する褥層工法について内外の調査を行い、アスファルト系褥層工法としてパンフレットにまとめた。この工法は欧米ではSAMI（Stress Absorbing Membrane Interlayers）工法としてかなりの実績がある。補修予算が少なくなりオーバーレイ工法が増加している中、今後注目される工法である。

このように、乳剤協会においては会員各社の協力を得て、乳剤を使用した各種の工法の整理さらに開発を行っており、協会機関誌「あすふあるとにゅうざい」にも乳剤工法の普及の願いを込めて特集や施工事例を掲載しているのでは是非ご一読をお願いするものである。

5. おわりに

乳剤は加熱混合物と比べられて、タックコート用など舗装の脇役にされてきた。これは乳剤に対する技術開発が不十分であったことも一因であろう。しかしながらここ数年、乳剤舗装は、安全性、炭酸ガス発生の低減、環境保全、省資源、省エネルギー、コスト低減など数々の面において優位な材料として見直される気運にある。乳剤はその性質、特性を十分理解していただくことによって、大いにその効果を発揮できる材料である。さらに乳剤はエマルションであることを生かして、新素材、新技術の応用から新しい技術開発の可能性を秘めていると考えられ、今後乳剤が舗装において大きな役割を果たすことが望まれる。

—— 参考文献 ——

- 1) 伊藤他：乳剤工法の現状とタックコート用新規改質アスファルト乳剤の開発，あすふあるとにゅうざい，No.132，1998
- 2) James S Mouthrop他：アメリカで用いられたアスファルト乳剤の概要，あすふあるとにゅうざい，No.139，2000
- 3) ヨーロッパ常温舗装調査団：ヨーロッパにおける常温舗装技術の現状，あすふあるとにゅうざい，No.130，1998

舗装に使われるセメントと新しいコンクリート舗装

(The Cements for Pavements and Prospects of Concrete Pavements)

國府 勝郎*

JISに規定されているセメントの種類は大きく分けると4種類あり、細かく分類すると15種類にも及ぶ。さらに構造物の特性に合わせて開発されたセメントをあわせるとその数は膨大なものとなる。また、舗装用材料として用いられているセメントの使用形態なども様々である。ここでは、セメントの紹介と舗装用材料としてのセメントの使用状況について述べるとともに、セメントコンクリート舗装の展望について、セメント協会の取り組みを含めて述べる。

1. はじめに

社会基盤整備に欠かせない基材であるセメントは、その用途や要求性能に応じて種々開発、規格化されており、舗装用材料としても様々に利用されている。例えば、セメントコンクリート（以下、コンクリート）舗装の表層やコンポジット舗装の基層となるコンクリート版や、路盤の強化・補強を図るセメント安定処理、あるいは解体コンクリートの再利用である再生路盤材としての利用などが挙げられる。本文では、セメントの生産や種類について紹介し、舗装用材料として路床・路盤への適用とアスファルト混合物との複合系舗装への適用について述べた。また、現状の技術や利用方法だけにとどまらず、コンクリート舗装の近未来的な展望についても、セメント協会で調査・研究中の内容を含めて紹介する。

2. セメントの需要の推移

セメントの国内需要は、図-1に示すように、戦後の復興から始まって、旺盛な設備投資、社会資本整備に支えられた経済成長のもとで急速な進展を遂げた。その後、石油危機を契機とする大きな増減を経験し、1990年度には8,629万tの記録を残した。しかし、バブルの崩壊に伴い大幅な落ち込みをみた後、漸次回復して8,000万tレベルで推移していたが、1999年度は7,152万t（前年比101.1%）となり、3年振りに前年度比がプラスに転じる結果となっている。

また、図-2に示すように、2000年3月末現在で企

業数19社、43工場あり、全国に分散するサービスステーションは529基となっている。

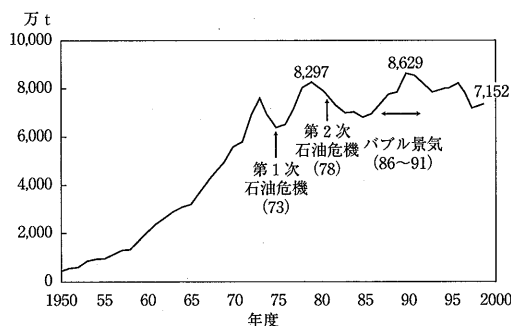


図-1 セメントの国内需要の推移¹⁾

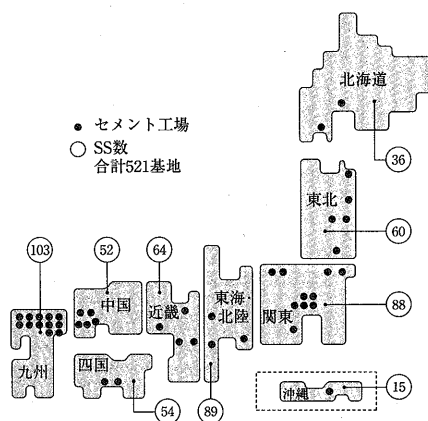


図-2 セメント工場とサービスステーション (SS) の配置¹⁾

*こくぶ かつろう セメント協会舗装技術専門委員会委員長（東京都立大学大学院教授）

3. セメントの種類と用途

現在、国内で生産されているセメントは、JISに規定されるセメント（ポルトランドセメント，高炉セメント，シリカセメント，フライアッシュセメント）な

らびにそれ以外の「特殊セメント」に分類される。それぞれの特徴，用途は表－１に示すとおりである。

表－１ セメントの種類と用途

区分	種別	名称		特徴・用途
JISに規定するセメント	ポルトランドセメント	普通	同・低アルカリ形	オールラウンドなセメント，国内販売の71%を占める。舗装用にも使用される。
		早強	同・低アルカリ形	初期強度に優れ，工期短縮に対応。
		超早強	同・低アルカリ形	さらに初期強度発現に優れ，緊急補修等に用いられる。
		中庸熱	同・低アルカリ形	水と熱が低く，ダム等のマッシブ（大きな体積）な構造物に用いる。かつて使用された「舗装用セメント」はこのタイプ。
		低熱	同・低アルカリ形	中庸熱よりさらに水と熱が小さく，高強度，高流動コンクリートに適する。1997年にJIS化。
		耐硫酸塩	同・低アルカリ形	海水中，温泉地，地下水中等の硫酸塩環境下で抵抗性を有する。
	混合セメント	高炉セメント	A，B，C種	高炉スラグを混合したもの，化学抵抗性に優れ，長期の強度発現を持続。初期の養生が重要。
		シリカセメント	A，B，C種	天然のシリカ質混合材を混合したもの。耐薬品性に優れる。現在は，ほとんど生産されていない。
		フライアッシュセメント	A，B，C種	フライアッシュを混合したもの。ワーカビリティの向上や水密性に優れ，温度ひび割れ抑制に用いられる。
それ以外の特殊なセメント	ポルトランドセメントをベースにしたもの	2または3成分系の低熱セメント		低熱用に作られたもので，混合材の数で呼ばれる。ベースは普通や中庸熱セメントが使用される。
	ポルトランドセメントの成分や粒度の構成を変えたもの	白色ポルトランドセメント		ポルトランドセメントから着色成分の酸化第二鉄をできる限り除いたもの。着色コンクリート等に用いる。
		セメント系固化材		地盤改良用に作られたもの。有機質土壌等に対応する。
		超微粒子セメント		通常のセメントより超微粒子に粉碎したもので，地下水の止水や油井，地熱井の掘削時に用いる。
	ポルトランドセメントとは成分が異なるもの	超速硬セメント		2～3時間で10N/mm以上の圧縮強さを発現。補修等の緊急工事に用いる。
		アルミナセメント		アルミニウム原料のボーキサイトと石灰石から作ったセメント。6～12時間で普通ポルトランドセメントの28日の強度を発現する。耐火性，耐酸性にも優れ，緊急時，寒冷期に用いる。
		エコセメントなど		都市ごみ，下水汚泥焼却灰等から作ったもの。用途は限定されるが，環境対策品として現在着目されている。
		歯科用セメント，りん酸セメントなど		その他のもの

4. 路床・路盤への適用

従来、路床・路盤は、舗装の構造設計に必要な土性を満足する材料である場合にはそのまま利用し、満足しない場合は良質な材料と置換していたが、良質な材料の入手難、土捨て場の確保難および環境保全からの制約などが加わり、現地発生材を有効に再利用する安定処理工法の需要が増してきた。

路床・路盤の安定処理には、石灰による方法やセメントあるいはセメント系固化材などによる方法がある。セメント安定処理工法に用いるセメントとしては、普通ポルトランドセメントや高炉セメントなどが多く用いられている。

さらに最近では、高強度セメント安定処理路盤（リーコンクリート）とすることにより舗装版厚を低減する方法も採用されている。

5. アスファルト混合物との複合系舗装

舗装への要求性能は、舗装面の平坦性、すべり抵抗性、低騒音性、耐久性などが挙げられる。これらを満足させるために、アスファルト混合物とコンクリートとの複合系舗装であるコンポジット舗装や半たわみ性舗装などが適用されるようになってきた²⁾。

5.1 コンポジット舗装

コンポジット舗装は、コンクリート舗装の構造的な耐久性およびアスファルト舗装の良好な走行性と平坦性、維持修繕の容易さ等を兼ね備えた舗装であり、高速道路や重交通路線に適用されつつある。

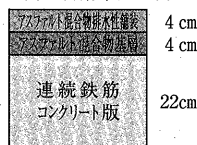
コンポジット舗装は、図-3に示すように、表層ないし表・基層にアスファルト混合物を用い、コンクリート版をその下に用いた構成となる。コンクリート版の種類としては、通常のコンクリート舗装、連続鉄筋コンクリート舗装、転圧コンクリート舗装などであり、コンクリート系に属さないが半たわみ性舗装も用いられている。

下層のコンクリート舗装版に目地が設けられている場合は、表層ないし、表・基層のアスファルト混合物にリフレクティブクラッキングが生じやすくなるので、あらかじめアスファルト混合物にも目地を設けるなどの対応策をとることがある。

5.2 半たわみ性舗装

半たわみ性舗装は、空隙率の大きなアスファルト混合物に浸透性のよいセメントミルクを充填した舗装であり、アスファルト混合物に比べて耐流動性や耐摩耗性、耐油性に優れている。このようなことから、重交

●高速自動車道の例



●国道の例



●イギリスの施工例

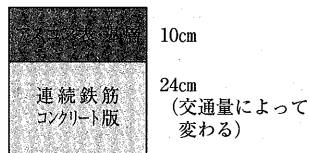


図-3 舗装構成の例

通道路や交差点、貨物ヤード、バスターミナル、料金所、駐車場などのアスファルト舗装のわだち掘れ対策として、広く適用されている。

また、早期交通開放のために、母体アスファルト混合物の温度が高いうちにセメントミルクの浸透作業を行うことも要求されており、このような条件下でも十分な浸透性や早強性を確保できるセメントも開発されている。

6. 進化するコンクリート舗装の展望

6.1 コンクリート舗装の課題

コンクリート舗装の長所は、①舗装構造の設計概念と材料の力学特性が明確であること、②20年以上の耐用年数を有し、耐久性が高いこと、③重交通道路におけるライフサイクルコストがアスファルト舗装に比較して優れている³⁾こと、④流動によるわだち掘れが生じないこと、⑤夜間時の視認性が良好でトンネル内の照明効果も高い優れた明色性を有すること、⑥使用材料の入手が容易であること、などを挙げることができる。しかし、コンクリート舗装はこのような長所があるのにも拘わらず、舗装延長に対するコンクリート舗装の割合は、現在約5%ときわめて少ない。

昭和35年頃のコンクリート舗装のシェアは、18%程度を占めていたが、わが国の石油産業の発展にともなうアスファルトの発生とその処理の必要性などもあり、アスファルト舗装の採用が伸びてきた。一方、コンクリート舗装はひび割れが入り易く、その補修方法が確

立されていなかったことなどから、コンクリート舗装の採用が低下したと思われる。さらに、建設コストがアスファルト舗装より高価であること、養生期間が長く交通開放までの時間を要すること、一般に材齢28日まで経過しないと品質が保証できないこと、などのコンクリート特有の課題がある。

このようなコンクリートの抱える課題を認識しつつ、その特性を補間するべくコンクリート舗装の改善・改良またはコンクリート舗装への多様な性能の付加という試みは、関連する産学官の専門技術者の手により様々な角度から継続的に実施されている。

6.2 コンクリート舗装の展望

上記の課題に対する解決策の一例を示すと、早期開放という観点からは、超早強セメント（3．参照）を使用したコンクリート舗装やプレキャストコンクリート舗装が挙げられる。施工の合理化や改善という観点からは、型枠を使用することなく連続的に舗設するスリップフォーム工法やアスファルト舗装用機械を用いる転圧コンクリート舗装などがあり経済性や供用性能の向上が期待できる。また、舗装への新しいアプローチとして、設計寿命60年を目指すフルデプスコンクリート舗装が考案・供用され、さらにアスファルト舗装の補修工法であるホワイトトopping工法⁴⁾や環境性能を付加した車道用ポーラスコンクリート舗装⁵⁾についても積極的な研究・開発が行われている。

一方、既存のコンクリート舗装の改善という観点からは、養生剤による初期養生の効果向上により散水マット養生といった後期養生作業の省略の可否⁶⁾や汎用のレディーミクストコンクリートの舗装工事への適用⁷⁾などの評価・検討も行われているところである。以下に、これらのいくつかについて概要を述べる。

(1) スリップフォーム工法

コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて一連の施工機械の編成や型枠の設置・撤去が大がかりであるが、これを改善すべく写真-1に示すスリップフォーム工法がある。これは、型枠を使用せず、コンクリートの敷均し・締固め・成型・表面仕上げなどの機能一式を搭載した自走式舗設機械を用いて、連続的に舗設するものである。これによると施工工程はアスファルト舗装とほとんど変わらず、少ない人手で施工ができ、良好な平坦性が得られている。また、スリップフォーム工法は、コンクリート防護柵や側溝としての円形水路など、等断面構造物の施工を迅速かつ省力化して行うことができる。



写真-1 スリップフォームペーパーによる施工

(2) ホワイトトopping工法

ホワイトトopping工法は、アスファルト舗装のわだち掘れなどの補修・修繕を目的としたものであり、破損したアスファルト舗装上に薄層コンクリートをオーバーレイする工法である（写真-2）。

この工法の特徴は、コンクリート厚さが5～10cmと薄層のため、計画高さの制限に対応しやすく、付帯施設の変更を不要にすることである。また、早強性のセメントを使用することにより、早期交通開放が可能となる。セメント協会においても、本工法について試験施工を行い、調査・研究を行っているところである。



写真-2 ホワイトトopping試験舗装

(3) 転圧コンクリート舗装

写真-3に示す転圧コンクリート舗装は、単位水量の少ない硬練り（スランプゼロ）のコンクリートを汎用の施工機械を用いて施工するものである。通常のコンクリート舗装と比べると、敷均し直後のセメントの凝結開始以前においても粒状材料としての耐荷力により、早期供用できる舗装であり、作業性や急速施工性、早期交通開放性、経済性などが優れている。転圧コンクリート舗装は通常の舗装としての適用だけでなく、林道や農道といった小規模舗装や港湾ヤードなどにそ

の長所が生かされ適用されている。また、これまでの実績によると養生期間を3日間以内として交通開放されている事例が多い。

日本で最初の転圧コンクリート舗装は1987年2月に施工が行われ、1999年まで210万㎡を越える施工実績がある。

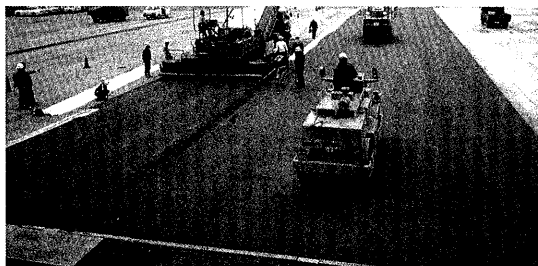


写真-3 転圧コンクリート舗装

(4) 排水性コンクリート舗装

写真-4に示すように、ポーラスコンクリートを用いた車道用の排水性コンクリートが開発されている⁵⁾。

ポーラスコンクリートは、空隙率15~20%程度、曲げ強度4.5N/mm以上、透水係数0.01cm/sec以上の物性を有し、コンクリート舗装の持つ長期耐久性と騒音の低減および雨天時における優れた走行性を併せ持つ、期待の大きい舗装である。

6.3 補修材料

コンクリート舗装は耐久性に優れ、供用後の維持管理が少ないという利点があるが、一旦破損を生じた場合に補修しにくい欠点がある。そのため、セメント関連会社では、種々の補修工法に適した補修材料の開発・研究を行っている⁸⁾。例えば、シーリング工法に適したひび割れ注入材、パッチング工法に適した超速

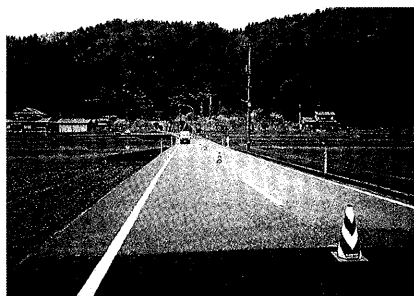


写真-4 排水性コンクリート舗装 (全景)

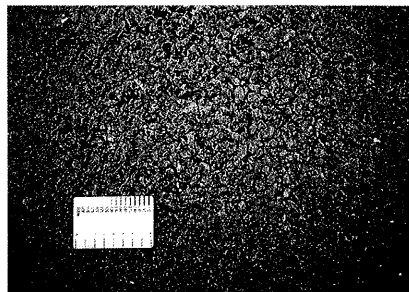


写真-5 排水性コンクリート舗装 (舗装表面)

硬性モルタルや超早強コンクリート、表面処理工法に適した高弾性モルタルや超早強コンクリート、注入工法に適した無収縮グラウト材や半たわみ舗装用注入材、局部打換え工法に適した超速硬性モルタルなどがある。

以上、舗装に用いられるセメントについて材料や工法を中心に概要を述べた。今後もセメント協会では、セメントの円滑な供給だけでなく、社会ニーズに合致したセメント系舗装に関する提案・提供を行うつもりなので期待していただきたい。

— 参考文献 —

- 1) セメントの常識, (社)セメント協会, 1998年11月
- 2) コンクリート舗装, Concrete Engineering News, (社)セメント協会, No.100, 1996年10月
- 3) 今岡ほか, 各種コンクリート舗装のライフサイクルコストに関する一考察, 第22回日本道路会議一般論文集(B), p270~p271, 1997
- 4) Whitetoppings, Swedish Field Tests 1993-1995, CBI REPORT
- 5) 舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果報告, 舗装技術専門委員会報告, (社)セメント協会, 1999年10月
- 6) 國府ほか, コンクリート舗装の養生合理化に関する一考察, 第54回セメント技術大会講演要旨集, p346~p347, 2000年5月
- 7) レディーミクストコンクリートの舗装工事への適用拡大に関する検討, 舗装技術専門委員会報告, (社)セメント協会, 2000年2月
- 8) コンクリート舗装の補修技術資料, (社)セメント協会 舗装技術専門委員会, 1999年3月

樹脂系すべり止め舗装用バインダの推移と展開

(Development of the binder for Anti-skid resin Pavement)

樹脂舗装技術協会 技術委員会

わが国の車両交通密度が増大し、交通事故の増勢はいまだに続いている。樹脂系すべり止め舗装は、硬質骨材を路面に敷設した高いすべり摩擦係数をもっており、事故発生危険度の大きい場所での事故低減に有効とされている。

その発祥および今日までの経過、今後の展開について述べる。

1. はじめに

道路舗装用材として利用される樹脂バインダは、その範囲が広い。加熱混合方式の中の脱色アスファルトとして使われる石油樹脂、スラリーシール工法に利用されるエマルジョン系樹脂、最近では高粘度改質型排水性舗装用アスコンに使われるエポキシ樹脂、歩道用カラー舗装や型枠工法のバインダであるポリウレタン、ポリエステル、アクリル樹脂等がある。

