

アスファルト

第40巻 第194号 平成10年1月発行

194

特集・アスファルトの利用技術

第4節 防水・その他への利用

第1章 防水・防湿	所 武彦・鈴木康弘・小澤恒延	1
第2章 建築	荒川隆明・土居貞幸・今井博文	24
第3章 原料	藤井正己・矢野恭治・渡邊光喜	33
第4章 燃料	渡邊光喜	43
第5章 その他	西岡敏昭・二見敏彦・栗田 明	49
	長谷川宏・室賀五郎・三谷治郎	

＜資料＞平成8年市販アスファルトの性状調査 69

＜統計資料＞石油アスファルト需給統計資料 73

ASPHALT

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

第76回 アスファルトゼミナール開催のご案内

社団法人 日本アスファルト協会

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

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

内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

1. 主 催 社団法人 日本アスファルト協会
2. 協 賛 社団法人 日本アスファルト乳剤協会、日本改質アスファルト協会
3. 後 援 建設省、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本道路建設業協会 沖縄支部
社団法人 日本アスファルト合材協会、沖縄県アスファルト合材協会
4. 開催月日 平成10年2月12日(木)～13日(金)
5. 開催場所 那覇市「沖縄県立郷土劇場」(案内図参照) 那覇市東町1-1 ☎098-866-2341
6. 内 容 裏面「プログラム」参照
7. 申込方法 平成10年1月20日までに下記参加申し込み書に必要事項をご記入のうえ参加費を添えて現金書留でお申し込み下さい。申し込み受付次第受講券、領収書をお送り致します。
8. 申 込 先 社団法人 日本アスファルト協会 アスゼミ係
〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8 秀和第3虎ノ門ビル ☎03-3502-3956 FAX03-3502-3376
9. 参 加 費 6,000円
10. 参加人数 500名(締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。)
11. その他 ①払い込み済みの参加費は、不参加の場合でも払い戻し致しません。参加者の変更をすることは差し支えありません。なお、不参加者には後日テキストをご送付致します。

会 場 案 内 図



- ②会場席数の関係で、当日受付はできませんので、必ず上記方法でお申し込み下さい。
- ③宿泊のあつ旋は、勝手ながら当協会では致しませんので、各自にてお願いします。
- ④会場には駐車設備がありませんので、車でのご来場はご遠慮願います。

..... キ リ ト リ 線

第76回 アスファルトゼミナール 参加申込書

勤 務 先			
所 在 地	〒 Tel		
連絡先部課・氏名			
参 加 者 氏 名	役 職 名	参 加 者 氏 名	役 職 名

プログラム

開催月日 平成10年2月12日(木)～13日(金)

開催場所 沖縄県那覇市「沖縄県立郷土劇場」那覇市東町1-1 ☎098-866-2341

第1日目 平成10年2月12日(木) 10:00～16:30

1. 挨拶 10:00～10:06
社団法人日本アスファルト協会会長 富 安 正 剛
沖縄県技監 霜 上 民 生
2. ISO 9000について 10:10～11:20
中央開発株式会社技術顧問 陶 山 武 彦
(昼食休憩 11:20～12:20)
3. 琉球舞踊 12:30～13:00
4. 鉄道、廃棄物最終処分場へのアスファルトの利用について 13:00～14:10
日本大学理工学部土木工学科教授 阿 部 頼 政
5. 沖縄の歴史と文化 14:10～15:10
沖縄県県立博物館長 當 間 一 郎
(休憩 15:10～15:20)
6. 空洞探査について 15:20～16:30
ジオ・サーチ株式会社代表取締役 富 田 洋

第2日目 平成10年2月13日(金) 9:30～12:40

7. 平成10年度道路予算案 9:30～10:30
建設省道路局企画課道路計画調整官 菊 川 滋
8. 欧州における常温舗装事情～主としてフランス、スペイン～ 10:30～11:30
日本舗道株式会社技術研究所研究部長 溝 渕 優
(休憩 11:30～11:40)
9. アスファルトの化学について 11:40～12:40
財団法人土木研究センター調査試験二部部长 坂 本 浩 行
(講師は都合で変更することがあります)

第4節 防水・その他への利用

第1章 防水・防湿

1. 土木防水（地下防水を含む）

1.1 土木防水の範囲および分類

土木構造物には多くの種類があり、防水の必要性も様々でまた、防水工の役割やその方法も多様である。

一般に土木構造物は、構造形式や設置場所によって橋梁、土工構造物、トンネル、ダム、基礎構造物等に、構造材料によって鋼構造、コンクリート構造物、土構造物（地盤構造物とも言う）等に分けられ、鉄道、道路、空港、河川、発電設備、上・下水道、地下街等様々な用途に供されている。防水が問題となるのは、主に地下に建設されるコンクリート構造物であるが、貯水や導水等を目的とする地盤構造物も対象になる。これらの防水を必要とする土木構造物は、防水という観点からすれば、表-4.1.1に示す3種類に分類することができる。

これらは、いずれも大きく異なる条件下にあり、同じ用途でも設置場所や施工部位によって異なる防水技術が要求されることが大方である。しかし、設計段階で、防水材の品質やその他の要求特性が明確にされているとは言い難く、多様な施工条件に応じ現場において判断されることも多い。したがって、構造形式や設置場所が決まっても、材料や工法が一概に決められないのが現実である。

1.2 地下構造物の防水

防水が不可欠とされる最も代表的な都市部の共同溝や地下鉄の駅部においては、開削工法による構築方法が一般的で、その防水の基本形は図-4.1.1のようなものである。開削工法における防水は、躯体の側壁背面

に十分な余堀りが確保される場合、構築後に躯体の外

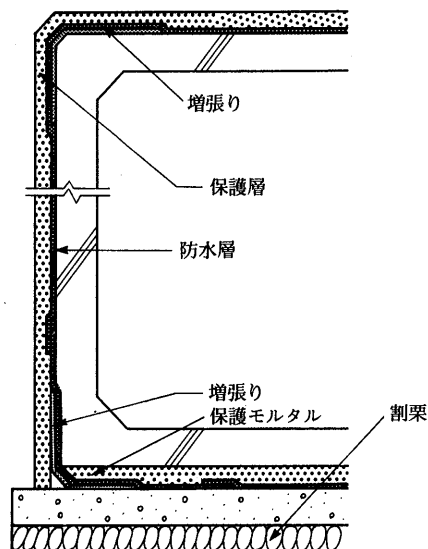


図-4.1.1 地下構造物の防水（一般図）

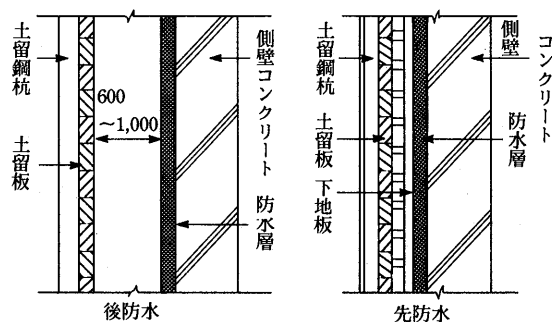


図-4.1.2 開削工法・側部の防水方法

表-4.1.1 防水を必要とする土木構造物の分類

	防水上の区分	防水工の役割	主な土木構造物
A	構造物の内側の空間を乾燥または乾燥に近い状態で使用する土木構造物で、その外側が常時、水に接しているもの	外周からの水（地下水、海水等）の侵入防止	・構造物の基礎を除く大部分の地下構造物（トンネル及び地下利用施設） ・海洋構造物の内部空間利用部
B	部材内部への水の侵入が重要な問題となる土木構造物	主として、頂面からの雨水の浸透防止	・橋梁の床版
C	構造物の内側の空間を水等の貯留あるいは導流に使用する土木構造物	内容液の漏出防止	・水槽、タンク類* ・ダム、貯水池* ・導水路*（*地下構造とする場合を含む） ・河川堤防

側から防水層を粘着・形成した後防水が一般的である。しかし、近年の道路事情や掘削方法の変化により十分な余掘り空間が得られないことが多いため、土留め壁に下地層を設け、これに防水層を形成する先防水方式が採られるようになってきている。(図-4.1.2)

いずれも、構築全体をアスファルト系やゴム系のシートによってくるむ所謂、全周防水が基本となっている。

これに対し、駅部以外ではシールド工法による構築方法が多く、その場合、セグメント継手間のシールによる止水工が基本となる。また、山岳トンネルでは、防水が必要な状況でもこれまでの支保坑・矢板方式による構築方法の場合、防水の施工条件が整うことはなく、専ら排水設備に頼ってきた。しかし、NATMの普及と共に、一次覆工と二次覆工との間にプラスチックシート等による防水層の形成が可能となった。

開削工法の場合、周辺地盤の地下水位を十分に下げた施工するのが原則であるから、防水も確実な施工が可能であると考えられている。しかしながら、次のような厳しい施工条件を受け入れざるを得ないことが多く、理想的な防水を施工することは容易ではない。

- ①湿度が高く、施工面が濡れていることがある。
- ②構築の施工と防水の施工とが競合することが多い。
- ③施工後、水位の回復により水压を受ける。

一方、最近の柱列式連続杭(柱列壁)や連続壁工法のような土留工法では、躯体と合わせれば側部のコンクリートが厚くなり、遮水性もある程度期待されるところの考えから、漏水の可能性は小さいとして、側部に防水層を設けないタイプの方式が現れている(図-

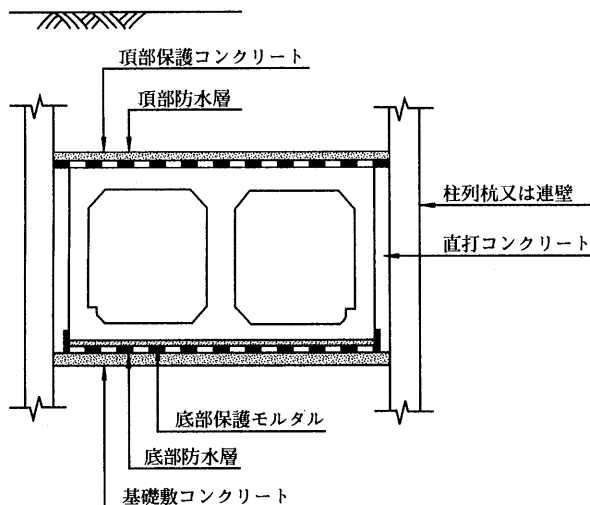


図-4.1.3 柱列式または連続式工法の防水工

4.1.3)。しかし、この場合、土留壁に直接コンクリートを打設するため、壁の凹凸等による背面拘束に伴うコンクリートの温度応力や乾燥収縮によるひびわれの発生が懸念される。止水板や誘発目地等により対処する方法もあるが、ひびわれに対する防止対策が確立されていない現状では、種々問題を残す可能性がある。

そこで現在、連続壁や柱列壁に対して直接防水層を形成すべく、これ迄とタイプの異なる防水材および防水工法の試験施工が各所で行われている。たとえば、次のようなものである。

- ①凹凸のある下地面へのなじみを良くし、コンクリートの打設圧による損傷を避けるための不織布を裏打ちした改質アスファルト系シート。
- ②土中の水分を吸収し膨潤することで止水効果を発揮するベントナイトに繊維を折り込んでシート状に成形したもの。
- ③長期に亘る地下水圧やコンクリートの打設圧からの損傷防止を図るべく、比較的硬いプラスチックフィルム(ポリプロピレン)を芯材に用いた改質アスファルト系シート(図-4.1.4)。

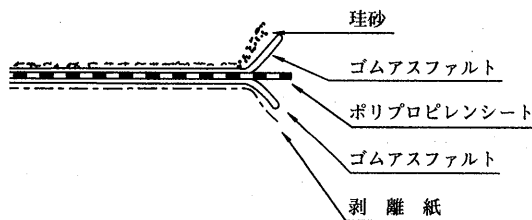


図-4.1.4 プラスチックフィルムで芯材にしたアスファルト系シート

1.3 アスファルト防水の歴史

防水に使用された最初の材料は天然アスファルトで、考古学者によれば、紀元前3,800年頃の古代メソポタミヤ文明において、防水材の他様々な用途に用いられた形跡があるという。アスファルトは、数千年の歴史を有するものであるが、現在でも防水材料として無視できないばかりか、中心的存在である理由は、単に入手し易く安価であるだけではなく、防水材料として優れた特性を有し、実績が圧倒的であることにある。我国では、天然アスファルトの産出が皆無であったこともあり、防水材としては、今から90年程前の明治時代後半になって用いられたとされる。一般に広まったのは、大正時代になってルーフィングの国内製造が始まってからであろうと思われる。

アスファルト防水工法は、アスファルトルーフィングを加熱溶融したアスファルトを用いて貼り合わせることによって、連続一体化した積層防水層を形成する所謂熱工法に始まる。このアスファルト熱工法は、各種の高分子系シート防水や塗膜防水が開発される中で建築分野においては今なお、50%以上のシェアを占めるが、後述する様々な特徴を合せ持っていることが理由と考えられる。

土木の分野では、1950年代に始まった代表的な土木工事の一つである東京の地下鉄建設において、熱工法によるアスファルト防水が仕様化され、以後長い間採用されてきた。しかし、地下鉄や共同溝等都市土木における防水現場では、熱溶融アスファルトの煙、臭気による公害問題や火気および高温溶融アスファルトの使用が問題となり、20年程前、東京地区を始めとして、全国的にアスファルトの常温工法（接着工法）または、高分子シートの防水工法に切り替って行くこととなった。この切り替りの速さは、地下鉄工事等でアスファルトの溶解作業が公共の道路上でしかも、長期に亘ることが多いため、周辺住民の抵抗が強かったことも理由の一つであると考えられる。

1.4 アスファルト防水の種類

現在アスファルト防水は、表-4.1.2のように3種類に大別される。

1.4.1 熱工法

アスファルト防水と言えば、これまで、アスファルトルーフィングやフェルト、網状ルーフィング等を芯材または補強材とし、熱溶融アスファルトを積層して防水層を形成するタイプのものを指してきた（図-4.1.5）。アスファルトには、ブローンアスファルトが用いられるが、これは、感温性が小さく、耐候性、衝撃抵抗に強く、防水用に適した性状を有している。しかし、アスファルトが充分にその耐久性を保つためには、日光や外気から保護される必要があり、地下構造

表-4.1.2 アスファルト防水の種類

No.	工 法	構 成 材 料
1	アスファルト防水熱工法 ゴムアスファルト熱工法含む	・コンパウンドアスファルトまたはブローンアスファルト ・ルーフィング類 ・アスファルトフェルト ・アスファルトルーフィング ・網状アスファルトルーフィング
2	アスファルト防水常温工法	シート型 合成繊維不織布またはプラスチックメッシュを芯材とする改質アスファルトシート 塗膜型 ・天然アスファルト乳剤+補強布 ・ゴムアスファルト乳剤+分解剤 複合型 ・改質アスファルトルーフィング ・乳剤系または溶剤系アスファルトコンパウンド
3	改質アスファルトトーチ工法	APPまたはSBS改質アスファルトルーフィング

物の防水層においても、直接地下水流に触れることは避けるように防護手段を講じる必要はある。

この熱工法の場合、作業性が悪いとか、構築の変状追従性が悪いとか、腕の良い技能工が少なくなったといった問題はあるものの未だ信頼性が高いのは、アスファルトと芯材を幾層にも重ね合わせることで充分な厚みが確保され、施工上生じる継手部や、下地面の不陸、汚れ、細かい施工ミス等、問題となる箇所の大方を補ってしまうという、他にはない特徴を持っているからである。しかし、残念ながら土木工事ではほとんど、その施工を見ることができなくなっている。

1.4.2 常温工法

アスファルト常温工法には、シート型、塗膜型および積層型とがあり、土木工事用には、シート型と塗膜型の内のゴムアスファルト乳剤の吹付け工法が用いられている。

(1) シート型

シート型の場合、合成繊維不織布または、プラスチ

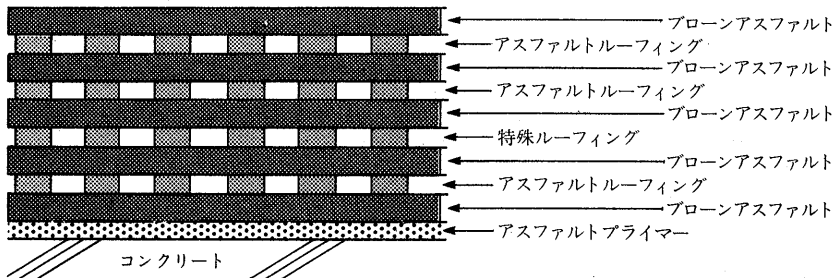


図-4.1.5 アスファルト防水熱工法による地下防水の仕様例

ックメッシュ等を芯材とし、ゴム等による改質アスファルトを上下に含浸・積層した成形品を用いる。ゴムアスファルトの一般的性質としては、温度依存性やゴム弾性的性質に勝れ、したがって、防水材料として十分な効果を期待し得る適度の粘弾性を有しているとされる。また、成形シートとしては、次のような特徴をもっている。

①加硫ゴムシートとアスファルトシートとの中間的性状を有する。

②加硫ゴムシートと比較して厚みが厚い。

ゴムアスファルトは、適度の応力緩和現象やクリープ現象を示すため継手の信頼性は高いとされる。ただし、厚みが薄ければ、下地の動きにより発生するせん断応力は大きくなり、必ずしも防水層としての信頼が期待できないとされる。因に、高分子シートの厚みの多くは、1～1.5mm程度であるのに対し、ゴムアスファルトシートの厚みは、通常3mm以上となっている。シートの貼り付けを自着層だけに頼る場合、下面に空隙が残る易く、ふくれや剥離に繋がる虞れがあるため、プライマーだけでなく、接着剤を用いたりバーナーや熱風を併用することがある。しかし、湿度が高く、時には湿った下地面が相手の地下構造物では、接着剤の使用にも様々な問題がある。

たとえば、溶剤系接着剤の場合、多少の湿気下でも乾燥は比較的速く、接着力にも勝れているが、揮発性ガスによる作業環境の悪化は避けられず、換気には最大限の注意が必要である。また、エマルジョン型の場合、作業環境上の問題は少いとは言え、乾燥に長時間必要なことまた、再乳化の可能性もあるため接着耐久性に不安が残るといわれる。

(2) 吹付け工法

アスファルト乳剤にゴムラテックス(SBR、クロロプレン等)を加えたゴムアスファルト乳剤に電解質水溶液(分解剤)を吹付け混合させる、所謂ゴムアス吹

付け工法(図-4.1.6)は、20数年前、装置と共にドイツから我国に技術導入され、国内で製品化されることによって、主に土木構造物の防水工法として用いられるようになった。吹付け工法の特徴は、次のようなものである。

①火気、溶剤は不要で安全である。

②継手部分が弱点となる心配はない。

③吹付け後瞬時に分解し、1回の吹付けで厚い防水層が形成される。

しかし、ゴムアスファルト粒子の飛散により周辺が汚れ易いこと、厚みの管理が難しいこと、低温(5℃以下)時には施工できないこと等欠点もあり、施工条件を充分検討した上で採用すべきであろう。この吹付け工法は、ガムの(写真-4.1.1)岩盤部や廃棄物処分場の遮水用としての実績もある。

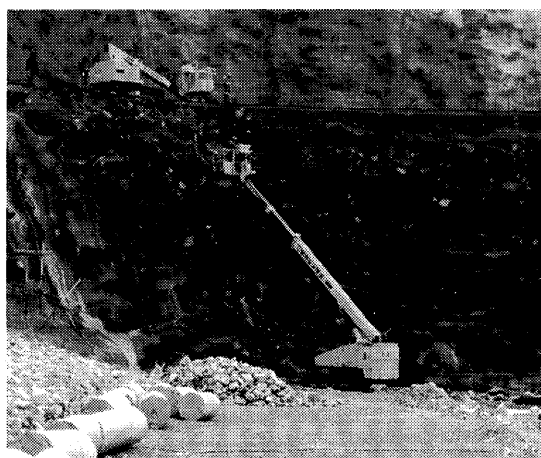


写真-4.1.1 ギャム岩盤部の吹付け防水

1.4.3 トーチ式防水工法

ゴムアスファルトシートの自着層面をバーナーで炙りながら継手やコーナー等の接着を行う方法は、地下の防水工事ではこれ迄も補助的手段として盛んに使わ

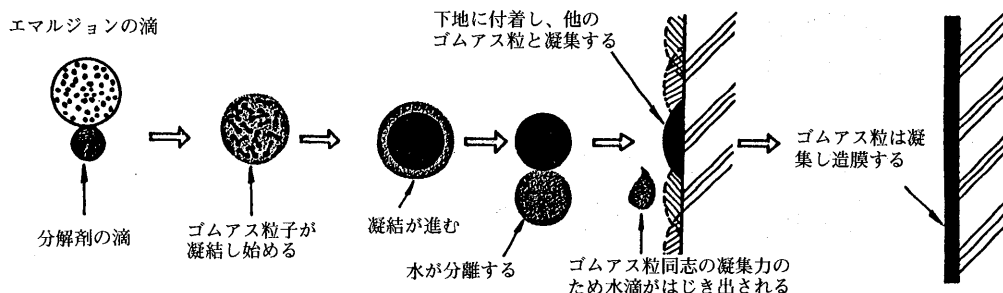


図-4.1.6 ギャムアス吹付け工法の原理

れてきたが、アスファルトの改質材としてAPPやSBSが用いられ、本格的な加熱溶融による接着方式が採用されたのは、建築分野においてである。しかし、地下の防水工法としては、狭温で湿度が高く、側壁施工が多いなどという困難な条件下においても施工可能な方法が開発されなければ適用は難しいものと思われる。

1.4.4 アスファルトを用いたその他の防水工法

前述のように、継手がないことを特徴とするゴムアスファルト乳剤による吹付け工法は、乳剤特有の強い凝集力により、下地条件によっては被膜に亀裂を発生させることがある。そこで、反応速度を下げた緩結型の乳剤を用い、これに下地の不陸整正を兼ねた不織布の組み合わせによって、廃棄物処分場やダム等の遮水用に使用された例もある。また、緩結型ゴムアスファルト乳剤に無機質の水硬性粉体を混ぜ合わせ、乳剤中の水分をこの粉体に吸着および反応させ（図-4.1.7）、凝集力による亀裂の発生を防ぐとともに滑らかな被膜を形成させるタイプのものも現れている。これは、吹付け、ハケ塗りどちらも可能で、湿気のある下地面对しても瞬結タイプに比べ好結果が得られている。

一方、従来の熱工法の特徴であるアスファルトとルーフィングとを重ね合わせるという考え方を取り入れ、ゴムシートやゴムアスシートと塗膜防水とを組み合わせることにより信頼性をグレードアップしようという複合工法が地下の重要構造物に対して用いられた例もある。

また、最近柱列式地下連続壁に適用する側部の防水工として、柱列壁にスペーサー（ポリエチレン製ネット）を取り付け、壁とスペーサーとの間にゴムアスファルトを充てんする方法が開発された（図-4.1.8）。施工性やコストの面で問題はあものの新しい試みとして注目される。

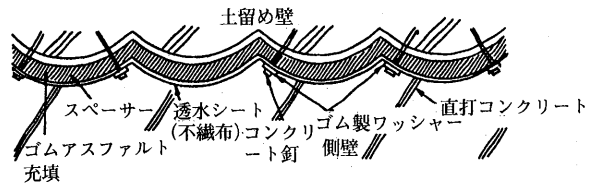


図-4.1.8 ゴムアスファルト充てん防水工法

1.5 地下防水以外への適用

地下構造物以外の土木施設に対する防水（遮水）あるいは遮断を目的とした適用例としては、貯水池、排水処理池、廃棄物処分場（図-4.1.9）、法面等の地盤構造物を対象としたものが挙げられる。これらの構造物は、コンクリート構造物とは異なり、一般に下地面の不陸が大きく状態が一定ではないこと、下地層が変状する可能性があること、施設によっては、水以外の液体や様々な固形物の入れ物となることもあるなど、防水層にとっては施工時に限らず、施工後も厳しい環境に置かれることが多い。したがって、防水材料・工法の選択に当たっては、対象物や施工条件に応じた適切な判断が求められる。材質面では、ゴム系、プラスチック系の他アスファルト系では、改質アスファルトと不織布との積層タイプ以外に、マット状の長繊維不織布を芯材とした改質アスファルトの全層含浸タイプの

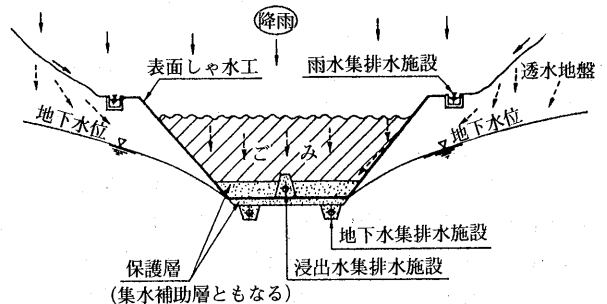


図-4.1.9 廃棄物処理場の表面遮水工

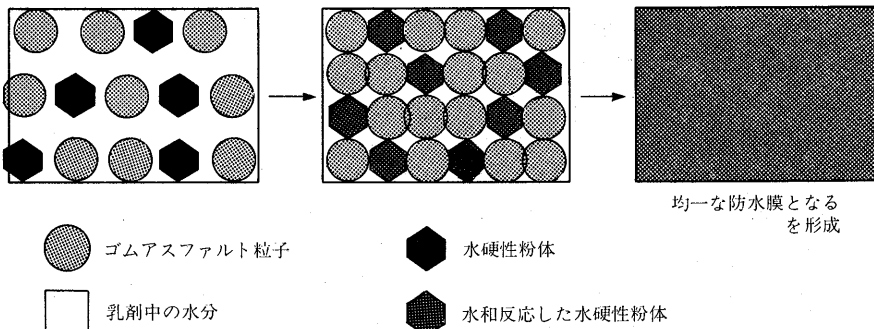


図-4.1.7 1液タイプのゴムアス吹付け防水の原理

シートも用いられ実績を上げている。

一方、この全層含浸タイプの場合、シート片面に厚手のフィルムを貼り合せて（図-4.1.10）貫通抵抗力を高め、鉄道線路周辺の雑草繁茂を抑制する目的（防草）に用いられ、道床の噴泥防止対策として用いられた例がある。また、道路橋の橋梁床版には、浸透水からの保護を目的とした橋面防水が行われている。主に比較的薄い改質アスファルトシート（2mm程度）によるもので、合成ゴムや加熱アスファルト（合成ゴム入り）による塗膜防水工法と共にコンクリート床版、鋼床版を対象として施工される。

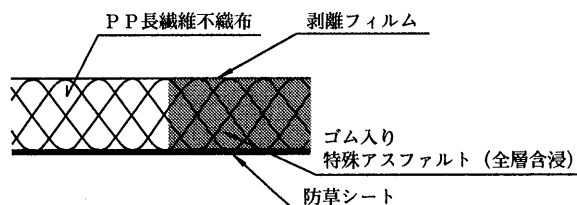


図-4.1.10 フィルム付き全層含浸シート

1.6 防水工の規格

現在、防水工については、材質面から「JIS A 6008-1992合成高分子系ルーフィング」、「JIS A 6021-1995屋根用塗膜防水材」、「JIS A 6013-1997改質アスファルトルーフィングシート」において、その種類、製法、形状、寸法、品質等について規定している。また、建築分野では、同学会が「建築工事標準仕様書・同解説-JASS 8防水工事」において、防水工法を4種類に分類しそれぞれ詳細に記述している。

これに対し、土木防水では、統一的な規格は無く、各企業体や協会等の団体がそれぞれの対象の構造物ごとに仕様を定めており、しかも極く簡単な記述が多い。たとえば、建設省は、共同溝についての特記仕様書でゴムアスファルトシートの厚み、接着剤、保護方法等についてのみ示し、営団もまた、ゴムアスファルトシートの種類と下地についての留意事項を簡単に示すにすぎない。土木学会では、「トンネル標準示方書（開削編）・同解説」において、防水に関する章を設け、合成高分子材料系防水、モルタル防水、アスファルト防水と3種類に分け、それぞれ留意事項を記述している。

一方、前述の道路橋の場合、鋼床版については「本州四国連絡橋・橋面舗装基準（案）」において、アスファルト系のシート防水の規格がまた、RC床版の防水については、「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料」において具体的な設計施工に関する事項が

示されている。

近年、特に注目を集めているのが廃棄物最終処分場の遮水（防水）である。その重要性に鑑み、平成6年に各関係者、専門家等による「最終処分場技術システム研究会」が発足し、その後、本会は遮水シートの試験方法と規格作りを目的とした「遮水工技術研究会」に発展している。

2. 屋上防水（陸屋根防水）

2.1 屋上防水（陸屋根防水）とは

屋上防水（陸屋根防水）の基本は、3. で記述する屋根防水（勾配屋根防水）とは異なり水が停滞して水溜まりが生じ易いフラットな屋根である陸屋根（有る意味で雨仕舞いの原則に反する）に対して、耐久性の高い連続一体化した水密的な皮膜を形成して、雨水の室内への進入を防止する事にある。

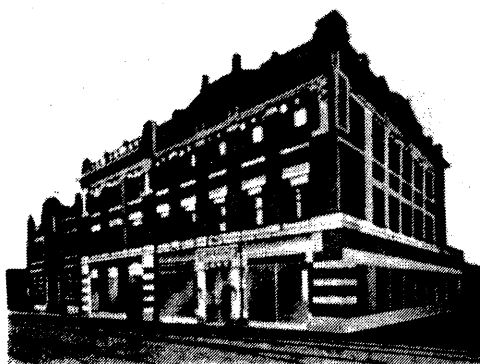
アスファルトは、加熱溶融時に流動性に富み充填性に優れ、耐久性も高い為、この防水の基本を実現するために非常に好適な材料である。また、アスファルトは冷却によって固着力が生じ、肉痩せもほとんど無かつ接着力発現時間も早いので、防水の為の理想的なコーキングアドヘイシブ（隙間充填性を有した接着材）といえる。

アスファルト防水の基本は、このアスファルトの性質を最大限に活かした防水工法で、シート状のアスファルトルーフィングを加熱溶融アスファルトで複層張付けていく積層工法・メンブレン工法である。この工法は、加熱溶融したアスファルトを使用するためアスファルト防水熱工法と呼ばれる。このアスファルト防水熱工法は、防水の根幹である防水性・耐久性にあらゆる防水工法中最も優れるため、今もって陸屋根防水の主流である。現在では後述するように、種々のアスファルト防水工法が上市されているが、単にアスファルト防水と言えば、狭義にはこのアスファルト防水熱工法を指す。写真-4.1.2にアスファルト防水熱工法の施工状況、図-4.1.11に仕様の概念図（断熱コンクリート保護押え仕様）を示す。

国内で初めての陸屋根へのアスファルト防水（ルーフィングをアスファルトで複層積層するメンブレン防水）は、写真-4.1.3に示す様に、明治38年（1905）に大阪瓦斯本社ビルで行われている。すなわち、日本のアスファルト防水は、1900年代初頭から一世紀に近い実績と信頼を保有しており、その歴史は正に日本の防水史そのものである。



写真-4.1.2 アスファルト防水熱工法の施工状況⁵⁾



日本で初めて防水工事が行われた大阪瓦斯中之島本社（明治38年～昭和3年）

写真-4.1.3 大阪瓦斯本社ビル⁶⁾

2.2 陸屋根防水に使用されるアスファルト系材料と規格

陸屋根防水に使用されるアスファルト系材料として

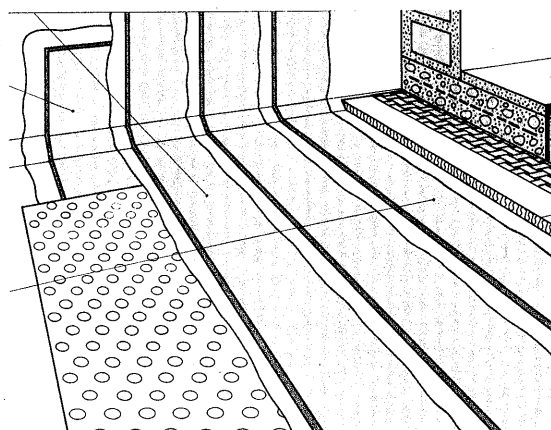


図-4.1.11 アスファルト防水仕様の概念図⁵⁾

は、アスファルトルーフィングと防水工事用アスファルトがその主要材料である。

アスファルトルーフィングは、紙・ガラスマット・織布・不織布等の各種基材にアスファルトを含浸・塗覆した図-4.1.12（不織布を基材としたルーフィングの断面構成）に示す様な構成のシート状材料である。

図-4.1.13に示す加工工程で基材にアスファルトを含浸し、その上下両面にアスファルトを塗覆、さらに粘着防止の為に鉱物質粉粒を撒着した後、所定の長さに巻き取られて製造されるのが一般的である。

アスファルトルーフィング類の規格には、現在では、

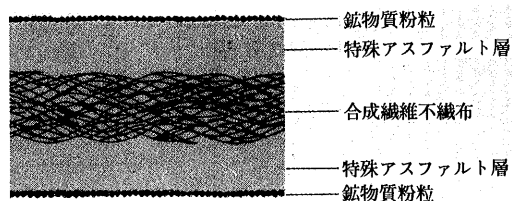


図-4.1.12 アスファルトルーフィングの構成⁵⁾

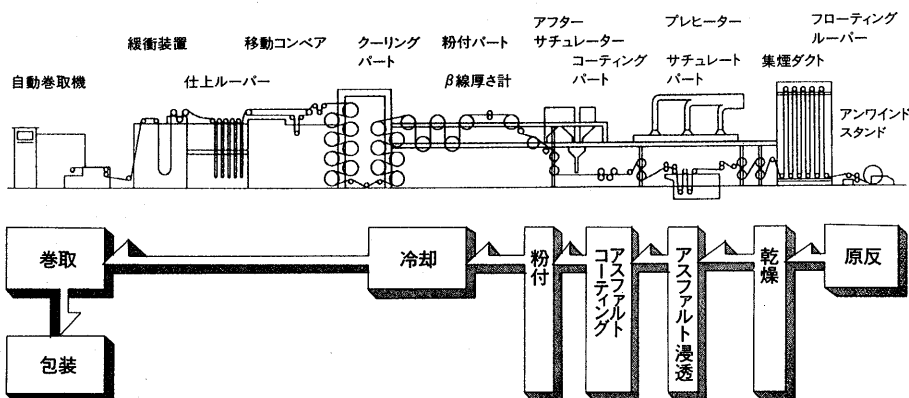


図-4.1.13 アスファルトルーフィングの加工工程⁵⁾

JIS A 6005-1991 (アスファルトルーフィングフェルト), JIS A 6012-1993 (網状アスファルトルーフィング), JIS A 6013-1996 (改質アスファルトルーフィングシート), JIS A 6022-1991 (ストレッチアスファルトルーフィングフェルト), JIS A 6023-1991 (あななきアスファルトルーフィングフェルト) の 5 規格がある。現在の、アスファルト防水に於ける主要なアスフ

アルトルーフィングであるストレッチアスファルトルーフィングフェルトの規格を表-4.1.3に示す。

アスファルト類の規格には、JIS K 2207-1996 (石油アスファルト) があり、その中ではストレートアスファルト、ブローンアスファルト、防水工事用アスファルトが規定されている。防水材料製造には主に、ストレートアスファルト150-200, ブローンアスファル

表-4.1.3 JIS A 6022-1991 (ストレッチアスファルトルーフィングフェルト)

種類		製品の抗張積 (¹)の呼び	備考		
ストレッチルーフィング		1 000 1 800	有機合成繊維を主原料とした不織布原反（以下、原反という。）に、JIS K 2207 に規定された防水工事用アスファルト 3 種又は 4 種に適合するアスファルトを浸透、被覆し、表裏面に鉱物質粉末を付着させたもの。		
砂付ストレッチルーフィング		800	原反に、JIS K 2207 に規定された防水工事用アスファルト 3 種又は 4 種に適合するアスファルトを浸透、被覆し、表面の片側 100 mm を除いた残りに鉱物質粒子(²)を密着させ、残りの表裏面に鉱物質粉末を付着させたもの。		

種類		ストレッチルーフィング		砂付ストレッチルーフィング	適用試験 箇条
製品の抗張積の呼び		1 000	1 800	800	
製品の単位面積質量 g/m ²		1 500 以上	1 500 以上	3 000 以上	6.4
原反の単位面積質量 g/m ²		120 以上			6.5
アスファルトの単位面積質量 g/m ²		850 以上	850 以上	1 000 以上	
鉱物質粒子の単位面積質量 g/m ²		—			6.6
引張性能	引張強さ〔幅10 mm 当たり (長手・幅両方向とも)〕 N {kgf}	80 {8.2} 以上	120 {12.2} 以上	80 {8.2} 以上	6.7
	最大荷重時の伸び率（長手・ 幅両方向とも）％	6.0 以上	10.0 以上	5.0 以上	
	3％引張応力〔幅 10 mm 当 たり（長手・幅両方向とも）〕 N{kgf}	40 {4.1} 以上	60 {6.1} 以上	60 {6.1} 以上	
	抗張積〔幅10 mm 当たり（長 手・幅両方向とも）〕 N・％ {kgf・％}	1 000 {102} 以上	1 800 {184} 以上	800 {82} 以上	
折曲げ性能 （長手・幅両方向とも）		試験片 10 個中 9 個以上にき裂が生じないこと。			6.8
加熱処理後の折曲げ性能 （長手・幅両方向とも）					6.9
アスファルトの浸透状況		アスファルトの不浸透部分がないこと。			6.10
寸法安定性	伸縮量 mm	5.0 以下	5.0 以下	3.0 以下	6.11
	変形	しわ、反り、はく離などの異状な状態が生じないこと。			
寸法安定性試験後の引張性能（長手・幅 両方向とも）％		引張性能規格値の 90.0 以上。			6.12
耐熱性能		—			6.13
		鉱物質粒子の 5 mm 以上のずれ落ち、発泡 などが生じないこと。			

ト10/20, 20/30, および防水工事用アスファルト等が使用され、防水工事用途には、主に防水工事用アスファルトが使用されている。各種アスファルトの規格を表-4.1.4に示す。

防水工事用アスファルトの品質規格の中では、性能別に1種から4種までのアスファルトが規定されているが、実際の防水工事、及びルーフィング加工で用い

られているのは3種及び4種が殆どであり、建築工事標準仕様書¹¹⁾・同解説(JASS 8防水工事-1993)及びストレッチルーフィングのJIS規格(JIS A 6022-1991)に於いても3種または4種の防水工事用アスファルトのみが規定されている。防水工事用アスファルト3種及び4種の品質規格は、諸外国の同等規格類と比較しても一面ではかなり高水準で、製造においては、従来

表-4.1.4 防水用に使用される主なアスファルトの規格 (JIS K 2207)

項 目		ストレート アスファルト	ブローン アスファルト		防水工事用 アスファルト			
		150~200	10~20	20~30	1 種	2 種	3 種	4 種
針入度 (25℃)		150を超え200以下	10を超え20以下	20を超え30以下	25以上 45以下	20以上 40以下	20以上 40以下	30以上 50以下
軟化点 ℃		30.0~45.0	90.0以上	80.0以上	85以上	90以上	100以上	95以上
伸 度	(15℃) cm	100以上	—	—	—	—	—	—
	(25℃) cm	—	1 以上	2 以上	—	—	—	—
トルエン 可溶分質量%		99.0以上	98.5以上	98.5以上	98以上	98以上	95以上	92以上
引火点 ℃		240以上	210以上	210以上	250以上	270以上	280以上	280以上
蒸 発	質 量 変 化 率 質量%	1.0以下	0.5以下	0.5以下	1 以下	1 以下	1 以下	1 以下
針入度指数		—	2.5以上	2.5以上	3.5以上	4.0以上	5.0以上	6.0以上
密 度 (15℃) g/cm ³		1.000以上	—	—	—	—	—	—
フラス ゼい化点 ℃		—	—	—	-5 以下	-10以下	-15以下	-20以下
だれ長さ mm		—	—	—	—	—	8 以下	8 以下
加熱安定性 (フラスゼ い化点差) ℃		—	—	—	5 以下	5 以下	5 以下	5 以下

の動植物油や充填材を添加して高温特定と低温特性を改善したアスファルトであるアスファルトコンパウンドとは異なり、特定の原油・原料と特定な製法の組み合わせを必要とする。

2.3 陸屋根へのアスファルト防水工法と材料の変遷

前述の様に日本でのアスファルト防水は、1900年代初頭から一世紀近くの歴史があり、防水の歴史そのものである。以来アスファルト防水は、「流動性に富む充填性に優れた溶融アスファルトで確かな防水性を有するルーフィングを複層張付て連続した水密的な皮膜を安定的に形成する」といった防水の根幹に根差した工法である『アスファルト防水熱工法』を基盤に順調に発展してきた。アスファルト防水の出現当初から暫くの間使用されていたアスファルト類は、防水工事用としてはブローンアスファルト10/20、20/30、ルーフィング加工用としてストレートアスファルト、ブローンアスファルト類、基材としては厚手の多孔質紙や石綿紙であった。しかし当時でも防水工事用アスファルトとしてブローンアスファルト10/20、20/30の温度特定では不十分な面が指摘されており、アスファルトコンパウンドと呼ばれ動植物油や充填材を添加して高温特性（だれ）と低温特性（低温脆性）を改善したアスファルトが、用途に応じて使用されていた様である。

防水材料のメーカーとしては、大正2年（1913）に日本建築紙工業が、アスファルトルーフィングの国産化に始めて成功しており、ついで大正8年（1919）に田島応用加工（現田島ルーフィング）が、大正10年（1921）に佐久間建材（現日新工業）が創業して国産ルーフィングの製造を開始し、防水業界の礎を築き上げてきた。

ところが、昭和30年代後半から、ALC・鉄骨造、デッキコンクリート、ポンプアップコンクリート等の建築物の工期短縮・高層化に対応しうる画期的な建築工法が続々と誕生してきた。この建築工法上の革新は、防水工法にも革新を強いることとなった。すなわち、新建築工法の台頭によって建築物の防水下地であるコンクリート下地に亀裂が入り易くなったのである。

紙を基材としてストレートアスファルトを含浸しブローンアスファルトを塗覆した従来のルーフィング類をブローンアスファルト10/20、20/30やアスファルトコンパウンドで張付けていた従来からのアスファルト防水熱工法は、剛構造で緻密なコンクリート下地の建築物には充分対応できてきた。しかし、建築工法の変化によって従来では考えられなかった乾燥収縮や、

歪みによる亀裂が、防水下地であるコンクリート下地に発生するようになったため、ルーフィング類が下地の挙動に追従できずに破断してしまい漏水事故が多発した。

この状況に対応すべく登場したのが、「破れないルーフィング」を開発コンセプトとした嵩高で強靱且つ延伸性に富んだ不織布を基材としたアスファルトルーフィング『不織布ルーフィング』である。この不織布ルーフィングと、従来のブローンアスファルト類を遙かに凌駕する低温特性・高温特性・耐久性を有する高品質アスファルトとの組み合わせのアスファルト防水層は、比類ない下地亀裂追従性を有することとなった。この不織布ルーフィングと高品質アスファルトによるアスファルト防水熱工法仕様は、新建築工法の集大成ともいえる霞ヶ関ビルに採用され一躍その名をはせることとなった。その後も新宿副都心に続々と誕生した高層ビル群のほとんどに採用される等の数々の実績によって陸屋根防水の定番仕様として揺るぎない地位を確立した。

この材料の主な特徴としては従来の紙を基材とした材料に比べて①基材がポーラスで嵩高なので高品質のアスファルトを十分に含浸・塗覆でき広い温度範囲で安定した性状を有し耐久性・耐候性に優れる、②機械的特性が高く破れず裂けず、優れた下地亀裂追従性を有する、③寸法安定性に優れる、④腐朽変質しない、の4点が掲げられる。

①と②の特徴はアスファルトの性質と深く関わっている。

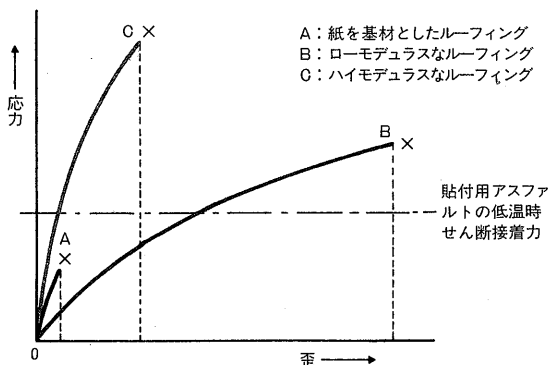
まず①の基材の特徴によって、従来の緻密な紙の基材では使用出来なかった溶融粘度が比較的高く品質の高いアスファルトが含浸できるようになった。その結果、不織布ルーフィングの加工では従来の紙基材のルーフィング（紙基材は緻密な為、溶融粘度の高い高品質のアスファルトは浸透出来ず、仕方なく浸透用として溶融粘度の低いストレートアスファルトを浸透用、ブローンアスファルト類を塗覆用として使用しており、この異種アスファルトに起因する問題点の滲出し・発泡等も少なからずあった）と異なり、浸透用と塗覆用に同じ高品質のアスファルトを使用出来ることになり、ルーフィングの性能は飛躍的に向上した。このことに加えてアスファルトのブローイング技術の発達によって、現行の防水工事用アスファルトの3種、4種に相当する高品質なアスファルトが工業的・安定的に生産されるようになり、不織布ルーフィング加工にも用い

られるようになった。この高品質のアスファルトは1971年に「防水工事用アスファルトJIS A 6011」として初めて規格が制定され、その後1980年に規格内容が一部改正されて石油アスファルトの規格（JIS K 2207）に整理・統合されている。

次に②の特徴はアスファルトの温度特性の感温性に深く関連している。図-4.1.14に示すように、紙を基材としたルーフィング（A）はその引張強度が張付アスファルトのフロー時のせん断力より小さいため、アスファルト層がフローを起こす前に簡単に破断してしまう。ルーフィングが破断しないためには、ルーフィングの引張強度が張付アスファルトのフロー時せん断力よりも大きいことが必要条件となる。しかし、小さな応力で大きな変形が生じる剛性の低い（ローモデュラス）ルーフィング（B）は破断はしないが、アスファルトのフロー時にはすでに大きな変形が生じており防水材として健全な状態ではない。剛性の高い（ハイモデュラス）ルーフィング（C）はアスファルトのせん断力より大きな引張強度を有し、かつアスファルトのフロー時点でもほとんど変形しておらず防水材として健全な状態を保っている。

下地亀裂追従性確保の為に、ルーフィング自体が剛性が高く高強度であるとともに、張付アスファルトのせん断力が広い温度範囲で安定していることが必要である。すなわち、張付アスファルトのフロー特性の温度依存性が少ないこと、感温性が低いことが重要となる。防水工事用アスファルト3、4種に相当するアスファルトは、ブローンアスファルト10/20、20/30に比べ、格段にフロー特性の感温性が低くなっており、広い温度範囲で優れた下地亀裂追従性を確保できるようになった。

上述のようなルーフィングと防水工事用アスファルト



トの革新の結果、アスファルト防水熱工法は、ルーフィング加工用アスファルト、工事用アスファルトとして、全て同種の高品質な防水工事用3種、又は4種相当のアスファルトを使用できることで、防水層全層が同種アスファルトとなり、加えて新建築工法の下地挙動・亀裂にも追従しうる高度な下地亀裂追従性を保有することに至り、正にメンブレン防水層としての理想を実現することになった。

現状では、不織布を基材としたルーフィングの加工用アスファルトと防水工事用アスファルトは、同種の高品質アスファルトであるJIS 3種、又は4種のアスファルトが使用されている。紙を基材としたルーフィング加工には、浸透用アスファルトとしてストレートアスファルト 150-200、塗覆用アスファルトとしてブローンアスファルト 10-20（夏期用）、ブローンアスファルト 20-30（冬期用）がアスファルトフェルト、アスファルトルーフィングの加工用として使用されている。これらの紙基材のルーフィング類は、不織布を基材としたルーフィング類が陸屋根防水の主流である現在では、建設省仕様の一部で使用されているに留まる。多くの紙基材のルーフィング類は、3.1で記述する下葦材として一般の金物屋ルートを通じて市況品として流通している。

アスファルト防水熱工法が革新を続けていた同時期に、石油化学工業の発展に伴い、ゴムシート・塩ビシートなどを接着剤で張付けて防水層を形成していく「シート防水工法(写真-4.1.4)」⁶⁾、ウレタンなどの液状物質を下地に塗布して防水被膜を成形する。「塗膜防水工法(写真-4.1.5)」⁷⁾が市場に提供され始めている。これらの防水工法の出現当初には、シート防水工法に於いてはラップ部（シートの重ね部）の水密一体化が困

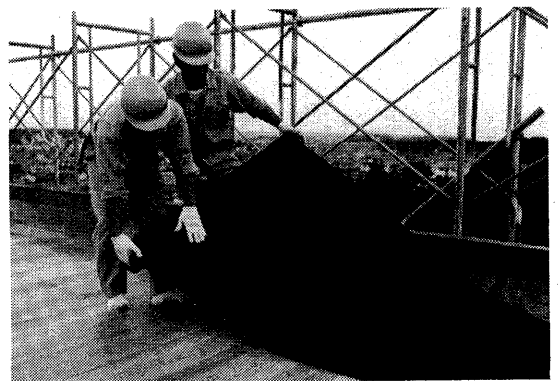


写真-4.1.4 シート防水工法の施工状況⁵⁾



写真-4.1.5 塗膜防水工法の施工状況⁵⁾

難、塗膜防水工法に於いては防水皮膜の均一性確保が困難、という欠陥がそれぞれに有り、防水市場に於いてそれほどの地位を占めるまでには至らなかった。しかしながら、その後はこれらの欠陥を克服すべく種々な改良が計られ、現在では両防水工法とも防水市場に於いてそれぞれ独自の地位を占めている。最近の市場占有率を図-4.1.15に示す。



写真-4.1.6 自着工法の施工状況⁵⁾

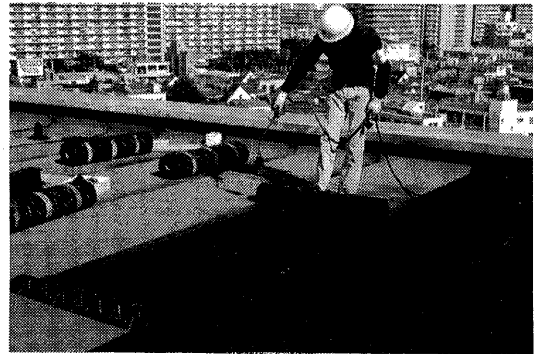


写真-4.1.7 トーチ工法の施工状況⁵⁾

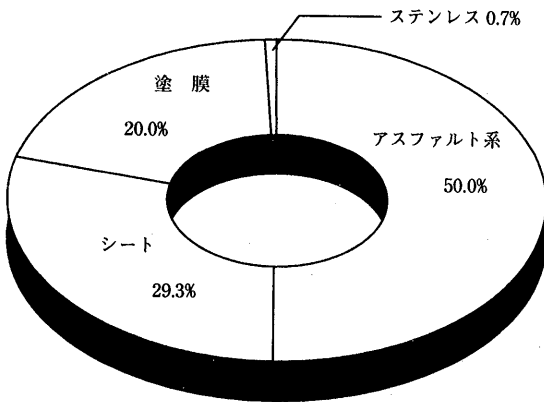


図-4.1.15 各防水工法の市場占有率 (1995年度) ⁷⁾

アスファルト防水においても2.4で述べるように、積極的に種々の改良が実行され、アスファルト防水熱工法以外にも、粘着材を予め積層したアスファルトルーフィングを張付けていく自着工法(写真-4.1.6:熱を使わないことから冷工法とも呼ばれる)、厚手の改質アスファルトルーフィングをトーチバーナーで焙りながら張付るトーチ工法(写真-4.1.7)などが市場に提供されている。一方、アスファルト防水熱工法自体の更なる改良も鋭意進められ、ポリマーなどの添加でアスファルトの性状により高度な性能を付与した改質アス

ファルトを利用した改質アスファルトルーフィング、アスファルト溶融時の煙・臭いを大幅に減じたクリーンタイプアスファルトなどの技術が次々と導入されている。

また、昨今ではこれらのアスファルト、シート、塗膜の各工法の垣根を飛び越えた防水の複合化も進んでいる。

2.4 アスファルト防水の現状と問題点

以上述べてきたように、順調に発展し続けてきたアスファルト防水熱工法であるが、現状では少なからず問題点も内蔵している。

防水工事用アスファルトの改良は、主にその高温特性(軟化点)と低温特性(フラックス脆化点)の改良、即ち針入度指数(PI)を高くすることに着目して行われてきた。

その結果、高温において、ずれ・だれの減少、低温において脆性破壊し難くなる、といったアスファルト防水にとって好適な性能が発揮されるようになり、アスファルト防水の性能は飛躍的に向上してきた。

しかし反面では以下の様な問題点が顕在化していると考えられる。

(1) 270℃での加熱溶融

防水用アスファルトの性能向上とともにその軟化点も向上してきたため、必然的に現場で施工可能な粘度に溶融するための温度が高くなってきた。

現状では、防水工事用アスファルト 3、4 種の軟化点が100℃前後であるため写真-4.1.8に示すように、270℃前後の温度での加熱溶融が適当であるとされている（JASS 8¹⁾では「アスファルトの溶融温度はその軟化点に170℃を加えた温度を上限とする。」とある）。しかし、実現場では溶融粘度を下げて施工能率を向上させるため300℃近くの温度で加熱溶融されている例もある。

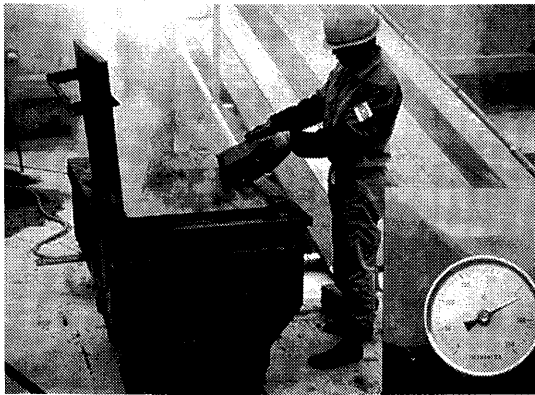


写真-4.1.8 270℃でのアスファルトの加熱溶融状況⁹⁾

ブローンアスファルト10/20、20/30程度が防水工事用アスファルトとして使用されていた当時は200～250℃程度の温度で加熱溶融されていたようである（軟化点90℃前後+140℃）⁹⁾。

このようにアスファルトの工事現場での溶融温度は過去に比べ高くなってきており、それだけ現場での火災・火傷、過剰加熱による煙・臭いの発生、及び物性変化の危険性が高まってきていると考えられる。

(2) 煙・臭い

現状、防水工事用アスファルトは270℃以上の高温で加熱溶融されるため写真-4.1.9に示すようにアスファルト防水熱工法の施工中に多量の煙・臭いが発生する場合がある。同時にアスファルトに含まれる成分によっては悪臭を伴うものもあり、市街地でのアスファルト防水の障害となる例もある。

(3) オイル分の滲出し

防水工事用アスファルトは、カットバック材と呼ばれる減圧蒸留油を主としたオイル、場合によっては触媒をも添加してブローイングを行って高軟化点かつ高



写真-4.1.9 アスファルト防水熱工法施工時の煙の発生状況⁹⁾

針入度の高針入度指数（PIの高い）の3、4種アスファルトのJIS規格に合致するように生産が行われている。

一方、アスファルトは、高分子量で固体成分のアスファルテン分が、飽和分・芳香族分・レジ分からなりマルテンと総称される液状成分中に分散する一種のコロイド構造を有していると考えられている。

したがって、添加されるカットバック材・触媒等の量と相溶性の兼ね合いで経時（特に熱が劣化要因として働く場合）で、コロイド構造の安定性が崩れて低分子量のオイル分が滲出し（ブリード）てくる場合がある。

従来のブローンアスファルト10/20、20/30に比較して防水工事用アスファルト 3、4 種はPI値を高くするためブローイング時のカットバック材の添加量が多くなっており、オイル分の滲出しが多い傾向にある。

滲出しは、砂付きストレッチルーフィングの場合には表面が黒色化するので意匠性の妨げとなり、アスファルト防水層のアスファルトルーフィング同士の接着阻害の要因となる場合もある。又、この滲出しが著しい場合にはコロイド構造の破壊に繋がり、アスファルト自体の性能も大幅に低下することになる。

(4) 耐久性・耐候性

前述した様に、高軟化点・高針入度（高PI値）のアスファルトを製造するためには、カットバック材と呼ばれるオイルを添加し、必要に応じては触媒等も加えてブローイングが行われる。したがって、その添加量と相溶性の兼ね合いでアスファルトのコロイド構造のバランスが、種々の劣化要因に対して不安定になる場合がある。概して、高PI値のアスファルトを製造する

場合にはより多くのカットバック材が添加されてブローイングされる場合が多くそのコロイド構造が不安定になり易い。

コロイド構造の不安定なアスファルトは初期的にはどのように優秀な物理的性質を有していたとしても、耐久性・耐候性が悪く比較的早期に亀裂発生・脆化等の問題が発生し易く、アスファルト防水層の防水機能を損なう危険性がある。

現状のアスファルト防水に於いては、既にこのような問題点に対してかなりの対応が成されている。

防水工事用アスファルトの品質改善の面では、従来までの高PI値化の如く物性の一面のみに着目して、いたずらに高水準化していくことは得策では無いとの反省から、むしろ実質的に支障の無い物性の範囲を捉えながら、総合的にバランスのとれた品質改善をしていくことが必要であると考えられ始めた。

このような考え方に基づいたアスファルトの品質改良の方向性の一つとして、熔融粘度を下げて比較的低い温度で施工に適した粘度になるようにし、煙・臭いの発生を抑制する方策が実行されている。その際には、軟化点・フラス脆化点等の物理的性状値をどのように考えるかが重要な問題となる。

この方策は、煙・臭いの格段に少ないクリーンタイプアスファルト(写真-4.1.10)として実現され、アスファルト溶解中に煙・臭いを大気中に発散させない“無煙釜(写真-4.1.11)”の開発・熔融アスファルト温度管理の自動化等の施工管理上の方策と併せて、アスファルト防水熱工法の施工環境が非常にクリーン(写真-4.1.12)となり、市街地でのアスファルト防水熱工法の施工で数多くの実績を積み重ねている。