ここでは、樹脂系すべり止めカラー舗装のバインダ(粘結材)であるアミン硬化型エポキシ樹脂系バインダに限って述べる。

2. 需要の推移

2.1 発 祥

エポキシ樹脂の土木・道路分野に市場開発を求めた1例として、樹脂系すべり止め舗装がある。相応の規模として最初に適用されたのは、1958年の米国サンフランシスコ オークランド湾橋のコンクリート面上での12,500㎡である。シェル社のタール変性エポキシ樹脂をバインダとしてニート工法が適用されている。

わが国では、1961年、阪奈道路に380㎡の施工がなされ、'61~'63年に、建設省、道路公団、首都高速公団等で導入され、試験施工されている。

ニート工法とは、骨材とバインダとを混合した後に適用施工するモルタル工法と区分する呼称であり、骨材やフィラーを混入しない樹脂のみを先に塗布し、その後、その上層に骨材のみを散布し、バインダーの硬化とともに骨材が固定される工法をいう。図-1にニート工法による樹脂系すべり止め舗装の断面を示す。

最上層は、図-1にみるように3.5~1.5mm大の硬質骨材のみが配設され、すべり摩擦抵抗はウエット時で



図-1 樹脂系すべり止め舗装

も0.80~0.95と非常に高い。しかも車両走行速度に左右されずに高いすべり抵抗を示す。

2.2 すべり止め舗装の効果

戦後の急激な経済発展は、物流構造においても内容、総量両面での急変を促した。図-2に見るように、通行車両、陸運の急増となり、交通密度の増加に伴う交通事故急増への対策が求められた。交通事故死者数が最大16,765人であった1970年を、各項指数の100としている。

1963年の警察庁交通局による1,000箇所での調査では、すべり止め舗装の事故低減率は83%に及び、信号機、横断歩道、照明、安全柵等、他の安全施設による効果を上まわっている。'74年、首都高速道路公団から、時速50km/hでの制動距離15.5mが樹脂系すべり止め舗装により7.3mに短縮、との報告がなされている。

2.3 需要の経過

'60~'70年代、エポキシ樹脂は道路用材としてはまだ高価であったが、交通事故多発箇所への適用は次第に増加した。'93年以降は毎年800トン以上(施工面積では50万㎡以上)のバインダが樹脂系すべり止め舗装に利用されている(図-3)。ここでいう樹脂系すべり止め舗装用バインダは、エポキシ主材とアミン硬化材とを合算したものであり、エポキシ樹脂はバインダ総量の30~40重量%に当たる。

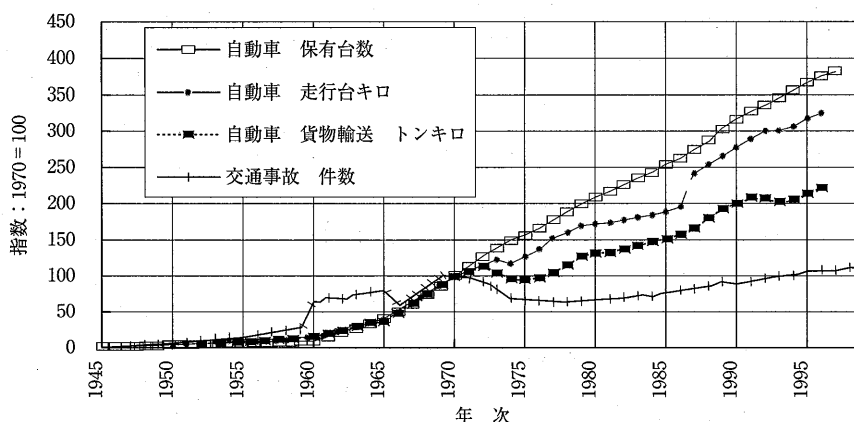


図-2 交通量及び交通事故の指標推移

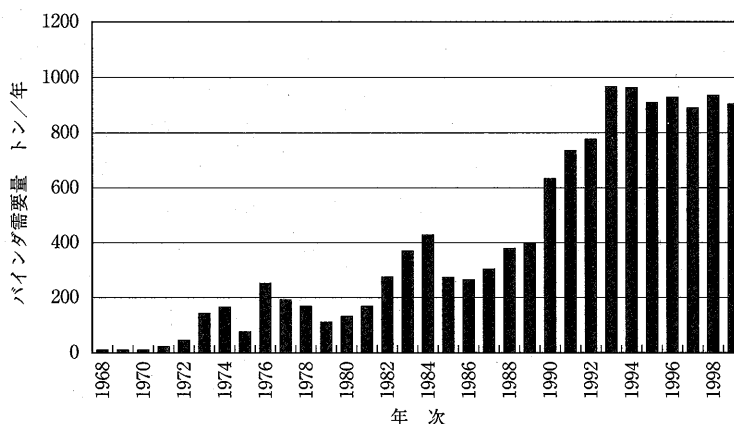


図-3 樹脂系すべり止め舗装用バインダの需要量推移

'60年代は天然産黒色骨材であるエメリーを主体にしたすべり止め舗装であり、アスファルト舗装より幾分濃色の方式で、交通事故低減効果の周知とともに施工面積が拡大された。'70年代初めになって、内部まで同一色である着色磁器質骨材がこのニート工法に利用されるようになり、耐久性を具えたカラー舗装でもあると認識されるようになった。単に樹脂バインダを顔料で着色した、公園、歩道、商店街、駐車場等に適用された塗装様式のカラー舗装とは区別され、識別誘導とすべり止めの両機能をもつ交通安全施設として、需要は一層増加した。

'84, '88年には、名古屋市のバスレーン61,000㎡に採用され、安定走行性、重交通耐性、着色耐久性を具備するカラー舗装実用化の代表例となった。一般車の混入、駐車を回避し、バス公共交通の利便性を高め、名古屋幹線バス運行時間を平均53分から35分に短縮している。

このニート工法によるカラーバスレーンはその後、甲府、水戸、大阪、那覇市に導入、利用されている。

3. 品質の推移

3.1 バインダの本質

エピクロルヒドリンとビスフェノールAとから合成されるエポキシ樹脂は、分子の両端に活性なエポキシ環をもち、多官能のアミンによって付加重合し、強靱な高分子となる。同時にアスファルトおよびコンクリート舗装表面、更に硬質骨材への強い接着性を発揮し、1.0~2.0mmの厚みをもつ骨材固定層を形成する。

ニート工法が実用化され始めた'60年代は、アスファルトまたはコールタル変性エポキシバインダであった。黒色であるが、アスファルト或いはコールタルにより適度な可撓性が付与されており、同時に下地のアスファルト舗装の熱収縮に追随し、界面の密着に

についても同質物である親和性を具えていた。またエポキシ樹脂のコストダウンにも寄与していた。

3.2 可撓性の付与

'70年代に入り着色磁器質骨材を使うようになって、バインダの脱色、薄色化が求められ、アスファルト、コールタールが排除され、替って熱可塑性樹脂、高沸点溶剤等による可撓性付与が施されるようになった。当時市場で紹介された増量、可塑化材としての石油系樹脂は、硬化したエポキシ樹脂の内部応力緩和に有効と評価されたものの、厚膜、低温でのひび割れや、のび率寄与には難があった。

すべり止め舗装、カラー舗装として、広く認識され出したニート工法の大規模施工や普及拡大の機に、ひび割れ、バインダ剥離、骨材飛散のトラブル誘発に遭遇した。これは黒色バインダから薄色バインダに切り替えた際、製品間に品質ばらつきがあったことによる。

エポキシ主材における可塑化手段の検討、アミン硬化材側でのアミン種の選択、可塑化材の添加、主材と硬化材の混合比の変更等検討が重ねられた。硬化したエポキシ樹脂の伸び率は、80年頃までは20～50%、'80年代半ばには30～80%、'90年代半ばには50～120%と次第に大きくなっている。

3.3 施工法の標準化

ニート工法は図-1に見るように、塗布されたバインダ層上に骨材を散布し、バインダの硬化に伴って骨材を固定する、単純な施工工程になるものである。

しかしながら、バインダ塗布量が少な過ぎた場合は骨材の早期離脱を招き、塗布量が多すぎた場合は、施工層のひび割れ、剥離となる。また、施工するアスファルト舗装の密粒、開粒等に見る孔隙の度合いの差は、塗布されたバインダの吸い込まれる度合いに影響を及ぼし、結果としての成形厚みが相違する。更に、アスファルト舗装、コンクリート舗装共に、施工直後と暫時車両交通に供された後とでは、表面状態や含有成分が相違し、樹脂系すべり止め舗装を施工するに当たっての、必要な留意事項が抽出された。

'74年「樹脂系すべり止め協会」が設立され、これらの状態に応じた施工方法の標準化をすすめ、舗装体

の種類、状態、時期に対応した適切な施工手段を規定化し、同業者への遵守を呼びかけた。代表的な施工法を要領書にとりまとめ、これに基づく歩掛資料を編纂し、工数、費用への関わり具合の周知に努め、今では一般に認められるに到った。これらの施工作業の標準化は、先のバインダ本質の改善とも同調し、トラブルの低減に大きく貢献した。'70年代末には3～5%程度の何らかの施工トラブルを見たようであったが、近年では0.3%以下になっている。

4. 今後の展開

エポキシ樹脂をバインダにした“すべり止め舗装”は、'95年以降カラー化率は80%を超えた。色彩による交通安全意識の喚起はもとより、最近では、自動料金収受システム（ETC）への誘導レーンや自転車優先レーンへの活用が考えられている。

交通事故の多発、交通渋滞、更には騒音、排気ガス等の環境問題に到り、安全、安定、安心交通への対処はますます多岐にわたる。また排水性舗装用、高粘度カラー舗装用等の舗装バインダからの重交通対応の技術進展もある。樹脂系すべり止め舗装用バインダとしても、より高い重交通耐性の付与が主要なニーズとして捉え、機能強化を目指している。

具体的には

- 1) 強靱性、可撓性を兼ね備えた耐久性の増大
- 2) 低温時の硬化養生の短時間化
- 3) 施工作業解析に基づく安価な機械化
- 4) 排水性舗装に対応するすべり止めバインダの開発

である。

— 参考文献 —

- 1) 「道路統計年報」；建設省道路局企画課
- 2) 「陸運統計要覧」；運輸省運輸政策局情報管理部
- 3) 飯野、山下；舗装9-7 '74
- 4) 油化シェルエポキシ（株）試料“技術展望” '70
- 5) 大野；第16回日本道路会議論文集 '85

第10回 日本アスファルト協会 論文賞 発表

(社)日本アスファルト協会の論文賞は隔年実施しており、第10回は、審査の結果、以下の6編が選ばれた。

入選 第2席 賞状・賞金10万円

「CO₂排出量に着目した舗装技術の方向に関する調査研究」

日本道路(株)技術研究所 田 井 文 夫

日本道路(株)技術研究所 長谷川 淳 也

〔講 評〕

本論文は、各種の舗装材料および工法の中から省エネ型で、CO₂排出量の少ない材料および工法を提案したもので、今後のこの分野における技術開発の方向を示唆している。

具体的には、今後の舗装技術の開発方向をCO₂排出量に着目して整理し、結果として改質アスファルト乳剤混合物、薄層オーバーレイ、マイクロサーフェシング技術や各種リサイクル技術の位置づけを明らかにしたことは高く評価できる。

しかし、分析結果の評価手法がわかりづらく、予防的維持工法などを対象とした補修計画の比較については掘り下げ不足の感はいなめない。また、文中にも指摘されているように、各工法の耐用年数の確認がポイントとなるので、今後の研究が望まれる。

入選 第2席 賞状・賞金10万円

「ブローンアスファルトの原料組成と反応性に関する研究」

元三菱石油(株)開発研究所 三 谷 治 郎

日石三菱(株)中央技術研究所 中 村 好 和

〔講 評〕

本論文は、これまでブローンアスファルト製造管理上の課題となっていた軟化点のバラツキを原材料の化学的な組成（針入度、軟化点、生成水量）との関係から明らかにし、実際の

製造に応用したものである。

具体的には、ブローンアスファルト製造にあたって原料の組成比（飽和成分+アスファルテン）／（芳香族成分+レジン分）とバインダ特性値（例えば針入度や軟化点等）との間に強い相関があることを基礎的な実験によって明らかにしたものである。

これらの組成分析の手法は舗装技術者にとってなじみ深いものであり、ブローンアスファルトの製造のみならず通常のストレートアスファルトの特性値への適用も考えられることから、基礎的かつ応用性の高い論文である。

しかし、ブローンアスファルトの品質が原料組成によって異なることは、既に断片的に知られており全く新しい技術とは言いがたい。また、効率的なブローンアスファルトの製造にどのようなアスファルトを選ぶべきかを示す結論が明確に述べられていない点、触媒がどの成分に作用したのか、油じみやストアスとの相溶性など更なる今後の研究が望まれる。

入選 佳作 賞状・賞金5万円

「アスファルトの耐劣化性の向上に関する一検討」

大成ロテック(株)技術研究所 紺 野 路 登
大成ロテック(株)技術研究所 鈴 木 秀 輔
大成ロテック(株)技術研究所 野 村 健一郎

〔講 評〕

本論文は、Davidsonらが提案したCRR（ケミカル・リアクティブ・レシオ）に着目して試作した重質油をストレートアスファルトに添加し、アスファルト混合物の耐劣化・耐老化性能の向上について室内試験により検討している。

具体的には、試作添加剤の組成をRostler-Stermberg法による分析法で求め、添加剤の特性をCRRで整理した着眼点は、再生添加剤の研究開発分野にも応用が可能と考えられ、関係技術者に啓蒙を与える内容と評価できる。

しかし、アスファルテンが少なくなるため、本来のアスファルトとしての性能（耐流動性、骨材接着性など）に疑問があり、このことについて確認されていない点、また、実際に応用するには組成の異なるアスファルト、混合物の混合温度の違い等による添加効果の確認および実道での追跡調査等が必要であるなど、検討すべき事項がまだ残されているので、今後の研究が望まれる。

入選 佳作 賞状・賞金 5 万円

「主としてバインダの性状が遮水用アスファルト混合物に与える影響について」

世紀東急工業(株)技術研究所 清水 浩 昭
世紀東急工業(株)技術研究所 関 伸 明

〔講 評〕

本論文は、繊維質補強材、剥離防止剤、改質アスファルトを用いて斜面安定性、剥離抵抗性、ひびわれ抵抗性等を改善した混合物について検討している。

具体的には、ストレートアスファルト60/80、80/100、試作した改質アスファルトの3種類を用いて、水利混合物に必要なテストによって評価し、それぞれのバインダの特性値を評価したことは実用性があるものと考えられる。

しかし、アスファルト混合物の性状を改善する技術として、繊維質補強材を混入したり、改質アスファルトを用いる方法は、既に道路舗装分野でも広く用いられている点で新規性はない。また、改質アスファルトやはく離防止材、補強材等を利用した場合、施工性が懸念されるので、実際に適用するためには室内性状試験の他、施工性に関する試験も検証しておく必要があることから、今後の研究が望まれる。

入選 佳作 賞状・賞金 5 万円

「自動車の乗り心地に影響を及ぼす路面の特性」

日本大学理工学部土木工学科 関 口 英 輔

〔講 評〕

本論文は、乗り心地に強い影響を及ぼす挙動として、上下運動（加速度）、ピッチング（角速度）およびローリング（角速度）の3要素に着目し、路面の縦断凹凸から求めた新しい概念の路面物理量との関係から、路面性状を客観的に評価する手法を提案している。

具体的には、乗り心地を車輪の4輪の変位量を基礎にしたバウンシングラフネスBS、ピッチングラフネスPR、およびローリングラフネスPRの3特性値によって整理し、路面の平坦性と自動車の運動特性とを結び付けた点は、この分野の研究者に啓蒙を与えると思われる。

しかし、乗り心地を一般化する場合、ある特定の車の値（上下加速度、ピッチ角、ロール角）と3つの物理量との関係が良好であっても車の構造が異なった場合には値が異なり、乗り心地も変わる恐れがあるので、これに対する確認が必要である。

また、本論文で提案された方法による路面性状調査を実用化するためには、文中で指摘さ

れているように縦断凹凸の測定機械の開発、測定方法、管理基準値の設定など多くの課題が残っているので、今後の研究が望まれる。

入選 佳作 賞状・賞金5万円

「コンクリートの硬化時に接着コーティングする ポリマー改質アスファルトに対する研究」

静岡大学大学院理工学部研究科物質工学専攻	神 谷 慎 吾
静岡大学工学部物質工学科	田 坂 茂
静岡大学工学部物質工学科	稲 垣 訓 宏
静岡瀝青工業(株)技術部	田 中 謙 次

〔講 評〕

本論文は、橋梁の床版増厚コンクリート面とアスファルト舗装との間の防水接着層にポリマー改質アスファルトのシートをコンクリートの硬化前に布設し、増厚コンクリート面と一体化した防水接着保護層を形成する工法について、室内実験的に検討したものである。

具体的には、コンクリートの反応熱を利用して改質アスファルトを軟化させて床版との接着性を高めること、さらにコンクリートの水和作用に伴う水分の減少→減圧の利用による密着性の向上等極めてユニークな独創的考え方に基づいた論文となっている。

しかし、本研究は、室内実験の域を出ておらず、本工法およびシートを現場で実際に応用できるかどうか、試験施工および追跡調査等による性能、耐久性等の確認が必要であるなど、検討すべき事項がまだ残されているので、今後の研究が望まれる。

〔選考委員〕

委員長	多 田 宏 行	(財)道路保全技術センター 理事長
委 員	阿 部 頼 政	日本大学理工学部土木工学科 教授
	飯 島 尚	積水樹脂(株) 常務取締役
	河 野 宏	日新舗道建設(株) 会長
	菊 川 滋	建設省道路局企画課道路経済調査室 室長
	坂 本 浩 行	(財)土木研究センター技術研究所 調査試験二部長
	千 葉 博 敏	グリーンコンサルタント(株) 代表取締役社長
	南 雲 貞 夫	(株)ガイアートクマガイ 顧問
	長谷川 宏	日石三菱(株)技術開発部 参事
	真 柴 和 昌	パシフィック石油商事(株) 代表取締役会長

CO₂排出量に着目した舗装技術の方向に関する調査研究

(Future course for pavement constructing technology
by evaluating emissive amount of carbon dioxide)

田 井 文 夫*・長谷川 淳 也**

本論文は、各種舗装工法のCO₂排出量を定量的に評価し、本格的な管理の時代へ対応するとともにCO₂削減をはかる舗装技術の方向に関する調査研究結果をとりまとめたものである。CO₂排出量の算定は、CO₂原単位を設定し、材料、混合物製造方法および施工の3段階で行い、算定対象は通常使用される工法、省エネ型材料および混合物製造方法、再生工法などとした。CO₂排出量の評価は、各工法の100m²当りの排出量などを評価指標とした。CO₂排出量の評価結果と舗装を取り巻く状況から、今後、取り組むべき舗装技術の方向を提案し、事例研究として予防的維持工法を組み入れた補修計画を従来の補修計画の場合と比較し、両者のCO₂排出量を検討した。その結果、各種舗装工法のCO₂排出量による位置づけを明らかにし、舗装技術の方向を定め、予防的維持を組み入れた補修計画の有効性を示した。

1. まえがき

環境に配慮した舗装技術としては、種々のものが研究開発され、既に実用に供されているものもある。その検討においてグローバル性、長期対応性も含め最大の課題は、地球温暖化ガスの大半を占めるCO₂の排出量削減への対応である。

道路分野におけるCO₂排出量は、わが国全体の約1%¹⁾と影響度の少ない分野ともいえる。しかし、道路舗装で使用するアスファルト、セメント、骨材などの材料はその製造に多くのエネルギーを要し、それにとともにCO₂を排出させること、また舗装は、国民が最も直接的に利用するものであることから舗装においてもCO₂削減に率先した対応が必要である。

一方、舗装に関するCO₂排出量は、これまで舗装工事、河川工事など大分類における算定、ある特定な舗装工法における算定などは報告されてきた^{1), 2)}。しかし種々の工法について評価し、CO₂削減の観点から各工法を位置づける点では不十分な面がみられる。また、CO₂削減に有効であるとともに本格的な管理の時代へ対応できる舗装技術の方向を整理、提言することも今日的な課題である。