この煙・臭いの発生の少ない“クリーンタイプアスファルト”の開発当初は、現状のJIS規格の物性値と合

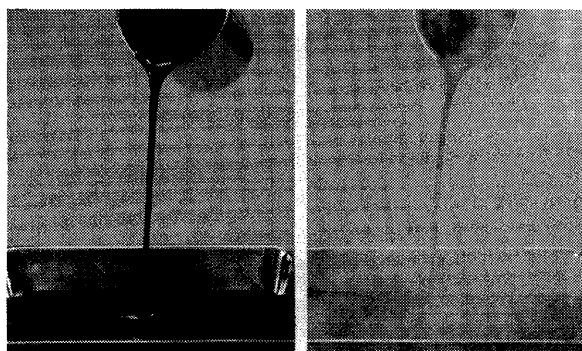


写真-4.1.10 通常アスファルトとクリーンタイプアスファルトの同粘度での煙発生状況比較⁵⁾

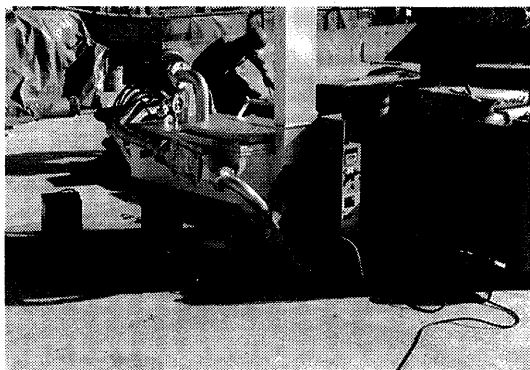


写真-4.1.11 無煙釜の使用例⁵⁾



写真-4.1.12 クリーンタイプアスファルトでの施工状況⁵⁾

致しない面もあったが、最近では官公庁関連工事にJISの3種規格にその物性が合致する様なクリーンタイプアスファルトも上市されている。しかし、煙・臭いの発生抑制の効果はJIS規格にとらわれない“クリーンアスファルト”の方が優れている様である。

一方、ブローイングによるアスファルト自体の品質改良の技術は、かなり高水準まで進んできており、現在のブローイング技術・石油事情で防水工事用アスファルトに現在のJIS規格の3、4種以上の性能を求めることには無理があると考えられる。アスファルトに現在以上の物性及び耐久性を求めるには、各種エラストマーや樹脂類を添加して、アスファルト自体の性能を活かしながら、現状のアスファルトの不足面を改良していく様な改質アスファルトの技術に向かうことも一つの方策である。

この改質アスファルトの技術は、ルーフィングの塗覆用アスファルトおよび防水工事の張付用アスファルトの改良技術として適用されて、ルーフィング類・防水層の低温特性・耐久性・耐候性などの大幅な性能改善が実現されている。また、エラストマー、樹脂類の配合処方によっては、トーチ工法向き改質アスファルト、自着工法用の粘着材向き改質アスファルトなどの配合設定も可能であるため、各種の新防水材料開発・

新防水工法開発などに改質アスファルトの技術は広範囲に利用され、アスファルト防水の性能改善に大きく寄与している。

2.5 今後の課題

今後、アスファルト防水に求められる要求性能はより多様化・高度化していくことが予想され、アスファルト防水の基盤材料であるアスファルトに求められる機能も付随してより多様化・高度化するであろう。

具体的には、より広い温度範囲で安定した物性を示すことが求められ、より高い耐候性・耐熱性・耐水性などが求められることになる。

工法面でも、将来的により深刻化する労働力不足を受けて、より省力化・フルプルーフ化（専門業者以外でも施工可能）していかなければならない。同時に、工事現場での施工依存率を可能なかぎり低減させるプレハブ化もより進めていかなければならない。

このように防水を取巻く環境は、今後より厳しくなっていくことが予想されるが、防水にとって理想的な材料であるコーキングアドヘイシブとしてのアスファルトは、今後も防水の基盤材料の一つとして発展していくことであろう。

3. 屋根防水（勾配屋根防水）

3.1 屋根防水（勾配屋根防水）とは

屋根の根本的な機能は、“雨露をしのぐシェルター”としての機能つまり防水機能であり、水の自然な挙動に逆らわずに雨水を流し出す勾配屋根は雨仕舞いの原理にかなっている。かつ建築物の最も根元的な要素は屋根であり、有史以来の建築物の殆どの屋根が勾配屋根であることを見ても、雨仕舞いに対しては勾配屋根が理想の形であることが分かる。

ところが、鉄筋コンクリート造の発達によって、建築物の造形が自由になり、アスファルト防水層というメンブレン防水層の登場によって、屋根は勾配から解放されてフラットな屋根である陸屋根が登場することになった。陸屋根は、屋上面が利用できるという大きな長所を有しているが、雨仕舞いの基本に反して水を止める必要のある屋根である。したがって、勾配屋根においては、屋根勾配がある程度あれば屋根材を葺重ねることで防水を行うことができ、必ずしも連続一体化した防水層を形成する必要は無いが、緩勾配屋根や陸屋根には連続一体化した不透水性皮膜としての防水層を形成して雨水を完全に遮断する必要が出てくる。

このような背景から、木造の一般住宅のほとんどの

屋根は勾配屋根であり、コンクリート建築物においても、屋上利用をする必要の無い建築物においては勾配屋根が採用されている。

一般に木造家屋の勾配屋根は、粘土瓦・厚型スレート・住宅用屋根スレート・金属板・シングル類など種々の屋根葺材で葺き上げられている。これらの屋根葺材を野地板の上面に施工する際、屋根葺材の施工に先立って、野地板表面に勾配屋根の防水機能の向上を主たる目的としてアスファルトルーフィング・アスファルトフェルト・合成高分子シート（フィルム）・こけら板（とんとん）・樹皮などの材料を敷設する作業を“下葺”といい、下葺に使用される材料を一般に“下葺材”と呼ぶ。

下葺材の機能としては防水機能の他に、屋根工事を行う際に野地板間の隙間からゴミや塵埃などが屋内に落下進入することを防止する機能、野地板表面の結露防止機能などが期待されることもある。

近年、鉄筋コンクリート造建築物に代表される耐火構造の建築物も機能一辺倒から、デザイン性豊かなものが求められ、従来のフラットな屋根である陸屋根から雨仕舞いが容易で表現力豊かな勾配屋根への社会的ニーズの変化も認められる。屋上の特別な利用を必要としない共同住宅などの建築物は、雨仕舞い・意匠性・安全性（屋上へ人が昇らない）の面から勾配屋根へ、インテリジェント化したオフィスビル等は設備設置場所の確保・屋上空間の有効利用の面から陸屋根へと、建築物への要求機能によって屋根形状は二極化する傾向も見受けられる。

このような状況下、共同住宅等の耐火構造の建築物の屋根は、勾配屋根となる事例が数多い。

耐火構造の勾配屋根においても、種々の屋根葺材が施工され、木造勾配屋根と同様に、屋根葺材の施工に先だって、耐火構造の下地に下葺材が施工される。しかしながら、耐火構造の勾配屋根においては、釘打ちで固定される屋根材は、コンクリート下地へ直には釘が打てないために釘が打てるような下地処理が必要となり、また重量のある屋根材が高層住宅に使用される場合は、落下に伴う危険防止のため特別な配慮が必要になるなど、耐火構造の屋根葺き工事には制限が多い。

3.2 勾配屋根防水に使用されるアスファルト系材料と規格

勾配屋根におけるアスファルトの主な利用例としては、下葺材とアスファルトシングルが上げられる。

下葺材とは下葺に使用される材料で、現在市況に提

供されている下葦材は次の6種類に分類できる。それぞれの規格および基本工法に付いて¹⁵⁾は建築工事標準仕様書・同解説 (JASS 12屋根工事-1990) に記載がある。現在市場に多く提供されている代表的なシート状の下葦材の断面構成を図-4.1.16に示す。

- ・アスファルトルーフィング (アスファルトルーフィング940, 22kg/21m品が標準)
- ・アスファルトフェルト (アスファルトフェルト430, 20kg/42m品が標準)
- ・合成高分子系シート (特記による)
- ・こけら板 (長さ240mm内外, 幅100mm内外, 厚さ0.9mm以上のスギ, ヒノキ, サワラ, ヒバなどの機械はぎ板)
- ・樹皮 (長さ600mm, 幅300~600mmのスギ, ヒノキ, サワラ, ヒバなどの樹皮)
- ・その他 (特記による, 改質アスファルトルーフィング, 粘着層付き防水シートなど)

この中で下葦材としてはアスファルト系の材料が最も使用量が多く, その中でもアスファルトルーフィング940が最も汎用な下葦材として使用されている。こけら板・樹皮などは現在ではほとんど使用されていない。

アスファルトフェルト・アスファルトルーフィングフェルトの製造工程は2。屋根防水 (陸屋根防水) で記述したとおりであり, 代表的な下葦材であるアスファルトルーフィング940が含まれる規格であるJIS A 6005-1991 (アスファルトルーフィングフェルト) を表-4.1.5に示す。

下葦材の工法については, "JASS 12屋根工事", "住宅金融公庫仕様書¹⁷⁾"などに詳細な記述があり, 屋根葦材・下葦材の各メーカー, ハウスメーカー各社の仕様書などにも独自に規定されている。詳細な納まりに付いては, それぞれの仕様書に独自なものであるが, 基

本的な工法には特別な差異は見受けられず, 以下に示すようなアスファルトルーフィング葺きの工法に準じた工法で行われる。

○アスファルトルーフィング葺きの工法

下葦材の施工は, 水下側のルーフィングシートが水上側のルーフィングシートに重ならないように行う。軒先から平行に張付けを開始し, 隣接するシートを重ねながら順次大棟へ向けて張り進める。隣接シートの重ね幅は, 標準値としてはシートの長手方向が200mm, 幅方向が100mmである。一般的な施工例を図-4.1.17に示す。

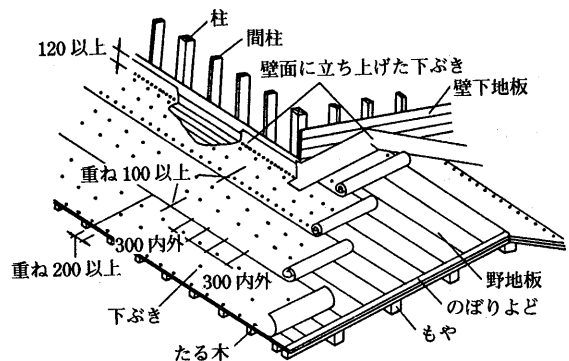


図-4.1.17 下葦材の一般的な施工例¹⁷⁾

シートの留め付けにはステープルまたは釘を用い, その留め付け間隔は300mm内外とする。ステープルを打ち込む際にシートにたるみやしわがあると, シートの破損重ね部分の口空きを生じて防水機能に支障をきたす。必要以上にステープルを打込むことはシートを貫通する穴が増えるだけであるから避けるべきである。ステープルを打ち込むには通常ハンマータッカーが用いられるが (写真-4.1.13にハンマータッカーでの下葦材施工状況を示す) 打ち込み角度が悪いとタッカー

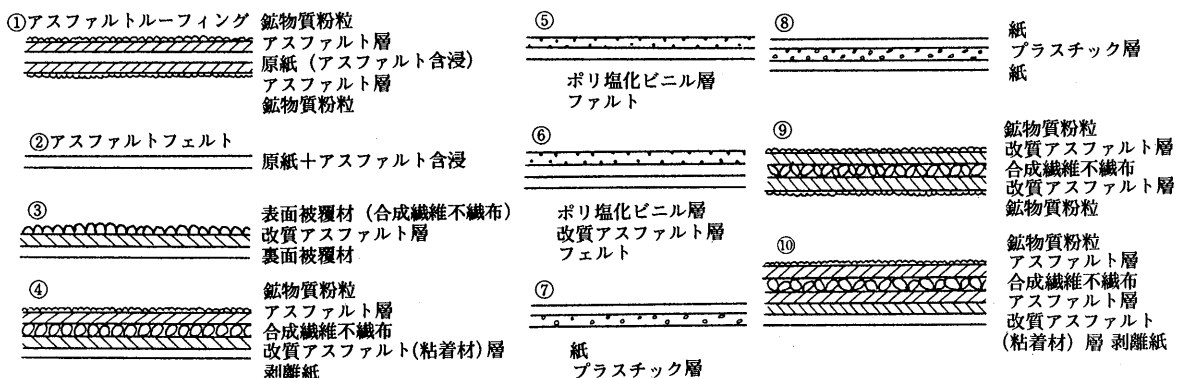


図-4.1.16 代表的な下葦材の断面構成¹⁵⁾

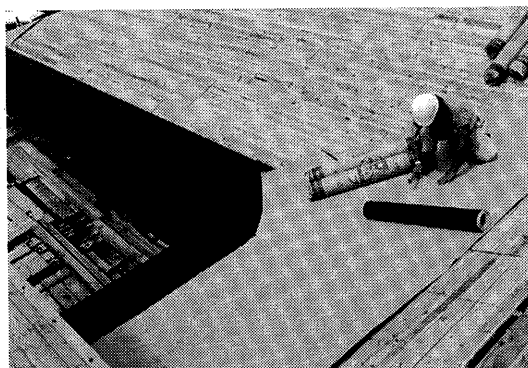
表-4.1.5 JIS A 6005-1991 (アスファルトルーフィングフェルト)

種 類		製品の単位面積質量の呼び		備 考				
アスファルトフェルト		430, 650		有機天然繊維を主原料とした原紙（以下、原紙という。）に、アスファルトを浸透したものの。				
アスファルトルーフィング		940, 1500		原紙に、アスファルトを浸透、被覆し、表裏面に鉱物質粉末を付着させたもの。				
砂 付 ル ー フ ィ ン グ		3500		原紙にアスファルトを浸透、被覆し、表面の片側 100mmを除いた残りに鉱物質粒子 ¹⁾ を密着させ、残りの表裏面に鉱物質粉末を付着させたもの。				
種 類		アスファルトフェルト		アスファルトルーフィング		砂付ルーフィング	適用試	
製品の単位面積質量の呼び ²⁾		430	650	940	1,500	3,500	験箇条	
製品の単位面積質量 g / m ²		430以上	650以上	940以上	1,500以上	3,500以上	6.4	
原紙の単位面積質量 g / m ²		200以上	260以上	180以上	340以上	340以上	6.5	
原紙に対するアスファルトの浸透率 %		100以上	140以上	100以上	150以上	150以上	6.6	
被覆物 ²⁾ の単位面積質量 g / m ²		—		400以上	600以上	1,600以上	6.7	
被覆物 ²⁾ の灰分 %		—		65以下	65以下	—	6.8	
加 熱 減 量 %		5 以下	5 以下	—		—	6.9	
引張強さ（幅10mm当たり） N(kgf)	長 手 方 向	40(4.1)以上	40(4.1)以上	40(4.1)以上	50(5.1)以上	50(5.1)以上	6.10	
	幅 方 向	20(2.0)以上	20(2.0)以上	25(2.0)以上	25(2.6)以上	25(2.6)以上		
折 曲 げ 性 能		試験片10個中 9 個以上にき裂が生じないこと。						6.11
アスファルトの浸透状況		アスファルトの不浸透部分がないこと。						6.12
耐 熱 性 能		—		被覆物 ²⁾ のずれ落ち、発砲、浸透しているアスファルトのしみ出しなどが生じないことは。		被覆物 ²⁾ の 5 mm 以上のずれ落ち、発砲などが生じないこと。	6.13	

の角があたりシートを破断するので、出来るだけ直角にステープルを打込むようにする。

下葺材の中にはシートの片面に粘着層が付いてステープルを用いなくて施工できる材料もある。

谷部・棟部・壁との接合部など、雨水が集中したり

写真-4.1.13 ハンマータッカーでの下葺材施工状況⁵⁾

下地の動きが大きく漏水の危険性が高い部位は、増し張りをを用いて二重葺きとする。

アスファルトの屋根防水（勾配屋根）へのもう一つの使用例としては、アスファルトシングルがある。アスファルトシングルとは図-4.1.18に示す様な材料で、

米国では屋根葺材として80%内外のシェアがあり、日本との法規制の違いから木造住宅の勾配屋根が主要な市場である。(写真-4.1.14に米国でのアスファルトシングル葺き住宅を示す。)

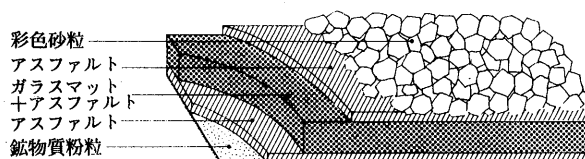
図-4.1.18 アスファルトシングルの構成⁵⁾

写真-4.1.14 米国でのアスファルトシングル葺き住宅

アスファルトシングルは、昭和28年（1953）から国内生産を開始しており屋根葺材として長い歴史と実績を有するが、日本国内では建築基準法第22条によって市街地での木造勾配屋根への使用は制限されているので、屋根葺材全体の中でのシェアはそれほど多くない。しかし、アスファルトシングルは、①接着工法で釘の打てない下地に容易に施工できる、②断熱仕様が標準化されている、③風に強い、という他の屋根葺材に無い特徴を有するため、耐火構造建築物の勾配屋根用の屋根葺材としては、独自の地位を保っている。写真-4.1.15にアスファルトシングルの使用された建築物の一例を示す。

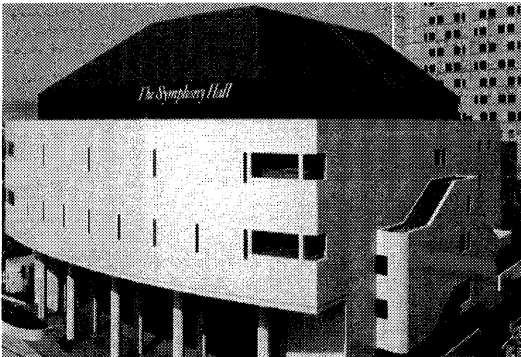


写真-4.1.15 アスファルトシングル葺きの建築物⁵⁾

このような背景から、日本市場ではアスファルトシングルの外観・特徴を活かしながら唯一の欠陥である易燃性を改良した燃えないシングル⁶⁾不燃シングル(図-4.1.19)⁷⁾が上市され徐々にそのシェアを伸ばしている。写真-4.1.16に不燃シングルの使用された建築物の一例を示す。

アスファルトシングル、不燃シングルに関わるJIS規

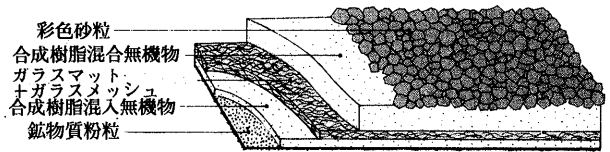


図-4.1.19 不燃シングルの構成

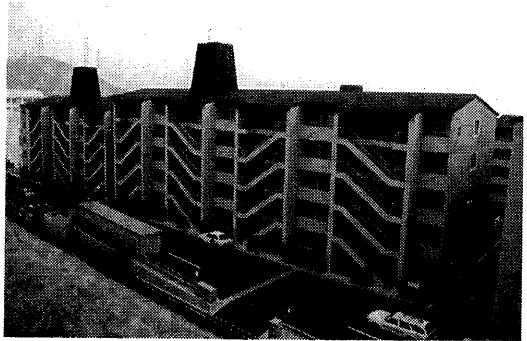


写真-4.1.16 不燃シングル葺きの共同住宅

格は、現在は存在しないが、日本建築学会発行¹⁰⁾の断熱勾配屋根（設計・施工）技術指針・同解説-1993に品質規格例が記載されている。表-4.1.6にアスファルトシングルの規格例、表-4.1.7に不燃シングルの規格例を示す。

3.3 下葺工法と材料の変遷

現在、種々の下葺材が市場に提供されているが、汎用に使われているのは、アスファルトルーフィング940（22kg/21m品）とアスファルトフェルト430（20kg/42m品）である。ハウスメーカー各社・屋根葺材メーカー各社の仕様書には多くの場合、防水機能の面からアスファルトルーフィング940が指定されている。また金属板葺きの場合は、アスファルトフェルトがある程度の保水性を有しているため、結露防止という意味合いからアスファルトフェルト430が下葺材として使

表-4.1.6 アスファルトシングルの品質例

項目	種類	A 社	B 社
1束の質量	(kg)	30.5 (25枚)	22.8 (20枚)
寸 法 (mm)	長手方向	915	915
	幅 方 向	305	305
	厚 さ	3.0	3.0
引張強さ (N/cm) (kgf/cm)	長手方向	149.9 (15.3)	224.4 (22.9)
	幅 方 向	127.6 (13.0)	177.4 (18.1)
折曲げ性能		ひび割れを認めない	
アスファルトの浸透状況		アスファルトの不浸透部分を認めない	
耐熱性能		被覆物のずれ落ち・発泡・アスファルトのしみだしを認めない	

〔注〕試験方法はJIS A 6005-1991 アスファルトルーフィングフェルトによる

表-4.1.7 不燃シングルの品質例

項目 \ 種類		A 社	B 社
1束の質量	(kg)	28.2 (21枚)	24.5 (15枚)
寸 法 (mm)	長手方向	1000.0	998.0
	幅 方 向	304.0	410.0
	厚 さ	2.9	2.8
製品の単位質量	(g/m ²)	3870	3966
引張強さ (N/cm) (kgf/cm)	長手方向	120.5 (12.3)	147.9 (15.1)
	幅 方 向	83.8 (8.5)	119.5 (12.2)
折曲げ性能		ひび割れを認めない	

(注) 試験方法はJIS A 6005-1991 アスファルトルーフィングフェルトによる。ただし折り曲げ性能の丸棒の直径は200mmとする。

用されている例も多い。

近年では、大手ハウスメーカー・デベロッパーを中心に、アスファルトルーフィング940以上の性能を有する材料として、改質アスファルトルーフィング類、粘着層付きルーフィングシートなどの下葺材が使用されている例も数多い。

下葺材の歴史に明確な記録はないが関東大震災以前は、粘土瓦屋根の土葺工法に使用されるこけら板・樹皮などが下葺材の主流であったと考えられる。

関西地方では、記憶に新しいあの不幸な阪神大震災以前は、粘土瓦屋根施工において、保水性・通気性・断熱性に優れた日本の伝統的な土葺き工法も多く、下葺材としてこけら板・樹皮も使用されていたが、震災以降は関東と同様に土を乗せない空葺き工法へと変化している。

粘土瓦の土葺工法は、屋根面へ土を乗せるため、保水性・通気性・断熱性に優れ、瓦の馴染みも良く、屋根工法としては非常に優れた機能を持つが、土を乗せない空葺き工法に比べて、屋根の重量がどうしても重たくなるため耐震性に欠点がある（粘土瓦土葺き工法は一般的に80kg/m²内外、粘土瓦空葺き工法は一般的に45kg/m²内外とされている）。

上述のような背景から関東を中心に大地震後に屋根の軽量化が進み土を載せない空葺工法へと変化して、当時主に陸屋根防水に使用されていたアスファルトフェルト・アスファルトルーフィングが下葺材として使われ始めた。

さらに、本質的に土葺工法を必要としない屋根葺材・工法（新生瓦、セメント瓦、金属瓦棒など）の出現によって、アスファルトフェルト・アスファルトルーフィングが下葺材としての主流になった。

特に第二次大戦後は、土葺工法自体の減少と共に、

こけら板・樹皮などはコスト高・熟練工の減少などの理由によって次第に使用量が減少した。

同時に、石油化学の発展に伴い、押し出し成型のプラスチック系フィルムを主とした合成高分子系シート（フィルム）いわゆる化成品も下葺材として市場に提供されるようになった。しかしながら、後述する下葺材の最重要性能である釘穴シーリング性に欠ける面があり、現状ではアスファルトルーフィング、改質アスファルトルーフィング等のアスファルト系の材料が下葺材の主流である。

下葺材の要求性能は次のとおりである。

① 釘穴シーリング性

下葺材に求められる性能の中で最も重要な性能である。

木造勾配屋根工事において、下葺材は釘留め、またはタッカーでステープルによって野地板に仮固定される。かつ屋根葺材の固定には、多くの場合釘が用いられる。強風時に飛散しないように釘の保持力を確保するため釘は下葺材及び野地板を貫通して打たれる。すなわち、木造勾配屋根工事では下葺材に数多くの穴が開けられることになる。従って木造勾配屋根の防水性能の確保のためには、多くの釘によって開けられた穴をシールする機能である「釘穴シーリング性」が下葺材に要求される。

降雨時に屋根葺材の隙間から進入した雨水は、下葺材を貫通している釘の周囲に回り、強雨時・台風時などには風圧で釘穴周囲に水圧が加わる。釘穴シーリング性の低い下葺材では、容易に釘穴周囲から水が進入することになる。屋根葺材固定用の釘は野地板を貫通しているため、水が釘穴周囲から下葺材下面に回ればすぐ漏水・雨漏りとなる。同時に、下葺材下面に回った水は、野地板の腐朽を引き起こす

原因ともなる。したがって固定釘を数多く使用する屋根葺材を使用する場合には、高い釘穴シーリング性を有する下葺材を選定することが肝要である。

アスファルトルーフィング類が、汎用の下葺材としての地位をしめているのは、この釘穴シーリング性がある程度期待できるという理由に依るところが大きい。

アスファルトルーフィングに含浸・塗覆されているアスファルトにはself-healing性（自己治癒性）と呼ばれcold flow（20～40℃程度の常温付近の温度でも長期的に見て液体の挙動を示すこと）によって自己癒着する（いったん開いた間隙を再充填しうる）といった防水にとって非常に好適な性質があり、このself-healing性がアスファルトルーフィング類の釘穴シーリング性に寄与している。しかし、紙を基材としたアスファルトルーフィング類に塗覆されているブローンアスファルト10/20、20/30程度のアスファルトは、低温では脆く、高温では軟化し易いので、低温時・高温時には十分な釘穴シーリング性を発揮しにくい。このような場合には、温度特性を改善した改質アスファルト系の下葺材が使用されることになる。

プラスチック系フィルムに代表される合成高分子系シート（フィルム）ではアスファルト層を有しないため、このself-healing性は期待できず釘穴シーリング性に欠ける面がある。このため、図-4.1.16に示したように、釘穴シーリング性の確保を目的として塩ビフィルムとフェルトで改質アスファルト層をサンドイッチしたような材料も上市されている。

釘穴シーリング性を判定するのに標準化された試験方法は無く、下葺材メーカー各社独自に試験が行われているのが実情である。図-4.1.20に文献¹⁸⁾で紹介

されている試験方法の一例を示す。

下葺材に要求される他の性能についても簡単に述べる。

② 機械的強度

施工時の取り扱い、下地の挙動等で機械的強度の低い下葺材は破断、引裂けなどの損傷を起こし易い。下葺材の損傷は直ちに漏水につながるため下葺材の機械的強度は出来るだけ高いことが望ましい。

③ 温度特性

冬季の施工時での折れ切れ、夏期施工時のべたつきを起こさないように、広い温度範囲で安定した性状を示すことが望ましい。

④ 寸法安定性

勾配屋根の施工では、下葺材が野地板に施工された後、屋根葺材が施工されるまでに、段取りや気象条件の都合で、下葺材が長期間曝露されることがある。寸法安定性の悪い下葺材では、この間に太陽熱と雨水の影響で、縮み・伸び・しわなどの寸法変化が発生して、下葺材を固定貫通しているステーブルや釘周囲の穴が拡大する場合がある。屋根葺材施工後も寸法変化を引き起こす外力を受けて、屋根葺材を固定する釘穴周囲が拡大する場合があるため、釘穴シーリング性を長期に渡って確保するためには、下葺材の寸法安定性が高いことが望ましい。

⑤ 防滑性

勾配屋根の施工は高所での勾配面の施工であるので本来危険が伴う。屋根葺材施工時には、作業者は下葺材上面を歩行することになるため、下葺材表面は滑りにくいことが必要である。

⑥ 耐久性

屋根は、雨露をしのぐシェルターとして過酷な気象条件にさらされる。加えて、大手ハウスメーカーを中心に“雨漏り10年保証”が一般化しており、下葺材の耐久性は十分に考慮されなければならない。

最近の動向としては、住宅の気密化・高級化・工業化の進む中で大手ハウスメーカー・デベロッパーを中心とした雨漏り10年保証制度を契機として、高機能な下葺材に対する需要が顕在化してきている。このような状況下、最も汎用な下葺材であるアスファルトルーフィング940以上の性能を有するものとして、おびただしい数の新材料が市場に提供されている。新材料としては、アスファルトルーフィング類の塗覆層に改質アスファルトを使用することで釘穴シーリング性を向上させた材料、裏面に粘着層

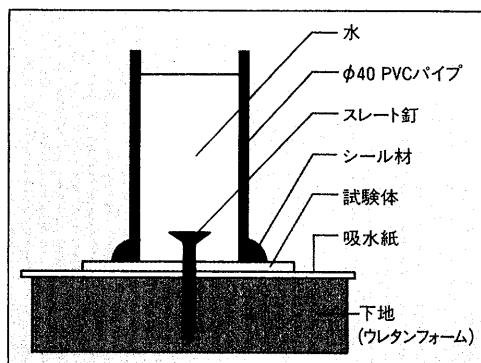


図-4.1.20 釘穴シーリング性の試験方法例⁵⁾

を設けてステーブルなどを使用せずに施工できる材料、積層構造として調湿機能を持たせたとする材料、表面に塗料を塗布して防滑性の付与と屋根葺材施工までの意匠性を付与した材料などがあり、下葺材として好適な性能を有している材料もある。

しかしながら、現状では下葺材としての機能を規定した公的規格は存在せず、かつ多種多様な下葺材が市場に提供されているため、下葺材の選定に当たっての基準が不明確な実情である。

3.4 下葺材の現状と今後の課題

上述したように、現状では下葺材の多様化が過剰に進み、明確な選定基準が存在していない状況であるが、敢えて下葺材選定のポイントを掲げるとすると、定性的には以下になると考えられる。

定性的には、下葺材に求められる性能（下葺材の要求性能）をいかにバランス良く保有しているかが、下葺材選定のポイントとなる。

その点で、現在市場に提供されている下葺材の中では、アスファルトルーフィング940が下葺材として求められる各性能を、価格を含めて最もバランス良く有している材料であると考えられる。しかしながら、広い温度範囲での釘穴シーリング性、寸法安定性、耐久性などは必ずしも充分とはいえない面がある。

近年では、大手ハウスメーカー・デベロッパーを中心に、高機能な下葺材に対する需要が顕在化して、汎用下葺材のアスファルトルーフィング940以上の性能を有するとして、種々の材料が市場に提供されている。

この中には、下葺材として好適な性能を有している材料も少なくなく、下葺材の要求性能を踏まえて、建築物の仕様（耐用年限、屋根勾配・下地、屋根葺材種

類、コストなど）に応じた下葺材を選択することが肝要である。

具体的には、耐用年限を重視する建築物には、改質アスファルト系の下葺材を、釘・ステーブルなどが打てない屋根下地のRC建築物などでは、粘着材付きの下葺材を選定することが望ましいと考えられる。

また、防水機能を最重点に考えた場合には、粘着層付き材料は、ルーフィングの重ね部が粘着層によって一体化するため、葺くというより防水層を形成することになるので、防水機能としては最も優れていると考えられる。緩勾配屋根、重要物件の下葺材としては、粘着層付き材料を選択することが必要であろう。粘着層付きルーフィングに現状、JIS規格は存在しないが、日本建築学会発行¹⁰⁾の断熱勾配屋根（設計・施工）技術指針・同解説-1993に品質規格例の記載がある。表-4.1.8に粘着層付き防水シートの規格例、写真-4.1.17に施工例を示す。

この様な状況下、下葺材の要求性能を定量化して、

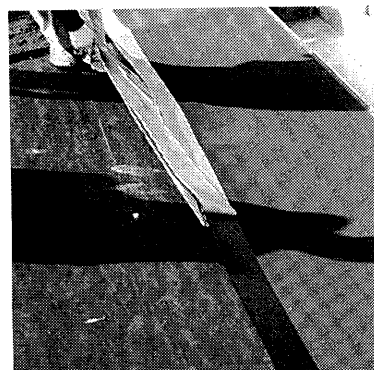


写真-4.1.17 粘着層付き防水シート施工例

表-4.1.8 粘着層付き防水シートの品質例

種 類			A 社		B 社	
			片面粘着層付き防水シート	両面粘着層付き防水シート	片面粘着層付き防水シート	両面粘着層付き防水シート
項 目						
1 巻 の 質 量 (kg)			20.5	17.3	14.4	15.1
1 巻 の 長 さ (m)			8.06	8.06	8.08	8.08
幅 (cm)			100.6	100.6	100.4	100.5
厚 さ (mm)			2.0	1.8	1.56	1.54
引張性能	強さ(N/cm) (kgf/cm)	長手方向	140.1 (14.3)	96.0 (9.8)	119.6 (12.2)	116.6 (11.9)
		幅 方 向	110.7 (11.3)	71.5 (7.3)	77.4 (7.9)	68.6 (7.0)
	伸 び (%)	長手方向	25.3	23.5	34.4	31.8
		幅 方 向	28.0	26.4	35.8	34.0
折 曲 げ 性 能			ひび割れを生じない			
アスファルトの浸透状況			アスファルトの不浸透部を認めない。			

(注) 試験方法はJIS A6022-1991 ストレッチアスファルトルーフィングフェルトによる。

明確な判定基準を設定する事、及びこれらの要求性能のより一層の改善こそが今後の課題になると考えられる。

下葺材にとって根本的な性能である釘穴シーリング性を付与することのできる、self-healing性という好適な性質を有するアスファルトは今後も勾配屋根防水の基盤材料の一つとして、新たな付加価値を創造していくであろう。

4. ターポリン紙（防湿紙）

4.1 ターポリン紙の歴史

アスファルトを利用したターポリン紙は産業包装分野の防湿包装紙として1913年頃から生産されていた。

我が国においてJISの制定を見た最初の防湿防水紙である。

包装用アスファルト加工紙の代表的なものはターポリン紙である。

ターポリン紙は、長い間包装用防湿防水紙として欠くことのできない重要な包装材料として包装加工紙業界に君臨してきた。

また、わが国のターポリン紙は、品質的にも世界のトップクラスであり、香港をはじめ、東南アジア各地、中近東にはかなりの数量が輸出されていた。

最近では、他の材料との競合が激しく衰退の道を辿っている。すなわちポリエチレン加工品がターポリン紙の特長である、防湿防水特性を備えており、またヒートシールも出来る等の特性を有するため、従来のアスファルト防湿防水紙より、ポリラミ紙、ポリエチレンフィルム、白ターポリン紙等に大きく変わっている。

4.2 ターポリン紙の製造工程

(1) ターポリン紙の構造

ターポリン紙には主としてクラフト紙が使用され、乾燥した、2枚の原紙の1枚に良質のブローンアスファルト（針入度10～20、20～30）を加熱溶解したものを、均一に薄く塗布したのち、他の1枚を密着させて作る。

これが通常の貼合わせターポリン紙であり、その構造は図-4.1.21の通りである。

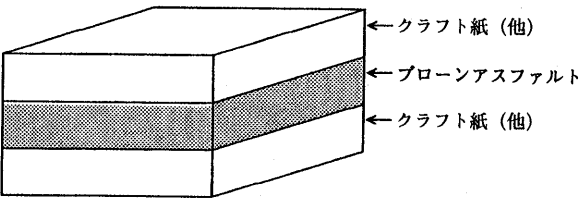


図-4.1.21 ターポリン紙の構造

(2) 原材料

ターポリン紙には、上述のクラフト紙を使用したものの以外に、補強ターポリン紙（粗布合わせターポリン紙・糸入ターポリン等）などがあり、これらの原材料をまとめて見ると次の表-4.1.9の通りである。

表-4.1.9 使用原材料

原紙	フィルム	ブローンアスファルト
筋入りクラフト紙	OPPフィルム	10～20
片艶クラフト紙	CPPフィルム	20～30
両更クラフト紙	PEフィルム	耐熱10～20
クルパック紙	HDフィルム	
ライナー		

(3) 製造工程

ターポリン紙の製造工程の概略は、図-4.1.22の通りである。

4.3 ターポリン紙の規格

ターポリン紙日本工業規格（JIS-Z1503）

種類 ターポリン紙の種類は表-4.1.10に示す10種類とする。

表-4.1.10 ターポリン紙の種類

1 種			2 種			3 種			4 種
110	80	60	110	80	60	80	60	50	

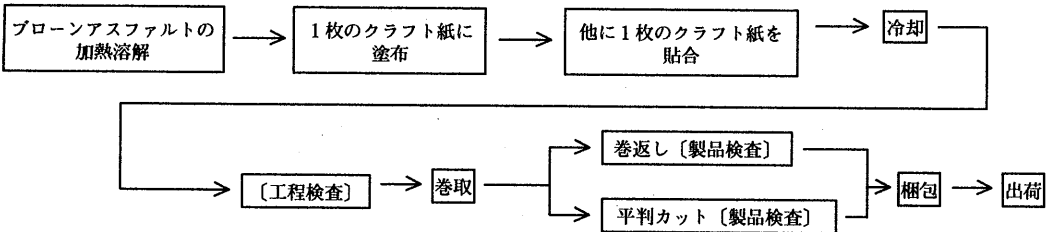


図-4.1.22 製造工程

品質 ターポリン紙は、表-4.1.11の規定に合格し、2枚の原紙が容易にはがれることなく、塗膜は均一で、その表面に、さけ、穴、アスファルトのしみ出し、汚れなどの使用上有害な欠点があつてはならない。

なお両端のアスファルトを塗布していない部分は、各々の15mm以下とする。

4.4 ターポリン紙の特徴

ターポリン紙の特徴は、科学的安定性と比較的高度な、防水防湿性にある。

その他加工性に富んでいる点や、価格も低廉である。

4.5 ターポリン紙の用途

- (1) 筋入ターポリン紙（筋入クラフト紙2枚+ブローンアスファルト）：路盤紙，ラス下地，タイル包装，雑貨品の包装。
- (2) 両更ターポリン紙（両更クラフト紙2枚+ブローンアスファルト）：製袋用（スチールショット，配合肥料）製紙ワンプ，金網合紙
- (3) 糸入ターポリン紙（クラフト紙2枚+糸+ブローンアスファルト）：鉄鋼，合紙，及び梱包用
- (4) 特殊ターポリン紙（クルパック紙2枚+耐熱ブローンアスファルト）：たる詰葉たばこ用防湿用
- (5) 特殊ターポリン紙（不織布+ブローンアスファルト+フィルム）：建築用断熱材の面材

表-4.1.11 ターポリン紙の規格 (JIS-21503)

種 類		引張強さ N (kgf)		破裂強さ MP a (kgf/ cm ²)	透湿度 h		透湿度 g/m ² ・24 h		耐熱度 ℃									
		縦	横		普 通	耐 寒	普 通	耐 寒										
1 種	110	116.7(17.0) 以上	98.07(10.0) 以上	0.588(6.0) 以上	48.0以上	1.0以上	40以下	60以下	110以上									
	80								80以上									
	60								60以上									
2 種	110	147.1(15.0) 以上	78.5(8.0) 以上						0.441(4.5) 以上	48.0以上	1.0以上	40以下	60以下	110以上				
	80													80以上				
	60													60以上				
3 種	80	98.07(10.0) 以上	49.0(5.0) 以上						0.294(3.0) 以上					48.0以上	1.0以上	40以下	60以下	80以上
	60																	60以上
	50																	50以上
4 種		73.5(7.5) 以上	39.2(4.0) 以上						0.245(2.5) 以上									48.0以上

— 参考文献 —

- 1) 立石俊一：土木構造物の分類と土木防水の課題，防水ジャーナル，1990.11，P.43
- 2) 防水工法編集委員会：防水工法事典，産業調査会，1984.2，P.251，P.463，P.466
- 3) 長田雅夫：特集複合防水機能向上への期待，防水ジャーナル，1987.8，P.40
- 4) ジオメンブレン技術委員会：ジオメンブレン技術概説，国際ジオシンセティックス学会日本支部，1995.10，P.8
- 5) 田島ルーフィング㈱カタログ
- 6) 田島ルーフィング㈱ORスライド
- 7) 矢野経済研究所：'97防水材産業白書，防水市場の21世紀ビジョン
- 8) 防水ジャーナル編集部：1997年防水の現況と展望，'97防水総覧，1997.2，P.135
- 9) 市川良正：アスファルト及びその応用，アスファルト同業会，1965，P.417
- 10) 小池迪夫：建築防水の理論と実際（メンブレン防水・設計編），工業調査会，1975，P.103
- 11) 建築工事標準仕様書・同解説（JASS 8防水工事），日本建築学会，1993，P.53
- 12) 田島栄一，伏間昇：ブローンアスファルトの耐候性について，石油学会誌，3巻11号，1960，P.28
- 13) 鈴木康弘：防水工事用アスファルトの品質について，アスファルト誌，31巻159号，1989.4，P.22
- 14) 鈴木康弘：不織布の防水材への応用，繊維学会大会論文集（土木・建築用繊維材料），1992
- 15) 建築工事標準仕様書・同解説（JASS 12 屋根工事），日本建築学会，1990，P.51
- 16) 断熱勾配屋根防水（設計・施工）技術指針・同解説，日本建築学会，1993，P.12
- 17) 住宅金融公庫住宅・木造住宅工事共通仕様書，1996，P.39
- 18) 榆木 堯，伊藤 弘，斉藤 彪，鈴木康弘：屋根下葺材の性能評価—その1；目的と方法，その2；結果とその考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，1985，P.127
- 19) 鈴木康弘：屋根構法の再点検—下葺材，建築技術，1991.11，P.185
- 20) 今井隆良，鈴木康弘：アスファルト系断熱勾配屋根構法，建築資料，46巻05号，1993.5，P.94
- 21) 鈴木康弘：下葺の材料と工法，建築知識，1995.11，P.94

第2章 建築

1. 木造住宅用床防音材

1.1 概要

従来住宅の防音というと、ピアノ室やオーディオルームといったようにどちらかというと特殊な用途に需要が限定されていた。しかし、マンションの上階からの音（子供の走り回る音、硬いものを落とした時の音など）が社会問題となるまでにいたり、日常的に発生する音をいかに防ぎ、いかにより快適な生活をおくるか、もしくは、他人（マンションの場合には、両隣、上下階の住人）に対し、必要以上に遠慮せずに生活できるか、という日常生活レベルでの防音に力点が置かれるようになってきた。

マンションに端を発した、この日常住環境における音の問題は、それはマンションだけが持つ問題ではなく、一般のアパート、戸建住宅（木造住宅）にもあてはまり、しかもその問題の程度は、実は構造上の制約によりマンションよりも深刻なものである。大手プレハブメーカーを筆頭として、建設・施工側は木造住宅、プレハブ住宅にも、階上からの音対策、すなわち、床の遮音性能の向上は避けて通れない課題として認識されるようになってきた。この木造住宅の床防音材として開発されたアスファルト系木造住宅用防音材について述べる。

1.2 住宅の階上からの音

住宅の階上からの音は、下記の2つに分けられる。

(1) 空気伝播音

人の話し声、ピアノの音、オーディオの音など、空気を媒質として伝播する音。

(2) 固体伝播音

歩きまわる音、飛び跳ねる音、硬い物を床に落とした時の音など、固体を媒質として伝播する「床衝撃音」。

この床衝撃音は、さらに2つに分けられる。

① 重量衝撃音

歩き回る、飛び跳ねる音など、重量があり柔らかな衝撃。

② 軽量衝撃音

金属物、ナイフ、フォークなど、軽量で硬い衝撃。なお、これらの音を防ぐ側面から見ると、空気伝播音に対しては「遮音」と「吸音」が対策であり、固体伝播に対しては、「制振」と「防振」が

対策となる。

1.3 床の遮音性能の測定と評価

実際の住宅における床の遮音性能の測定と評価は、JISに規定されており、以下の通りである。

(1) 床衝撃音遮断性能測定

測定方法は、JIS A 1418「床衝撃音レベルの測定方法」で規定されており、概略以下の方法で行う。

① 重量衝撃音

質量約7kg、空気圧1.5kgfの軽自動車用タイヤを0.8～1mの高さから自由落下させる。

② 軽量衝撃音

直径3cm、質量500gの円筒形の鋼製ハンマーを10cm間隔に5個、4cmの高さから自由落下させる。

(2) その評価方法

評価方法は、JIS A 1419「建物のしゃ音等級」に規定されており各周波数帯域の測定値が、ある基準曲線を通じて下回る時に、その最小の基準曲線の呼び方によってそれぞれの衝撃音に対する遮音等級を表し、(L-〇〇)と表示する。(図-4.2.1参照)

(3) 室間音圧レベル差測定(遮音)

測定方法は、JIS A 1417で規定されており、一方の

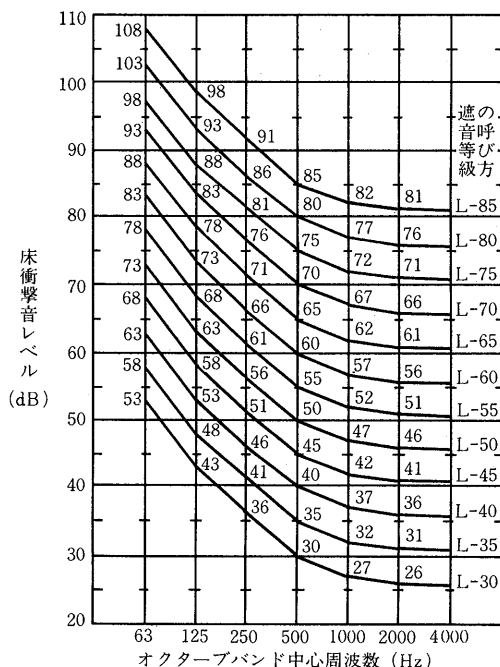


図-4.2.1 音響透過損失¹⁾

部屋を音源室，他方を受音室とし，音源室において雑音発生器より125Hz～4,000Hzの間の6周波数の雑音を発生し，音源室と受音室において，その音圧レベルを測定し，その差を求める。

(4) その評価方法

評価方法は，JIS A 1419に規定されており，各周波数における音圧レベル差の測定値が，ある基準曲線をすべて上回るとき，その最大の基準曲線の呼び方により，遮音等級を表し，(D-〇〇)と表示する。図-4.2.2参照)

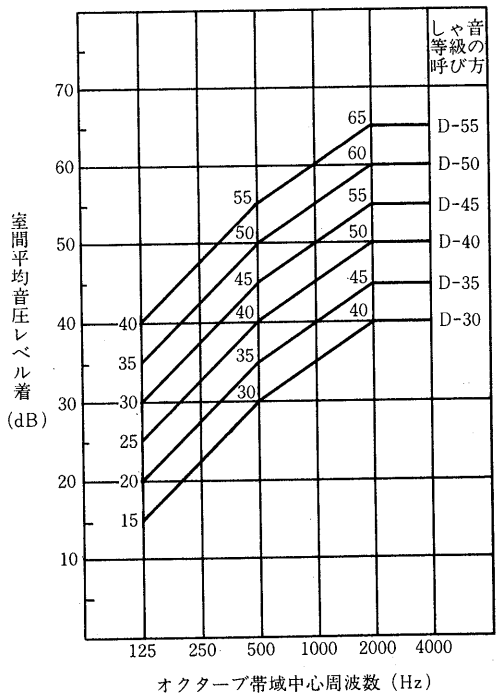


図-4.2.2 室間平均音圧レベル差に関するしゃ音等級の基準周波数特性とその呼び方¹⁾

1.4 アスファルト系木造住宅用床防音材

(1) 制振・遮音のメカニズム

一般的に音を防ぐ，もしくは遮る意味を表す言葉として，防音を用いるが，防音とは「制振」「遮音」「防振」「吸音」の4機能の総称であり，アスファルト系木造住宅用床防音材はこの4機能のうちの「制振」「遮音」の2機能を持つ。その制振・遮音の理論解析を以下に記す。

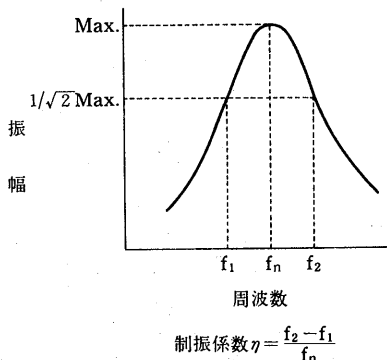
- ① 特殊スラグとアスファルトの間で界面摩擦が生じる。
- ② 特殊スラグの中空部分のアスファルトに対して緩衝効果を持つ。

- ③ 特殊スラグ同士間で接触摩擦が生じる。
- ④ 外力によって見かけ粘度が上昇するダイラタンシー効果が発揮されて，とくに従来困難であった低周波振動の制振に対しても効果がある。
- ⑤ 特殊スラグは中空部分があるため弾性を持っており，このため特殊スラグとアスファルトの内部動歪が増加し，音響的エネルギーが吸収されて高周波の制振に対しても効果がある。
- ⑥ 特殊スラグの混入によってアスファルトの見かけ上の動的剛性が高くなって遮音性能が向上する。

(2) アスファルトの制振性

制振性とは，Vibration Damping Characteristics(直訳すれば振動減衰性)の意味で，振動を発生するある物体の振動エネルギーを吸収して熱エネルギーに変換し，振動速度あるいは振動振幅を減衰させて残存振動を少なくする機能をいう。一般に音は物質の振動によって発生するものであるから，この特性を防音性(Sound Deadening, Noise Damping: 減音性でもよい)と表現しても，まったく同じことである。ここではアスファルト自体の制振性をとりあげることにする。

アスファルトによる制振の概念をわかりやすく説明すると，いま鉄板をつるしてこれをハンマーでたたくと，最初は大きい音がして時間の経過とともにその音は次第に小さくなる。次にこの鉄板にある膜厚のアスファルトを塗覆してこれを同じ強さでたたくと，今度の音は鉄板だけの時よりも小さく，またその音の持続時間も短い。この性質を定量的に調べるには，つるした鉄板(＋アスファルト)の上端を振動させ，振幅最大位置の振動量(変位量)をオシロスコープで観測する。かけてやった周波数と，その結果おこる振幅は図-4.2.3のように示され，周波数 f_n において共振(共鳴)が生じ，振幅は極大になる。図に示した η を制振係数(ま



$$\text{制振係数 } \eta = \frac{f_2 - f_1}{f_n}$$

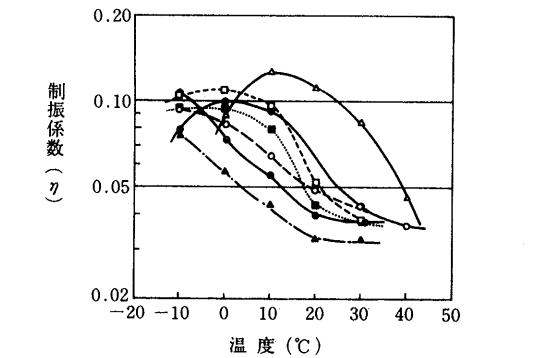
図-4.2.3 制振係数の求め方²⁾

たは損失係数)といい、この値は大きいほど好ましいことになる。

制振のメカニズムを考えると、アスファルトという粘弾性物質に外部から、たとえば引張力が加えられると、分子間構造の主鎖や側鎖のからみ合いが伸ばされ、次いで力が取り去られるとともに戻ろうとする。このとき分子間の摩擦により振動エネルギーは熱エネルギーとして散逸する。したがって、散逸エネルギーが大きく、かつある程度変形して、しかも弾性係数大きい(抵抗力が大きい、スチフネスが大きい)ことが必要である。ただし、一般的にアスファルト単独では構造部材として要求される強度がないため、金属板などと複合して、複合部材の振動減衰性を高める目的で用いられる。

アスファルトの制振係数はまた、温度によっても非常に変化する。図-4.2.4は0.8mm厚鋼板に塗覆した2mm厚の各種アスファルトの制振係数と温度の関係の実測例を示したものである。これによると、

- ① 制振係数はある温度でピークを形成する。
- ② ピークの高さは、概ね密度の大きなもののほど高い(制振係数が大きい)ようである。
- ③ ピークの位置の温度は、フラス脆化点の低い(たわみ性の大きい)もののほど低温側に移行するようである。



記号	アスファルト	針入度	軟化点	PI	密度	フラス
●—●	ストレート	25	59.0	-0.7	1.04	-5
□---□	"	45	52.0	-0.9	1.04	-9
■-----■	"	67	49.0	-0.7	1.03	-11
▲—▲	プロパン脱瀝	13	63.0	-1.1	1.05	+12
○---○	ブローン	15	95.0	+3.4	1.04	-11
●—●	"	25	85.0	+3.3	1.04	-14
▲—▲	"	29	103.0	+5.6	1.01	-17

図-4.2.4 各種アスファルトの制振係数²⁾
(0.8mm厚鋼板と2.0mm厚アスファルトの場合)

なお、試料アスファルトの厚みを増すほど、制振係数は増大し、ピーク位置は高温側にシフトする。またアスファルトの中に、フィラーを充填させて密度を高めたものも同様の傾向を示す。

(3) 床防音材の形状および内容

床防音材は、「比重の大きい転炉スラグ等をアスファルトで混練して板状に成形し、表面にポリエステル不織布を装着したマット状」のものである。

なお、上記以外でも原料としてゴムアスファルト、表裏面にガラスクロス、アルミ箔、塩ビシート、PEクロス等を使用したものもある。

アスファルト系床防音材の一例を表-4.2.1、4.2.2に示す。

表-4.2.1 仕様¹⁾

厚さ	4 mm	8 mm
サイズ	910×910 mm	910×910 mm
質量	7.6kg	5.2kg

表-4.2.2 物性値¹⁾

項目	数値	備考
比重	2.3	JIS K6350
引張強度	12kgf/cm ²	20℃ JIS A6006に準ずる
硬さ	87	SRIS 0101 スプリング硬さ試験
比熱	0.86J/g℃	PSC法
ガス有害性試験	合格	昭和54年建設省告示第1231号の第4に規定するガス有害性試験
燃焼性試験	V-O適合	UL94-V
圧縮グリープ	1.7%	25℃ 5000kg/m ² ×2000hrs

(4) 制振・遮音性能

試験室における制振性能と遮音性能を以下に示す。

① 損失係数試験(制振性能)

(a)試験試料…厚さ1.6mmの鋼板に厚さ4mmのアスファルト系床防音材を接着。

(b)測定結果は、表-4.2.3の通りである。

表-4.2.3 測定結果¹⁾

周波数	曲げ剛性(Nm)	損失係数
113	89	0.08
627	93	0.11
1550	93	0.10

(試験機関 東京都立工業技術センター)

② 音響透過損失（遮音性能）

(a)試験試料…厚さ4mmのアスファルト系床防音材。

(b)測定結果は図-4.2.5の通りである。

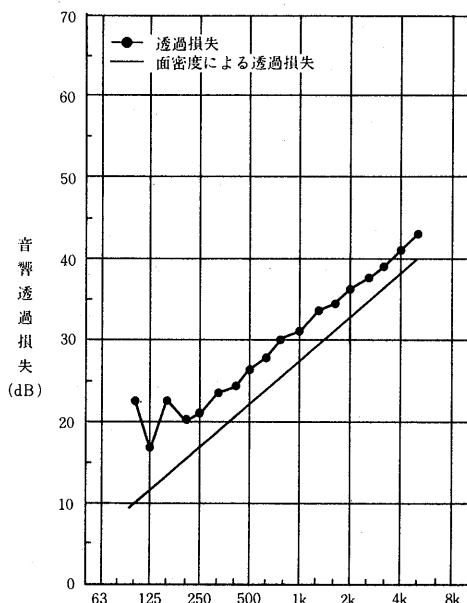


図-4.2.5 室間平均音圧レベル差¹⁾
(床防音マット施工図)

1.5 アスファルト系床防音材の現場での性能

1.4においてアスファルト系床防音材の実験室における基本性能を記したが、ここでは、実際の住宅に使用した場合の性能を記す。

鉄骨プレハブ住宅における性能では、厚さ8mmのアスファルト系床防音材を使用した場合、重量衝撃音L-65、軽量衝撃音L-60が得られた。また厚さ4mmの場合、それぞれL-70、L-65が得られ、基礎床に対する改善量では、重量・軽量衝撃音とも2ランクの改善、軽量衝撃音が2～3ランクの改善が得られた。アスファルト系床防音材の厚さによる性能差は、厚さ8mmのものが1ランク優った。

ツーバイフォー住宅におけるものでは、重量衝撃音L-65、軽量衝撃音L-70であった。基礎床に対する改善量では、重量・軽量衝撃音とも2ランクの改善が得られた。

また表-4.2.4、4.2.5以外の現場における測定においても概ね、L-60～L-70の性能を得ており、木造住宅の未対策床が一般的にL-75～L-85と言われていることと比較すると、良好な性能を得ている。

1.6 床衝撃音対策の現状

床衝撃音の対策は、前述したようにマンションの木

質フローリングへの対応として講じられてきており、現在では、100種類以上の所謂「マンション用床防音材」が販売されている。その性能はL-45～50と高性能のものが一般的になりつつある。

一方、木造住宅への対策は、マンションに比べて遅れており、その商品は少なく、性能も2～3ランク落ちるのが現状である。

しかしこれは、その対策用の商品開発が遅れているのが主因ではなく、建物の構造上の制約である。すなわち、マンションなどのコンクリート住宅は床の厚みが150mm以上あれば、空気伝播音、重量衝撃音は問題とならず、「軽量衝撃音」だけが問題となり、その対策だけで良いが、木造住宅の場合は、床の質量、剛性などがコンクリートに比べて著しく小さいため、「重量、軽量衝撃音」「空気伝播音」全ての音が問題となる。その難しさの一例を挙げると、マンション用の防音材は軽量衝撃音対策であるため、居住性能上許される限度まで柔らかい素材を使って対策すれば良いが、床の質量、剛性が小さい木造住宅の床に同じ対策をすると、軽量衝撃音は良くなるが、重量衝撃音は悪い方へ影響が出る。

このような構造上の制約の中で、各大手プレハブメーカー、建材メーカーなどが、種々の対策、商品開発を行っているが、現状では床衝撃音遮断性能L-60～65、空間音圧レベル差D-35が最高レベルであると言える。

この性能レベルは、決して満足できる性能になっていない。

特殊用途ではなく、日常生活レベルでの防音を考えた場合、当然コストは限度があり、その中でより以上の性能を得るためには、今後、建築分野と音響分野双方のより一層の協力により成し遂げられねばならない。

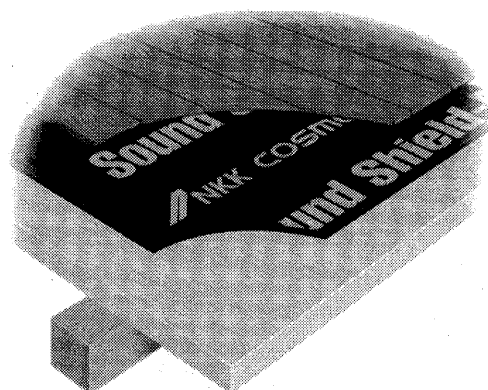


写真-4.2.1 床防音マット施工図³⁾

1.7 住宅用防音材の今後

住居には様々な機能・性能が求められているが、更により快適な生活空間が望まれ、防音対策の有無がマンション（共同住宅）ばかりではなく戸建（個人住宅）等においても重要な要素になってきているので、住宅用防音材に対する要求もますます増加してくるものとおもわれる。