これらのことから本調査研究では、CO₂削減の方向

を見極めるための各種舗装工法のCO₂排出量の算定、評価と舗装技術の方向に関する検討を目的とした。すなわち各工種におけるCO₂排出量をまず算定し、通常使用されている工法をベースとした比較により各工法のCO₂削減効果を評価した。次にCO₂削減効果があると評価された工法を①既に実用に供されているもの、②今後研究開発、実用化を進めるべきものに区分し、今後の技術展開における位置づけを行った。さらに②については、舗装のニーズと関連づけ、舗装技術の方向として提示した。また、有効なCO₂削減策として予防的維持工法を組み入れた補修計画の検討例をケーススタディとして示した。

2. 各種舗装工法のCO₂排出量の評価

2.1 評価目的と評価対象舗装工法

各種舗装工法のCO₂排出量の評価は、まず各工法の排出量を算定し、その排出量からみて、各工法はどう位置づけられるか、CO₂削減に効果のある工法は何か、削減効果からみて今後どう技術展開すべきかを見極めることを目的とした。

評価の対象とした舗装工法は、CO₂削減効果の評価の際にベースとする通常の表層、基層および路盤に使

*たい ふみお 日本道路(株)技術研究所環境技術開発室室長

**はせがわ じゅんや 日本道路(株)技術研究所環境技術開発室

用される工法（以下、通常工法）とCO₂削減効果があると考えられる表－１に示した各工法である。表－１に示した各工法は、①材料段階、混合物の製造段階におけるCO₂削減に着眼した工法、②新規材料の使用数量低減によるCO₂削減に着眼した工法、③使用材料数量自体の低減によるCO₂削減に着眼した工法、④ライフサイクルにおけるCO₂削減に着眼した工法である。これら工法には、既に実用に供されているものと、研究開発品で、実用化が進められているものにとりあ

げた。

2.2 CO₂排出量の算定方法

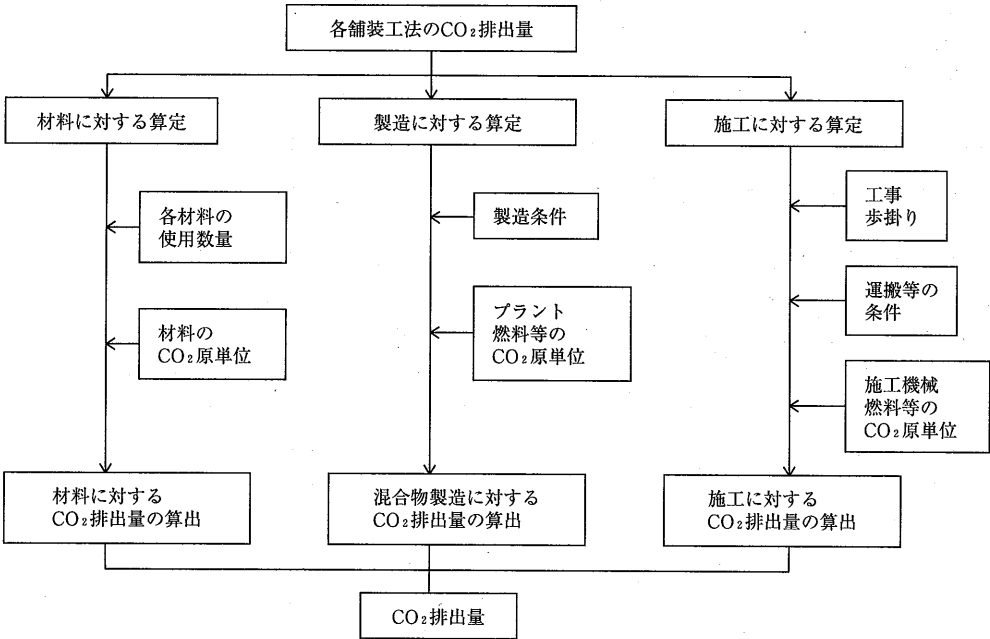
(1) 算定手法

各舗装工法のCO₂排出量算定フローは、図－１に示すとおりであり、CO₂排出量は、材料、混合物の製造、施工の各段階ごとに算定した。算定手法は、土木研究所の方法に準じて積算における（数量）×（単価）のかわりに、（数量）×（CO₂原単位）を用いて算定する手法とした¹⁾。

表－１ 評価対象とした舗装工法（参考文献３）より作成

環境対応，CO ₂ 削減の着眼点	舗装技術の方向	評価対象舗装工法
省エネ型材料，混合物製造方法	加熱混合万能からの転換 中温化，常温化舗装技術*	・中温化工法 ・改質乳剤混合物（表層用） ・マイクロサーフェシング ・乳剤混合物（路盤用）
リサイクル	・舗装発生材再生混合物* ・道路外発生材再生混合物の取り入れ	・プラント再生 ・路上再生路盤 ・路上表層再生
使用材料の数量低減	要求されるサービス機能を満足する薄層化舗装*	薄層オーバーレイ
ライフサイクルアセスメント （解析期間に対するCO ₂ 総排出量による評価）	・予防的維持工法の活用* ・長寿命化舗装*	・マイクロサーフェシング ・薄層オーバーレイ ・改質アスファルト混合物 ・半たわみ性混合物

[注] *を付した舗装技術の方向に関する工法を評価対象とした。



図－１ CO₂排出量の算定フロー

(2) 算定条件

1) CO₂原単位

CO₂原単位とは、一単位当たり（たとえば材料1トンなど）のCO₂排出量のことをいい、炭素換算トンで一般的に示される。CO₂原単位には、表-2に示すように直接的に排出されるCO₂と間接的に排出されたCO₂を合計したものをを用いた¹⁾。

CO₂原単位は、材料、プラント、施工機械、運搬車両について設定したが、ここでは、CO₂排出量の大部分を占める材料の原単位を図-2に示す。各材料の原単位は、参考文献2), 4)に示された原単位または2)による原単位の設定方法を適用して設定した。

図-2から、セメント、石灰のCO₂原単位は、アスファルトの約2倍であり、アスファルトは骨材よりも1オーダー大きいこと、再生骨材は、骨材（新規骨材）

よりも1オーダー小さいことなどがわかる。なお、CO₂原単位に着眼すると、原単位の大きな材料を用いる場合は、耐久性を含め、耐用期間を長くさせることや使用数量を低減させた使用を考えること、再生骨材の利用を進めるとともに、将来の再生または再々生利用が困難と想定される材料は使用しないことなどがCO₂削減において、重要と考えられる。

2) その他の算定条件

各工法の工事歩掛かりは標準歩掛かりを適用し、運搬条件は表-3に示す⁵⁾。

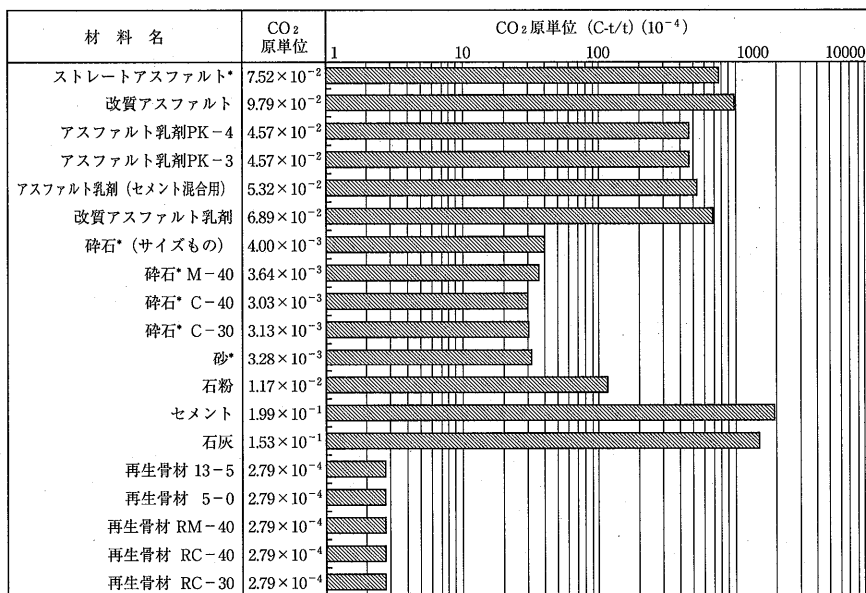
表-3 運搬条件

項 目	アスファルト	アスファルト以外の材料	舗装用混合物	各種施工機械
運搬距離（片道）	240	20	20	50

(km)

表-2 CO₂の直接的排出と間接的排出

項 目	直接的排出	間接的排出
材料の製造	材料の製造にともなう排出量	生産設備の製造で排出されたCO ₂ のうちの材料製造に対して案分される排出量
舗装用混合物の製造	同上	同上
材料の運搬	運搬車両の走行にともなう排出量	車両製造で排出されたCO ₂ のうちの運搬距離に対して案分される排出
施工	施工機械の稼働にともなう排出	施工機械の製造で排出されたCO ₂ のうちの施工機械稼働時間に対して案分される排出



(注) 生産エネルギーのみ、運搬エネルギーは含まない。

・*を付したものは、参考文献2), 4)による。

図-2 材料のCO₂原単位

2.3 CO₂排出量の評価方法

各工法のCO₂排出量による今後の技術展開における位置づけを行なうために用いた評価方法は、次のとおりである。

1) 各工法の位置づけは、通常工法のCO₂排出量をベースとした比較で行った。CO₂排出量の評価方法は、以下に示す。

① 混合物製造方法に対する評価は、混合物製造1トン当りのCO₂排出量を評価指標とした。

② 舗装用混合物に対する評価は、上記①と同様に、混合物1トン当りのCO₂排出量を用いてよいとも考えられるが、ここでは舗装を構成する層としての質を重視し、100㎡当りT_A = 1 cmとなる混合物所要数量におけるCO₂排出量を評価指標とした。すなわち、混合物1トン当りのCO₂排出量が少ないからといって、等値換算係数の小さな混合物では所定のT_Aを満足するために層厚が厚くなり、使用数量の増大にともなってCO₂排出量が結果的に増加することもあると考えたことによる。

③ 舗装工法に対する評価方法は、一日当たりの施工数量に対するCO₂排出量を100㎡当りに換算した排出量を評価指標とした。

2) CO₂削減に有効な工法は、通常工法に対して15%程度以上の削減効果のある工法とした。これは、わが国のCO₂排出量が1990年（基準年）の水準より8%増大していること、京都会議（COP3）における削減率6%を併せて考慮したことによる。

2.4 CO₂排出量の評価結果

2.4.1 通常工法に用いる舗装用混合物

舗装用混合物のCO₂排出量は、混合物1トン当りの値で示すことが一般的といえる。表-4は、混合物1トン当りのCO₂排出量と100㎡、T_A = 1 cmとなる混合物所要量当りの排出量を対比して整理したものである。常温式のアスファルト乳剤安定処理のCO₂排出量は、

混合物1トン当たりでは密粒よりはるかに低いが、100㎡、T_A = 1 cm当りでは高くなる。このような傾向は、アスファルト安定処理と密粒の間でもみられる。これらのことは、CO₂排出量の評価に当たって2.3で述べたように舗装を構成する層の質を考慮に入れる必要のあることを示している。図-3は通常工法で使用する舗装用混合物を含めた各種工法の混合物のCO₂排出量（100㎡、T_A = 1 cmとなる混合物所要量当り）を示す。ここでいう通常工法は図中に*を付したものである。

アスファルト、セメントおよび石灰を使用した舗装用混合物のCO₂排出量は、その製造方式（加熱式または常温式）によらず、これら混合物の等値換算係数に左右される。すなわち、等値換算係数の大きな混合物ほどCO₂排出量が一般に低くなる。これは、アスファルト、セメントなどCO₂原単位の大きな材料を用いた混合物は、舗装を構成する層の質を高めた利用、あるいは耐久性の高い混合物とし耐用期間を長くすることの重要性を示している。

表基層用、上層路盤用アスファルト混合物のCO₂排出量は、その約55%が材料、約45%が製造においてである。これは省エネ型材料の使用や混合物製造方法の必要性を示している。

2.4.2 省エネ型材料および混合物製造方法

(1) 省エネ型材料

省エネ型材料としては乳剤混合物をとりあげた。すなわち、表層用改質アスファルト乳剤混合物とアスファルト乳剤安定処理混合物である。

改質アスファルト乳剤混合物（等値換算係数は、1.0と仮定）は、図-3に示すように密粒（ストアス）に対して約25%程度のCO₂削減が可能である。このタイプの混合物は、世界的に研究開発が進行中であり、改質アスファルト乳剤を用いた表層用常温再生工法（路上およびプラント）への展開も含めて、今後、さらに取り組む技術と位置づけられる。

表-4 舗装用混合物のCO₂排出量

(c-t/t)

舗装用混合物の種類	等値換算係数	混合物1トン当りのCO ₂ 排出量* (①)	T _A = 1となる混合物所要量 (t/100㎡) (②)	T _A = 1となる混合物所要量におけるCO ₂ 排出量 (①×②)
密粒	1.00	1.42×10^{-2}	2.35	3.33×10^{-2}
アスファルト安定処理	0.80	1.29×10^{-2}	2.94	3.78×10^{-2}
アス乳剤安定処理	0.55	8.30×10^{-3}	4.13	3.43×10^{-2}
セメント安定処理	0.55	1.16×10^{-2}	3.91	4.53×10^{-2}

*混合物1トン当たりの使用材料と製造にともない排出されるCO₂

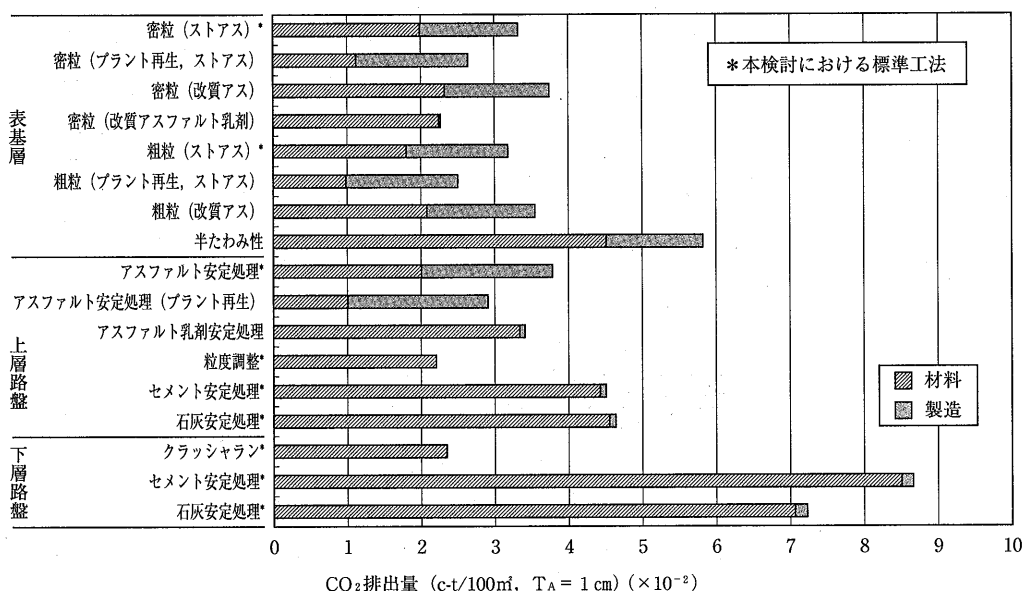


図-3 各種舗装用混合物のCO₂排出量

アスファルト乳剤安定処理混合物は、アスファルト安定処理に対して約5%程度のCO₂削減効果で、削減効果は低い。

(2) 省エネ型混合物製造方法

省エネ型混合物製造方法として中温化工法をとりあげた。

図-4は、フォームドアスファルト工法による中温化のCO₂削減効果を示したものであるが、通常の混合物製造方法に対して約15%程度の削減効果がある。また、中温化工法による改質アスファルト混合物の製造は、通常の製造法によるストアス混合物よりもCO₂排出量は少ない。

中温化工法は、加熱アスファルト混合物へ幅広く適用でき、適用機会が多いと考えられることから製造段階におけるCO₂削減技術の一つと位置づけられる。

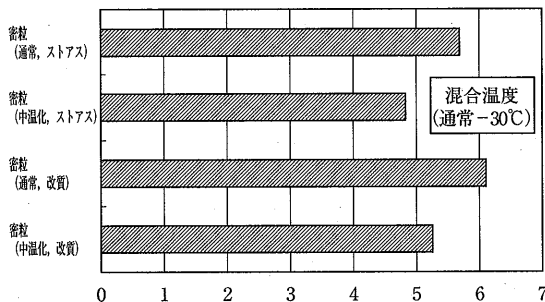


図-4 中温化工法（製造時）のCO₂排出量 (c-t/混合物 1 トン) (× 10⁻³)

2.4.3 再生工法

(1) プラント再生工法

再生加熱アスファルト混合物（再生骨材混入率：30%）のCO₂削減効果は、図-3に示すように新規混合物に対して約35%程度であり、非常に大きい。再生骨材の利用は、自然資源の保全にもつながるもので、プラント再生工法は、CO₂削減における重要な基幹技術である。

(2) 路上再生路盤工法

図-5は、構造的に破壊した既設舗装を路上再生路盤工法により補修した場合のCO₂排出量を示す。路上再生路盤工法は、従来の打換え工法に対して約50～60%と極めて大きなCO₂削減効果がある。この工法は、CO₂削減の面でも構造的に破壊した中軽交通道路における主要な工法と位置づけられる。

(3) 路上表層再生工法

路上表層再生工法を用いた補修におけるCO₂排出量を、図-6に示す。この工法は、表層切削打換えにおいて新規混合物および再生混合物を用いた場合に対して約40%および約15%のCO₂削減効果がある。しかし、CO₂排出量の低下は新規混合物の使用量の少なさに起因するものであり、施工における排出量はかなり大きい。また、この工法は、施工技術がかなり難しいものであり、プラント再生よりも品質の安定化が難しい場合がある。このため耐久性も劣るケースもあり、技術力向上がなお必要であることに留意する必要がある。

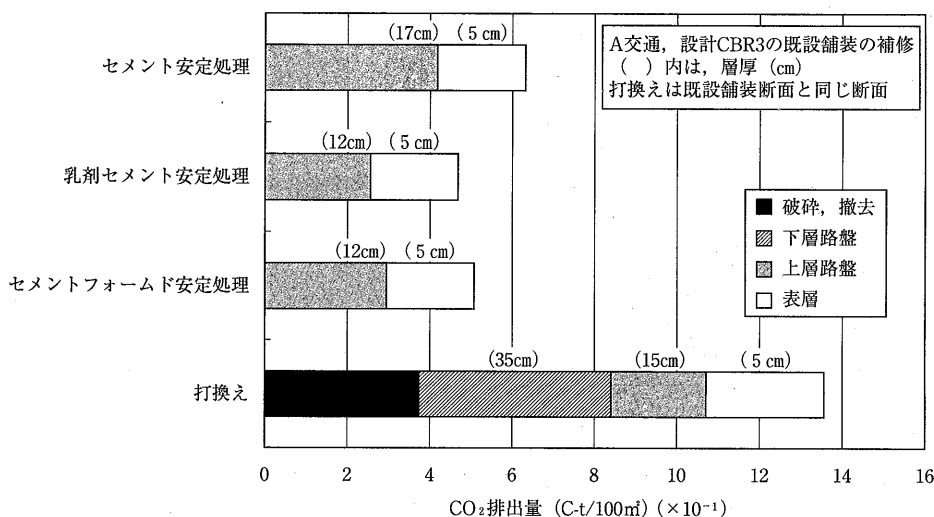


図-5 路上再生路盤工法による補修のCO₂排出量

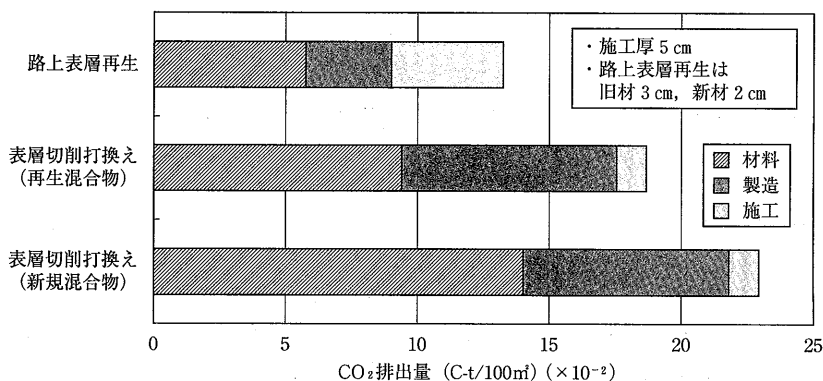


図-6 路上表層再生工法による補修のCO₂排出量

2.4.4 予防的維持工法

予防的維持工法としてマイクロサーフェシングと薄層オーバーレイをとりあげた。図-7はCO₂排出量を示す。

マイクロサーフェシングおよび薄層オーバーレイは、オーバーレイ (30mm) に対して約40%および約10%のCO₂削減効果となる。これらの工法は、本格的な舗装の管理の時代に対応できる技術であり、薄層であることから自然資源の保全にも寄与する。またマイクロサーフェシングは予防的維持としての適用が始められたこと⁷⁾、薄層オーバーレイは路面の排水性、騒音低減効果なども付与されることも可能と考えられることから、今後展開していくべき重要な技術と位置づけられる。