2. 床 材

2.1 概 要⁴⁾

アスファルトを床材として利用する場合には、アスファルト混合物をそのまま利用する方法とアスファルトをブロック、カーペットやタイルなどに加工して利用する方法があるが、ここでは古い歴史をもっているアスファルトブロックについて述べることにする。

アスファルトが住宅の土台や床などに利用されはじめたのは紀元前2000年頃のバビロニア時代といわれており、当時は多孔質の煉瓦に天然アスファルトを浸透させたものであった。しかし、紀元前600年頃になると、天然アスファルトに砂、砂利などを加熱して混ぜ合わせたものを木枠などにいれて成型したものが、道路や水路の防水材として使用されるようになったが、これがブロック舗装の始まりといわれている。しかしながら、アスファルトブロックが工業的に生産されはじめたのは1869年のサンフランシスコからであり、機械プレスと一定の配合率が完成し量産化されるようになったのは1880年のことである。

わが国には明治の末期に輸入されるようになり、当時の西洋式建築物に利用されていたようである。その後、大正13年に金剛アスファルトブロック工業所が設立されたことを契機に数社が相次いで設立され駅構内及び学校の校舎内また都市の道路として利用され、年々需要は拡大していった。

その後、戦時中に一時製造が中止されたものの昭和24年に再開され今日にいたっているものの、現在では

1社のみが製造を行っている。

2.2 製造工程

わが国におけるアスファルトブロックの製造は、当初は道路用・建築用・軌道用に分けて製造されていたようで、たとえば道路用は主として骨材を碎石しスラグに石灰石粉を加えて主材とし、建築用には清砂、石灰石粉、蠟石粉等が主材とし、軌道用にはアスファルトと繊維性（アスベストなど）のものが主材となっていた。また、一部建築用には酸化鉄を利用した赤アスファルトといった着色ブロックや化学工場や薬品倉庫などの耐酸性を考慮した蠟石粉を主材としたものもあった。今日では、アスファルトブロックの強度が増したこともあり製造を用途別に行っていない。

基本的な製造工程は変わっておらず、図-4.2.6に示してあるように骨材である砂・碎石・石粉などを配合して乾燥しこれにバインダーであるアスファルト（防水工事用アスファルトを使用）を溶融してミキサーで攪拌、それを一定の型枠にいれプレス機で圧縮(300 t)を行い、冷却して製品が出来上がる。なお、アスファルトの代わりに石油樹脂を混合してカラーブロックなども製造されている。

2.3 規 格

アスファルトブロックについての国家規格はないので、メーカーの代表性状を表-4.2.4に、形状を表-4.2.5に示す。このアスファルトブロックは、図-4.2.7に示されたように遮音性にすぐれている。また図-4.2.8に示されたように年令が上がるにしたがって、滑り易い床ほど歩幅が狭くなる傾向があるが、アスファルトブロックでは比較的年令が高い人でも、それ程歩幅が狭くならず、滑りにくく安全であるといえる。

表-4.2.4 アスファルトブロックの代表正常⁵⁾

項 目	種 別	黒	チョコレート	カラー
比 重 (25℃置換法)		2.0以上	2.0以上	2.0以上
給水率 (1週間清水浸漬後)		0.5%以下	0.5%以下	1.0%以下
バ イ ン ダ ー 量		8～12%	8～12%	8～12%
顔 料		0	2～3%	1～2%
軟 化 点 (バインダー)		65℃以上	65℃以上	58℃以上

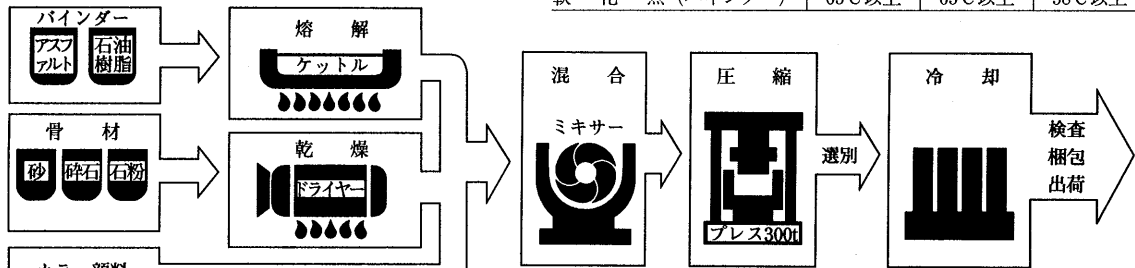


図-4.2.6 製造工程⁵⁾

表-4.2.5 アスファルトブロックの形状⁵⁾

形状	寸法 (mm) (厚×巾×長)	重量 (kg)	主要用途	1㎡当り必要枚数	
				盲目地	10mm目地
長方形	20×120×240	1.27	建築	34	31
	25×120×240	1.59	建築・歩道		
	30×120×240	1.92	建築・軽車道		
	40×120×240	2.54	軽車道		
	50×120×240	3.17	重車道		
正方形	20×180×180	1.43	建築	30	28
	25×180×180	1.79	建築・歩道		
	30×300×300	6.00	建築・歩道		
	40×300×300	8.00	歩道	11	10.5
	50×300×300	10.00	歩道		

※寸法許容誤差：厚・長・巾何れも±2mmの誤差を許容願います。

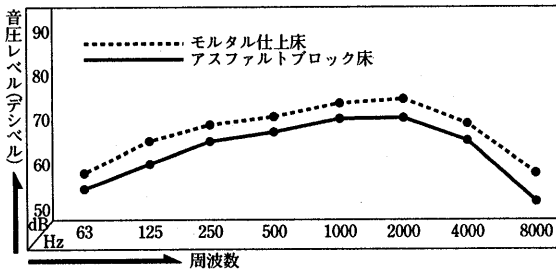


図-4.2.7 遮音性⁵⁾

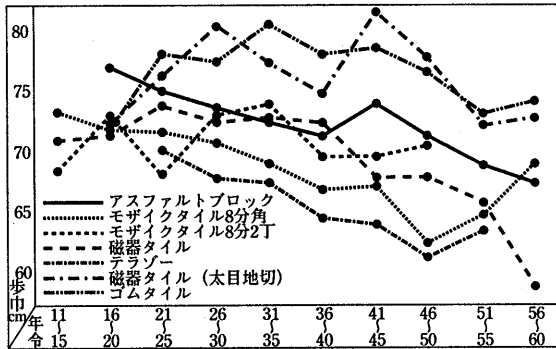


図-4.2.8 歩巾と年令の関係⁵⁾

2.4 施工法

施工には、セメントモルタル貼工法と圧着貼工法の2種類がある。

(1) セメントモルタル貼工法

図-4.2.9に示されているように基礎コンクリートなどの貼下地の上に水2：セメント1のクッションモルタルを敷きならし、その上に砂3：セメント1に配合した空練りモルタルを仕上りを考慮して厚さ25～30mmにコテ等でならしてからアスファルトブロックを置きゴムハンマー等で叩き張りする。

(2) 圧着貼工法

図-4.2.10に示されているようにあらかじめ仕上

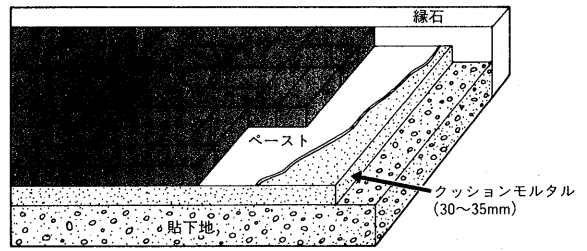


図-4.2.9 セメントモルタル貼の施工例⁶⁾

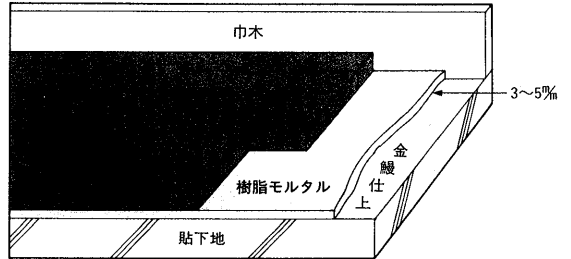


図-4.2.10 圧着貼の施工例⁶⁾

り厚さを考慮して金ゴテおさえされた凸凹のない下地上に、あらかじめ配合された樹脂混入モルタルを水で混練し、糊状にされたモルタルを3～5mm厚さにコテでならし、その上に、アスファルトブロックを置き水系に合わせてゴムハンマー等で軽く叩き張り付ける工法である。

なお、ブロックを敷込む場合には、使用目的や環境条件およびデザイン性などを考慮する必要があるものの、一般的には図-4.2.11に示すような敷込模様がある。

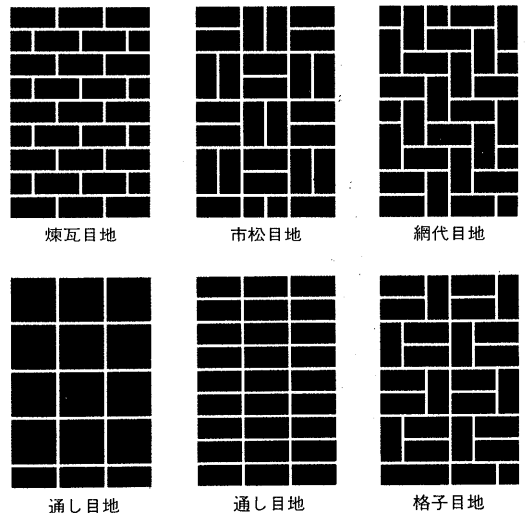


図-4.2.11 敷込模様⁶⁾

2.5 用途

アスファルトブロックの用途は、公共建築物の床やアプローチおよび階段、交通機関のプラットホームやコンコースおよび地下道、道路のサービスエリアや歩道、公園の広場や園路など多くの場所にも用いられているが、特に最近ではプロパンガスの充填工場において、床とガスボンベが摩擦して火花が起きないようにアスファルトブロックが床材として利用される場合が多くなっている。

3. 鋼管塗布

鋼管に塗布されるアスファルトは、パイプライン用鋼管に使われる腐食防食用のブローンアスファルトと、建築/土木用鋼管杭（パイロ）に使われる埋立地でのネガティブフリクション対策用のSL（スリップレイヤ）コンパウンドがある。

3.1 パイプライン用鋼管腐食防食用アスファルト

パイプラインはガス・液体・スラリー一体を、環境にほとんど影響を与えずにどんな遠距離・近距離でも輸送できる最も効果的な輸送方法で、輸送する物体別にガス輸送用、油輸送用、上水道用、中下水道用、電力輸送用、科学工業用等多種類ある。これら地下埋設大径鋼管は、通常腐食し易い鉄をベースにした炭素鋼でつくられている。この為、非防食で裸鋼管を地下に埋設した場合、バクテリア・迷走電流・比抵抗・含有塩類等腐食因子と腐食の元凶である水と酸素にさらされ腐食する。それら腐食因子を遮断する方法の一つが、ブローンアスファルトによる被覆防食法である。

(1) 被覆の種類（管の外表面）

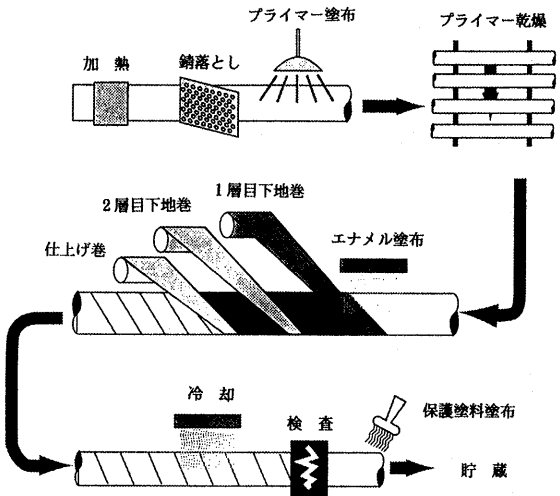
ブローンアスファルトと覆装材を組み合わせたアスファルトビニロンクロス巻、アスファルトジュート巻、アスファルトガラスクロス巻がある。

(2) アスファルトの種類

ブローンアスファルトは、針入度10/20、20/30、30/40のものが使用されている。

(3) 塗膜装方法

図-4.2.12に示されているように原管をショットその他のブラスト法で表面を清浄にし、アスファルト系プライマーを塗布する。内面を塗装する場合は回転ローラ上で管を高速で回転させながら、溶融アスファルトを注加し、遠心法で塗布しながら冷却固化させる。覆装材は使用しない。外面を塗覆装する場合は、管を回転させながら170～230℃に加熱したアスファルトを注加し、連続した均一な塗膜を形成させながら、その



出典：シェルビチューメンハンドブック

図-4.2.12 塗覆装工程図

上に更に幅200～300mmのビニロンクロス、ガラスクロス、ガラスマットに溶融アスファルトを含浸させたテープ状の覆装材を螺旋状に1回巻または2回巻して冷却固化する。

(4) アスファルトエナメル

鋼管に塗布するブローンアスファルトは、ダレを少なくし摩滅抵抗を改善するため、不活性フィラーを30～40%添加しアスファルトエナメル状で使用する。

(5) 塗覆装鋼管需要

塗覆装鋼管の主な用途は油・ガス・石炭スラリー輸送用であり、需要量及び需要地域は表-4.2.6のとおり産油・産炭地での需要が中心で、今後も石油の需要が減らない限り油田開発は海底となり、塗覆装鋼管の需要は減らないと思われる。

表-4.2.6 塗覆装鋼管マーケット（'92～'97見込み）

国名/地域	パイプ延長 km	m ² (16"パイプ) (X1,000)	構成比
アメリカ合衆国	12,947	16,520	15
カナダ	4,200	4,200	5
ヨーロッパ	36,345	46,376	43
中東	3,712	7,736	4
アフリカ	3,408	4,348	4
西太平洋	3,376	4,307	4
南アジア	11,870	15,146	14
メキシコ/中央アメリカ	708	903	1
南アメリカ	8,016	10,228	10
合計	84,582	107,923	100

出典：Pipeline industry

(6) 鋼管（パイプライン）塗覆装材料

塗料の付着強度、作業性から色々の材料が使用され

ており、アスファルトは付着強度でコールタールより劣るため、少ないシェアとなっている。

表-4.2.7 世界の塗装材料のタイプとシェア('91)

塗装材料のタイプ	%シェア
アスファルトエナメル	4
コールタールエナメル	38
ポリウレタン	20
エポキシ樹脂	28
テープ	6
その他	4

出典：Pipeline industry

(7) 塗装材料の今後の動向

ドイツではコールタールエナメルは禁止されており、オランダでも1977年以降使われていない。

アメリカ合衆国ではコールタールエナメルとアスファルトエナメルが、引き続き使われているが、今ではアスファルトエナメルが優勢になっている。

カナダではコールタールエナメルが、健康上の理由で禁止されている。

イランでは、コールタールエナメルが優勢であったが、健康上・安全上・環境上の理由でアスファルトエナメルの使用に替わってきている。

コールタールエナメルの使用は、健康問題と環境問題から減ってきている。その代替品として、アスファルトエナメルや新しい高性能な改質アスファルトの開発が期待されている。

3.2 SL鋼管杭用スリップレイヤーコンパウンド

アスファルトの使われるSL鋼管杭及びSL杭工法はオランダのシェル研究所で10年の歳月と、ロッテルダム市の協力により1970年に完成されたもので、日本へは1973年にシェル石油(株)によって導入された。SL鋼管杭は埋立地等の軟弱地盤での建物/建造物のネガティブフリクション（負の摩擦）対策に使用される。この杭は、表面に使用されるアスファルトがSLコンパウンド（SL：スリップレイヤー）という名称のプローンタイプのアスファルトで、SLコンパウンドを塗布した鋼管杭をSL鋼管杭と呼んでいる。

(1) ネガティブフリクション（負の摩擦）とは

杭が鉛直荷重を受けると図-4.2.13に示すように杭の周面の正の摩擦力と先端支持力によって支持される。

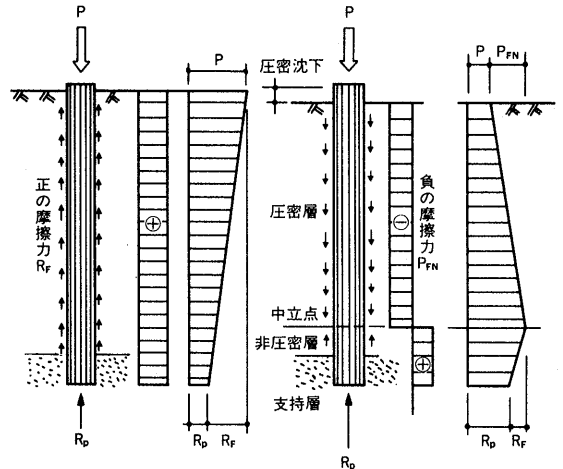
P : 鉛直荷重

R_F : 杭周面摩擦力

R_P : 杭先端支持力

$P = R_F + R_P$

しかし、杭が軟弱質を貫入し支持層へ先端が定着されていると上載荷重の増大及び地下水の低下等の原因により地盤の沈下が生ずるが、支持杭のために杭が沈下しないので図に示すように圧密層の大部分が下向きの摩擦力として働いて杭を引込むようになる。この杭に働く下向きの摩擦力をネガティブフリクションという。

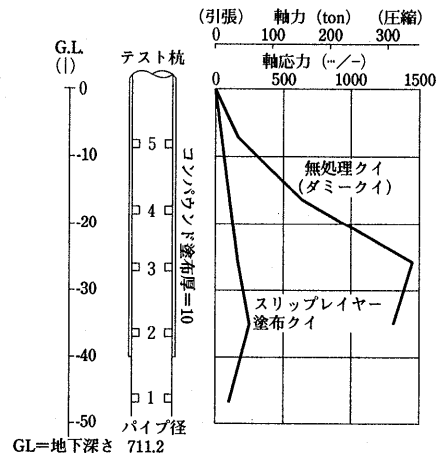


出典：昭和シェル石油パンフレット「SLコンパウンド」

図-4.2.13 ネガティブフリクションの概念

(2) SL鋼管杭の特徴（SL杭工法）

埋立地での地盤の圧密沈下による、建物等の構造物の支持杭へのネガティブフリクション（負の摩擦/杭を下向きに引く摩擦）を、杭にアスファルトを塗布することにより、アスファルト層が地盤と杭との間で潤滑油的な役割を果たすことで摩擦を滑らせ、支持杭が折れたり曲がったりして建物が不同沈下するのを低減させる。（図-4.2.14参照）



出典：シェルビジュアルハンドブック

図-4.2.14 SLコンパウンド塗布効果

(3) アスファルトの性状

昭和シェル石油㈱の開発したアスファルトコンパウンドの性状及び規格は表-4.2.8の通りである。

表-4.2.8 SLコンパウンド規格

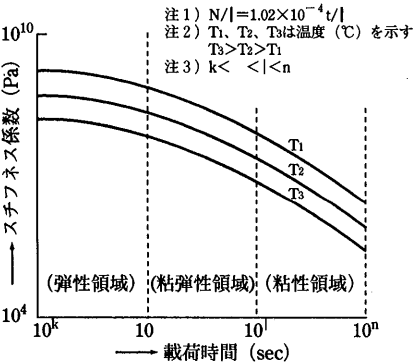
試験項目	試験方法	規格
針入度 (25℃) 1/10mm	JIS K 2207	40~60
軟化点 ℃	JIS K 2207	65~73

出典：昭和シェル石油パンフレット

(4) アスファルトの働き（スチフネス理論）

アスファルトの性質である粘弾性（ゆっくりとした荷重に対しては粘性体となり，瞬間的な荷重に対しては弾性体となる）を利用し，地盤の沈下のようなゆっくりとした摩擦による荷重をアスファルト層が粘性体となることで，滑らせることにより沈下によるネガティブフリクションを90%以上カットする。

杭表面の塗布アスファルトは，杭を地面に打ち込む時の瞬間的な荷重に対し弾性体となり，剥離することは無い。



出典：昭和シェル石油パンフレット
「SLコンパウンド」

図-4.2.15 スチフネス係数と載荷時間の関係

(5) 塗布方法及び塗布厚

① 塗布方法

(a) 回転浸付方法

杭を回転しながらアスファルトの塗布槽の中に浸付塗布する。

(b) 回転流込み法

杭を回転しながら定量のアスファルトを流し込んで塗布する。

② 塗布厚

6 mm~10mmの範囲で，沈下の程度／土の成分等により厚さを変える。



写真-4.2.2 施工現場写真（羽田空港拡張工事）

表-4.2.9 主な施工実績（国内）

工事件名	施主名	期間	場所
登米高校	宮城県	1980.2~	登米市
京成オリエンタルランド市街地住宅	オリエンタルランド	1978.9~	浦安市
三郷高架橋下部工事その1	日本道路公団	1980.2~	三郷市
東京電力東扇島火力発電所	東京電力	1984.5~7	川崎市
日本生命新総合研究センター	日本生命	1987.4	浦安市
キョクレイ大黒ふ頭倉庫	キョクレイ	1990.4~5	横浜市
東京国際空港西旅客ターミナルビル	運輸省	1990.7	羽田
津屋川水門改築2期工事	建設省	1988.11~	海部郡
長良川加工堰建設2期工事	水資源開発公団	1990.6~	愛知県
神戸ポートアイランド市街地住宅	日本住宅公団	1978.5~	神戸市
南港新交通システム	大阪市	1979.3~6	大阪市
東部浄化センター水処理施設	広島県	1989.8~	広島市
九州電力新大分火力発電所	九州電力	1986.10~	大分市

出典：昭和シェル石油パンフレット

—— 参考文献 ——

- 1) 米田憲夫：木造住宅用床防音材，アスファルト，Vol.34, No.171, 1992. P.13
- 2) 高橋正明：制振性，防音性，アスファルト，Vol.31, No.159, 1989. P.75
- 3) 日本鋼管ライトスチール㈱・コスモアスファルト㈱：サウンドシールド
- 4) ㈱アスファルト同業会：アスファルト及びその應用，1965.
- 5) 川口商工社（現，川口ブロック㈱）：マイケルブロック㈱
- 6) ユニオンブロック㈱：アスファルトブロック
- 7) Paul Morgan他：シェルビチュメンハンドブック「インダストリー」
- 8) 山本他：さびを防ぐ事典，産業調査会

第3章 原 料

1. 酢酸原料用アスファルト

1.1 概 要

一酸化炭素 (CO), メタノール (CH_3OH), メタン (CH_4), 青酸 (HCN), 炭酸ガス (CO_2) などの炭素数 1 個の化合物を主原料として, 炭素数 2 個以上の有機化学基礎原料を製造する技術を C_1 化学と総称する。

C_1 化学は原料の多様性 (天然ガス, 重質油, 合成ガス, 石炭, 製鉄所のオフガス, オイルシェール等) 及び単一化合物を多量生産するには効率の良いプロセスがあることを特徴としている。

一方, 道路用として主に使用されているアスファルトが C_1 化学原料として, 一部使用されている。

そこで, ここでは C_1 化学の原料の多様性の一例ならびにアスファルトの利用技術の一例として, アスファルトを原料とする酢酸の製造について紹介する。

1.2 酢酸の需要動向²⁾

酢酸は酢酸ビニル, 酢酸繊維素, 酢酸エステル類等の有機中間体製品の一つとして化学工業の中の重要な位置を占めている。

(財)日本化学工業協会酢酸連絡会の調査によれば, 酢酸の平成 8 年度の生産は 58 万 3, 427 トンで前年比 99% とほぼ横ばい。一方, 需要は, 輸出を含めた総需要量が 60 万 7, 382 トンと前年比 97.5% となった。酢酸の需要は平成 4 年以降テレフタル酸 (PTA) 原料としての東南アジア向け輸出の拡大に伴い, 伸びが著しく, これに内需の堅調化も加わり, ここ数年間で大きく成長してきたが, 平成 8 年度は輸出の減少が影響し, 全体としては微減となった。

内訳をみると, 酢酸繊維素, モノクロール酢酸, 写真・試薬, 医薬用途が好調であったのに対し, テレフタル酸用途が減少した。(表-4.3.1)

一方, 輸出の内訳をみると台湾, 韓国の大口輸出先の減少が大きいものの, タイ, インドネシア, 中国への輸出が好調であったため, 前年比 93.2% にとどまった。(表-4.3.2)

国内の生産能力を考えると酢酸の需給バランスはタイト感が強く, 需要面ではアジアの急成長が見込まれることから, 供給面でも一部メーカーにおいて能力増強が予定されている。

1.3 酢酸製造プロセス

1.3.1 酢酸製造プロセスの変遷^{3),4),5),6),7),8)}

表-4.3.1 酢酸の用途別需要量

(単位: トン)			
用 途	8 年度実績	前年度実績	前年度比%
酢酸エステル	44,259	43,097	102.7
酢酸ビニル	150,363	154,890	97.1
写真・試薬	6,347	6,028	105.3
染色	6,121	6,531	93.7
食用	8,759	9,057	96.7
医薬	9,495	8,936	106.3
モノクロール酢酸	24,235	21,046	115.2
無水酢酸	19,684	19,335	101.8
酢酸繊維素	104,099	91,327	114.0
テレフタル酸	61,252	71,877	85.2
その他	56,019	65,786	85.2
内 需 計	490,633	497,910	98.5
輸 出	116,749	125,246	93.2
総 合 計	607,382	623,156	97.5

表-4.3.2 酢酸の輸出先別実績表

(単位: トン)			
輸 出 先	8 年度実績	前年度実績	前年度比%
台湾	20,332	33,315	61
マレーシア	4,040	3,795	106
シンガポール	1,022	1,020	100
インドネシア	10,377	8,988	115
韓国	26,117	33,035	79
中国	39,365	35,989	109
香港	830		
タイ	14,666	9,104	161
合 計	116,749	125,246	93

酢酸の最初の工業的製造法は木材の乾留により得られる木酢液からメタノールなどと併産される方法である。我が国においても 1893 年からこの方法による酢酸の製造が開始され 1938 年まで続いた。

次に工業的な製造法となったのがアセトアルデヒドの酸化法である。1914 年ドイツでアセチレンの水和により得られるアセトアルデヒドを酸化する方法が工業化され, 我が国でも 1928 年以降コークスと石灰石から製造されたカーバイドを原料としてアセチレン, アセトアルデヒドを経由する酢酸の製造が実施された。その後, エチレンの直接酸化によるアセトアルデヒドの製造が開発されるとアセチレンからエチレンへの原料転換が急速に進んだ。我が国でも 1962 年以降ナフサを原料としてエチレン, アセトアルデヒドを経由する酢

酸の製造法が実施され、現在も続けられている。

一方、飽和炭化水素の液相酸化による酢酸の製造としてCelanese社がn-ブタンを原料とする方法を米国で工業化、Distiller社（現BP社）がナフサを原料とする方法を開発し、英国および日本などで工業化されている。

メタノールのカルボニル化による酢酸の合成も古くから研究されていたが、1960年BASF社がコバルトを触媒とする世界最初のメタノール法酢酸の商業プラントを建設した。

1968年、Monsanto社はコバルトに変わってロジウムまたはイリジウムを触媒とする製造法を発表。その後、Monsanto社がベンチスケール、パイロットスケールの試験を経て1970年に年産13.5万トンのプラントを建設して以来、世界的に主流の製造法となった。

国内における、メタノール法酢酸の出現はナフサを出発原料とするアセトアルデヒド法、ナフサ直酸法及び酢酸と合成グリセリンの併産プロセスである過酢酸法の3通りにより酢酸を製造していたダイセル化学工業が、ナフサからの脱却とコスト低減による国際競争力の強化のため、1975年6月にMonsanto社のメタノール法酢酸製造技術を導入し、検討を開始。その後、ダイセル化学工業を中心とする酢酸製造4社（ダイセル化学工業、三菱瓦斯化学、電気化学工業、チッソ）が協同酢酸を設立。ダイセル化学工業網干第2工場内に年産15万トン設備を建設、1980年6月から商業生産を開始したことに始まる。同社における製造方法は比較的低温・低圧メタノールと一酸化炭素を反応させる画期的なものであり、また原料の一酸化炭素の製造方法として改良テキサコ法プロセスを採用し、その出発原料として、アスファルトを使用することを特徴としている。ここに、国内の酢酸原料としてのアスファルトの利用が開始された。

同社の製造設備は製造コストの優位性を武器に操業以来、順調な稼動を続けており、1981年5月には設備能力の5割アップを果たし、年産22万5,000トン体制を

確立。さらに1986年の定期修理時には年産24万トンへの増強を果たした。

さらに、1992年11月に新系列14万トンを完成、合計能力38万トン体制を整えた。

1.3.2 国内の酢酸製造プロセス^{7),9)}

表-4.3.3に国内の酢酸生産能力および製造方法を示す。協同酢酸は国内56万6千トンの生産能力のうち、38万トンの生産能力を持ち、国内の約7割を占めている。同社において、酢酸原料として年間約10万トンのアスファルトが使用されている。

表-4.3.3 酢酸の国内生産能力

(単位：1,000トン/年)

企業名	生産能力	製造方法
協同酢酸	380	メタノール法
ダイセル化学工業	36	ナフサ直酸法
昭和電工	150	アセトアルデヒド法
合計	566	

1.4 アスファルトからの酢酸製造⁷⁾

前述のように、アスファルトを出発原料とする酢酸の製造は基本的には2つのプロセスからなる。まず第1にアスファルトから一酸化炭素を製造するガス化プロセス(テキサコ法ガス化プロセス)。そして第2に得られた一酸化炭素とメタノールから酢酸を合成するメタノール法酢酸製造プロセスである。以下、それぞれのプロセスについて概要を述べる。

1.4.1 テキサコ法ガス化プロセス^{10),11),12)}

(1) 基本的化学反応

テキサコ法ガス化プロセスは、簡単にいえば、所定の温度以上で原料の炭化水素を酸素または空気で不完全燃焼させて、一酸化炭素、水素を主成分とするガスを製造する技術である。一酸化炭素製造用の基本フローを図-4.3.1に、反応例を表-4.3.4に示す。

原料炭化水素の不完全燃焼が理想的に行われれば、反応は次のようになる。

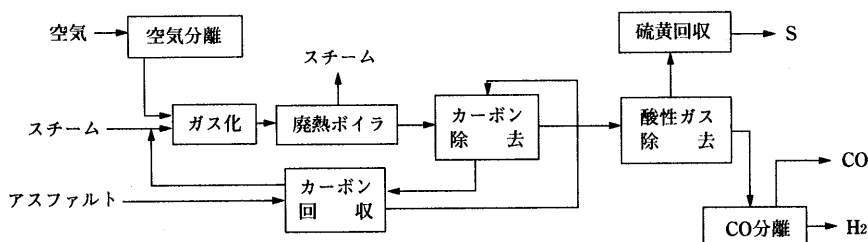
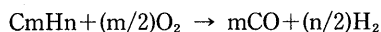


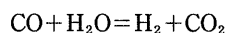
図-4.3.1 テキサコ法プロセス一酸化炭素製造基本フロー

表-4.3.4 テキサコ法ガス化プロセス反応例

主 反 応		$C_mH_nS_r + m/2O_2 \rightarrow mCO + (n/2-r)H_2 + rH_2S$ 発 熱 反 応		
反応条件		スチーム／カーボン＝0.5～0.7 反応温度 1,350℃ 反応応力 80kg／cm ² ・G O ₂ ／原料 (wt比) 1.0～1.2		
原 料		常圧残さ油	アスファルト	脱瀝アスファルト
ガ ス 組 成	H ₂ vol%	44.9	43.2	41.7
	CO "	47.8	48.5	49.0
	CO ₂ "	5.9	6.3	7.4
	CH ₄ "	0.3	0.2	0.2
	H ₂ S "	0.9	1.5	1.5
	その他 "	0.2	0.3	0.3
ガス量 Nm ³ /t		2,920	2,840	2,810
副生カーボン		原料中のCに対し2～3%		
原 料 分 析 値	C wt%	84.5	84.0	85.1
	H "	11.3	9.5	8.1
	S "	3.8	6.0	5.9
	N "	0.3	0.5	0.6
	Ash "	0.022	0.05	0.3
	Ni ppm	14	40	8.1
	V "	13	100	175

この反応で酸素が不足すると、原料の炭化水素の分解が不完全となり、低級の炭化水素と多量の未反応カーボンが生成する。そのため、原料の分解が完全に行われるように、反応雰囲気を1,260℃以上に保持するので、実際には原料の一部は完全燃焼され、炭酸ガスと水になる。したがって、生成ガス中には主成分の水素、一酸化炭素のほかに炭酸ガス、水蒸気が含まれている。また、酸素の不純物であるアルゴン、窒素および少量の未分解のメタンと原料中の硫黄分が硫化水素、硫化カルボニルとなって生成ガス中に含まれる。通常このガス化反応は1,260℃以上の高温で、しかも多量の水素、一酸化炭素が存在している強い還元雰囲気下で行われているため、窒素酸化物、硫黄酸化物は生成しない。気体の原料をガス化した場合には、ほとんど未反応カーボンは生成しないが、アスファルトを原料として使用した場合には、原料中の炭素に対し、2～3%が未反応カーボンとして生成する。この未反応カーボンは水洗によって発生ガスから分離されて、水のスラリーとしてカーボン回収システムに送られ、そこで回収されて原料油に混入され、ガス化炉に送られるか、または燃料として利用される。反応温度を制御するためにスチームあるいは炭酸ガスが温度緩和剤として使

用される。発生ガス中の水素と一酸化炭素の発生比率は、原料中の炭素と水素の比率に直接関係する。しかし、ガス化の際添加される温度緩和剤のスチームまたは炭酸ガスを調整することによっても、発生ガス中の水素と一酸化炭素の比率をコントロールすることもできる。これはスチーム、炭酸ガスが次の平衡反応に関係しているためである。



この反応はCO転化反応として知られている反応でガス化中のスチームが増加すれば反応は右辺側に進み、一酸化炭素は減少し、水素が増加する。ガス中の炭酸ガスが増加すれば反応は左辺側に進み、一酸化炭素濃度の高いガスが得られる。

(2) 原 料

テキサコ法ガス化プロセスはいかなる種類の炭化水素及びその混合物でも気体、液体、固体を問わず原料とすることができる。たとえ、不飽和の炭化水素含有率が高いものであってもガス化には支障はない。原料としてのアスファルトに対する性状の要求項目は硫黄分、金属分(V, N, Na)、動粘度がある。硫黄分は排出ガス中の硫黄酸化物(SO_x)の総量規制によるものである。金属分(バナジウム、ニッケル、ナトリウム)については、ガス化炉の高温腐食対策のためである。また、粘度については設備中のポンプ能力、保温、加温能力上の問題から一定レベル以下の粘度が要求されている。要求性状項目としては燃料用アスファルトのそれに近い。

1.4.2 メタノール法酢酸製造プロセス^{3),4),5),8)}

(1) メタノールからの酢酸製造

メタノールのカルボニル化による酢酸合成はコバルトを触媒とするBASF法プロセスの工業的实施において結実し、次いでMonsantoによるロジウムを触媒として用いる低圧プロセスの商業生産プラントへの稼働へと発展してきた。以下、協同酢酸で採用されているMonsanto法によるメタノール酢酸製造について述べる。

(2) Monsanto法メタノール法酢酸

Monsanto法プロセスのフローシートを図-4.3.2に、反応条件を表-4.3.5に示す。COとメタノールは、反応器に連続的に仕込まれ、酢酸は反応系から連続的に抜き取られて蒸留精製される。触媒の大部分は反応系に留まり、反応系から除去される少量の低沸分は低沸塔の塔頂留分とともにスクラバーに送られ、回収して反応系にリサイクルされる。反応系から抜き取った粗酢酸は、低沸塔に送り込まれ、ここで塔頂留分及び

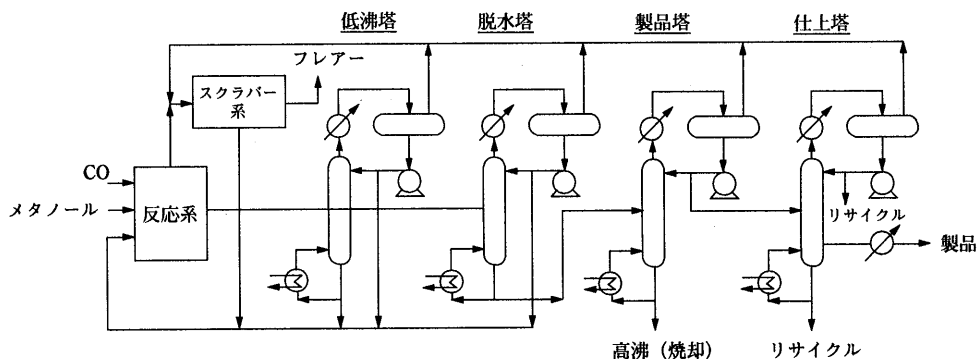


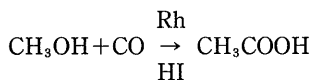
図-4.3.2 Monsanto法酢酸製造プロセスフロー

表-4.3.5 Monsanto法反応条件

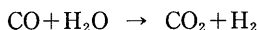
項 目	反 応 条 件
触媒濃度 (mol / l)	~10 ⁻³
反応温度 (℃)	175~200
反応圧力 (atm)	20~30
選択率 (CH ₃ OH基準 %)	>99

触媒を含んだ塔底留分は反応系にリサイクルされる。低沸塔のサイドストリームとして抜き出される含水酢酸は、脱水塔で脱水され、次の製品塔で高沸分としてプロピオン酸を除去し、さらに仕上げ塔で高純度の製品酢酸とする。Monsanto法の最大の特徴は高活性・高選択性のロジウム触媒を用いることにあり、副生物の発生はほとんど無く、酢酸のメタノール基準の選択率は99%、CO基準の選択率も90%以上である。

主反応は



であるが、ごくわずかの次の水性ガス反応が副反応としておこる。



この反応が一酸化炭素基準での収率が90%と低くなっている原因で、現実には過剰の一酸化炭素が供給されないように厳密にコントロールされている。

1.5 今後の見通し

酢酸原料としてのアスファルトの需要動向を推定すると、酢酸の需要は堅調であるもののアスファルトを原料とするメタノール法酢酸の製造プロセスとしては新設、増設の計画は無く、需要の伸びは期待できない。

一方、需要家としてもさらなるコスト削減及び供給ソースの多様化のため、一酸化炭素原料として石炭、ナフサ、コークス、オリマルジョン、廃タイヤ等の利

用検討を行っている模様であるが、取り扱い性、コスト競争力からアスファルトに優るものは出ていないようである。以上を総合すると、酢酸原料として使用されるアスファルト量としては現状の10万トン／年で推移すると予想される。

アスファルトを原料とした一酸化炭素は酢酸製造のみではなく、他のC₁化学への適用が可能であると考えられ、今後、新たな分野でのアスファルト利用が期待される。

2. 石油コークス原料

2.1 石油コークスの性状と需要動向

石油コークス (Petroleum Coke) は、常圧蒸留残渣油または減圧蒸留残渣油等の重質油を高温で熱分解重合することにより、ガス、液状留分とともに固体の残留物として得られる。

この石油コークスは、揮発分を多く含む生コークス (Raw Coke, Green Coke) と、キルン等で熱処理して得られるか焼コークス (Calcined Coke) に大別される。ディレードコークから得られる生コークスの性状の一例を表-4.3.6に掲げる。また、石油コークスと石炭の性状の比較を表-4.3.7に示す。石油コークスは石炭と比べて灰分が少なく発熱量が高い。しかし、揮発分が低いために着火性は石炭よりも劣る。

石油コークスの品質規格は需要家毎に異なっており、硫黄分や灰分等が重要視されている。

例えば、燃料用コークスは一般的に低硫黄燃料コークス、中硫黄燃料コークスそして高硫黄燃料コークスに分類され、各々の硫黄分は概ね0.5wt%以下、1.5wt%以下、7 wt%以下である。

これらの硫黄分規格を満足するためには、原料アスファルトの種類により異なるが、概ね原料アスファルト

表-4.3.6 石油生コークス分析値 (一例)

項 目	分 析 値
灰 分 (wt%)	0.1
揮発分 (wt%)	10.9
水 分 (wt%)	0.4
固定炭素 (wt%)	88.6
真発熱量 (kcal / kg)	8,670
ハードグロブ指数	68
元素分析	
炭 素 (wt%)	88.8
水 素 (wt%)	3.6
酸 素 (wt%)	0.7
窒 素 (wt%)	1.0
硫 黄 (wt%)	5.8

表-4.3.7 石油コークスと石炭の性状 (一例)

項 目	石油コークス	石 炭
硫黄分 (wt%)	1.9	0.3
灰 分 (wt%)	0.4	12.4
揮発分 (wt%)	13.3	31.3
水 分 (wt%)	0.8	3.4
固定炭素 (wt%)	85.5	52.9
真発熱量 (kcal/kg)	8,490	6,530

ト中の硫黄分を0.3wt%以下、1 wt%以下、5 wt%以下にする必要がある。

また、灰分は一般的に0.3~0.5wt%以下が要求されており、原料アスファルト中の灰分は殆どがコークス中に濃縮されることから灰分を0.1~0.2wt%以下とする必要がある。

表-4.3.8に用途別コークスの需要量を示す。ニードルコークスとは製鋼用人工黒鉛電極製造用コークスで、熱膨張係数等について最も厳しい品質が要求される。レギュラーコークスは、アルミ製錬用アノード製造用、チタン製造用その他に供される。ニードルコークスとレギュラーコークスはか焼コークスであるが、燃料用には生コークスが使用される。

表-4.3.8 世界の石油コークス需要 (1995年)

コークス種類	用 途	需要量 (万トン/年)
ニードルコークス	製鋼電極用	75
レギュラー コークス ⁽¹⁾	アルミ精錬用	600
	チタン用	70
	加炭材	60
	その他	70
	小 計	800
燃料コークス ⁽¹⁾	燃料用	2,800

注 ⁽¹⁾旧共産圏を除く

1993年の石油コークスの生産量は米国が世界の3分の2と圧倒的に多く、需要は西欧と米国が各々30%前後を占めている。

表-4.3.9に日本の用途別石油コークス需要量の推移を示す。製鋼用需要が伸びているのは高炉への微粉炭吹き込みがここ2、3年間急増しているためである。石油コークスの輸入量は年間400万トン強であり、輸入量の80%強を米国に依存している。一方、国内での石油生コークス生産量は年間約40万トンである。

2.2 石油コークスの製造方法

石油コークスはコーキング装置によって製造される。現在工業化の進んでいるのはディレードコーキング

表-4.3.9 日本における用途別石油コークス需要

(単位 1,000トン/年)

用 途	1992年	1993年	1994年	1995年
製鋼用	310	410	1,090	1,180
ガス原料用	600	600	400	400
セメント用	910	1,140	1,140	1,190
ボイラ用	1,680	1,680	1,420	1,230
その他	700	800	600	600
合 計	4,200	4,630	4,650	4,600
(内輸入量)	(4,160)	(4,567)	(4,244)	(4,227)

法 (Delayed Coking Process) とフルードコーキング法 (Fluid Coking Process) である。ディレードコーキング法の特徴は装置および運転のフレキシビリティが高いことと製品コークスの品質が優れていることである。フルードコーキング法は粒状コークスを熱媒体として重質油を分解し、その熱媒体の上に生成コークスを堆積させるものである。ディレードコーキング法のようにバッチ方式でコークスを取り出す手間が不要であるという利点を有する。

図-4.3.3にディレードコーカーの製造フローを示す。分留塔塔底部に張り込まれた原料油は、コークドラム塔頂から戻ってくるリサイクル油と混合されて加熱炉に張り込まれる。加熱炉内にて約500℃で加熱分解され、分解を開始した油はコークドラムに張り込まれる。炭化反応 (コーキング) が加熱管内で進行すると運転が継続できなくなるので、コーキングをコークドラムで進行するよう遅らせる。この方式がディレードコーキングと呼ばれるのは、このコーキングの遅延(delay)に由来する。コークドラムへの油の張り込みは通常約24時間サイクルのバッチ運転を行う。コークドラムの中で油はメソフェーズと呼ばれる液体と固体の中間相を経て固体のコークスとなる。コークスが充たされた

コークドラムはスチームと水により油分の除去と冷却を行った後、高圧水によって螺旋状に切り出される。また、図-4.3.4にフルードコーカーの製造フローを示す。反応塔に張り込まれた原料油は燃焼室で部分燃焼された高温の粒状コークスと接触し熱分解される。分解生成物は反応塔上部の分留塔で各留分に分留される。重合によって生成したコークス粒は燃焼室に移送され部分燃焼される。

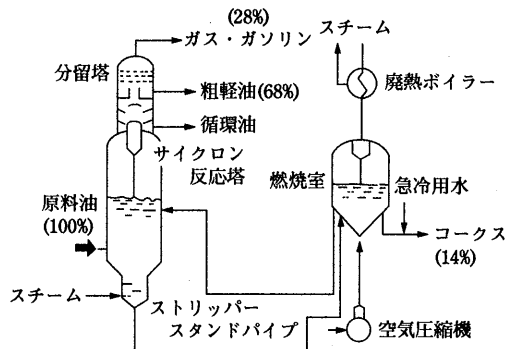


図-4.3.4 フルードコーキング法

2.3 か焼法

生コークス中の水素、メタン等の揮発分や水分を除去する方法をか焼 (Calcining) という。か焼装置には堅型キルンと回転式のロータリーキルンがあり、ロータリーキルンに張り込まれた生コークスは向流する高温の燃焼ガスによって水分を除去され、やがて揮発分が自燃を始める。その燃焼熱によりコークスの結晶構造が変化し、コークスの真密度が上昇する。か焼工程の後半ではキルンのバーナにより1,300~1,500℃まで熱処理される。加熱されたコークスは水で冷却された後に製品貯槽に貯蔵される。

2.4 用途

生コークスは高炉コークスと鑄物用コークスのコークス製造用、ボイラーやセメント焼成のための燃料用、合金鉄精練、鉄鉱石焼結のための冶金用その他に使用

される。

(1) 高炉コークス製造用

生石油コークスを配合すると、気孔率の高い高強度の高炉用コークスが得られるため、原料炭に3~5%の生石油コークスを配合する。

(2) 鑄物用

精密機械などに不純物の少ない金属材料が要求されるようになると、鑄物用コークスも高品位のものが要求される。このコークスは、硫黄分、灰分が少なく、炉内の重圧に耐える強度を有し、見掛け比重が大きく、細孔量の均一なものが要求される。わが国のように適当な原料炭の入手が難しい場合は、石油コークスを混合して製造している。アメリカでも、石油コークス50%、石炭25%、無煙炭粉12.5%、コールタールピッチ12.5%を混合した鑄物コークスがNew Coke "Densite"として市販されている。

(3) 燃料用

石油ショック以来、セメント会社の多くで、主燃料を重油から石炭に切り換える動きが始まり、それに伴い石油コークスの使用も高まってきた。現在はセメントキルン用として、石炭へ10~20%混合して使用されるのが平均的な姿である。

ボイラー燃料としては、従来の重油用ボイラーを改造することにより、粉碎された石油コークスを使用可能にした。その後、石油コークス使用を主目的にしたボイラーが設置された。ある工場では、最大35万トン/年を使用している。既に現在では、ボイラー燃料用の需要がセメント焼成用の需要よりも大きい。

(4) 合金鉄精練用

フェロマンガ、メタリックシリコン、フェロシリコン、フェロチタン等の合金鉄製造用の還元剤として使用される。石油コークスを使用すると、灰分、アルミナ等の不純物が少なく良質の製品が得られる。

(5) 鉄鉱石焼結用

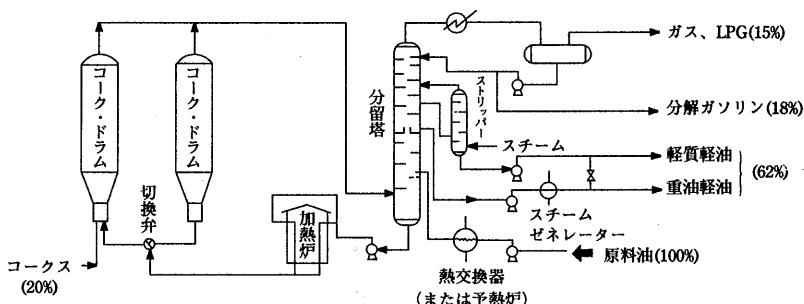


図-4.3.3 ディレードコーキング法

鉄鉱石焼結用に石油コークスのブリーズや粉が利用される。

(6) カーバイド製造用

カーバイドは石灰 (CaO) と炭素 (C) を電気炉 (2,000℃) で反応させ製造されるが、炭素原料として石炭コークスが一般に用いられる。カーバイド 1 t 当たりコークスは 0.65~0.75 t を要し、かつカーバイドの品質はアセチレン発生量とそのアセチレン中のりん含有量が規制されている。したがって、カーバイド製造の原材料として炭素材が約 42% も占める理由はこの点にある。最近はこの炭素材として無煙炭と共に石油コークスが混合使用される。これに使用される石油コークスは硫黄分の多いものでも良く、りん分がきらわれる。石油コークスを使用すると、電気炉内の反応が良好となる。

か焼コークスは人造黒鉛電極の構造材やその還元性を利用してアルミニウム精練電極、チタン製造用および各種炭素製品に供される。

(7) 製鋼用人造黒鉛電極製造用

電気製鋼における人造黒鉛電極用原料として使用される。この用途に使用されるコークスは一般に針状コークスと呼ばれ、熱膨張係数の極めて小さい良品質のものが要求される。粒度を調整されたコークスはバインダーと混ねつされ成形後 700~1,300℃ に焼成し、さらに 2,800℃ 前後で黒鉛化処理されて電極となる。

(8) アルミニウム精練用

か焼コークス需要の太宗を占める。アルミナ電解炉で使用する炭素陽極の原料コークスである。か焼コークスを粉碎、適当な粒度比で配合しタールピッチをバインダーとして方形に成型した後 1,200~1,300℃ で焼成したアノード・ブロック (プリバークト・アノード) として使用される。旧共産圏諸国など一部ではピッチ分の高いプリケット状で電解炉に投入、炉の自熱により焼成するゼーダーベルグ・アノードとして使用される。

アルミニウム 1 トン当たりのコークス消費は 0.4~0.5 トンである。

電解効率と製品地金の純度確保、また環境規制への対応から、固定炭素分、比重が高く、金属分・硫黄分・灰分の少ないコークスがもとめられる。近年は酸素・二酸化炭素との反応性も重視されてきている。

(9) チタン製造用

ルチル鉱石などから酸化チタン・金属チタンを精製する塩素法チタン製造プロセスにおいて、中間生成物

である四塩化チタンの製造にか焼石油コークスまたは石炭コークスが使われる。石油コークスの方が灰分が少ないため、製品純度が高く廃棄物の発生が少ない。

コークス消費量は酸化チタン 1 トン当たり 0.40 トン前後である。

酸化チタンの従来製法である硫酸法が、エネルギー消費が多く廃硫酸処理の問題を抱えていることから、近年敬遠される方向にあり、塩素法採用によるコークス需要が伸びている。

コークスへの要求品質は細粒とし、粒径を狭い範囲に揃えること、金属分・硫黄分・灰分の少ないこと等である。

(10) 炭素製品用

石油コークスの熱や電気の良伝導性、耐腐食性、耐熱性、加工性の良さを利用して半導体製造装置、放電電極、電解板、摺動材、原子炉用カーボン等として利用される。

3. 製鉄用コークスパインダー^{13),18)}

ここでは製鉄用 (高炉用) コークス製造に使用されるバインダーとして、ユリカピッチを中心に述べる。

3.1 製鉄用コークスパインダー

(1) 製鉄用コークスの役割

製鉄用コークスは高炉内で次のような働きをしている。

- ① 高炉の高温を得るための熱源。
- ② 鉄鉱石の還元剤。
- ③ 高炉内の通気、通液性 (溶銑、溶滓を通す性質) を保持するための空隙維持材。

これらのうち①熱源、②還元剤については重油、微粉炭等での代替が可能である。しかし③空隙維持材については、高温で形状を保持する必要から強度の高いコークスの使用が必須となっている。

(2) コークス原料炭に要求される特性

高炉用コークスはほとんどが室炉式コークス炉で石炭 (原料炭) を乾留して製造されている。コークス炉に装入された原料炭は、350~500℃ で軟化・溶融し、互いに融着・合体する。更に温度が上がると再固化・収縮して、約 1000℃ までの加熱により塊コークスを生成する。

高強度のコークスを得るため、原料炭には次の性質が要求される。

- ① コークス化過程で石炭粒子が互いに溶融・合体出来るよう、適度な粘結性 (流動性、膨張性、溶

融成分含有)を持つこと。

- ② 生成コークスの骨格構造が強固であるために、出来るだけ炭素含有率が高いこと。(揮発成分が低い、反射率が高いこと)。

石炭はその成因に応じてこれらの性状に影響する成分の種類や含有量が変わるため、産炭地により異なるコークス化特性を持っている。例えば、北米炭に比べオーストラリア、カナダ炭のコークス化性が悪いのは、軟化溶融しない成分が多いためである。

わが国では世界の石炭の供給事情や価格面から、コークス化性の異なる種々の輸入炭を混合使用しており、鉄鋼各社はそれぞれの配合理論に基づき、安価で高強度のコークスを製造している。

しかし、高炉の大型化に伴ってより高強度のコークスが要求されるとともに、長期的にみればコークス化性の良い石炭資源(いわゆる強粘結炭)は枯渇の方向にある。その対策として、安価で豊富に存在するコークス化性の劣る石炭(いわゆる弱粘結炭や非粘結炭)の使用量を増やしながら、強度の高いコークスを製造するため種々の技術開発が行われた。その結果、原料炭供給事情の変動へ有効に対処出来るようになり、原料炭コスト削減に効果を上げている。

(3) コークスバインダー

コークスバインダーを用いる方法はこれらの技術の一つであり、コークス化過程で軟化溶融しにくい石炭粒子どうしをバインダー(粘結剤)で結合させることによりコークス強度を増し、弱・非粘結炭の使用量を増加させるものである。

バインダーとしては従来からタールやピッチの添加による改善効果が知られていた。ここで述べるユリカピッチは今日工業的に大量に使用されている石油系コークスバインダーであり、減圧残油の熱分解プロセス(ユリカプロセス)から得られる。

コークスバインダーとしてはそれ自体の軟化溶融性が良好であることは勿論、コークス化過程で石炭粒子表面との相溶性が良好でバインダーと石炭とが強固な結合を作るものが好ましい。ユリカピッチはこれらの点に優れているだけでなく、添加によってコークス組織の光学異方性が促進され高強度のコークスが得られるという従来のバインダーに無い特徴を有している。その分より多くの非・弱粘結炭を使用することが出来る。

なお、コークス強度の向上技術としてはバインダーを使用する方法以外に、「成型配合法」「予熱炭装入法」

など装入炭の嵩密度を増加させコークス炉内での石炭粒子の接触・融合を改善する技術も有り、実際の工業化では複数の技術を組み合わせる例も多い。

3.2 バインダーピッチの製造

(1) ユリカプロセス工業化の背景

昭和46年9月、呉羽化学工業(株)、住友金属工業(株)、アラビア石油(株)及び富士石油(株)の4社は、呉羽化学工業が開発した減圧残油熱分解技術を工業化する目的で、ユリカ工業(株)を設立した。

昭和40年代、鉄鋼業界では前述のように弱・非粘結炭の使用量を増やすための技術開発が求められていた。住友金属工業及び同社のコークス製造部門を担当する住金化工(株)は、昭和43年頃からこの課題に取り組んでおり、コークス製造法の開発と併行して粘結性を補填するバインダーについて検討を行っていた。

化学業界では呉羽化学工業が、自社開発した高温スチームによる原油の直接分解式オレフィン製造プロセスで副生するピッチの利用技術について住友金属工業、住金化工との共同研究を行い、このピッチが芳香族性に富み石炭との親和性も良好で、コークス製造用バインダーとしての性質を備えていることが明らかとなった。しかしオレフィン製造を目的とする原油分解で副生するピッチでは量的に鉄鋼業の要求に応じることが出来なかった。

一方、アラビア石油では、生産販売しているカフジ原油は民族資本による最大の開発原油であるが、高硫黄分のため燃料の低硫黄化の社会的要請が高まるにつれその使用は制限せざるを得なかった。カフジ原油の精製処理を主目的の一つとして設立された富士石油においても、総原油購入量は増加しているにもかかわらずカフジ原油購入量は横這い傾向をたどっていた。それを打開するため、減圧残油処理の画期的な技術が求められていた。

これらを背景として、石油精製から多量に供給可能な減圧残油を原料としてコークスバインダーに適する石油ピッチを製造するとともに、減圧残油の分解による石油製品の軽質化、低硫黄化を図る技術の開発が進められた。プロセス開発に目途がついた時点で前述の通りユリカ工業が設立された。

ユリカプロセスの商業装置は、富士石油袖ヶ浦製油所の隣接地に建設され、昭和51年4月から商業運転を開始した。現在の減圧残油処理能力は24,000BPSDである。

商業運転開始以来種々のプロセス改善がなされ、ユ

リカピッチのボイラー燃料としての燃焼技術の実証、反応条件改善による運転コストの低減等の効果を上げている。

(なお、ユリカ工業は平成2年3月末、富士石油に吸収合併された。)

(2) ユリカプロセスフロー

ユリカプロセスの概略フローを図-4.3.5に示す。

原料である減圧残渣油は熱分解を起こさない約350℃程度まで予熱炉で加熱され、蒸留塔底部に入り循環油と混合後、分解炉に送られる。分解炉で約500℃まで加熱され軽度熱分解された後、反応器に導入される。反応器は2基1組で構成され、自動切替弁により約90分周期で原料の張込を交互に切替える。

反応器では温度400～450℃、圧力ほぼ常圧で熱分解反応が進行する。分解に必要な熱は主に分解炉で与えられるが、一部は反応器底部に吹込む600～700℃の過熱スチームによって補給される。過熱スチームには熱補給以外にも、分解生成物の分圧を下げることによるストリッピングの促進、反応器内攪拌などの役割がある。特にストリッピングを促進して分解生成物を速やかに反応系外に追い出し、過度の分解を抑制する点が本プロセスのポイントである。

反応器内の液状残渣(ユリカピッチ)は熱分解反応と重縮合反応が進むにつれ粘度や軟化点が高くなり芳香族性が増してくる。所定の性状に達したら、水を吹き込み約350℃まで急冷して反応を停止させ、直ちに反応器下部のピッチ受槽に重力で流し込む。ピッチ受槽からは連続的にポンプでピッチフレーカーへ送られ冷却固化され貯蔵される。