2.4.5 高耐久性混合物

長寿命化舗装に適用されることのある改質アスファ

ルト混合物 (表基層) のCO₂排出量は、図-3に示すように密粒 (ストラス)、粗粒 (ストラス) に対して約1.1倍である。また半たわみ性混合物 (基層) のCO₂排出量は、約1.8倍である。いいかえれば、これら混合物は、その耐用年数が通常工法の2倍以上になればCO₂削減効果がでてくることになる。これは、現実的に可能なレベルである⁶⁾。よって、これら高耐久性混合物はCO₂削減の面でも長寿命化が要求される路線において適用すべきものと位置づけられる。

2.4.6 評価結果のまとめ

各工法のCO₂排出量の評価結果にもとづき、CO₂削減効果のある工法と今後の技術展開における位置づけをまとめたものが表-5である。CO₂削減効果があり、今後研究開発、実用化を進めていく工法は、表層用改質アスファルト乳剤混合物、高機能性を付与させた薄層オーバーレイ、マイクロサーフェシングが中心となる。

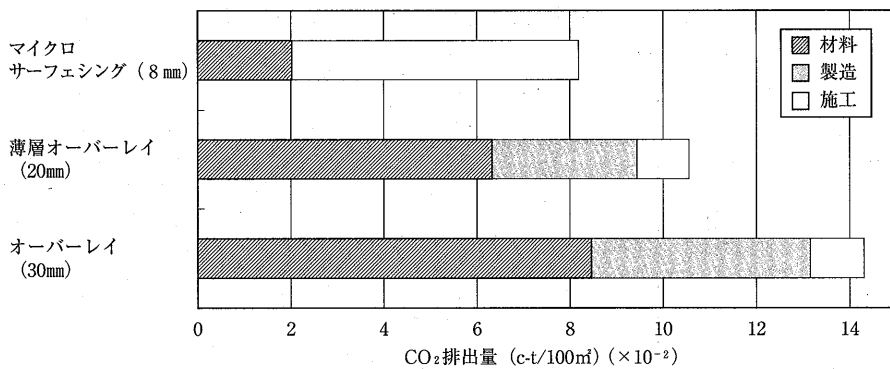


図-7 予防的維持工法のCO₂排出量

表-5 CO₂削減効果のある各工法と今後の技術展開における位置づけ

項 目	工 法	比較のベースとした通常工法	CO ₂ 削減効果 (%)	今後の技術展開等
省エネ型材料等	改質乳剤混合物 (表層)	密粒 (ストアス)	約25%	研究開発
	中温化工法	通常の混合物製造方法	約15%	実用化の検討, 供用性の確認
リサイクル	プラント再生	新規混合物	約35%	舗装事業に積極的利用
	路上再生路盤工法	打換え	約50%	舗装事業に積極的利用
薄層化舗装および予防的維持工法	薄層オーバーレイ (20mm)	オーバーレイ (30mm)	約10%	高機能性タイプの研究開発, 実用化
	マイクロサーフェシング (8mm)	オーバーレイ (30mm)	約40%	実用化, 耐用年数の確認
高耐久性混合物	改質アスファルト混合物	密粒 (ストアス)	*	耐用年数の確認
	半たわみ性混合物	粗粒 (ストアス)	*	耐用年数の確認

*耐用年数の長期化によるCO₂削減効果

3. CO₂排出量を配慮した舗装技術の方向

3.1 舗装技術の方向

2.4.6で示したように、CO₂削減効果があると評価され、今後研究開発、実用化をさらに進めるべき技術は改質アスファルト乳剤混合物、薄層オーバーレイ、マイクロサーフェシングである。これら技術を中心に、舗装のニーズ（新道路技術5箇年計画を参考）との対応を整理し、舗装技術の方向としてまとめたものが、表-6である。すなわち、舗装技術としては本格的な管理の時代への対応技術、環境への対応技術が中心となる。また、具体的な個別技術の検討とともにライフサイクルコストおよびライフサイクルアセスメント（解析期間におけるCO₂総排出量）の検討が重要である。たとえば、効率的な補修技術については、次のようになる。すなわち薄層オーバーレイ、マイクロサーフェシング、サーフェスドレッシング（散布式表面処理工法）は、補修計画における適用時期と補修後の供

用性などの検討である。また、これら技術は、コスト面でもCO₂削減の面でも合理性をもつ道路種別等に依じた舗装の保全、補修技術として確立していく必要がある。

3.2 予防的維持を組み入れた補修計画によるCO₂削減の検討

ここでは、効果的な補修技術のひとつとして3.1でとりあげたマイクロサーフェシングを予防的維持工法として組み入れた補修計画におけるCO₂削減の検討例を示す。検討は、橋面舗装を対象とし⁷⁾、解析期間20年におけるCO₂総排出量と補修費によって従来型の補修計画の場合と比較した。

従来型補修計画では、補修レベルに達してから適切な補修をくり返すことになる。本検討例では図-8に示すように、現在補修レベルに達しておらず既設舗装の状態、交通量の増大傾向等から2年後の打換えと仮定した。打換えの耐用年数を10年とすると、12年後に

表－6 CO₂排出量を配慮した舗装技術の方向

ニーズ		少 ← 大型車交通量 → 多
A. 本格的な管理時代への対応	長寿命化舗装技術	高耐久性混合物
	効率的な補修技術	高機能性薄層オーバーレイ
		マイクロサーフェシング
		サーフェスドレッシング
B. 環境	省エネ常温舗装技術	表層用改質乳剤混合物
	リサイクル	表層用常温再生工法（路上およびプラント） 排水性混合物の再生
C. 安全・安心*	安全性	
	快適性	

*舗装技術に共通

再度打換えまたは、表層の切削打換えとなる。一方、予防的維持を取り入れた補修計画では、既設舗装は現在補修レベルに達していないが予防的にマイクロサーフェシングを現時点で適用すると仮定した。その耐用年数を5年とすると、5年後に2回目の適用を行い、10年後に打換えとなる⁷⁾。

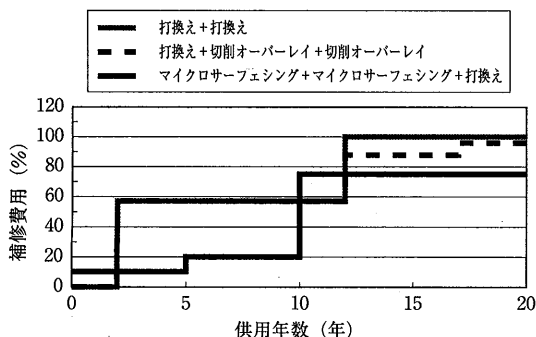
図－8、9は、補修費とCO₂排出量を示す。予防的維持を取り入れた補修計画は、試算段階ではあるが、従来型よりもコスト面で約20%の削減、CO₂排出量の面で約25%の削減となり、有効なCO₂削減策となる可能性が示されている。

4. まとめ

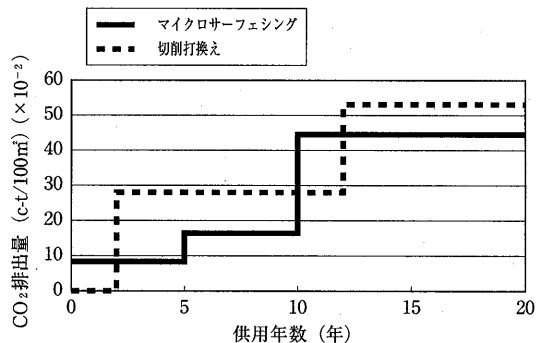
以上、CO₂排出量による各種舗装工法の評価と位置づけ、CO₂削減効果と舗装のニーズへの対応から今後

の舗装技術の方向に関する検討について述べてきた。その主な結果は、以下のとおりである。

- ① 各工法のCO₂排出量の評価結果にもとづき、CO₂削減効果があると評価された各工法を今後の技術展開の立場から、その位置づけを明らかにした。すなわち、今後、技術展開をはかるべき舗装技術は、表層用改質アスファルト乳剤、高機能性を付与させた薄層オーバーレイ、マイクロサーフェシングである。（表－5参照）
- ② 上記①に示す3工法とともに、高耐久性混合物、サーフェスドレッシング、表層用常温再生（路上およびプラント）、排水性混合物の再生を舗装のニーズへの対応、おおよその適用区分との関係で整理し、CO₂削減を配慮した今後の舗装技術の方向として提示した（表－6参照）。また、今後検



図－8 ライフサイクルコストの比較⁷⁾
(解析期間20年)



図－9 ライフサイクルアセスメントの比較
(解析期間20年)

討を進めるべき個別の技術では、技術的課題の検討とともにライフサイクルに対するコスト、CO₂総排出量による評価の重要性を指摘し、予防的維持を組み入れた補修計画の導入が有効となる可能性の高いことを示した。

5. おわりに

環境への対応は、舗装技術においてもますます重要度を高めてくる。舗装技術の方向として提示した個別

技術の検討は既に実施されている。いずれの個別技術も重要であるが、効率的な補修技術への対応がとりわけ重要と考えられる。予防的維持工法が、ライフサイクルに対するコスト、CO₂削減の面で有効なことは、調査研究の段階で一応示された。しかし、予防的維持工法の有効性を信頼性の高いものとするためには、既設舗装の状態による適切な工法適用時期、耐用期間の確認など残された課題もある。今後これら課題に取り組んでいきたいと考えている。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所地質化学部化学研究室，積算技術センターシステム課；資源・エネルギー消費，環境負荷の算定手法の開発と実態調査報告書（その1）；土木研究所資料第3167号，平成5年2月
- 2) 建設省土木研究所地質化学部化学研究室；資源・エネルギー消費，環境負荷の算定手法の開発と実態調査報告書（その2），資源，エネルギー消費量及びCO₂発生量の積み上げ計算，土木研究所資料第3256号，平成6年3月
- 3) 坂田耕一；舗装における技術的諸課題と対応，日本道路協会東北地区講習会テキスト，平成11年11月
- 4) セメント協会；道路舗装のエネルギー消費量と経済性，セメントコンクリートNo.383，pp.33-47，1979
- 5) 建設省大臣官房技術調査室監修；建設省土木工事積算基準平成9年度版
- 6) 片山敏男，阿部文雄，片谷良伝；半たわみ性コンポジット舗装の長期供用性について，第22回日本道路会議論文集(C)，pp58-59，平成11年
- 7) 河野英雄，上田忠夫，三浦大介；橋面舗装補修計画における予防的維持の検討－本州四国連絡橋大三島橋の検討例，第23回日本道路会議一般論文集(C)，pp420-421，平成11年

石油アスファルト統計年報（平成10年度版）

A 4：26ページ ￥500（送料は実費）毎年8月発行

アスファルトに関する統計資料を網羅し、年一回発行する統計年報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

申込先

〒100-0014 東京都千代田区永田町2丁目10番2号
秀和永田町TBRビル514号室
社団法人 日本アスファルト協会

目次

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

常温路上再生（CIR）工法について

舗装においても環境への配慮として発生材の削減および現位置での再利用、CO₂の発生抑制やコスト縮減が重点課題として、その解決が求められています。今回紹介する常温路上再生工法は、これらの課題を解決する工法として期待されます。現在、我が国で行われている路上表層工法は路面を加熱してかきほぐすタイプですが、CIR工法は常温で切削し、この切削材を粒

度調整しバインダーとして乳材を用いて再舗設するものです。導入に当たっては、適用条件、施工性、供用性能やコストなどまだ検討すべき課題が残されていますが一考する価値は十分あると思われます。

（研究グループ代表幹事：峰岸順一）

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

* は班長 ** は副班長

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

*阿部長門 東亜道路工業(株)技術研究所

市岡孝夫 前田道路(株)技術研究所

伊藤達也 ニチレキ(株)技術研究所

打田幸平 日進化成(株)第一技術研究所

江向俊文 前田道路(株)技術研究所

岡藤博国 世紀東急工業(株)技術部

鎌田孝行 常盤工業(株)技術研究所

**金井利浩 鹿島道路(株)技術研究所

黒田 智 日本舗道(株)技術研究所

*小関裕二 大林道路(株)技術研究所

*佐々木徹 建設省土木研究所材料施工部化学研究室

佐々木昌平 日本舗道(株)技術開発部

佐藤雅規 ジオサーチ(株)

清水浩昭 世紀東急工業(株)技術研究所

島崎 勝 大成ロテック(株)技術部

菅野伸一 常盤工業(株)技術研究所

鈴木秀輔 大成ロテック(株)技術研究所

鈴木康豊 (株)パスコ道路技術センター

鈴木 徹 大林道路(株)技術研究所

鈴木俊行 ニチレキ(株)技術研究所

**関口英輔 日本大学理工学部阿部研究室助手

高橋光彦 大成ロテック(株)技術研究所

高田祥子 日本道路(株)技術本部技術研究所

武本敏男 東京都土木技術研究所技術部化学研究室

**立石大作 日石三菱(株)中央研究所

東本 崇 大林道路(株)技術研究所

**玉木琢雄 大成ロテック(株)技術部

早川洋子 (株)パスコ道路技術センター

林 信也 鹿島道路(株)技術研究所

藤井一章 日進化成(株)第一技術研究所

舟根 毅 常盤工業(株)技術研究所

前田 利明 東亜道路工業(株)技術研究所

*増山幸衛 世紀東急工業(株)技術部技術一課

村田信之 日本舗道(株)企画部

安井由喜夫 ニチレキ(株)道路エンジニアリング部

山脇宏成 (株)ガイアートクマガイ技術研究所

矢島浩二 昭和シェル石油(株)

吉村啓之 前田道路(株)技術研究所

計39名

常温路上再生 (CIR) 工法について

市 岡 孝 夫*・鈴木 徹**・越 健太郎***・佐 藤 雅 規****
玉 木 琢 雄*****・林 信 也*****・増 山 幸 衛*****

1. はじめに

CIR (Cold In-place Recycling) 工法とは、既設アスファルト舗装を切削または破碎し、これにリサイクリング添加剤 (主にアスファルト乳剤) 等を添加・混合し再び原位置において常温で舗設する工法である。この工法は、1970年代後半のオイルショック以降の石油およびアスファルトの価格が急騰した時代から全米各地で注目を集めはじめ、特に良質の骨材が慢性的に不足している地域において低コストな修繕工法として広く採用されるようになった。CIR工法は、通常4～10cm厚で表・基層を改良する工法であるが、25～30cm厚までの路盤層を含む改良の可能なDCIR (Deep Cold In-place Recycling) 工法もある。

本報文は、CIR工法の代表的な施工方法および北米における現状と問題点等について文献^{1)～11)} およびヴァルトゲンの施工マニュアル¹²⁾ をもとにとりまとめたものである。

2. CIR工法の概要

2.1 有効性

CIR工法は既設舗装材の再利用が可能であり、現場発生材を使用することによる資材運搬量の削減および常温施工のため加熱用の燃料が不要であり、また、それに伴い建設コストの削減にもつながり省資源・省エネルギー対策に有効な工法である。

2.2 層係数

CIR混合物の性状は、路盤材と加熱アスファルト混合物の中間的性状を示すとして、0.25～0.30の層係数が提案されているが、表-1に示すようにASSHTOの層係数¹³⁾ との比較においては瀝青安定処理路盤とは

表-1 層係数

混合物	層係数
常温路上再生 (CIR)	0.25～0.30
粒状路盤	0.06～0.14
セメント安定処理路盤	0.10～0.28
瀝青安定処理路盤	0.10～0.30
加熱アスファルト混合物	0.20～0.44

は同等であると言える。

2.3 適用場所

米国におけるCIRの適用場所に関する調査結果を図-1に示す。ほぼ全ての交通量の道路に適用されているが、地域によっては、CIRの適用を軽交通路線の表基層および路盤層に限定しているところもある。本報文ではアスファルト舗装に限定して述べる。

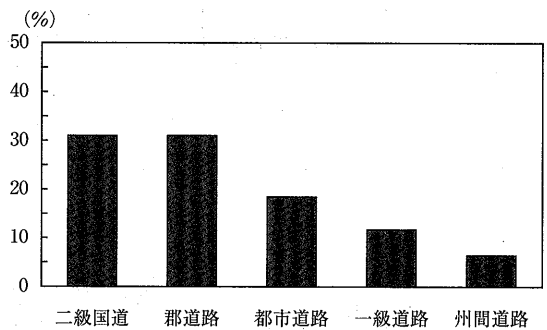


図-1 適用場所²⁾

2.4 施工機械

CIR工法は、北米では別名「トレイン工法」とも呼ばれ幾つかの工程を分担する各施工機械の編成によって構成されており、敷均しおよび転圧は、通常の舗設

*いちおか たかお 前田道路㈱技術研究所

**すずき とおる 大林道路㈱技術研究所

***こし けんたろう 前田道路㈱技術研究所

****さとう まさみ ジオサーチ㈱調査部

*****たまき たくお 大成ロテック㈱エンジニアリング室

*****はやし しんや 鹿島道路㈱技術研究所

*****ますやま ゆきえい 世紀東急工業㈱技術研究所

機械が使用される。以下に代表的なCIR工法の機械編成および特徴を示す。

(1) フルスリーユニット

フルスリーユニットは、路面切削、破碎、分級、乳剤添加・混合の個々の機能を有する機械を組み合わせ、連結した編成になっている（図-2参照）。特徴としては最大粒径37.5mmのRAP（Reclaimed Asphalt Pavement）を製造可能であり、最大粒径は分級・破碎ユニットにより変更可能である。乳剤はベルトコンベア上で計測されたRAP重量に対して電子制御で適量が添加される。日施工量は3.8m幅で3.2～9.6kmの施工が可能である。ただし、大型の機械編成（32m程度）となるため、都市部では適用が難しいとされている。

(2) マルチユニットリサイクラ

マルチユニットリサイクラは、図-3に示すようにリサイクルに必要な機能を全て一台に持たせたものであり、最大粒径50mmのRAPを製造可能である。粒径は、リサイクラの前進速度により調整し、速度が速い場合には粗くなり、反対に遅い場合には細くなる。

乳剤の初期設定量は、切削深さ・幅・前進速度によって決定されるが、路面にわだち掘れ、段差が生じている場合には乳剤量の調整が困難とされている。1日の施工量は、3.8m幅で1.6～3.2kmが可能である。機械編成がコンパクト（15m程度）なため都市部および小規模修繕に適している。

(3) 2ユニットトレイン

2ユニットトレインは、切削機と自走式ミックスベーパー（乳剤添加・混合・敷均し）を連結することによって構成される。フルスリーユニットとマルチユニットリサイクラの中間的な特徴を持つ。

2.5 使用材料

(1) アスファルト乳剤

アスファルト乳剤は、ミディウムセッティンググレイド（MS）、カチオン系ミディウムセッティンググレイド（CMS）またはハイフロート乳剤を使用する。細粒分またはアスファルト量が多い既設舗装の場合には、カチオン系スローセッティング乳剤（CSS-1h）を使用する。なお、これらの乳剤の性状は、ASTM