一方、熱分解反応で生成した油蒸気及び吹込スチームは反応器上部より蒸留塔に入り、分解ガス、分解軽質油、分解重質油、ユリカピッチ

質油、分解重質油に分留される。分解ガスは硫黄分除去後、自家燃料ガスとする。分解油は直留油と混合し通常の水素化脱硫装置で処理され、分解軽質油は灯軽油基材、分解重質油は低硫黄燃料油やFCC原料油として使用される。スチームはコンデンセートとして排出され廃水処理装置で処理される。

本プロセスは、プラント内の原料及び反応生成物は全て液体として取り扱うことができ、クローズドシステムとなっていることから操作面、作業面、環境面で他の熱分解プロセスより優れ、装置もコンパクトである。

(3) 原料及び製品

原料減圧残渣油の性状及び製品性状、収率の一例を表-4.3.10、表-4.3.11に示す。

3.3 コークスバインダーとしてのユリカピッチの使用実績

ユリカピッチを使用したコークス製造法としては、

- ① 装入炭中の粘結炭の一部を非粘結炭+ユリカピッチに置き換える方法、
- ② 成型炭製造用のバインダーとして使用し、成型炭中の非粘結炭の使用比率を増す方法

等が実施されている。

昭和51年4月の商業運転開始以来、平成8年度末までにユリカ装置で生産されたバインダー用ピッチは累計約370万tに達しており、約1億8千万tの粗鋼生産に寄与したことになる。

アスファルトの利用という観点から、製鉄用コークスバインダーとしてのユリカピッチについて概略を述べた。詳細については参考文献をご覧ください。

なお、ユリカピッチはコークスバインダーだけでなく、灰がなく燃焼性の良いボイラー燃料としても使用

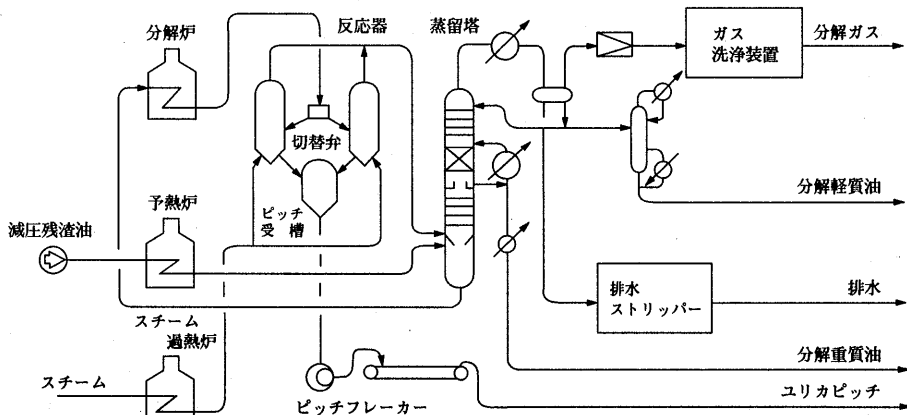


図-4.3.5 ユリカプロセスフロー

されており、最近はIPP(電力卸供給)との関連でIGCC されている。
(ガス化複合発電)の部分酸化ガス化原料としても注目

表-4.3.10 ユリカプロセス原料及び製品収率及び性状例

項 目	原 料 油		製 品		
	減 圧 残 油	分 解 ガ ス	分解軽質油	分解重質油	ピ ッ チ
沸点範囲 ℃	500+	C4-	C5 ~240	240~540	
収 率 wt %	100	4.8	14.9	50.7	29.6
比重 (15/4℃)	1.017		0.767	0.926	1.207
硫黄分 wt %	3.86	13.2	1.12	2.70	5.73
窒素分 wt %	0.51		0.01	0.25	1.20
ニッケル ppm	136		Nil	< 0.3	487
バナジウム ppm	202		Nil	< 0.2	688
残留炭素分 wt %	20.0				
nヘプタン不溶分 wt %	5.7		5ppm	62ppm	80.4
臭素価			78.6	33.8	
ジエン価			4.8	4.4	
軟化点 (環球法) ℃					226

表-4.3.11 ユリカピッチの代表性状

一 般 性 状		組 成		溶 材 不 溶 分	
外 観	粒塊状	C	85~87%	nヘプタン不溶分	76~83%
軟化点 (環球法)	210~230℃	H	5.4~5.9%	トルエン不溶分	51~56%
嵩比重	0.75~0.77	S	60%	キノリン不溶分	16~20%
真比重	1.2~1.3	H/C	0.75~0.79		
粒 度 (9.52m/m) on	1%	灰分	< 0.5%		
~3mesh (6.73m/m) on	10%				
~8mesh (2.38m/m) on	85%				
8mesh pass	4%				

— 参考文献 —

- 板谷博：C₁化学の国際的技術動向，化学経済，1984.4，P.27
- (株)日本化学工業協会酢酸連絡会 資料
- 石井啓司：メタノール法酢酸合成，触媒，24巻3号，1982，P.220
- 石井啓司，横山拓志：合成ガスからの酢酸合成，触媒，23巻1号，1981，P.15
- 紫垣明典：酢酸製造プロセスの進歩，有機合成化学，41巻6号，1983，P.553
- 森永豪：嫌気性菌による二酸化炭素からの酢酸の合成，発酵と工学，43巻11号，1985，P.1015
- 重化学工業通信社：93年度版日本の石油化学工業，1993，P.238
- 影山脩：酢酸製造プロセス，化学工学，45巻2号，1981，P.112
- 石油化学新聞社：石油化学工業年鑑1996年版，1996，P.111
- 安原敬明：ガス化，PETROTECH，9巻11号，1986，P.1008
- 清水保夫，植木雄三：石油残さからの水素，一酸化炭素及び合成ガスの製造，PETROTECH，4巻12号，1981，P.1119
- 中條恒男，安原敬明：テキサコ法ガス化プロセス，日石レビュー，23巻6号，1981.12，P.333
- 桐谷義男，露口亨夫，仁礼尚道：「高炉用コークスの製造に対する非粘結炭の利用」，燃料協会誌，56巻，607号，1977年，P.886
- 仲西肇，加治久継：「熱分解反応装置」化学工学，44巻，7号，1980年，P.410
- 角南好彦：「高炉用コークスと粘結剤の利用」化学と工業，34巻，2号，1981年，P.82
- 田上夫三，小嶋益夫，岡田伸一：「ユリカピッチ燃焼技術」ペトロテック，7巻，3号，1984年，P.212
- 山本英樹：第116・117回西山記念技術講座「コークス技術の最近の動向」日本鉄鋼協会，1987年
- R.Watari, S.Shimizu "EUREKA IN COMBINATION WITH TEXACO GASIFICATION IMPROVES REFINERY INTEGRATION" NPRA ANNUAL MEETING (1997)

第4章 燃 料

1. 概 要

エネルギー資源に乏しく、そのほとんどを輸入に頼っている我が国においては、燃料の多様化および高効率利用が重要な課題となっている。しかし、総合エネルギー調査会の「長期エネルギー需給見通し」によると我が国の一次エネルギー供給実績（1995年度）の56%を占める石油の割合は2000年度においても53%を占め、依然として石油が供給エネルギーの主役の座を占めると予想されている。

燃料油の需要構造をみるとガソリン、軽油等の輸送用燃料および民生用灯油の需要が伸びている一方、C重油の需要は減少し、需要の軽質化傾向が進んでいる。アスファルトについても、主力の道路舗装用の伸び悩みにより、全体の需要は減少傾向にある。C重油及び舗装用アスファルトの生産基材となる減圧蒸留残さ油等の重質油処理対策並びに、中間留分増産対策として、石油メーカーは重質油分解設備の新設・増強で対応している。

重質油分解装置能力が現在の1/3以下に過ぎなかった昭和50年代前半において、設備投資をすることなく、製品需要の軽質化に有効な手段であると注目され、実用化されたのがアスファルトの燃料としての利用である。これはC重油が粘度調整及び硫黄分調整のため、希釈材として各種軽油留分を配合して製造されており、

単純にC重油がアスファルトに置き換わったとすると、希釈材分が中間留分として増産されることによるものである。

ここでは、アスファルトの燃料用途として最も一般的であるアスファルト直接燃焼（燃焼用アスファルト）について述べ、さらに最近の話題について紹介する。

2. 需要動向

2.1 内 需²⁾

資源エネルギー庁による平成9年度の石油アスファルト内需見通しによると石油アスファルトの国内需要量は559万7千トン（対前年度比97.7%）と見込まれている。このうち、燃焼用アスファルトは1,044千トン（前年比横ばい）と予想されている。用途別の需要割合を図-4.4.1に示す。燃焼用アスファルトはアスファルト需要の18.7%を占め、道路舗装用に次ぐ主要な用途となっている。需要家としては製造業であり、ボイラー燃料としてC重油代替目的で使用されている。

2.2 需要の推移^{2),3),4),5),6),7)}

燃焼用アスファルトの需要の推移を図-4.4.2に示す。燃焼用アスファルトは昭和57年3月から使われ始め、年々需要は増加をたどり、61年度には124万トンを記録するまでに至った。その後は減少傾向が見られたが、最近では再び微増傾向にある。この原因はバブル

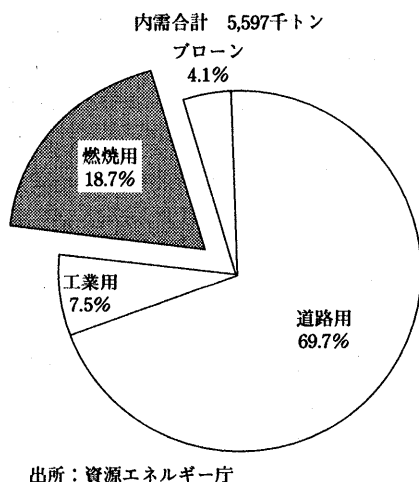


図-4.4.1

平成9年度石油アスファルト内需見通し

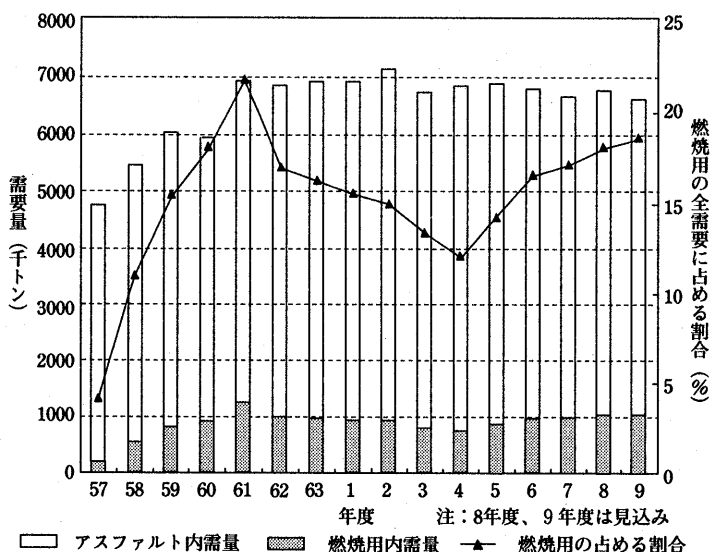


図-4.4.2 燃焼用アスファルト需要量の推移

崩壊後の緩やかな景気回復のなか、需要家の稼動状況が好調であることを反映していると考えられる。アスファルトの用途として最も多く使用される道路舗装用が再生合材の使用拡大、道路投資額に占める舗装事業費割合の低下等により減少傾向にあるため、燃焼用アスファルトの比率は年々上昇している。

燃焼用アスファルト出現の背景としては、産業界が二度の石油ショックの経験を踏まえて省エネルギーの徹底、代替エネルギーへの転換を強力に進めていくなかで、安価な燃料を求めていたことと、石油メーカーとしてもC重油の需要減退、白油需要の増加とからみ、アスファルトを軽油との混合でC重油として需要家へ供給するよりも、アスファルト単体で使用してもらいたいという、需要家と石油メーカーのニーズの一致によることと考えられる。

一方、政府も昭和54年重質油対策技術研究組合を発足させ、重質油対策の一つの柱としてアスファルト燃焼を取り上げた。ここで、当時アスファルト燃焼の課題であった

- (1) 貯油、供油システム
- (2) 低NOxバーナーの開発
- (3) 最適燃焼条件
- (4) 低、高温腐食防止対策
- (5) 排煙処理技術の開発（排煙脱硫、脱硝および集じん設備）
- (6) アスファルトとC重油の経済性比較

を研究テーマとし、大手重工業メーカーを中心とするグループが燃焼技術の開発を行ったことも昭和57年からの燃焼用アスファルト使用開始、その後の需要増大への大きな推進力になったと考えられる。

出光興産㈱では、昭和54年末より、いちちやくボイラー燃焼を従来のC重油からアスファルトに転換し、これまで支障なく運転を行っている。

2.3 価 格⁸⁾

C重油と燃焼用アスファルトの価格を表-4.4.1に示す。C重油は硫黄分、粘度を基準に価格が決定される

表-4.4.1 平成9年1～3月 C重油価格体系

燃 料 名	価 格 (円/k l)	価 格 差
3.0 C重油	22,200	ベース
高粘度C重油	20,200	-2,000
燃焼用アスファルト	18,700	-3,500

注：1000kl / ロット持ち届け需要家価格

が、燃焼用アスファルトはC重油の価格体系に従い、高粘度である分、安価な燃料となっている。需要家の燃料転換時のメリットとしては、燃料価格差のメリットから後述の設備改造費、運転費の増加のデメリットを差し引いたものがメリットとなる。

3. 製 造

3.1 製造方法⁹⁾

燃焼用アスファルトの製造工程例を図-4.4.3に示す。アスファルトは大別してストレートアスファルトとブローンアスファルトの二種類に分けられる。また、ストレートアスファルトは、一段減圧蒸留、二段減圧蒸留等によって製造されるが、燃焼用アスファルトは一般に一段減圧蒸留によって製造される。

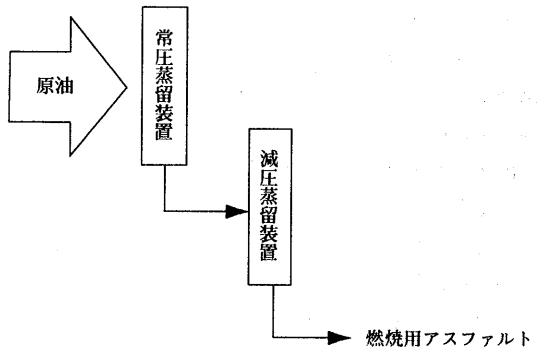


図-4.4.3 燃焼用アスファルトの製造工程例

3.2 規格、性状^{10),11),12)}

石油アスファルトはJIS K 2207に規格が定められている。しかし、これは道路舗装用、水利構造物用、防水用、電気絶縁用及び工業用として用いられる石油アスファルトについて、規定されたものであり、燃焼用を想定されたものではない。一方、重油の品質を定めたJIS K 2205についても、粘度等からその性状は当てはまらず、燃焼用アスファルトについてはJIS規格は存在していない。そこで、需要家との取り引きにおいては、需要家の環境対策設備等を考慮し、個別に重油に準じた規格を設定している。

表-4.4.2に燃焼用アスファルトの性状を通常のC重油、高粘度C重油の性状と比較して示す。

また、図-4.4.4に温度・粘度特性を示す。

3.2.1 粘 度

図-4.4.4に示されるように粘度はC重油に比べ非常に高い。C重油バーナにおける噴霧適正温度90～95℃でも1000mm²/sを超えており、噴霧適正粘度である約

表-4.4.2 代表性状例

項 目	C 重 油	高粘度 C 重油	燃焼用アスファルト
密度 (15℃) g/cm^3	0.9650	0.9995	1.03
反応	中 性	中 性	—
引火点 $^{\circ}C$	100	100	—
流動点 $^{\circ}C$	0	5	—
動粘度 (50℃) mm^2/s	175	1,900	—
動粘度 (120℃) mm^2/s	—	—	750
動粘度 (180℃) mm^2/s	—	—	60
総発熱量 kJ/l	41,610	42,150	43,300
($kcal/l$)	9,940	10,070	10,340
真発熱量 kJ/l	39,100	39,920	40,840
($kcal/l$)	9,340	9,540	9,760
残留炭素分 質量%	11.5	16	23
硫 黄 分 質量%	2.95	3.80	4.30
灰 分 質量%	0.02	0.03	0.04
水 分 質量%	0.1以下	0.1以下	0.1以下
金 属 分 V (バナジウム)	50	140	160
ppm Na (ナトリウム)	10	40	40
元素分析 C (炭素)	85.3	85.9	84.7
質 量 % H (水素)	11.5	10.2	10.6
N (窒素)	0.25	0.35	0.40

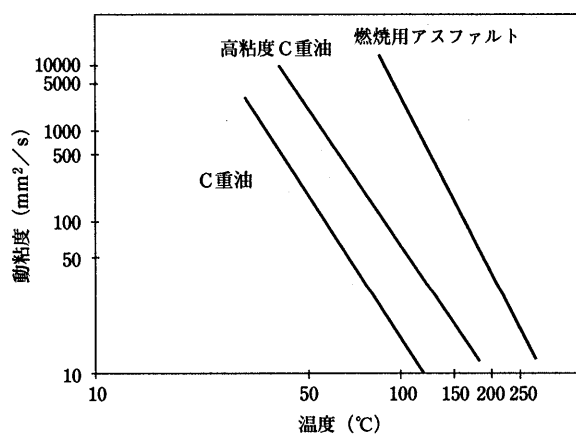


図-4.4.4 燃焼用アスファルトとC重油の温度-粘度線図

15~40 mm^2/s に下げたためには200℃前後まで加熱する必要がある。

3.2.2 窒素分

C重油中の窒素分が0.25%であるのに対し、燃焼用アスファルト中の窒素分は0.4%と約2倍高く、排ガス中のNO_xが増加するため、低NO_xバーナ及び排煙脱硝装置の採用等検討する必要がある。

3.2.3 硫黄分

C重油中の硫黄分が2.95%であるのに対し、燃焼用アスファルト中の硫黄分は4.30%と高く、排ガス中のSO_xが増加する。

- (1) 排煙脱硫装置の採用
- (2) 高温腐食対策として、金属材料の選定, Mg系添加剤の採用
- (3) 低温腐食対策として排ガス温度の調整, Mg系添加剤の採用

を検討する必要がある。

3.2.4 金属分

C重油に比べ、燃料中の金属分（バナジウム、ナトリウム）が非常に多い。燃料中の金属特にバナジウム分はバナジウムアタックと呼ばれる高温腐食を引き起こすため、対策として、金属材質の選定、Mg系添加剤の採用を検討する必要がある。

3.2.5 残留炭素分

C重油の残留炭素分が11.5%であるのに対し、燃焼用アスファルトの残留炭素分は23%と2倍であり、排ガス中のばいじんが増加する。ばいじんの増加に伴い、伝熱面の汚れが激しくなるため、スートブロワの増強等の検討が必要である。

また、ばいじんは電気集じん器を設置し、除じんすることを基本とするが、ばいじん量はバーナでの噴霧粒径や酸素濃度の影響のほか、NOx低減対策との兼ね合いで大きく変化するため、燃焼特性や排煙脱硫装置での除じん効果も考慮した総合的な検討が必要である。

3.2.6 原単位

燃焼用アスファルトは単位容量当たりの発熱量がC重油に比べ高いが、燃焼の際の噴霧蒸気量の増加や酸素濃度増加による排ガス熱損失増加のため相殺され、熱効率の上では一般C重油と同等である。

したがって、ボイラ原単位（単位蒸発量当たりの燃料使用量）は従来のC重油とほとんど変わらない。

4. 燃焼用アスファルト使用事例

4.1 燃料転換時の設備対応¹³⁾

表－4.4.3に必要な設備対応を示す。これらの設備対

応はアスファルトを良好に貯蔵、搬送、燃焼させるための油温（160℃～200℃）を確保するための加熱、保温、耐熱設備と燃焼性状に由来する腐食及びNOx、SOx等の環境対策に対応する設備である。

4.2 運転状態^{6),7)}

出光興産㈱千葉製油所では、発電用ボイラー（蒸発量：250T/H）の燃料として高粘度C重油を使用していたが、昭和54年11月、燃焼用アスファルトへの燃料転換を行い、現在に至っている。ボイラー設備概要を表－4.4.4に、燃焼設備の概略フローを図－4.4.5に示す。

表－4.4.4 ボイラ設備概要

形 式	三菱CE単胴放射型自然循環ボイラ	
蒸 発 量	最大連続蒸発量	250 t /hr
蒸 気 圧 力	最高使用圧力	145kg/cm ²
	常用圧力	130kg/cm ²
蒸 気 温 度	最高使用温度	545℃
	常用温度	540℃
給 水 温 度	節炭器入口	208℃
空 気 温 度	エアヒータ入口	272℃
排ガス温度	節炭器出口	350℃
燃 焼 方 式	重油専焼及び重油ガス混燃 コーナーファイリング方式	
通 風 方 式	強制通風	
燃料使用量	48,000kl / 年（1 缶当たり）	

表－4.4.3 燃料転換時の設備対応

設 備	対応
配 管	加熱、保温、使用材料検討、熱応力検討
タ ン ク	加熱、保温、基礎の材質にパーライトセメントの採用
燃 料 ポ ンプ	加熱、保温
積 算 流 量 計	使用温度、粘度について検討
圧 力 計	隔膜式圧力計の採用
重 油 加 熱 器	加熱能力の増強
ボイラー本体	腐食対策の実施、燃焼調整
バ ー ナ	バーナチップ口径、噴射圧力の変更、低NOxバーナの採用
排煙脱硫装置	脱硫能力の検討
脱 硝 装 置	脱硝能力の検討
集 塵 器	集塵能力の検討

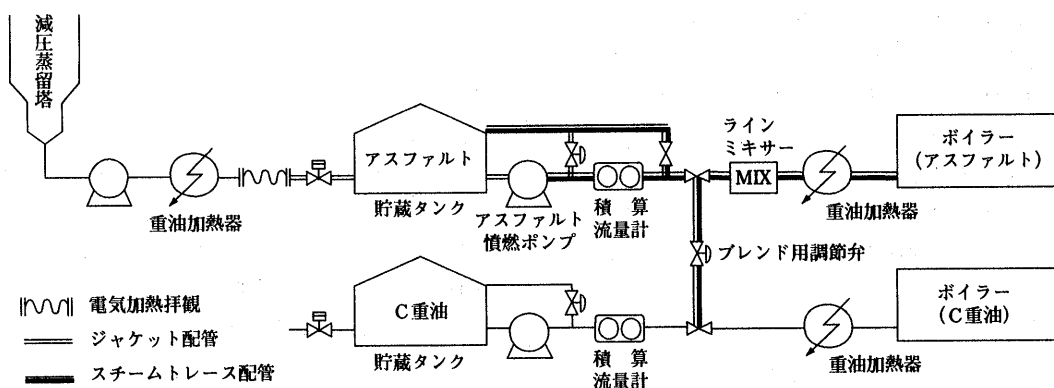


図-4.4.5 燃焼設備概略フロー

これまでの運転状態について紹介する。

- (1) 燃焼状態はバーナ元での粘度を適正值に、すなわちC重油と同じ値に保つことにより、特にC重油と変わらない。
- (2) 燃えきりの改善とばいじんの発生を極力押さえるために排ガス中の酸素濃度をC重油より0.3~0.5%高く保つ必要があるのが、炎の長さが多少長くなる。
- (3) バーナ口のカーボン付着量はC重油と変わらず、運転に支障は無い。
- (4) バーナ部の汚れはC重油と比べ大差なし。燃料ポンプ前及び流量計前のストレーナーについては年1回の清掃の実施により閉塞トラブルは昭和54年の燃料転換以来発生していない。
- (5) 高温腐食対策、低温腐食対策として、重油添加剤をC重油に比べ高濃度で添加している。その結果、これまでの定期検査の結果では高温腐食、低温腐食とも目立った兆候は認められていない。

以上に述べたように、アスファルトの直接燃焼については現状、技術的な問題は無いと言える。

5. 最近の話題

5.1 アスファルトエマルジョン燃料

5.1.1 天然アスファルトエマルジョン^{14),15)}

南米ベネズエラ、オリノコ河北岸に膨大に埋蔵されている天然アスファルト（オリノコタール）は常温では半固体状のため、通常では取り扱いにくい。そこで、C重油なみのハンドリング性を持たせるために、約30%の水と海面活性剤、添加剤をミキサーで混合して製造するO/W型エマルジョン燃料が「オリマルジョン」である。

その特長を以下に示す。

- (1) 液体燃料としての取り扱いが可能

通常ではハンドリングの困難な天然アスファルトをエマルジョン化することにより粘度は常温でC重油並みとなり、液体燃料としての輸送、貯蔵、燃焼が可能。

- (2) 埋蔵量が膨大

推定埋蔵量は約1兆2000億バーレルと膨大なもので、現在の技術での可採埋蔵量は2670億バーレルと、サウジアラビアの原油確認埋蔵量2590億バーレルよりも大きい。そのため、量的には長期の安定供給が可能。

- (3) 品質の長期安定性

管理温度（5~75℃）を守り、他油種との混合、高せん断力負荷を避けることにより、1.5年以上の輸送貯蔵の安定性は確保でき、オイルタンカーによる輸送が可能。

- (4) 石炭に競合しうる経済性

石炭価格にリンクして変動するため、石油に比べ価格変動の少なく、安定した価格での供給が可能。

「オリマルジョン」は価格的に魅力的な燃料であり、燃焼用アスファルトと競合する立場にあり、すでに国内では数十万トン／年が使用されている。しかし、生産がベネズエラ1国のみという供給上の問題、エマルジョン燃料特有の設備上の問題（温水による温度管理、スクリープンプの採用）もあり、既存の設備では対応が困難なため、今後の需要動向は不透明な部分が多い。

5.1.2 アスファルトエマルジョン¹⁶⁾

「オリマルジョン」に対抗する目的で検討されているのが石油精製過程で発生する減圧残さすなわちアスファルト分をエマルジョン化したアスファルトエマルジョンである。

技術的にはアスファルトに水を加えるよりもアスファルト直接燃焼の方が熱効率が高くなる。しかし、それには高温輸送、高温貯蔵が必要となる。このアスフ

ァルトの直接燃焼の輸送、貯蔵の課題を解決し、一方、国内の各製油所からの供給が可能であることがアスファルトエマルジョンの利点であると考えられる。

アスファルトエマルジョンの実用化には同様のハンドリング性を有するC重油に対する価格競争力が必須であり、今後の検討結果が注目される。

5.2 卸売り電力供給事業における燃焼用アスファルト¹⁷⁾

電気事業の規制緩和の一環として、東京電力など電力6社が募集した卸売り電力供給事業の入札が昨年初めて実施された。

石油業界はこの卸売り電力供給事業への参入に積極的な業界のひとつである。これはもともと製油所での自家発電プラント運転のノウハウ、実績があることに加え、燃焼用アスファルトを含む発電用燃料を自社で安定的に活用できるためである。電力業界は今後も設備コスト削減のため、卸電力を積極活用する姿勢を強めており、その中で、石油会社の落札を中心に発電燃料として使用される燃焼用アスファルト量は増加して

いくと予想される。

6. 今後の見通し

道路舗装用アスファルトが減少していく一方、アスファルトの燃料としての利用は卸売り電力事業の拡大とともにさらに増大していくと考えられる。需要拡大により、アスファルト全体の需要を引き締め、価格の適正化にプラスになると期待されている。

分解設備投資なしでの重質油処理対策ということで注目された燃焼用アスファルトであるが、近年の石油会社の分解設備への積極的な投資、ならびに卸売り電力事業に代表される自社での安定的な需要確保により、燃焼用アスファルトに対する石油会社の意識は単なる重質油処理といったことから変化してきている。そのため、今後の石油会社以外での使用の拡大については需要家にとっての価格メリットとともに、供給者側にとっての適正価格での販売というものが重要になってくると考えられる。

—— 参考文献 ——

- 1) 石油連盟：今日の石油産業，1997.4，P.24，40
- 2) 平成9年度石油アスファルト内需見通し，燃料油脂紙，平成9年3月31日版
- 3) 石油アスファルト内需実績，アスファルト誌，39巻，190号，1997.1，P.89
- 4) ㈱日本アスファルト協会，品種別内需実績，アスファルトポケットブック，1995，P.12
- 5) ㈱日本アスファルト協会，平成8年度石油アスファルト需要見直しについて，アス協通信，33号，1996.11，P.12
- 6) 角屋直行，アスファルト燃焼の現状について，アスファルト誌，26巻，137号，1983，P.21
- 7) 堀野勝喜，アスファルト燃焼について，ペトロテック誌，4巻，12号，1981，P.1131
- 8) 9/1～3月C重油S分別価格体系（仕切り基準），週刊エネルギー，13巻4号，平成9年2月3日版，P.15
- 9) ㈱日本アスファルト協会，石油アスファルトの製造及び流通，アスファルトポケットブック，1995，P.20
- 10) JIS K 2207，JISハンドブック石油，日本規格協会，1995，P.20
- 11) JIS K 2205，JISハンドブック石油，日本規格協会，1995，P.37
- 12) 徳見君代，一ノ瀬利光，藤村皓太郎，荒川善久，藤井宏，VRだきボイラの低公害燃焼技術，三菱重工技報誌，31巻，1号，1996.1，P.26
- 13) 遠藤達郎，燃料用アスファルトの貯蔵取り扱い設備，ペトロテック誌，5巻，12号，1982，P.1145
- 14) ORIMULSIONカタログ，MC BITOR社
- 15) 竹本克巳，石油代替エネルギー・資源に関わる技術開発とプロジェクトファイナディングその2 オリマルジョンの開発，導入，エネルギー・資源誌，15巻，3号，1994，P.7
- 16) 佐竹信一，代替エネルギー技術開発の現状（中），日石レビュー，35巻，4号，1983.10，P.5
- 17) 日刊工業新聞紙，1996年9月2日版