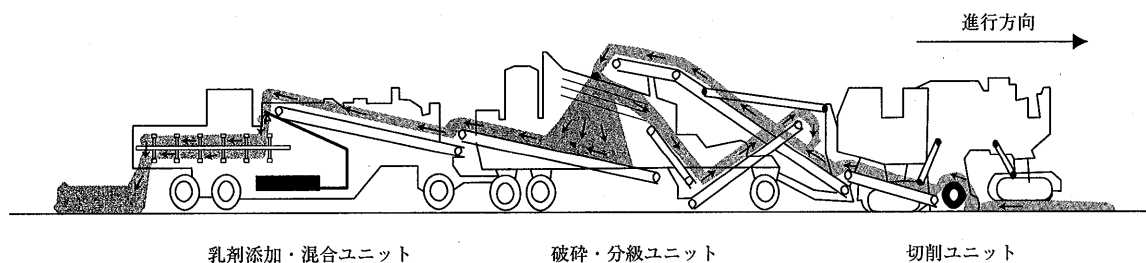


図-2 フルスリーユニットの概略図

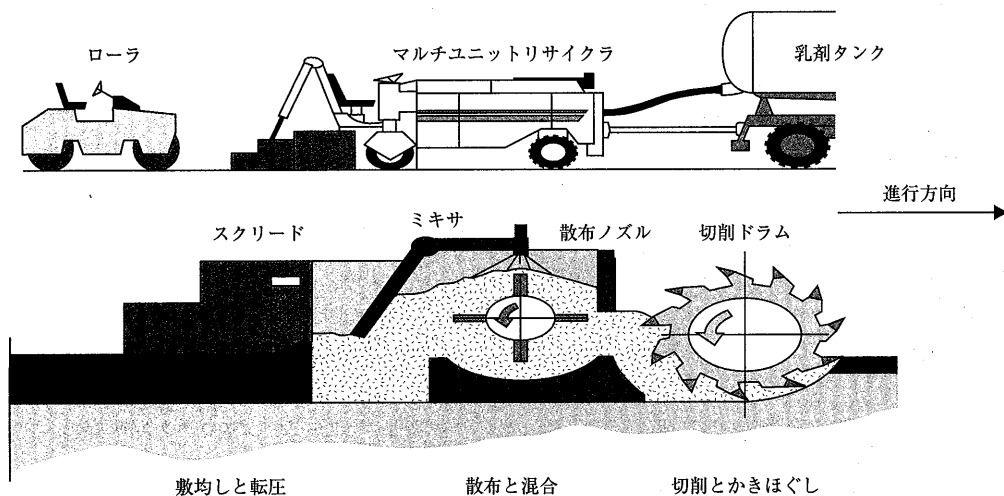


図-3 マルチユニットリサイクラの概略図

D2397-94に記されているが、アメリカと日本とでは乳剤に関する試験法および規格が異なるため直接的な比較はできない。

(2) 固化材

固化材は、CIR混合物の初期強度の増加、わだち掘れおよび水に対する抵抗性の向上を目的として添加するものであり、通常、普通ポルトランドセメントおよび消石灰等を使用する。

(3) 添加水

添加水は、アスファルト乳剤の分解を抑制し、骨材へのコーティングを助け、転圧時の最適含水比を確保するものである。また、切削ヘッド（切削ドラムの刃）の加熱防止およびダストコントロール（防塵対策）としての効果もある。

(4) 補足骨材

既設舗装にわだち掘れが発生している場合には、混合物の安定性を改善するために補足骨材を添加する必要がある。また、RAP粒度の調整および既設アスファルト舗装の舗装厚が不足している場合などにも添加する。補足骨材は、通常切削機の前面に散布して添加を行い、補足骨材の粒度および補足量は室内試験により決定されるが、通常は15～50%補足している。そのため、CIRは原則としてかさ上げを行うこととなる。

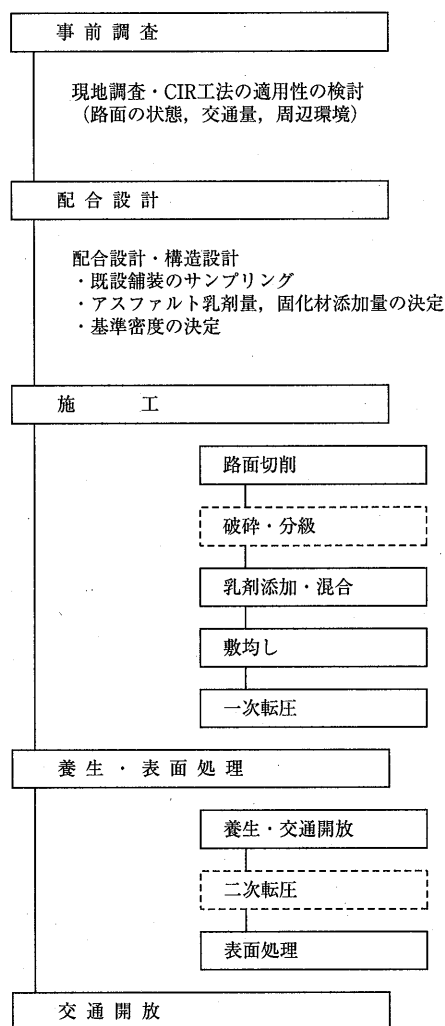
2.6 代表的施工手順

図-4に代表的なCIR工法の施工手順を示す。施工の詳細は、3章で示す。

3. 施 工

3.1 事前調査

- (1) 路面観察によって舗装の破壊の種類および程度を把握し、交通荷重による破壊（亀甲状クラック）なのか温度収縮等によるクラックなのか確認する。また、永久変形（わだち掘れ、コルゲーション）および隆起に伴うこぶ、沈下に伴う陥没および表面損傷（摩耗、ブリージング、フラッシュ）がないか確認する。
- (2) 既設舗装の舗装構成および厚さと路盤の状態を施工当時の記録等を参考にし、抜取りコアおよび試験により調査する。
- (3) アスファルト混合物厚さあるいは粒状もしくは安定処理路盤（セメント、消石灰等）厚さが、CIR施工機械を支持するのに十分であるか検討する。
- (4) 現場状態によってCIR工法の適用が難しいことがある。特に現場にマンホールや水道管が有る場合、



〔 〕は、行わない場合がある。

図-4 代表的施工手順

縦断勾配が5%以上の路線、交通規制区域（760m）を確保できない路線、広範囲にわたって日陰が続く路線（長期間の養生を必要とするため）などは、CIR工法の適用が難しいとされている。

3.2 配合設計

3.2.1 サンプリング方法

米国での採用実績によれば、既設舗装のサンプリング方法としては、小型切削機によって試験的に切削を行い試料を採取する方法（45%）、ブロック状の試料を採取する方法（45%）、抜取りコアによる採取方法（10%）があり、これらの試料を用い、室内において既設舗装の骨材粒度、アスファルト含有量および回収アスファルトの針入度、粘度等を調べる。

3.2.2 配合設計方法

配合設計方法については、各機関により異なるが、具体的に提案されている2つの例と配合設計を行う上での留意点を以下に示す。

(1) カナダ・オンタリオ州における配合設計方法

①乳剤添加量を0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5%変化させた供試体をa)～d)の手順によって作製する。

a) 1バッチ3,500gの代表的な切削試料を用意し、気乾状態の水分量を測定したのち60℃で1時間乾燥させる。

b) 現場において予想される水分量(4.5%)になるように水および乳剤を加えて混合し、コーティング状態を確認する。

c) 混合物をバットに広げ、60℃で1時間(敷均しと初期転圧時間を想定して)養生する。

d) マーシャルモールドに詰め、両面各50回突きにて突き固める。

②各乳剤量における試験をa)～d)にしたがって行う。

a) 3個の供試体のかさ密度を測定する。

b) 理論最大密度を決定する。

c) 空隙率を計算する。

d) 22℃(室温)において2個、60℃において1個ともに非水浸でマーシャル安定度およびフロ一値を測定する。

③最適乳剤量を、a)～b)の方法で決定する。

a) 各乳剤量に対してかさ密度、空隙率、マーシャル安定度(22, 60℃)をプロットする。

b) マーシャル安定度の下限値は、9.0kN(22℃)、4.5kN(60℃)で、空隙率の範囲は、8～12

である。

施工者は工程を進めていき必要に応じて、現場において乳剤量と水分量および両方を適正乳剤添加量の範囲内で増減させることが出来る。

(2) アメリカ・オレゴン州における配合設計方法

この配合設計方法は、過去の室内試験結果より得られた基本乳剤量(1.2%)をベースとして、既設舗装の粒度とアスファルト含有量および回収アスファルトの針入度または60℃粘度によって乳剤添加量を増減するものである。具体的なアスファルト量の決定方法を示す。

例：

採取試料状況は以下のとおり。

6.4mmふるい通過率=58%(41cm幅切削)

アスファルト含有量=6.6%

針入度=18(1/10mm)

60℃粘度=19,000ポアズ

各試験値による増減を図-5により求めると、

6.4mmふるい通過率=0.0%

アスファルト含有量=-0.3%

針入度=+0.2%

60℃粘度=0.0%

となるが、針入度と60℃粘度については増減の小さい方を採用することとなっているので、

60℃粘度=0.0%を採用する。

したがって、求める乳剤量は、

乳剤量=基本乳剤量(1.2%)+0.0-0.3+0.0
=0.9%となる。

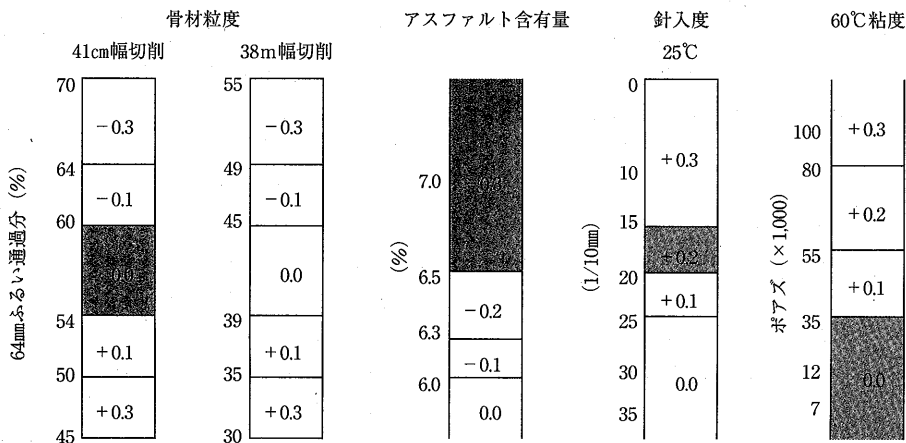


図-5 アスファルト乳剤量の決定方法(オレゴン州)

(3) 配合設計を行う上での留意点

配合設計は、施工を行う現場毎に別々に行うことが重要であり、対象とする施工現場の既設アスファルト混合物がさまざまに変化しているならば、既設アスファルト混合物の性状が異なる区間毎に、さらに小さい工区に分割するべきである。高品質のCIR混合物を製造するためには、連続的に監視しておき必要に応じ現場において配合を修正しなければならない。アスファルト混合物の配合設計は、使用するアスファルト乳剤のグレードおよび添加量、水分量の決定および混合物の作業性・安定性・強度を確認する目的で実施される。米国において、供試体の突固め方法は、図-6に示すように、一般的にはマーシャルランマによる突固めが採用されている。

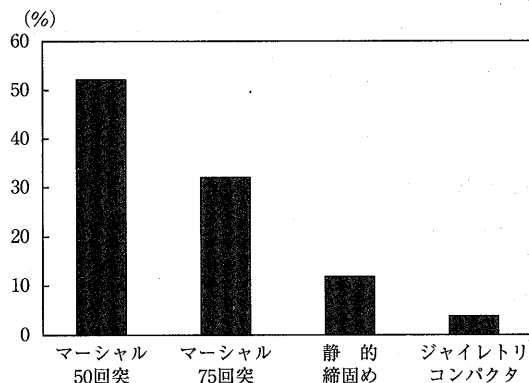


図-6 突固め方法²⁾

3.3 施工

施工方法のなかで使用する機械編成により異なるものについては、以下の記号をつけて区別する。

[FU] : フルスリーユニット

[MR] : マルチユニットリサイクラ

(1) 路面切削

常温切削機には、切削面の横断勾配を自動的に管理できる機種が要求され、CIRの施工速度は、切削機の性能に左右される。切削厚さは通常4～10cmで、切削厚さを10cm以上になると切削速度が低下するばかりでなくオーバーサイズのRAPが製造されてしまう [MR]。

(2) 破碎・分級

RAPの最大粒径は通常30～50mmであるが、粒度管理が難しい場合および骨材分離が激しい場合には、さらに破碎して最大粒径を25mmとする [FU]。

(3) アスファルト乳剤・固化材の添加・混合

固化材は通常路面に直接散布し、切削機で混合する

方式をとっているが、この方式だと多少の風でも固化材が舞い上がってしまい適切な添加が出来ないだけでなく、周辺環境に与える影響も大きいとされており、最近では、スラリーミキサを用いてあらかじめ水と混合した固化材を添加する方式が採用されるようになってきた。

(4) 敷均し

路面からRAPを拾い上げる装置を付けたアスファルトフィニッシャーにてCIR混合物を敷均し、スクリーンは通常、非加熱、無振動で使用する [FU]。

敷均しは、ペーパー (45%)、グレーダー (35%) またはミリングユニット (20%) が使用されている。() 内は、米国での実績である。

(5) 転圧および養生

転圧は、米国の例によれば²⁾ 通常大型のタイヤローラ (25～30 t) と振動ローラの組合せで行う。CIR混合物は硬化が進むのに時間を要するため、タイヤローラの一次転圧のみで成功している例もあるものの、多くの機関では交通に一時開放した後、舗設後3～14日後に鉄輪またはタイヤローラで二次転圧を行うとしている。

接地圧は620kPa (90psi) 程度としている。敷均し後2時間程度養生した後にアスファルト乳剤が分解して色が茶色から黒色に変わった時に転圧を開始する。普通ポルトランドセメント等を添加した場合には、敷均し直後から転圧してもかまわないとされている。

ローラによる転圧は、路面の状態を確認しながら行い、特に気温の高い時には、タイヤまたは鉄輪への付着防止を目的として水を噴霧して転圧する。

ニューメキシコ州では、一時交通開放を行わず、転圧はまず大型のタイヤローラで締固め、続いて振動ローラ (有振1回・無振2回) で締固めを行っており、基本的に転圧回数は、施工時のはく離状態および試験施工によって決定する。

水分の蒸発・強度発現およびわだち掘れ防止の目的で、ある程度 (原文にはどの程度の時間養生するのかについての明確な記述はない) の養生期間が必要とされ、養生期間はCIR混合物層の舗設厚さ・空隙率および天候によって左右される。

(6) 締固め管理

米国での実績によれば、現場における締固め度の目標は、通常85～98%であり、締固め管理方法としてはRI密度計による測定 (40%)、コアの密度測定 (25%)、ブルーフローリング (25%)、サンドコーン (10%)

が用いられる。

(7) 表面処理

図-7に米国における表面処理方法を示す。通常表層として、38～75mmのアスファルト混合物を舗設するが、非常に交通量の少ない道路では、一層または二層の表面処理（チップシール、スラリーシール）で済ませる場合もある。

ペンシルバニア州道路局では、交通量区分に応じて表面処理工法を表-2のように提案している。表面処理を行う時期は、CIR混合物の含水比が1.5%以下になったときとしている。早いタイミングで表層を被せると水分の逃げ場がなくなり、夏場施工だと舗装体内部の水分が急速に蒸発し、その圧力でアスファルトのブリスタリング現象を招く恐れがある。

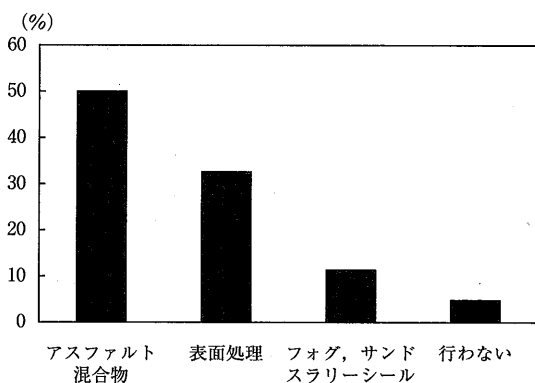


図-7 表面処理方法²⁾

表-2 交通量別表面処理方法

ADT (平均日交通量)	表面処理方法
1,500台以下	二重表面処理
1,500～3,000台	加熱アスファルト混合物表層
3,000台以上または大型車交通量が多い路線	CIR工法を適用してはならない

4. 施工制限

施工可能な最低気温は10～16℃で、施工後24時間以内に0℃以下にならないこと、また、施工後24時間以内に降雨が予想される場合は、施工を直ちに中止しなくてはならない。天候が霧状態でも十分な養生が不可能となるため施工をしてはならないとされている。

普通ポルトランドセメント等を使用した場合には、4℃以下では施工不可能であり、24時間は凍結してはならないともされている。

5. 供用性状および追跡調査内容

CIR工法は、施工方法および使用材料がまだ定まっていないため、その供用性に関する評価はまちまちであるが、1981年にインディアナ州では、二車線道路にCIR工法を適用し成功しており、ニューメキシコ州では、過去3年間に約500マイル（約800km）の施工実績がある。その他では、オレゴン州、ペンシルバニア州およびカリフォルニア州で施工実績が多く、FHWAでも試験施工を実施していて良好な結果を得ている。

6. 施工コスト²⁾

オレゴン州では、15マイル（約24km）の施工で1万ドル（約120万円）節約出来たとしており、ニューメキシコ州では、2～3ドル（約240～360円）/㎡節約出来ると考えており、材料的には、5ドル（約600円）/tの節約になるとしている。ニューヨーク州では、通常舗装と比較して36%以上の節約になったとしている。

7. 今後の検討課題

以上の現状に対して、様々な問題点も指摘されている。以下にASPHALT PAVING TECHNOLOGY 1997¹⁾の会議におけるCIR工法の問題点に関する発言をまとめて示す。

・配合試験時の養生温度

アスファルト乳剤の分解速度は、養生温度に依存するため適切な配合設計を行うためには、現場において予想される路面温度において養生するべきである。

・SUPERPAVE (Super Performing Asphalt Pavement) への適用

配合設計方法として一般的には、マーシャル法が採用されているが、将来的にはシャープ仕様のジャイレトリコンパクタに移行すると考えられる。しかし、乳剤混合物は多くの水分（乳剤+水）を含んでいるため、締固め最中に滲みだしの問題が生じる可能性があり、より密閉度の高いモールドが必要とされ従来の配合設計方法をそのまま適用できないとされている。

・現場での品質管理方法が確立されていない。

・適用場所（既設舗装材料）の選定

舗装表面全面にクラックシールを施している箇所にコールドリサイクリングを適用した場合に、破碎・分級ユニットのスクリーン上に直径約2mmのゴ

ムボール塊が発生する。また、ジオグリッド等の材料でも再生可能かどうか分かっていない。旧アスファルトの取り扱いに関しても考え方が様々であり、再生材を路面ヒータを使用してホットで使用する場合には、完全に新アスファルトに溶解するものとして考え、コールドで使用する場合には黒い石と仮定

するべきなのかという討議もされている。

・CIR混合物は、通常の合材と比較して安価だといわれているが、専用の機械を持たない場合、もしくは原材料（碎石・アスファルト）が非常に安い場合には、CIR工法の方が割高となる。

— 参考文献 —

- 1) McDaniel, R.S. : Cold In-Place Recycling on Indiana State Road 38, TRR1196 pp.234~242, 1988
- 2) Wood, L. E., White, T. D. and Nelson, T. B. : Current Practice of Cold In-Place Recycling of Asphalt Pavements, TRR1178 pp.31~37, 1988
- 3) Soholz, T., Rogge, D. F., Hicks, R. G. and Allen, D. : Evaluation of Mix Properties of Cold In-Place Recycled Mixes, TRR1317 pp.78~89, 1991
- 4) Kazmierowski, T. J., Bradbury, A., Cheng, S. and Raymond, C. : Performance of Cold In-Place Recycling in Ontario, TRR1337 pp.28~36, 1992
- 5) Murphy, D. T., Emery, J. J. : Modified Cold In-Place Asphalt Recycling, TRR1545 pp.143~150, 1996
- 6) Cross, S. A., Young, D. A. : Evaluation of Type C Fly Ash in Cold In-Place recycling, TRR1583 pp.82~90, 1997
- 7) Lee, S. Q. S., VanBarneveld, A., Corbett, M. A. and Eng, P. : Low Temperature Cracking Performance of Superpave and Cold In-Place Recycled Pavement in Ottawa-Carleton, 42nd ACCTAA pp.67~83, 1997
- 8) G. McKeen : Cold In-Situ Recycling Evaluation, Pb-97-1677 rep pp.1~37, 1996
- 9) J. E. HUFFMAN : New Directions in Cold In-Situ Recycling of Asphalt Pavements, ISSA 34th ACISSA pp.137~146, 1996
- 10) Asphalt Concrete Pavement Preservation with Cold In-Place Recycling, 7th International Conference on Asphalt Pavements.
- 11) ASPHALT PAVING TECHNOLOGY 1997, pp.775~802
- 12) Wirtgen Cold Recycling Manual (1998)
- 13) ㈱セメント協会, 舗装に関するAASHTO指針 1986年版, pp.91~97

☆

☆

☆

☆

☆

☆

本設・仮設道路

都市基盤整備公団では、住宅・都市整備工事に伴って、工事期間中の仮設道路の設計と工事終了後の本設道路の設計が必要になるため、「本設・仮設道路の構造設計マニュアル」を適用している。

ここでは、舗装の構造設計は(社)日本道路協会のアスファルト舗装要綱に示されるCBR-T_A法による設計を原則とし、工事用車両の推定に特徴を持った設計法を取り入れている。

その概要は以下の通りである。

1. 交通量の推定

1-1 建築工事で生じる交通量

- (1) 工事規模を考慮して、請負者より車両種別ごとの大型車の予定台数が得られる場合は、それらの報告を受ける。

(注) 車両種別はダンプトラック10t、ダンプトラック8t、大型トラック10t、大型トラック8t、クレーン車25t、ミキサー車10t、トレーラートラック25tなどとする。

- (2) 上記以外は概数とし、生コン車と鋼材運搬車の2つについて、下記の算定式により台数を算定する。なお、定数値の根拠は『構造設計実績データ集及び年度別比較表』（住宅・都市整備公団建築部設計課、1991）などによる。

- ① 生コン車台数は、式(1-1)で計算する。

$$\begin{aligned} \text{生コン車台数} &= \text{計画床面積} \times \text{計画床面積当たりコンクリート量} \div 1 \text{台当たり運搬量} \\ &= \text{計画床面積} \times 0.6 \text{m}^3 / \text{m}^2 \div 4.0 \text{m}^3 / \text{台} \\ &= \text{計画床面積} \times 0.15 \text{台} / \text{m}^2 \quad (1-1) \end{aligned}$$

- ② 鋼材運搬車台数は、式(1-2)で計算する。

$$\begin{aligned} \text{鋼材運搬車台数} &= \text{計画床面積} \times \text{計画床面積当たりコンクリート量} \times \text{コンクリート量当たり鋼材使用量} \div 1 \text{台当たり運搬料} \\ &= \text{計画床面積} \times 0.6 \text{m}^3 / \text{m}^2 \times 0.15 \text{t} / \text{m}^3 \div 12 \text{t} / \text{台} \\ &= \text{計画床面積} \times 0.0075 \text{台} / \text{m}^2 \quad (1-2) \end{aligned}$$

- ③ 建築工事における発生交通量

建築工事で発生する大型車の交通量は、①と②の台数を加え、さらに杭工事、仕上げ工事等に要する

車両など上記の算定式に組み込まれていない大型車交通量に対する補正係数である余裕率2.5を掛けることにより、式(1-3)で計算する。

$$\text{建築工事の大型車台数} = \text{計画床面積} \times 0.40 \text{台} / \text{m}^2 \quad (1-3)$$

1-2 土木工事で生じる交通量

- (1) 残土運搬車台数

整地工事時は一次造成済と考え、土木工事での発生量のみを考慮する。

- ① アプローチ道路・駐車場通路に伴う残土量は次式で計算する。

$$\text{残土量} = \text{面積} \times \text{厚さ} \times \text{土量変化率}$$

ここで土量変化率は、レキ質土、砂および砂質土で1.20で、粘性土で1.30、高含水比粘性土で1.35である。関東ロームでは1.25を適用することが多い。

- ② 下水管渠工事に伴う残土量は次式で計算する。

$$\text{残土量} = \text{延長} \times \text{単位長さ当たり残土量} \times \text{土量変化率}$$

- ③ 駐車場工事の残土量は次のように計算する。

- ・平面式の場合、①に準じる
- ・ピット式の場合、別途計上する。

(例えば16.3m³/駐車台数を計上する例もある)

- ④ その他、碎石貯留等を設置する場合は、個々に積み上げる。

以上を合計した残土量から、残土運搬車両の台数は式(1-4)で求める。

$$\begin{aligned} \text{残土運搬車台数} &= \text{発生残土量} \times \text{体積当たり重量} \div \text{台当たり運搬重量} \\ &= \text{発生残土量} \times \gamma \text{t} \div 10 \text{t} / \text{台} \quad (1-4) \end{aligned}$$

ここで γ tは運搬土(ほぐした状態)の単位体積重量

- (2) 骨材運搬車台数(碎石、セメントコンクリート、アスファルトコンクリート等の量)

- ① アプローチ道路・駐車場通路用の材料の量は次式で計算する。

$$\text{材料の量} = \text{面積} (\text{m}^2) \times \text{厚さ} (\text{m}) \times 2.0 (\text{t} / \text{m}^3)$$

- ② 駐車場工事用の材料の量は次のように計算する。

- ・平面式の場合、①に準じる。
- ・ピット式の場合、別途計上する。

(例えば、8.35t/駐車台数を計上する例もある)

③ 碎石貯留等は、個々に積み上げる。

以上を合計した骨材量から、骨材運搬車両の台数は式 (1-5) のようになる。

$$\text{骨材運搬車台数} = \text{使用骨材重量 (t)} \div 11 \text{ t / 台} \quad (1-5)$$

(3) 鋼材運搬車台数 (ピット式の場合)

① 機械本体：1.12 t / 駐車台数

② H鋼，切梁等：親杭全長 8 m とすると 0.962 t / 駐車台数

以上を加えると鋼材運搬車両の台数は式 (1-6) で計算する。

$$\text{鋼材運搬車台数} = \text{使用鋼材重量 (t)} \div 12 \text{ t / 台} \quad (1-6)$$

(4) 土木工事における発生交通量

土木工事で生じる大型車の交通量は、(1)～(3)を加えて算出する。

1-3 全体の交通量

(1) 工事用車両の交通量は、上記の建築工事，土木工事の合計とする。

(2) 進入路の入口部と出口部とでは交通量が大幅に違うが、定量化出来る場合を除き上記の値とする。

(3) 進入路が複数ある場合は、その数で割り戻した値とする。

2. 舗装構成の決定

2-1 累積 5 t 換算論数への換算

舗装構成の決定に必要な累積 5 t 換算論数を求めるには、(a)工事期間中に仮設道路を利用する全車両の輪荷重から求める方法(b)工事に使用する大型車の台数より推定する方法がある。

ただし、(a)の方法は利用車両数および各輪荷重の設定が難しいため、(b)の方法で行われるのが一般的である。

(1) 全工事用車両の輪荷重から求める方法

全工事用車両の輪荷重により求める方法は、次の手順による。

① 工事期間中の使用車両の車種別使用台数を推定する。

② 設計道路区間の車種別通過車両 (荷載，空車別) 数量を推定する。

③ 車種別通過車両 (荷載，空車別) の輪荷重を推定し，輪荷重 (Pi) 毎の予測輪数 (ni) を求める。

④ 累計 5 t 換算論数 (N) を次式により求める。

累積 5 t 換算論数は，①～③の値を用いて式 (2-

1) で計算する。

$$N = \sum [ni \times (Pi / 5)^4] \quad (2-1)$$

ここで N：累積 5 t 換算輪数

Pi：輪荷重 (t)

ni：輪荷重 Pi の予測輪数

(2) 工事用大型車両台数から求める方法

工事用大型車両台数から累積 5 t 換算論数を算出する方法は，次式により算出する。

$$\text{累積 5 t 換算論数 (N)} = \text{工事用大型車両台数 (台)} \times 5 \text{ t 換算比 (輪 / 台)}$$

ただし，工事用大型車両台数の算定は，「1-3 全体の交通量」の値を用いるものとする。

一方 5 t 換算比は，クレーン車の通行の有無，工事車両の走行ルートによって変化するので，表-1 を参考にして適切な値を使用する。

表-1 クレーン車混入率と 5 t 換算比

クレーン車 混入率 (%)	進入路と退路が 異なる場合	進入路と退路が 同じ場合
0	0.65	0.70
5	1.3	2.0
10	2.0	3.4
15	2.6	4.7
20	3.2	6.0
25	3.9	7.5

ただしクレーン車混入率は次式で計算する。

$$\text{クレーン車混入率 (\%)} = \frac{\text{クレーン車台数}}{\text{全工事車両台数}} \times 100$$

2-2 等値換算厚 (TA) の決定

路床土の設計 CBR の値と「2-1」で求めた設計 5 t 換算論数 (N) から式 (2-2) を用いて必要な等値換算厚 (TA) を求める。

$$T_A = \frac{3.84 \times N^{0.16}}{\text{CBR}^{0.3}} \quad (2-2)$$

表-2 は TA の目標値を示した。

表-2 等値換算厚 (TA) の目標値

N \ CBR	3	4	6	8	12	20
0 ~ 1,000	8.5	8.0	7.0	6.5	6.0	5.0
1,001 ~ 2,000	9.5	9.0	8.0	7.0	6.5	5.5
2,001 ~ 3,000	10.0	9.5	8.5	7.5	7.0	6.0
3,001 ~ 5,000	11.0	10.0	9.0	8.5	8.0	6.5
5,001 ~ 10,000	12.5	11.5	10.0	9.0	8.5	7.0
10,001 ~ 25,000	14.0	13.0	11.5	9.5	9.5	8.0
25,001 ~ 50,000	16.0	14.5	13.0	12.0	11.0	9.0

舗装構成の決定に際しては、設計した構成の等値換算厚（ T_A ）が目標を下まわらないように、最も経済的な構成を考えることとする。

2-3 舗装構成の検討

仮設道路は大型車が低速で走行し、局部的に大きな荷重が掛かり、極めて厳しい条件となるため、構造的に安定であることを最優先に考慮して、表層部分には粗粒度アスファルト混合物（4 cm）を用いるものとし、上層路盤材には再生粒度調整碎石（RM-30）、下層路盤材には再生クラッシャラン（RC-40）を使用するものとする。さらに路盤材料については最大粒径の3倍を最小の厚さとし、現場での施工性と管理精度を考慮し、最小単位を5 cmとすると、舗装の最小厚さは次の通りとなる。

表 層	粗粒度アスコン（As）	4 cm
上層路盤	再生粒度調整碎石（RM）	10 cm
下層路盤	再生クラッシャラン（RC）	15 cm
最小舗装構成の T_A		11.25 cm

以上の条件を満たすような仮設道路の舗装構成は、表-3に示す5つのケースとなる。

表-3 舗装構成

ケース	I	II	III	IV	V
表 層 粗粒度アスコン（As）	4	4	4	4	4
上層路盤 再生粒度調整碎石（RM）	10	10	15	15	20
下層路盤 再生クラッシャラン（RC）	15	20	15	20	20
舗装構成の T_A	11.25	12.50	13.00	14.25	16.00

この結果標準舗装構成は表-4に示す通りとなる。

舗装構成の構成の検討に使用する舗装材料の等値換算係数を表-5に示す。

なお、材料の選択に当たっては、省資源化に配慮し、積極的に再生材料（現場発生材等）を使用することとする。

表-5 舗装材料の等値換算係数

使用箇所	材料名	等値換算係数（a）	備 考
表層・基層	アスファルト混合物（As）	1.00	アスファルト舗装要綱 表-4.5.2（p.95）
上層路盤	アスファルト安定処理	0.80	加熱混合物：安定度3.43KN以上 一軸圧縮強さ（7日）2.94N/mm ² 一軸圧縮強さ（10日）0.98N/mm ² 修正 CBR80%以上 修正 CBR80%以上
	セメント安定処理	0.55	
	石灰安定処理	0.45	
	粒度調整碎石	0.35	
	再生粒度調整碎石（RM）	0.35	
下層路盤	切り込み砂利	0.25	修正 CBR30%以上 修正 CBR30%以上 修正 CBR30%以上
	クラッシャラン	0.25	
	再生クラッシャラン（RC）	0.25	

表-4 標準舗装構成

N \ CBR	3	4	6	8	12	20
0～ 1,000	I	I	I	I	I	I
1,001～ 2,000	II	I	I	I	I	I
2,001～ 3,000	II	I	I	I	I	I
3,001～ 5,000	II	I	I	I	I	I
5,001～10,000	IV	II	I	I	I	I
10,001～25,000	V	III	II	I	I	I
25,001～50,000	V	IV	III	III	I	I

2-4 凍上抑制層の検討

積雪寒冷地域の舗装では、凍結深さ（ T ）から求めた必要な置換え深さ（ T' ）と舗装厚さ（ H ）とを比較し、もし置換え深さが大きい場合は、路盤の下にその厚さの差（ $T' - H$ ）だけ、凍上の起こしにくい材料の層（凍上抑制層）（砂、砂利、再生クラッシャランなど）を設ける。

置換えの深さは、アスファルト舗装要綱に示された凍結指数（ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ ）より求めた凍結深さ（ T ）の70%の値を用いる。

2-5 本設道路への移行に伴うオーバーレイ

仮設道路を工事終了後、本設道路（団地内道路）に移行する時、仮設道路の表層部分（粗粒度アスコン4 cm）にクラックなどの損傷がない場合は、その上に本設道路の表層用混合物（密粒度アスコン13）で3 cm以上のオーバーレイを行うとよい。仮設道路に損傷がある場合は、残存 T_A と必要 T_A の差だけオーバーレイを行うことにしている。

参考文献

- 1）本設・仮設道路の構造設計マニュアル（案）報告書、（住宅・都市整備公団埼玉地域支社 平成10年3月）
〔小島 逸平（株）ガイアートクマガイ技術研究所〕

低騒音舗装とセミブローンアスファルト

最近、広く使用されるようになってきた低騒音舗装であるが、この低騒音舗装用のアスファルトとして一般的に使われているのが高粘度改質アスファルトである。

特に大型車の交通量が多い道路では、耐流動を構造的に考え、表層に高粘度改質アスファルトを使用した低騒音舗装、基層にストレートアスファルトに比較して耐流動性に優れたセミブローンアスファルトAC100を使用するケースも見られるようになってきた。

これは沿道住民への騒音対策を考慮して低騒音舗装を施工するような道路は一般的に大型車の交通量が多く、わだち掘れがおきやすいため、基層まで含めたわだち掘れ対策が必要となるためである。

セミブローンアスファルト（AC100）はわが国の夏場のアスファルト舗装表面温度を60℃と想定し、アスファルトの60℃粘度を一般に使用するストレートアスファルトに比較して3～10倍高め、わだち掘れの起きにくい、耐流動性に優れたアスファルトとして官学民が協力して昭和50年代に開発された改質アスファルトである。現在(社)日本道路協会のアスファルト舗装要綱にも規格化され、重交通道路の流動対策に使用されている。

セミブローンアスファルト（AC100）は、加熱したストレートアスファルトに軽度のブローイング操作（加熱した空気を吹き込む操作）を加えて感温性を改善し、かつ60℃における粘度を高めた改質アスファルトである。

アスファルト舗装は、通常、図-1に示すように、表層、基層および路盤からなり、路床の上に築造する。

一般にアスファルト混合物の耐流動性の評価はホイールトラッキング試験によって行うが、最近の重交通道路に採用される低騒音舗装に使用される高粘度改質アスファルトの品質は年々向上しており、DS値としては5000回/mm以上となっ

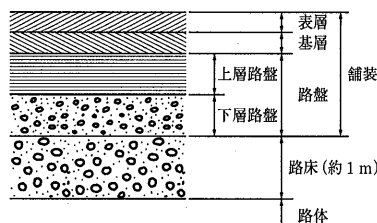


図-1 アスファルト舗装の構成と各層の名称

てきている。

ここで、表層と基層のDS値に極端な差がある場合には、ひび割れの原因となることがあるので、必要に応じて基層にも改質アスファルト混合物を使用して耐流動対策を行うことを考えておかなければならない。

特に大型車交通量の多いところでは基層まで含めた耐流動対策を検討する必要がある。セミブローンアスファルト（AC100）は一般的にポリマーによる改質アスファルトに比較して低コストで耐流動が実現できるため、表層に高粘度改質アスファルトによる低騒音舗装、そして基層にセミブローンアスファルト（AC100）という仕様が合理的であると考えられ、特に大型車交通量の多いところでは基層まで含めた耐流動対策としてセミブローンアスファルト（AC100）を基層に採用するケースが見られるようになってきた。

表層および基層用の加熱アスファルト混合物は、舗装の最上部にあって、荷重を適度に分散させ、下層に伝達するだけでなく、過酷な交通条件の影響を直接受ける。このため長期間にわたり安定で快適な舗装路面を維持するためには、表層だけでなく基層混合物についても十分な考慮をしていくことが肝要である。

特にわが国の道路舗装においては、年々大型車両の通行が増加してきており、また、夏季の舗装表面温度は60℃以上になることもあり、それに加えて一般に道路幅員がせまく、車両の車輪走行位置が一定しているという流動とわだち掘れ現象を引き起こす要因が重なっているため、低騒音舗装とわだち掘れ対策を同時に考えていくことが必要である。

低騒音舗装、流動とわだち掘れ対策、低コスト、この3つの課題を解決するひとつのアイデアとして、表層に高粘度改質アスファルトを使用した低騒音舗装、基層にセミブローンアスファルト（AC100）を使用した耐流動舗装という組み合わせが採用され、注目されている。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会発行「アスファルト舗装要綱」

〔青木 秀樹 昭和シェル石油(株)中央研究所〕

表-1 セミブローンアスファルト（AC100）の規格

項 目	規 格 値
粘度 (60℃) poise (Pa・s)	10,000±2,000 (1,000±200)
粘度 (180℃) cSt (mm ² /s)	200以下 (200以下)
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下
針入度 (25℃) 1/10mm	40以上
三塩化エタン可溶分 %	99.0以上
引火点 ℃	260以上
密度 (15℃) g/cm ³	1.000以上
粘度比 (60℃, 薄膜加熱後/加熱前)	5.0以下

平成11年市販アスファルトの性状調査

(社)日本アスファルト協会技術委員会

1. はじめに

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

2. 調査方法

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

- (1) 調査対象は、ストレート・ブローン・防水工事用アスファルトの全種類とする。
- (2) 製油所毎に、平成11年1月～12月に製造された当該製品の全ロットを対象に、試験項目毎の最大値、最小値、平均値を報告する。

3. データ提出機関

データは、下記の各社製油所から本協会へ提出されている。(50音順)

出光興産	三共油化工業	ジャパンエナジー
鹿島石油	昭和シェル石油	日石三菱
九州石油	昭和四日市石油	日石三菱精製
極東石油工業	西部石油	富士興産
興亜石油	東燃	富士石油
コスモ石油	東北石油	

4. 調査結果

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

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

5. あとがき

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

報告内容は、

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

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

表-1 石油アスファルト品質調査要約 (1) ストレートアスファルト

項 目	種 類	40 ～ 60		60 ～ 80		80 ～ 100		150 ～ 200	
		範 囲	日本道路協会規格・JIS	範 囲	日本道路協会規格・JIS	範 囲	日本道路協会規格・JIS	範 囲	JIS
針 入 度 (25℃)		46～56	40を超え 60以下	61～80	60を超え 80以下	81～99	80を超え 100以下	151～200	150を超え 200以下
軟 化 点 ℃		48.5～53.5	47.0～55.0	45.0～52.0	44.0～52.0	43.5～48.5	42.0～50.0	37.0～44.5	30.0～48.0
伸 度 (15℃) cm		64以上	10以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上
トルエン可溶分 Wt%		99.64～99.98	99.0以上	99.55～99.99	99.0以上	99.60～99.99	99.0以上	99.54～99.99	99.0以上
引 火 点 ℃		270～366	260以上	292～370	260以上	298～364	260以上	300～360	240以上
薄膜加熱質量変化率 Wt%		0.03～0.12	0.6以下	-0.08～0.13	0.6以下	-0.07～0.12	0.6以下		
薄膜加熱針入度残留率 %		60～77	58以上	56～84	55以上	53～73	50以上		
蒸発質量変化率 Wt%								-0.05～0.01	1.0以下
蒸発後の針入度比 %		82～104	110以下	83～105	110以下	82～102	110以下		
密度 (15℃) g/cm ³		1.030～1.045	1.000以上	1.021～1.043	1.000以上	1.022～1.037	1.000以上	1.019～1.034	1.000以上
動粘度 (120℃) mm ² /s		880～1,320		607～1,270		564～949			
動粘度 (150℃) mm ² /s		184～278		144～395		140～236			
動粘度 (180℃) mm ² /s		58.6～87.3		49.1～113.6		49.3～93.3			

表-2 石油アスファルト品質調査要約 (2) ブローンアスファルト

種 類 項 目	10 ～ 20		20 ～ 30	
	範 囲	J I S	範 囲	J I S
針 入 度 (25℃)	12～18	10を超え20以下	21～29	20を超え30以下
軟 化 点 ℃	96.5～116.5	90.0以上	85.0～105.0	80.0以上
伸 度 (25℃) cm	2 ～ 3	1 以上	2 ～ 4	2 以上
トルエン可溶分 W t %	99.40～99.90	98.5以上	99.17～99.98	98.5以上
引 火 点 ℃	300～360	210以上	300～340	210以上
蒸発質量変化率 %	-0.04～0.00	0.5以下	-0.04～0.01	0.5以下
針 入 度 指 数	3.6～5.4	2.5以上	3.6～5.6	2.5以上

表-3 石油アスファルト品質調査要約 (3) 防水工事用アスファルト

種 類 項 目	第 三 種		第 四 種	
	範 囲	J I S	範 囲	J I S
針 入 度 (25℃)	21～39	20以上40以下	31～46	30以上50以下
針 入 度 指 数	5.0～7.9	5.0以上	6.2～7.7	6.0以上
軟 化 点 ℃	100.0～127.5	100以上	100.0～119.0	95以上
蒸発質量変化率 W t %	-0.06～0.00	1 以下	-0.04～0.01	1 以下
トルエン可溶分 W t %	99.24～99.99	95以上	98.97～99.90	92以上
引 火 点 ℃	298～348	280以上	298～340	280以上
フラスゼい化点 ℃	-25～-15	-15以下	-26～-21	-20以下
だ れ 長 さ mm	0 ～ 8	8 以下	1 ～ 6	8 以下
加 熱 安 定 性 ℃	0 ～ 4	5 以下	1 ～ 4	5 以下

表-4 ストレートアスファルト性状表 (60~80)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	トルエン 可溶分 W t %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g / cm ³	動 粘 度 (mm ² /s)		
						質 量 変 化 率 W t %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	150℃	180℃
1	69	49.5	130以上	99.94	314	-0.01	69.0	98	1.032	860	199	67.6
2	69	48.07	130以上	99.98	325.4	-0.106	60.94	101.3	1.0327	845.5	187.2	62.04
3	67	48	130以上	99.89	340	+0.04	69.1	98	1.030	615	167	57
4	68.5	48.2	100以上	99.96	335	+0.045	68.5	96.3	1.028	1,088	251	85.5
5	68	47.5	140以上	99.98	300以上	+0.09	69.7	100	1.0386	945	217	73
6	71	48.2	150以上	99.94	337	+0.05	62.5	101	1.033	942	219	74.4
7	67.8	48.5	150以上	99.75	365.3	+0.076	69.3	92.5	1.035	1,040	255.2	79.5
8	70	47	100以上	99.87	358	+0.08	70.0	90	1.036	862	195	65.5
9	67	49	140以上	99.98	300以上	+0.04	64.3	92	1.035	900	221	80.2
10	70	47.6	150以上	99.98	300以上	+0.04	65.0	95	1.032	850	197	66.8
11	70	47.5	140以上	99.90	346	0.00	66.1	95	1.036	988	225	75.4
12	64	47.9	150以上	99.98	364	+0.11	67.2	97	1.035	956	222	73
13	68	46.6	150以上	99.98	357	+0.07	72.1	99	1.038	953	216	72.4
14	69	49	150以上	99.98	362	+0.11	68.0	100	1.037	1,022	231	77.2
15	67.6	49.38	100以上	99.841	333.8	+0.027	66.93	92.7	1.0349	1,111.5	253.9	84.6
16	73	49	100以上	99.99	328	+0.06	66.0	100	1.0305	1,122	262	88
17	70	46.6	100以上	99.84	345	+0.06	62.8	100	1.0302	812	189	64.5
18	69	48	150以上	99.90	330	+0.09	66.0	100	1.035	1,008	231	77.6
19	65	48.5	150以上	99.95	361	+0.10	64.0	99.6	1.038	966	221	72.2
20	70	48.3	150以上	99.81	325	+0.10	61.9	99	1.030	786	181	61.7
21	69	48.5	150以上	99.96	356	+0.10	68.3	97	1.032	892	204	68.8
22	69.6	48	150以上	99.86	338.4	-0.03	63.5	97.5	1.033	943.5	216.7	74.9

(注) 道路用以外の用途を生産している場合は、測定を行っていない項目もある。

表-5 ストレートアスファルト性状表 (80~100)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	トルエン 可溶分 W t %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g / cm ³	動 粘 度 (mm ² /s)		
						質 量 変 化 率 W t %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	150℃	180℃
1	85	46.6	150以上	99.91	329	+0.04	60.8	100	1.031	796	190	65.9
2	90	47	150以上	99.97	336	+0.05	67	84	1.036	824	196	65.4
3	89	46	150以上	99.95	359	+0.10	64	99.7	1.035	784	188	63.4
4	88.8	45.5	100以上	99.96	335	+0.052	68.1	99	1.025	886	214	74.5
5	88	45.5	140以上	99.95	300以上	+0.08	68.5	100	1.0333	844	201	69.3
6	90	45.3	140以上	99.98	300以上	+0.04	66.8	92	1.029	699	171	60.5
7	86	45	100以上	99.87	356	+0.08	68	90	1.032	727	172	59.4
8	87	46.5	130以上	99.92	324	+0.01	69.8	98	1.032	728	175	61.0
9	92	46	150以上	99.98	352	+0.10	67.8	100	1.034	848	192	67.2
10	89	45	140以上	99.81	341	-0.01	61.4	94	1.032	836	200	69.1
11	87	46.5	140以上	99.96	300以上	+0.04	60.2	91	1.032	740	188	69.8
12	92	46	150以上	99.90	333	+0.02	64	98	1.032	791	190	66.2
13	89.6	45.7	130以上	99.98	327.1	-0.098	61.45	101.9	1.0316	688.4	170.9	60.84
14	90	46.8	150以上	99.82	324	+0.10	58.3	100	1.027	635	152	53.1
15	90	46.5	150以上	99.96	350	+0.10	65.2	94	1.027	774	199	71.8
16	89	45.5	150以上	99.87	336	+0.01	59.6	96.7	1.032	777	185.7	66.1

(注) 道路用以外の用途を生産している場合は、測定を行っていない項目もある。

<統計資料>

1. 石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千 t）

年 度 項 目	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
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	19	5,963	313	6,276
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,834	(96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年 度	272	6,025	(100.0)	1	6,298	5,697	(97.7)	343	6,040	271	6,311
8年度上期	271	2,943	(104.6)	0	3,214	2,735	(104.4)	158	2,892	338	3,230
8年度下期	338	3,129	(97.4)	1	3,468	3,082	(100.2)	131	3,213	268	3,481
8 年 度	271	6,072	(100.8)	1	6,344	5,817	(102.1)	289	6,105	268	6,373
9年度上期	268	2,791	(94.8)	3	3,062	2,586	(94.6)	167	2,753	318	3,071
9年度下期	318	3,084	(98.6)	1	3,403	3,046	(98.8)	89	3,135	283	3,418
9 年 度	268	5,875	(96.8)	4	6,147	5,632	(96.8)	256	5,888	283	6,171
10.4～6月	283	1,256	(98.3)	0	1,539	1,142	(97.5)	40	1,182	343	1,525
9 月	358	443	(88.4)	0	801	420	(84.8)	25	445	334	779
7～9月	343	1,357	(89.7)	0	1,700	1,239	(87.6)	63	1,302	334	1,636
10年度上期	283	2,613	(93.6)	0	2,896	2,381	(92.1)	103	2,484	334	2,818
10月	334	457	(88.9)	0	791	457	(90.5)	24	481	290	771
11月	290	529	(94.3)	0	819	492	(98.0)	15	507	290	797
12月	290	537	(107.2)	1	828	499	(94.3)	11	510	292	802
10～12月	334	1,524	(96.6)	1	1,858	1,448	(94.3)	50	1,498	292	1,790
11. 1 月	292	391	(104.0)	0	683	315	(94.0)	6	321	331	652
2 月	331	446	(97.2)	0	777	401	(88.3)	9	410	339	749
3 月	339	660	(98.1)	0	999	661	(91.7)	5	666	302	968
1～3月	292	1,497	(99.3)	0	1,789	1,377	(91.2)	20	1,396	302	1,698
10年度下期	334	3,021	(98.0)	1	3,356	2,825	(92.7)	70	2,894	302	3,196
10 年 度	283	5,634	(95.9)	1	5,918	5,206	(92.4)	173	5,378	302	5,680
11. 4 月	302	459	(91.3)	0	761	387	(92.6)	7	394	337	731
5 月	337	366	(96.6)	0	703	307	(88.5)	22	329	362	691
6 月	362	347	(92.8)	0	709	328	(87.0)	17	345	339	684
4～6月	302	1,172	(93.3)	0	1,474	1,022	(89.5)	46	1,068	339	1,407
7 月	339	389	(85.3)	0	728	385	(91.7)	22	407	314	721
8 月	224	472	(103.1)	0	696	389	(97.4)	29	418	334	752
9 月	246	443	(100.0)	0	689	417	(99.3)	34	451	289	740
7～9月	339	1,304	(96.1)	0	1,643	1,191	(96.1)	85	1,276	289	1,565
11年度上期	302	2,476	(94.8)	0	2,778	2,213	(92.9)	131	2,344	289	2,633
10月	207	478	(104.6)	0	685	422	(92.3)	27	449	280	729
11月	195	555	(104.9)	0	750	499	(101.4)	13	512	285	797
12月	208	591	(110.1)	0	799	501	(100.4)	14	515	323	838
10～12月	207	1,624	(106.6)	0	2,234	1,422	(98.2)	54	1,476	323	2,364
12. 1 月	249	351	(89.8)	0	600	294	(93.3)	13	307	331	638
2 月	243	480	(107.6)	0	723	233	(58.1)	17	250	523	773

〔注〕（1）通産省エネルギー生産・需給統計月報 12年2月確報

（2）四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<統計資料>

2. 石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千 t）

年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
63 年 度	4,307	421	967	5,695	258	5,953	101.3	117.3	97.2	101.6	101.2	101.6
元 年 度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3	100.8	97.3	100.6
2 年 度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7	103.7	101.2	103.6
3 年 度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7	95.8	94.9	95.8
4 年 度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1	102.9	100.0	102.8
5 年 度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1	98.8	98.8	98.8
6 年 度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6	96.6	97.1	96.7
7 年 度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0	97.5	100.4	97.7
8年度上期	1,890	231	508	2,629	106	2,735	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
8年度下期	2,156	265	540	2,961	121	3,082	99.2	100.4	105.9	100.5	93.1	100.2
8 年 度	4,046	496	1,048	5,590	227	5,817	100.9	104.2	107.2	102.3	97.8	102.1
9年度上期	1,757	219	511	2,487	99	2,586	93.0	94.8	100.6	94.6	93.4	94.6
9年度下期	2,152	275	508	2,935	111	3,046	99.8	103.8	94.1	99.1	91.7	98.8
9 年 度	3,909	494	1,019	5,422	210	5,632	96.6	99.6	97.2	97.0	92.5	96.8
10.4～6月	737	120	242	1,099	43	1,142	86.9	285.7	103.9	97.9	89.6	97.5
9 月	269	32	102	403	17	420	86.5	43.8	109.7	84.5	94.4	84.8
7～9月	792	112	287	1,191	48	1,239	87.1	63.3	103.2	87.3	94.1	87.6
10年度上期	1,529	232	529	2,290	91	2,381	87.0	105.9	103.5	92.1	91.9	92.1
10 月	319	28	92	439	18	457	87.4	53.8	137.3	90.7	85.7	90.5
11 月	351	41	81	473	19	492	100.9	78.8	96.4	97.7	105.6	98.0
12 月	367	24	91	482	17	499	96.3	92.3	87.5	94.3	94.4	94.3
10～12月	1,037	93	264	1,394	54	1,448	94.8	71.5	103.5	94.3	94.7	94.3
11. 1 月	193	35	70	298	17	315	106.0	70.0	81.4	93.7	100.0	94.0
2 月	284	40	61	385	16	401	96.6	76.9	67.8	88.3	88.9	88.3
3 月	557	17	72	646	15	661	95.7	39.5	93.5	92.0	78.9	91.7
1～3月	1,034	92	203	1,329	48	1,377	97.7	63.4	80.2	91.3	88.9	91.2
10年度下期	2,071	185	467	2,723	102	2,825	96.2	67.3	91.9	92.8	91.9	92.7
10 年 度	3,600	417	996	5,013	193	5,206	92.1	84.4	97.7	92.5	91.9	92.4
11. 4 月	276	12	85	373	14	387	97.5	26.7	110.4	92.1	107.7	92.6
5 月	199	19	75	293	14	307	94.8	51.4	87.2	88.0	100.0	88.5
6 月	231	10	71	312	16	328	94.7	26.3	89.9	86.4	100.0	87.0
4～6月	706	41	231	978	44	1,022	95.8	34.2	95.5	89.0	102.3	89.5
7 月	271	12	87	370	15	385	97.8	31.6	98.9	91.8	88.2	91.7
8 月	257	18	98	373	15	389	104.8	43.5	100.1	95.9	105.2	97.4
9 月	283	13	100	397	20	417	105.2	40.6	98.0	98.5	117.6	99.3
7～9月	811	44	285	1,140	51	1,191	102.4	39.3	99.3	95.7	106.3	96.1
11年度上期	1,517	85	516	2,118	95	2,213	99.2	36.6	97.5	92.5	104.4	92.9
10 月	308	16	82	405	17	422	96.6	57.1	89.1	92.3	94.4	92.3
11 月	370	14	97	481	19	499	105.4	34.1	119.8	101.7	100.0	101.4
12 月	385	13	86	484	17	501	104.9	54.2	94.5	100.4	100.0	100.4
10～12月	1,063	43	265	1,370	53	1,422	102.5	46.2	100.4	98.3	98.1	98.2
12. 1 月	187	11	85	283	10	293	97.1	32.4	121.5	95.0	61.7	93.4
2 月	124	12	81	217	16	233	43.6	31.1	131.8	56.4	98.7	58.1

〔注〕（1）通産省エネルギー生産・需給統計月報 12年2月確報

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

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

（4）四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

＜統計資料＞

3. 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量

(1) ストレート

年月	区分	0～10	10～20	20～40	40～60	60～80	80～100	100～120
10年	年度	2,262	0	691	102,226	2,597,297	805,100	11
10年	上期	2,371	0	681	101,020	2,544,619	835,889	0
10年	下期	1,118	0	325	41,743	1,093,940	327,640	0
10年	平均	1,253	0	356	59,277	1,450,679	508,249	0
11年	年度	2,785	0	762	99,342	2,563,914	856,677	0
11年	上期	2,942	0	655	97,981	2,573,430	881,584	0
11年	下期	1,479	0	238	46,145	1,119,370	350,602	0
11年	平均	1,463	0	417	51,836	1,454,060	530,982	0
10年	1～3	592	0	201	30,367	798,013	198,742	11
10年	4～6	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0
10年	7～9	564	0	263	23,688	555,339	170,552	0
10年	10～12	552	0	165	30,116	705,344	278,718	0
11年	1～3	701	0	191	29,161	745,335	229,531	0
11年	4～6月	120	0	0	6,701	159,319	62,195	0
11年	7～9月	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0
11年	10～12月	190	0	38	8,802	191,299	64,660	0
11年	1～3月	154	0	27	9,015	183,378	63,136	0
11年	4～6月	581	0	111	10,273	206,092	65,718	0
11年	7～9月	925	0	176	28,090	580,769	193,514	0
11年	10～12月	137	0	134	9,441	209,485	85,741	0
11年	1～3月	244	0	67	7,154	246,262	89,387	0
11年	4～6月	224	0	132	7,441	243,462	103,416	0
11年	7～9月	605	0	333	24,036	699,209	278,544	0
11年	10～12月	218	0	10	5,501	139,209	42,617	0
11年	1～3月	255	0	46	8,844	220,320	74,906	0
11年	4～6月	385	0	28	13,455	395,322	134,915	0
11年	7～9月	858	0	84	27,800	754,851	252,438	0
11年	10～12月	232	0	0	5,588	189,644	54,773	0

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

(単位：t)

年月	区分	120～150	150～200	200～300	工業用	燃焼用	その他	計
10年	年度	0	177,933	0	470,583	1,045,239	0	5,522,640
10年	上期	0	177,882	0	417,531	994,259	0	5,512,959
10年	下期	0	73,058	0	231,743	528,348	0	2,532,533
10年	平均	0	104,824	0	185,788	465,911	0	2,980,426
11年	年度	293	169,465	0	218,257	994,125	2,593	4,989,679
11年	上期	2,581	160,953	0	171,273	1,040,154	2,722	5,013,741
11年	下期	40	73,226	0	84,133	526,458	1,311	2,282,468
11年	平均	2,541	87,727	0	87,140	513,696	1,411	2,731,273
10年	1～3	0	52,971	0	145,352	253,856	0	1,480,105
10年	4～6	0	35,290	0	120,011	241,427	547	1,111,635
10年	7～9	0	37,768	0	111,732	286,921	414	1,187,241
10年	10～12	0	51,904	0	93,488	263,035	565	1,423,887
11年	1～3	0	52,920	0	92,300	202,876	971	1,353,986
11年	4～6月	0	11,432	0	9,777	71,348	108	321,000
11年	7～9月	0	35,290	0	40,545	241,427	547	1,111,635
11年	10～12月	0	12,443	0	11,909	87,470	178	376,989
11年	1～3月	0	11,254	0	18,336	97,597	438	383,335
11年	4～6月	40	14,239	0	13,343	99,964	148	410,509
11年	7～9月	40	37,936	0	43,588	285,031	764	1,170,833
11年	10～12月	106	13,780	0	15,627	81,597	122	416,170
11年	1～3月	147	14,896	0	13,622	96,734	87	468,600
11年	4～6月	0	14,643	0	12,575	86,460	102	468,455
11年	7～9月	253	43,319	0	41,824	264,791	311	1,353,225
11年	10～12月	0	10,184	0	11,407	84,908	119	294,173
11年	1～3月	1,046	14,116	0	12,417	80,655	216	412,821
11年	4～6月	1,242	20,108	0	21,492	83,342	765	671,054
11年	7～9月	2,288	44,408	0	45,316	248,905	1,100	1,378,048
11年	10～12月	0	8,869	0	14,580	67,796	174	341,656

<統計資料>

(2) ブローン

(単位：t)

年月	区分	0～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	75コンバウンド	特殊アス	道路舗装用	その他	計
10年	年度	2,394	38	52,907	30,479	75	291	97,543	1,477	15,628	0	200,832
10年	上	2,476	49	51,746	30,549	87	336	93,642	1,700	14,286	0	194,871
10年	下	1,119	19	38,938	1,766	47	131	43,045	698	6,958	0	92,721
10年	期	1,357	30	12,808	28,783	40	205	50,597	1,002	7,328	0	102,150
11年	年度	2,653	40	52,313	31,403	99	399	91,121	2,799	13,800	649	195,063
11年	上	2,655	29	53,097	31,144	83	464	90,342	2,930	15,504	858	196,893
11年	下	1,176	19	39,903	2,130	57	140	43,616	1,294	6,022	353	94,497
11年	期	1,479	10	13,194	29,014	26	324	46,726	1,634	9,482	505	102,396
10年	1～3	729	1	8,357	12,617	10	60	26,326	318	5,290	0	53,708
10年	4～6	543	2	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	0	43,815
10年	7～9	576	17	19,555	1,157	24	91	23,769	315	3,402	0	48,906
10年	10～12	546	18	5,612	16,096	18	100	28,172	461	3,380	0	54,403
11年	1～3	811	12	7,196	12,687	22	105	22,425	541	3,948	0	47,747
11年	6	145	3	7,414	140	8	20	6,741	226	782	105	15,584
11年	4～6月	543	10	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	205	43,815
11年	7	177	3	6,693	109	20	20	6,941	290	772	39	15,064
11年	8	196	3	6,677	198	2	20	7,146	265	706	28	15,241
11年	9	260	3	7,150	1,214	12	60	10,253	356	988	81	20,377
11年	7～9月	633	9	20,520	1,521	34	100	24,340	911	2,466	148	50,682
11年	10	112	6	2,256	5,148	4	20	7,749	313	1,064	95	16,767
11年	11	268	3	1,532	6,076	13	42	8,714	363	1,622	108	18,741
11年	12	286	0	1,426	5,362	3	92	8,617	288	1,144	93	17,311
11年	10～12月	666	9	5,214	16,586	20	154	25,080	964	3,830	296	52,819
12年	1	230	0	1,103	4,956	4	60	7,350	240	1,627	57	15,627
12年	2	217	1	1,501	4,980	0	40	6,649	187	2,182	61	15,818
12年	3	366	0	5,376	2,492	2	70	7,647	245	1,843	91	18,132
12年	1～3月	813	1	7,980	12,428	6	170	21,646	672	5,652	209	49,577
12年	4	112	0	6,623	420	0	20	4,687	238	590	15	12,705

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

4. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

(単位：t)

年月	区分	ス ト レ ー ト				ブ ロ ー ン			
		バルク	紙袋	ドラム	計	バルク	紙袋	ドラム	計
10年	年度	5,199,865	873	2,130	5,202,868	130,220	70,398	214	200,832
10年	上	5,073,638	861	2,250	5,076,749	128,283	66,422	166	194,871
10年	下	2,297,461	444	971	2,298,876	62,237	30,408	76	92,721
10年	期	2,776,177	417	1,279	2,777,873	66,046	36,014	90	102,150
11年	年度	4,906,246	746	1,110	4,989,543	128,013	66,915	181	195,235
11年	上	4,949,967	659	1,497	5,033,564	129,482	67,287	110	197,065
11年	下	2,200,037	379	548	2,282,405	62,023	32,410	50	94,669
11年	期	2,749,930	280	949	2,751,159	67,459	34,877	60	102,396
10年	1～3	1,479,615	223	267	1,480,105	33,789	19,834	85	53,708
10年	4～6	1,110,962	210	463	1,111,635	30,368	13,410	37	43,815
10年	7～9	1,186,499	234	508	1,187,241	31,869	16,998	39	48,906
10年	10～12	1,422,789	206	892	1,423,887	34,194	20,156	53	54,403
11年	1～3	1,353,388	211	387	1,353,986	31,852	15,858	37	47,747
11年	6	320,921	57	22	321,000	10,696	4,882	6	15,584
11年	4～6月	1,029,521	210	463	1,111,635	30,368	13,410	23	43,987
11年	7	376,848	80	61	376,989	9,698	5,359	7	15,064
11年	8	383,208	40	24	383,272	10,255	4,974	12	15,241
11年	9	410,460	49	0	410,509	11,702	8,667	8	20,377
11年	7～9月	1,170,516	169	85	1,170,770	31,655	19,000	27	50,682
11年	10	416,046	47	4	416,097	11,143	5,613	11	16,767
11年	11	468,522	42	36	468,600	12,450	6,287	4	18,741
11年	12	468,253	67	135	468,455	10,545	6,747	19	17,311
11年	10～12月	1,352,821	156	175	1,353,152	34,138	18,647	34	52,819
12年	1	314,020	33	120	314,173	10,699	4,914	14	15,627
12年	2	412,752	52	7	412,811	10,922	4,891	5	15,818
12年	3	670,327	39	647	671,013	11,700	6,425	7	18,132
12年	1～3月	1,397,109	124	774	1,398,007	33,321	16,230	26	49,577
12年	4	341,570	77	9	341,656	9,265	3,427	13	12,705

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

5. 石油アスファルト地域別月別販売量

(単位：t)

年月 県別	10 年	10 年 度		11 年	11 年 度		11年 1～3月			
		上 期	下 期		上 期	下 期				
北 海 道	296,449	313,535	146,149	167,386	299,901	288,469	147,538	140,931	38,971	
青 森	98,043	97,479	45,448	52,031	101,130	101,266	44,927	56,339	20,327	
	38,250	39,239	14,368	24,871	40,866	44,773	19,346	25,427	8,685	
	164,899	168,816	69,427	99,389	150,166	140,829	56,977	83,852	51,248	
	63,859	64,511	29,843	34,668	58,662	57,771	26,944	30,827	12,407	
	26,750	27,726	13,113	14,613	37,260	39,469	17,993	21,476	6,103	
	81,725	80,270	31,420	48,850	74,637	72,821	27,892	44,929	24,493	
秋 田	473,526	478,041	203,619	274,422	462,721	456,929	194,079	262,850	123,263	
福 島	176,705	209,062	79,400	129,662	234,926	247,217	91,222	155,995	70,742	
	32,069	31,926	12,577	19,349	38,059	43,053	16,784	26,269	10,900	
	29,703	27,107	13,686	13,421	26,190	25,771	12,216	13,555	6,697	
	116,492	120,015	51,686	68,329	119,026	120,033	53,484	66,549	35,098	
	134,802	133,392	52,945	80,447	142,504	143,698	57,475	86,223	43,732	
	627,591	629,797	272,831	356,966	618,005	636,257	264,582	371,675	186,339	
東 北 計	121,275	114,700	49,112	65,588	124,961	136,935	55,474	81,461	34,478	
茨 城	10,093	11,137	4,699	6,438	11,133	11,056	4,467	6,589	3,661	
	36,594	37,113	17,664	19,449	40,795	42,831	20,378	22,453	7,192	
	101,406	100,480	44,445	56,035	103,664	105,833	53,649	52,184	19,706	
	162,856	139,415	72,919	66,496	181,392	223,997	93,391	130,606	23,885	
	1,549,326	1,553,884	671,704	882,180	1,640,655	1,736,681	723,122	1,013,559	442,430	
	愛 知	347,202	339,624	134,150	205,474	328,786	325,319	133,697	191,622	106,803
三 岐	52,119	50,909	22,170	28,739	50,737	48,942	25,579	23,363	14,617	
	29,300	30,201	11,895	18,306	38,679	39,432	18,474	20,958	8,529	
	37,511	34,914	17,435	17,479	41,684	47,905	19,629	28,276	7,039	
	18,718	18,493	8,433	10,060	17,870	18,067	8,557	9,510	4,253	
	484,850	474,141	194,083	280,058	477,756	479,665	205,936	273,729	141,241	
	福 井	14,604	14,315	7,075	7,240	14,315	15,060	7,470	7,590	2,867
滋 賀	31,859	28,855	12,829	16,026	28,194	30,908	12,601	18,307	7,892	
	8,838	7,329	3,082	4,247	9,037	9,612	4,634	4,978	1,947	
	359,565	352,854	155,630	197,224	338,450	356,304	132,831	223,473	103,214	
	221,227	205,741	93,979	111,762	222,362	225,095	106,344	118,751	57,567	
	1,079	1,276	787	489	1,373	1,475	614	861	340	
	46,856	44,755	19,228	25,527	41,468	39,921	18,389	21,532	13,608	
大 阪	684,028	655,125	292,610	362,515	655,199	678,375	282,883	395,492	187,435	
和 歌 山	592,897	534,780	297,673	237,107	262,230	180,377	107,247	73,130	116,867	
	153,250	153,474	68,530	84,944	145,470	136,836	63,700	73,136	45,987	
	500,184	451,479	259,241	192,238	447,125	461,355	263,309	198,046	76,257	
	30,044	27,975	12,931	15,044	25,648	25,567	10,797	14,770	7,510	
	25,784	23,993	9,859	14,134	26,289	28,495	10,756	17,739	7,079	
	1,302,159	1,191,701	648,234	543,467	906,762	832,630	455,809	376,821	253,700	
徳 島	38,715	36,673	14,255	22,418	35,641	36,156	14,803	21,353	11,573	
	59,824	60,525	26,265	34,260	62,228	60,245	27,641	32,604	18,083	
	56,528	58,023	23,569	34,454	62,222	63,446	25,963	37,483	19,529	
	23,333	22,007	8,982	13,025	21,409	22,158	8,420	13,738	7,324	
	178,400	177,228	73,071	104,157	181,500	182,005	76,827	105,178	56,509	
	福 岡	201,971	198,159	79,289	118,870	202,147	194,271	86,286	107,985	70,037
佐 賀	12,008	12,016	5,796	6,220	10,787	10,964	4,107	6,857	3,477	
	22,992	22,221	6,494	15,727	21,873	22,034	7,605	14,429	7,586	
	40,152	39,604	14,259	25,345	37,699	36,559	14,038	22,521	14,879	
	33,275	32,068	12,927	19,141	44,322	50,572	18,219	32,353	11,005	
	32,467	33,183	12,971	20,212	34,776	36,595	12,658	23,937	12,057	
	72,751	73,888	23,753	50,135	71,738	67,917	21,308	46,609	32,065	
熊 本	415,616	411,139	155,489	255,650	423,342	418,912	164,221	254,691	151,106	
大 分	19,346	16,826	6,638	10,188	15,880	15,942	5,524	10,418	7,078	
	5,403,700	5,271,620	2,391,597	2,880,023	5,063,716	5,089,608	2,255,939	2,833,669	1,401,733	
	沖 縄	19,346	16,826	6,638	10,188	15,880	15,942	5,524	10,418	7,078
	総 計	5,403,700	5,271,620	2,391,597	2,880,023	5,063,716	5,089,608	2,255,939	2,833,669	1,401,733

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

5. 石油アスファルト地域別月別販売量

(単位: t)

11年 4～6月	11年 7～9月	11	12	11年 10～12月	12年 1	2	3	12年 1～3月	4
48,074	89,875	44,422	31,113	113,392	4,023	7,869	15,647	27,539	5,422
19,818	25,109	11,746	14,331	35,876	1,907	1,900	16,656	20,463	6,168
8,128	11,218	4,955	4,629	12,835	1,940	2,160	8,492	12,592	2,624
25,171	31,806	15,223	15,070	41,941	7,911	9,483	24,517	41,911	10,940
11,597	15,347	6,789	6,657	19,311	655	787	10,074	11,516	2,994
6,736	11,257	4,020	4,602	13,164	1,167	1,205	5,940	8,312	2,505
13,142	14,750	6,523	8,613	22,252	3,446	5,499	13,732	22,677	6,457
84,592	109,487	49,256	53,902	145,379	17,026	21,034	79,411	117,471	31,688
28,483	62,739	26,477	27,661	72,962	27,292	22,371	33,370	83,033	15,736
9,161	7,623	3,651	4,152	10,375	2,688	5,413	7,793	15,894	3,429
5,407	6,809	2,446	2,573	7,277	1,137	2,043	3,098	6,278	1,444
25,123	28,361	10,570	10,683	30,444	8,042	11,724	16,339	36,105	7,813
24,216	33,259	13,967	15,555	41,297	8,540	14,399	21,987	44,926	7,134
126,320	138,262	56,060	61,168	167,084	42,276	65,168	97,147	204,591	42,236
24,159	31,315	12,124	11,859	35,009	10,042	14,975	21,435	46,452	8,794
2,190	2,277	994	1,177	3,005	571	1,006	2,007	3,584	1,174
10,158	10,220	4,325	5,078	13,225	1,286	1,868	6,074	9,228	4,930
25,199	28,450	10,748	10,074	30,309	3,510	4,818	13,547	21,875	11,385
33,678	59,713	14,373	26,115	64,116	21,451	25,107	19,932	66,490	10,242
314,094	409,028	155,735	176,105	475,103	126,835	168,892	242,729	538,456	114,317
61,653	72,044	29,149	31,149	88,286	20,019	31,112	52,205	103,336	21,309
12,161	13,418	3,248	3,889	10,541	2,969	3,950	5,903	12,822	2,453
7,688	10,786	4,106	3,758	11,676	1,441	2,824	5,017	9,282	3,062
8,915	10,714	5,740	4,878	15,016	2,569	2,739	7,952	13,260	6,166
3,972	4,585	1,824	1,549	5,060	389	843	3,218	4,450	2,176
94,389	111,547	44,067	45,223	130,579	27,387	41,468	74,295	143,150	35,166
4,053	3,417	1,405	1,476	3,978	751	829	2,032	3,612	1,903
6,301	6,300	2,568	2,719	7,701	2,129	2,960	5,517	10,606	2,269
2,491	2,143	825	1,049	2,456	610	682	1,230	2,522	820
70,485	62,346	34,214	36,136	102,405	26,545	37,591	56,932	121,068	36,602
44,061	62,283	19,657	20,833	58,451	15,112	20,090	25,098	60,300	19,853
212	402	74	252	419	59	167	216	442	46
10,186	8,203	3,735	2,863	9,471	2,516	4,084	5,461	12,061	2,450
137,789	145,094	62,478	65,328	184,881	47,722	66,403	96,486	210,611	63,943
67,317	39,930	19,726	12,143	38,116	8,575	14,422	12,017	35,014	13,366
31,185	32,515	13,764	11,706	35,783	9,290	11,349	16,714	37,353	9,716
124,135	139,174	41,125	26,361	107,559	24,977	28,083	37,427	90,487	29,353
5,108	5,689	2,729	2,717	7,341	1,299	1,316	4,814	7,429	2,414
4,867	5,889	2,484	3,009	8,454	1,572	2,505	5,208	9,285	3,755
232,612	223,197	79,828	55,936	197,253	45,713	57,675	76,180	179,568	58,604
6,327	8,476	3,116	3,449	9,265	2,440	4,057	5,591	12,088	2,507
13,958	13,683	5,457	5,651	16,504	3,854	5,081	7,165	16,100	4,629
12,662	13,301	5,137	6,160	16,730	4,909	6,388	9,456	20,753	5,445
4,366	4,054	1,802	1,962	5,665	1,600	2,402	4,071	8,073	1,707
37,313	39,514	15,512	17,222	48,164	12,803	17,928	26,283	57,014	14,288
40,565	45,721	13,305	18,489	45,824	10,458	18,909	32,794	62,161	13,705
2,299	1,808	1,022	1,144	3,203	672	1,156	1,826	3,654	1,074
3,603	4,002	2,264	1,259	6,682	2,011	2,564	3,172	7,747	2,335
6,245	7,793	2,440	3,416	8,782	2,164	3,580	7,995	13,739	2,562
13,012	11,452	5,992	3,904	15,098	2,498	6,233	8,524	17,255	3,862
5,466	7,192	3,233	3,839	10,061	2,535	3,956	7,385	13,876	2,084
7,786	13,522	6,776	7,625	18,365	6,841	9,091	12,312	28,244	3,349
67,731	91,490	35,032	39,676	108,015	27,179	45,489	74,008	146,676	28,971
3,241	2,283	1,001	1,261	3,278	1,112	1,881	4,147	7,140	1,962
1,034,424	1,221,515	487,341	485,766	1,406,044	309,800	428,639	689,186	1,427,625	354,361

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
[メーカー]		
出 光 興 産 株 式 会 社	(100-8321) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3134
興 亜 石 油 株 式 会 社	(105-6124) 港区浜松町2-4-1	03 (5470) 5780
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105-8528) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3874
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(105-0004) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6411
株式会社ジャパンエナジー	(105-8407) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(135-8074) 港区台場2-3-2	03 (5531) 5765
東 燃 株 式 会 社	(150-8411) 渋谷区広尾1-1-39	03 (5778) 5179
日 石 三 菱 株 式 会 社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 9122
富 士 興 産 株 式 会 社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571
[ディーラー]		
● 東北		
株 式 会 社 男 鹿 興 業 社	(010-0511) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185 (23) 3293 J O M O
カ メ イ 株 式 会 社	(980-0803) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111 日 石 三 菱
常盤商事株式会社仙台支店	(980-0011) 仙台市青葉区上杉1-8-19	022 (224) 1151 日 石 三 菱
ミ ヤ セ キ 株 式 会 社	(983-0852) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231 日 石 三 菱
● 関東		
朝 日 産 業 株 式 会 社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878 コ ス モ
株 式 会 社 ア ス カ	(106-0032) 港区六本木7-3-3	03 (5772) 1505 出 光
伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社	(153-8655) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211 J O M O
梅 本 石 油 株 式 会 社	(102-0073) 千代田区九段北3-2-1	03 (5215) 2286 コ ス モ
エムシー・エネルギー株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 0961 日 石 三 菱
株式会社ケイエム商運	(103-0028) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1626 日 石 三 菱
株式会社JOMOサンエナジー	(105-0004) 港区新橋4-24-8	03 (5400) 5855 J O M O
コスモアスファルト株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011 コ ス モ
国 光 商 事 株 式 会 社	(164-0003) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231 出 光
澤田商行株式会社営業本部	(104-0032) 中央区八丁堀2-21-2	03 (3551) 7131 コ ス モ
昭 石 商 事 株 式 会 社	(107-0051) 港区元赤坂1-1-8	03 (5474) 8511 昭和シェル
新 日 本 商 事 株 式 会 社	(170-0005) 豊島区南大塚3-32-10	03 (5391) 4870 昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105-0011) 港区芝公園2-6-8	03 (3578) 9521 出 光
竹 中 産 業 株 式 会 社	(101-0044) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185 昭和シェル
中 央 石 油 株 式 会 社	(160-0022) 新宿区新宿1-14-5	03 (3356) 8061 モ ー ビ ル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
エフケー石油販売株式会社	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 5581	富士興産
東新エナジー株式会社	(103-0027) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日石三菱
東洋国際石油株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3555) 8138	コスモ
中西瀝青株式会社	(103-0028) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日石三菱
株式会社南部商会	(108-0073) 港区三田3-13-16	03 (5419) 9861	日石三菱
日石丸紅株式会社	(105-0001) 港区虎ノ門1-19-10	03 (5251) 0777	日石三菱
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巢鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103-0014) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル
富士興産アスファルト株式会社	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (3861) 2848	富士興産
富士鉱油株式会社	(105-0003) 港区西新橋1-18-11	03 (3591) 2891	コスモ
富士油業株式会社東京支店	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 8241	富士興産
丸紅エネルギー株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モービル
三井石油株式会社	(164-8723) 中野区本町1-32-2	03 (5334) 0730	極東石油
ユニ石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭和シェル
● 中部			
鈴与商事株式会社清水支店	(424-8703) 清水市入船町11-1	0543 (54) 3322	モービル
富安産業株式会社	(939-8181) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭和シェル
松村物産株式会社	(920-0031) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	日石三菱
丸福石油産業株式会社	(933-0954) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭和シェル
● 近畿・中国			
赤馬アスファルト工業株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津3-10-4	06 (6374) 2271	モービル
大阪アスファルト株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津6-3-11	06 (6442) 0031	出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530-0047) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (6364) 7212	コスモ
三徳商事株式会社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (6394) 1551	昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
千代田瀝青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (6358) 5531	日石三菱
富士商株式会社	(756-8501) 小野田市稲荷町10-23	0836 (81) 1111	昭和シェル
株式会社松宮物産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608	昭和シェル
横田瀝青興業株式会社	(672-8057) 姫路市飾磨区恵美酒147	0792 (33) 0555	J O M O
株式会社菱芳砥産	(671-1103) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344	J O M O
● 四国・九州			
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812-8528) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851	J O M O
今別府産業株式会社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111	J O M O
三協商事株式会社	(770-0941) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131	富士興産
サンヨウ株式会社	(815-0037) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615	富士興産
株式会社ネクステージ九州	(810-0005) 福岡市中央区清川2-20-15	092 (534) 7050	日石三菱

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
西岡商事株式会社	(764-0002) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001 日石三菱
平和石油株式会社高松支店	(760-0017) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
丸菱株式会社	(812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 昭和シェル

編集顧問	編集委員
多田宏行 藤井治芳 松野三朗	委員長：河野 宏 阿部忠行 大野滋也 塚越 徹 姫野賢治 荒井孝雄 栗谷川裕造 野村健一郎 吉兼秀典 安崎 裕 小島逸平 野村敏明 若林 登 太田 亨 田井文夫 服部 潤

アスファルト 第204号

平成12年7月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2

秀和永田町TBRビル514号室 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104-0061 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997 (代)

印刷所 キュービシステム株式会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-3224-1251 (代)

Vol.43 No.204 JULY 2000

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**