第5章 その他

1. 電気絶縁用

1.1 電気絶縁用コンパウンドの今昔

電気絶縁用コンパウンドは常温では一般に固体で、使用する際に加熱溶融して含浸・充填する。価格が低廉で特に耐湿性に優れ、溶剤を含まない状態で使用出来るため、高圧絶縁にも適しており、古くから使われている材料で、明治の中頃より第二次世界大戦までが創成期、戦中から高度成長期の昭和50年頃までが熟成期、昭和50年代から現在までが衰微期から横這期といえる。

電気絶縁用コンパウンドは、JIS表示許可の公布が昭和24年6月1日に発布され、昭和25年8月に第一号表示許可が与えられた。その後、絶縁ワニス混和物類のすなわち電気絶縁用コンパウンド6種類（コイル含浸用コンパウンド・コンパウンド用ブレンダ・充填用硬質コンパウンド・充填用軟質コンパウンド・蓄電池封口用コンパウンド・乾電池封口用コンパウンド）が定められ、その表示許可工場の嚆矢として数社が誕生した。また、昭和32年頃までに多種類のJIS表示工場が年間600~800社誕生し、まさにコンパウンドが絶縁材料の代名詞といってもよい時代であった。

その後、経済成長の著しい昭和30~50年代に入るとアスファルト系コンパウンドは、高電圧回転機コイルの含浸、ケーブル・ジョイントボックス・ブッシングなどの充填、変圧器の注型（部品の周囲をコンパウンドで覆い保護絶縁を行うものでCasting注型とは違う）コンデンサ・安定器・点火コイルなどの小型部品の封入、バッテリーの封口等に電気絶縁用材料として多く使用され、コンパウンドが需要の絶頂期にあった。

一方、日本電信電話公社仕様の通信ケーブル充填用として、また、モータリゼーション到来時には各種缶入・ブロック状のコンパウンドだけでなく、ドイツのボッシュ社で作られていた粒状コンパウンド（ペレットコンパウンドと呼ばれている鶏フン状コンパウンド）も使われた。この粒状コンパウンドは、アスファルトそのものが粘着性、柔軟性があるため均一性の粒状ができず鋸を切る時などの様に無機質をまぶしながらの作業で、硬質でかつ軟化点が高いものでなくては製造が難しかったものの、ボッシュ社と同等品の開発が我が国でも成功した時期でもあった。また、昭和40年代は、環境問題が賑々しく世間を席巻し環境と製造を並

立させなければならない出発点でもあった。

時代も昭和から平成をむかえ、蓄電器等や乾電池といった電化製品が厳しい要求性能に応えハイテク化していくなかで、コンパウンドも古くて新しい素材として使用されている。

1.2 電気絶縁用コンパウンドの必要性

現在、家庭・オフィスビル・工場・倉庫などにはテレビ・冷蔵庫・照明器具・パソコンといった電気製品が満ちあふれているが、その中には気体、液体、固体無機系、固体有機系のアスファルト系絶縁用コンパウンド等があらゆる部分に絶縁材料として用いられている。この絶縁体が役割を果たさないと必要以上に電気容量が過剰になったり、絶縁体の劣化などにより絶縁体が半導体として機能し、電気を通しやすくなり放電現象を起こすなどの大事故につながる場合もある。

また、電気機器は電気エネルギーと他のエネルギーの間の変換輸送を行うものと位置づけられ、変換機能を有する回転機と輸送機能を果たす送配電機器とに大別することが出来るが、回転機と送配電機器は果たす機能が異なるため絶縁材料の構成や絶縁のつくり方も異なっている。現在では、熱硬化性樹脂であるエポキシ・シリコン・ポリエステル樹脂等、熱可塑性樹脂であるポリエチレン・ポリプロピレン・ポリスチロール・フッ素樹脂等更にマイカ・グラスファイバーなどの無機系や液体であるシリコン油・絶縁油、気体材料のSF₆などの良質な電気絶縁材料を使用目的に応じて選択出来るようになったことは技術者やメーカー・ユーザーにとっては有難いことである。したがって絶縁材料を使用する場合には、熱・湿気・電氣的ストレス・機械的負荷・塵埃などの絶縁組織の寿命に影響する要因を考慮しながら材料相互の適合性も加味して多くの品種の中から適合性を見いだすことが大切である。

1.3 電気絶縁用コンパウンドとは

アスファルト系コンパウンドの定義は、不揮発性絶縁層を形成する固形、半固形又は液状の物質である。言い換えれば2種以上の材料を混ぜ合わせて一体にしたものをコンパウンドと言い、電気絶縁用ではワニスに対応する無溶剤の材料ということが出来る。したがって成分も単一ではなく、石油アスファルト・天然アスファルトを初めとして樹脂・植物油・鉱物油あるいはこれに無機質等を配合したものを総称して言ってい

るので、その配合比によって得られる特性も極めて広範囲にわたる。

以前は、石油ピッチ（外観は、アスファルトに似ているが分解が非常に進んで固定炭素の含有量が多く、もろくて伸展性のないものである）やコールタールが使用されたこともあったのでピッチコンパウンドもしくはコールタールピッチ、タールピッチ、単にピッチと称された事もあった。なお、コールタールピッチは石炭タールから作られ、黒い色をしているために混同されるが、多環芳香族系の高分子物質を多量に含有するもので、アスファルトの直鎖状炭化水素とは全く異なる成分質のものである。したがってコールタールピッチは特定化学物質に指定されており、20年程前よりコンパウンドに使用されなくなった。また、見かけから黒色ワニスとも混同されやすいが、コンパウンドは全然溶剤を含まないので区別される。

1.3 コンパウンドの種類と規格値および特徴

(1) 標準コンパウンドの種類と規格

電気絶縁用コンパウンドJIS C 2380-1986による種類を表-4.5.1に規格値を表-4.5.2に示す。

(2) コンパウンドの高品質化と要求性能

電気絶縁用コンパウンドをJISでは環境条件ごとに区

分しており、利用者に分かり易く示されているが、規格値は、使用限界をせばめてより厳密に規定している。しかし、昨今の技術の進展によって電気絶縁用コンパウンドに対する要求性状も高品質化するなど、もはやJISの種類・規格では対応しきれなくなり、購買者と供

表-4.5.1 電気絶縁用コンパウンドJISC2380-1986による種類

種類	記号	主な用途	主な原料
11号コンパウンド	K11	電気機器のコイル含浸用	アスファルト・樹脂・植物油
12号コンパウンド	K12		
31号コンパウンド	K31	変圧器端子の引出部・その他機器のすき間などの充填用	アスファルト・無機物
32号コンパウンド	K32		
43号コンパウンド	K43	電気機器の特に振動衝撃を受ける部分のすき間などの充填用	アスファルト・植物油・無機物
51号コンパウンド	K51	ケーブル接続箱の充填用	アスファルト・植物油・鉱油
52号コンパウンド	K52		
58号コンパウンド	K58		鉱油・合成油・樹脂
81号コンパウンド	K81	電池の封口用	アスファルト・植物油・鉱油
82号コンパウンド	K82		
83号コンパウンド	K83		

表-4.5.2 電気絶縁用コンパウンドJISC2380-1986による特性

項目	記号	K11	K12	K31	K32	K43	K51	K52	K58	K81	K82	K83
比重 (25±5℃)		1.02±0.02		1.3±0.2	1.4±0.2	1.1±0.1	1.02±0.02	1.01±0.02	0.95±0.05			
軟化点 ℃		85±5	105±5	115±5			75±5	45±5		85±5	95±5	105±5
流動点 ℃									10以下			
引火点 ℃		180以上	230以上						180以上			
流動性 mm		60以上	60以上	50以上		60以上		50以上				
粘度 Pa.S (80±2℃)									2以下			
針入度 (25±0.5℃)		10以上	5以上			20以上	30以上	60以上		30以上		
粘着性 (0±2℃)						ひびを生じたり、はがれたりしないこと				ひびを生じたり、はがれたりしないこと		
耐衝撃性 (0±2℃)				ひび割れを生じないこと						ひび割れを生じないこと		
耐寒性 (0±2℃)										ひび割れを生じないこと、また容器からながれないこと		
絶縁破壊電圧 kV		30以上		15以上	8以上	15以上	20以上		30以上			
誘電正接 % (80±2℃)									1以下			
耐酸性										泡、膨れを生じたり、侵されないこと		

給者の間で取り決められた規格の電気絶縁用コンパウンドが主流になっている。

次にコンパウンドの要求性能は、特性面では①電気絶縁性が良いこと、②機械的性質が良いこと、特に低温での維持が望まれる、③熱伝導性が良いこと、④被接触体と良く密着しそれらと反応しないこと、⑤膨張・収縮が小さいこと、使用面では①使いやすくムラが出来ないこと、②軟化点が高く作業温度が低いこと。使用後では①使用環境に耐えること、②経時変質が少ないこと、等である。

(3) コンパウンドの特徴

価格が低廉で優秀な電気特性を持ち、特に耐湿性に秀れ加工性があり、機械特性もよく環境条件による経年変化も少ないものは他に余り類を見ないであろう。しかし、軟化点が多少低く耐熱性に劣るため、最近では次第にポリエステルレジンやエポキシレジンの無溶剤樹脂、注型樹脂に置き換えられつつある。また、製造に際しては高温作業と臭ガスの発生することも減少している要因の一つである。

次に製造上では、アスファルトの軟化点と針入度の測定結果をもとに配合基準が決められ、生産が行われているので、他の種々な性能を決定づける重要な条件として厳格に測定しなければならない。それは、表-4.5.3に示したイギリス規格に見られるように軟化点と針入度を基準にクラスをⅠ～Ⅴに、無機物を混合するものをクラスⅥとして分類していることでも明らかである。すなわち、軟化点・針入度・無機質添加物がコンパウンドの性能を判断する重要な要素となっている。

① 軟化点

低分子の様に判然としたガラス転移点があり、融点でとらえられるものとは別に高分子である直鎖状につながったコンパウンドの分子鎖は、熱融解・熱分解の過程の中で構造的に結晶形のもの、無定型のものあるいは両者共有の場合などが考えられる。それがどのような割合でアスファルト・コンパウンドの分子鎖に影

響を及ぼすかが問題で、それが時に分子全体に強く均一に作用する場合や強弱不均一の場合もあるが、その大きな分子構造から考えて加熱による融解で構造弱化が分子全体を通じて均一に起こることは考えられない場合が多い。すなわち、高分子材の温度による状態変化は、分子鎖の運動様式の変化に対応するといえ、アスファルト系では軟化点として捉えている。

② 針入度および粘度

コンパウンドの粘度の温度依存性を予め把握すると、アスファルト材料の作業性、仕上がりを調節することが可能となるので、実用上の点からも極めて重要である。したがって粘度あるいは針入度と温度との関係を示す実験式が幾つか提案されてきた。針入度は粘度の一表現と考えることができることから、針入度の温度依存性も粘度の温度依存性に帰着すると言ってよい。しかし、同一アスファルトコンパウンドであっても温度によってニュートン性であったり非ニュートン性になったり、また同一温度でもずり応力やずりひずみ速度の大小によってニュートン性や非ニュートン性になったりして粘度の値が変化する。このように微妙に粘度測定は測定者を煩わせる。そこで針入度がアスファルトの測定方法として重要視されたと考えられる。

ここに興味ある数値式がある。これはアスファルトをコロイド構造ととらえ、アスファルトの材質をアスファルテンが多くアスファルテンを解膠する能力の少ないマルテンがあるほど温度による針入度・粘度の勾配がゆるやかで、アスファルテンが少なくマルテンがアスファルテンを解膠する成分が多いコンパウンドほど勾配がきつくなるという式と図-4.5.1³⁾を示す。

ここに針入度70で軟化点48のアスファルトがあると

$$P.I. = \frac{30}{50\alpha + 1} - 10 \quad \alpha = \frac{2.903 - \log P_1}{T_s - T_1}$$

$P_1 = 70$ (針入度) $T_s = 48$ (軟化点)

$T_1 = 25^\circ\text{C}$ (針入度測定温度)

針入度指数 P.I. も粘度温度依存性の一表示であり、

表-4.5.3 電気絶縁用コンパウンド BS 1858 : 1973 規定と種類

材 質	クラス	軟 化 点	軟化点差異	無機物	針入度	針入度の誤差
ビチューメン・ペース	I	40以下	± 5°	0.5%未満	—	10以下± 2 11~80± 4 81以上± 10
	II	40~70	± 3°	"	20以上	
	III	70~90	± 3°	"	20以上	
	IV	90~120	± 5°	"	10以上	
	V	120以上	± 5°	"	7 以上	
天然アスファルト、ビチューメン等は無機物	VI	取決めによる	± 3°	60%まで	7 以上	

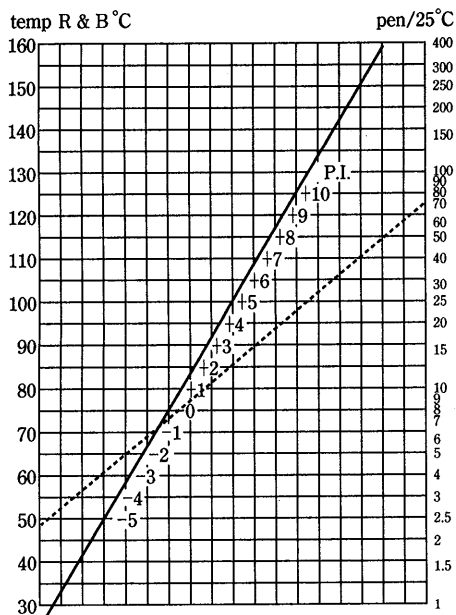


図-4.5.1 P.I.値を求めるためのノモグラフ

この値がゾル型・ゾルゲル型・ゲル型などアスファルトをコロイド構造によって分類する基準ともなりうることからわかるように、粘度の温度依存性はアスファルトの内部構造と関連がある。一般にゾル型はゲル型より粘度の温度依存性が高い。

③ 無機質添加剤

充填材としてタルク、炭酸カルシウム、シリカ等があり、アスファルト原料にこれら無機質を添加すると粘度とともに軟化点も上昇していくが、この軟化点上昇因子は粘度上昇因子としてとらえることができる。また、この粘度がどのように増加されるものかを要素的に考えると、これは主として無機質粉末の大きさではなく粉末間の大きさによるものとされている。したがって、アスファルト中に添加された粉末粒子もその大小とか分散度、粒子自体の形状、その統一性によって粘度および軟化点は左右される。ではその混合効果としては①熱伝導性の向上、②軟化点の上昇、③耐熱衝撃性の向上、④温度による性能変化を少なくする、⑤収縮の低減、⑥低温における電気特性の向上、⑦コスト低減等が考えられる。反面、添加したものは無添加のものより作業性等が幾分失われるのは仕方がないが、その他にも、融解した時には十分に攪拌しなければならず、それを怠ると次第に沈降する。この状態は温度の高いほど粘度が低下するので速度は増してくる。そのため攪拌が不十分の時は、全無機質粉末が沈殿し無性物の生成により製品性能を発揮することが出来な

くなる。しかし、コスト低減等を考慮にいれなければ結晶構造や粒子サイズなどの選択により、沈降を極力抑えることができるフィラーもあることをつけ加えたい。

④ コンパウンドの電気特性

体積固有抵抗は物質の電気的性質を直接表わしたものである。この体積固有抵抗値によって導体、半導体及び絶縁体に明確ではないが区分される。それを図-4.5.2⁴⁾に示す。コンパウンドは、常温で平均的に $1 \times 10^{14} \sim 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ で軟化点と同じ場合、脂肪油・絶縁油添加量が多いほど温度による抵抗値の変化率は少なくなる。誘電率は油分添加量と共に少しずつ増す。また、無機物を添加した場合、フィラーの項目で述べたように軟化点一般在に上がるため、抵抗値は大きく、誘導率は少し増加する。

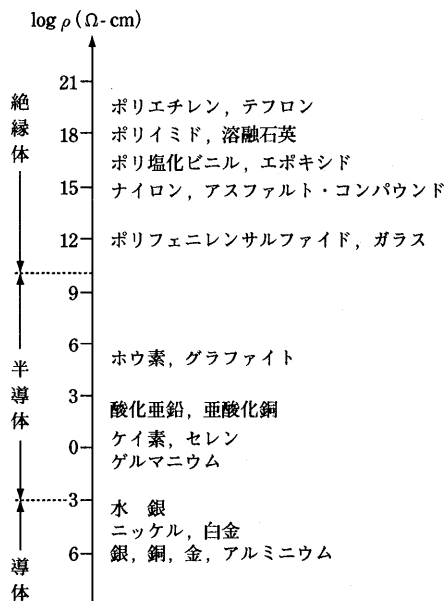


図-4.5.2 各種物質の抵抗率（室温）

絶縁破壊電圧については、常温において電極ギャップ1mmで約33kVといわれており、他の絶縁材料と比較しても優れていると言える。絶縁特性は粘度により支配される。したがって、常温以下で使用される機器に用いられるならば粘度も低くて良いが、コンパウンドはある程度的高温においても流れ出さないものでなければならない。したがって、特性を満足するためには軟化点の高いもので、しかも感温比の小さいものが必要となる。すなわち、アスファルト中のアスファルテン量の多いものと脂肪油及びフィラーで加工されたものが軟化点が高く、温度に対する粘度傾斜も少なく電

気特性は良好である。

⑤ コンパウンドの化学薬品特性

アスファルトコンパウンドは、有機溶剤に溶解する場合が多く浸されるが、希薄な濃度の酸水溶液に対しては抵抗性が有り、長い年月にわたって浸されない。そのため、耐酸のコーティング材として用いられる。ただし、濃度の濃い酸には作用を受ける。①濃硫酸によってアスファルト中の芳香族成分が作用を受け、スルホニウム化合物、オキシニウム化合物となり、その一部は水溶性となる。②濃塩酸に対しては抵抗性を持ち長い年月に渡って性能を失わない。③濃硝酸によって酸化、ニトロ化などの反応を受ける。また稀硝酸でも若干侵される。④アルカリ溶液とは一般的に化学反応はおこさないが、接触した表面が乳化される場合がある。アスファルト乳剤は、これを利用したものである。

1.4 アスファルト・コンパウンドの今後

電気絶縁用コンパウンドの材料としてアスファルトが今後とも使用されていくと考えられるが、電気絶縁用材料の分野では、アスファルトが複雑な分子構造をしているため、研究が困難であったことや昔からの材質で魅力に乏しかったこともあり、余り研究が行われたとはいえず、未知の部分もかなり存在している。これだけ長く電気絶縁材料として使われている素材は少ないので“サムシング・ヒアSomething Hereここに何かある”という考えをもち、石油化学の一分野を切り拓くという気概を持つ科学者の出現を望みたいものである。

2. レンズ研磨

2.1 研磨の概要

研磨（ポリシング）は、非常に細かい砥粒を使用し、みがき皿材料（ポリシャ）として軟質あるいは粘弾性的性質に富む材料を用いてより高度な鏡面を得る方法である。

セラミックスのポリシングは、磨製石器の時代より今日のエレクトロニクスの時代まで人類の歴史とともに歩んだ加工技術であり、数千年の歴史を通じて各時代における最高精度を達成する超精密加工技術であった。高硬度の宝石のポリシングでは古代より数十nmの表面粗さが得られており、現在では、表面粗さ数Åという驚異的な鏡面が得られるようになった。一般にポリシングは図-4.5.3に示したような簡単な機構の装置で、きわめて滑らかな面を得ることができる。

研磨液中の砥粒としては、直径数 μm 以下の表-4.5.4に示したような材質のものが使われている。また、一般的なポリシャとその用途と特徴を表-4.5.5に示す。

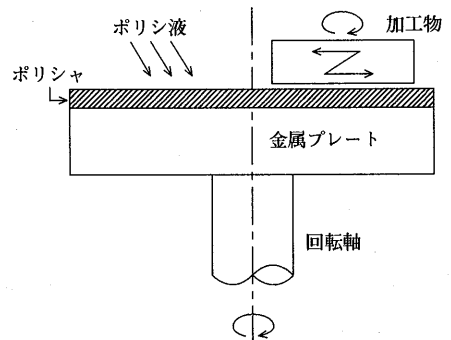


図-4.5.3 ポリシング装置

表-4.5.4 ポリシングに使う砥粒

SiO ₂	二酸化硅素, シリカ
Al ₂ O ₃	酸化アルミニウム, アルミナ
ZrO ₂	酸化ジルコニウム, ジルコニア
CeO ₂	酸化セリウム, セリア
Fe ₂ O ₃	二酸化鉄, ベンガラ
Cr ₂ O ₃	酸化クロム, あお粉
C	ダイヤモンド

2.2 一般的なレンズの生産工程

一般にレンズは図-4.5.4に示すような工程で作られ

表-4.5.5 ポリシャの種類と用途・特徴

種類	厚さ (シート状)	用途	特徴
ピッチ	—	光学研磨	精密～超精密 (面)
ラシャ	0.5～1mm	眼鏡類など	低面精度, 耐高圧
フェルト	〃	〃	〃
フェルト+ピッチ松脂	〃	〃	上記より面精度よい
ポリウレタン	0.5～1.25mm	高速研磨	高速高圧で精密研磨できる
ポリテックス (合成皮革)	1～2mm	シリコン, 半導体, 金属, ガラスなど	きずのない表面ができる

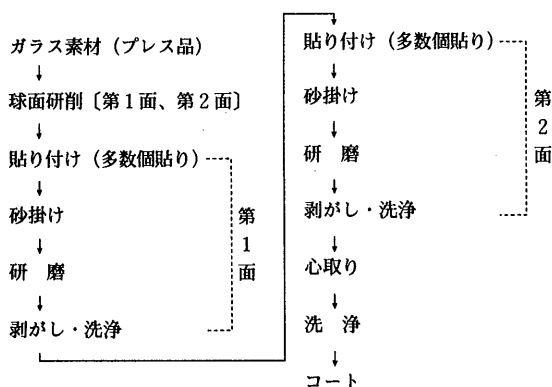


図-4.5.4 レンズの生産工程

る。この中で、ピッチ（脂）が使われている工程は、貼り付けと研磨である。大量生産ではレンズを貼り付けしないでポリシャとしてポリウレタンを使う研磨（ノーブロッキング加工）が一般的になってきたが、試作や原器製作等の少量生産ではまだまだピッチが使用されている。

2.3 ピッチ研磨（脂研磨）

ピッチ研磨はポリシャとしてアスファルト（石油系）、タールピッチ（石炭系）、ウッドピッチ（木材系）を使う研磨法で、18世紀ニュートンがウッドピッチを使用して以来、光学工業界における精密光学部品の研磨法として全世界で使われてきた。日本には明治になってドイツからこの技術が導入されたと思われる。

ピッチは、常温では適当な硬さを有しているが、熱を加えると軟化するので、図-4.5.5のように加熱軟化したピッチ表面に、所要の形状のマスター（押し皿）を乗せてそのまま冷却することにより、マスターの表面形状を凹凸逆にピッチ表面に転写することができる。実際の研磨作業では、研磨作業点への研磨液の供給をよくするため、ピッチ表面に各種形状の溝を設けることが多い。

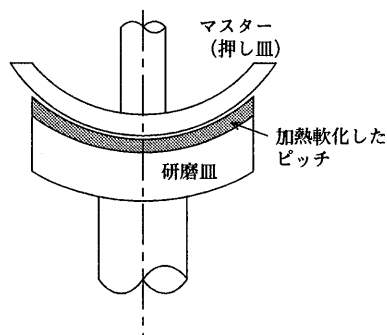


図-4.5.5 ピッチ・ポリシャの表面形状製作法

ピッチ研磨では、研磨条件（室温、回転数、揺動幅、荷重、材質、貼り付け角度、曲率半径、面精度）によって適合した脂種および硬度（針入度）のピッチを選定することが重要であり、熟練を要する。

(1) 研磨ピッチ（脂）の種類と用途

表-4.5.6にピッチの種類とその用途を示す。

以下に研磨ピッチのそれぞれの特徴を述べる。

① ストレートアスファルト（石油系）

ベタ皿、網目皿に使用され、研磨熱による脂皿面の変化が僅少である。この特性は加工個数の多い研磨に適している。欠点としては脂皿の使いはじめに加工面と馴染ませる仕事に時間と技能を要することである。

表-4.5.6 研磨ピッチとその用途

成分系	製法	用途
ストレートアスファルト（石油系）	減圧蒸留	一般研磨用として代表的なピッチ
ブローンアスファルト（石油系）	減圧吹込蒸留	高荷重・短時間研磨用として特性を持つ
タールピッチ（石炭系）	乾留	原器などの高精度、特殊品研磨
ウッドピッチ（木材系）	乾留	原器など高精度研磨用、手みがき用

ベタ脂皿：多数個貼りで砂目を速やかに取り除く部品に適している。面精度もレンズ径が40～50mm以下なら $\lambda/2$ 程度は可能。

網目皿：1個みがきに多く用いられる。面精度の高いものに適している。

② ブローンアスファルト（石油系）

ストレートアスファルトより分子量の大きい成分が多いため、粘弾性が大きく、感温性が小さい。このため高荷重・高速研磨に適している。

③ タールピッチ（石炭系）

網目皿として面出し専用に用いられる。研磨能率が悪いのが特性の一つで、この特性を生かして高精度の加工面を得る訳である。したがって、砂目抜きで加工面精度の高低、面のくせをある程度まで面出しして使用しなければならない。研磨液は凝固防止した上澄みを補給し、脂面の微細な削れを注意しなければならない。加工面と脂皿面の馴染みが悪いと、うす疵、砂掛けを要する白疵をつける恐れがある。しかし、他の脂と比較にならぬ高精度加工面が得られ、光学原器および超高精度（ $\lambda/60 \sim \lambda/100$ ）に適した脂である。

④ ウッドピッチ (木材系)

少量の松脂、蜜ロウ (2~5%) を混ぜて用いる。加工面の馴染みはよいが温度変化で脂の硬度の変化が著しい欠点を持っている。概して小物レンズに適し、外径大のものには不向きである。加工面精度はストレートアスファルトより優れている。使用に当たって脂面の変化が速く、温度変化で当たり具合が短時間で変わるので、上皿の回転状態、馴染み具合に留意して研磨条件を適合させなければならない。研磨肌はストレートアスファルトにやや劣る。

⑤ 添加物を混入した研磨脂

研磨脂にプラスチック粉末等を混入して、それぞれの脂の欠点を補い用いられている。添加物の種類、配合比を工夫することによって、高精度な加工面、研磨肌も優れ、加工中の面変化も安定した、作業性のよい研磨脂を得ることができる。

(2) 貼り付け用ピッチ

レンズを鋳鉄製の皿に貼り付けるために用いるピッチで、弾力性が小さく靱性に富み接着力の大きいストレートアスファルト系もしくはブローンアスファルト系のものが使われる。

(3) ピッチ研磨の実際

まず、球面研削されたレンズの加工したい面の反対側に加熱軟化した脂を盛りつける。盛りつけた脂が硬くなった後、熱した貼り付け皿 (鋳鉄製) にこれを押しつけ、水槽の中で冷してレンズを貼り付け皿に固定する。次に、所要のRの砂掛け皿を用いてレンズの砂掛けを行い面を細かい粗さの面に仕上げる。そして、最後に図-4.5.5に示したようにしてR面を作った研磨皿を用い、研磨剤として酸化セリウムを使って仕様に合った精度の研磨面に仕上げる。図-4.5.6に多数個貼りのピッチ研磨の様子を示した。

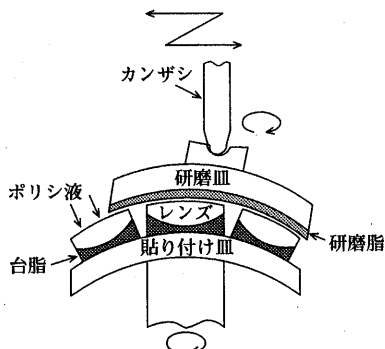


図-4.5.6 ピッチ研磨 (多数個貼り)

気温および研磨熱で敏感に変形する性質の不安定なピッチによる研磨では、熱によるガラスの変形より研磨皿の変形の方がはるかに大きい。従って、研磨作業には熟練が必要で、研磨皿の変形をうまく抑え、同時にガラスの熱変形に対する修正も考慮しながら、高精度にレンズ面を仕上げるテクニックがいる。現在は大部分標準化が進んだものの研磨作業者の経験や勘に頼っている部分が多いのも事実である。

3. のり面緑化用アスファルト乳剤

3.1 概要

のり面保護工におけるのり面緑化工は、切土工や盛土工などにより出現したのり面に植生を行うことにより表面の処理を行い、道路、水路、ダムそして宅地などの施設やその機能の安全性を確保し、必要に応じて周辺環境との調和を図ることを目的としている。

また、のり面緑化工を大別すると緑化基礎工 (金網張工、樹脂ネット張工など)、植生管理工 (除伐工、追肥工など) そして植生工 (種子散布工、客土種子吹付工など) の3種類の工法になる⁵⁾。

のり面緑化工を選定するとき、のり面自体の安定性の確保、環境保全・景観保全の重視そして施設の安全性確保などが考えられるが、これらを考慮すると植生工の適用が考えられ、他の工法との組み合わせも含めて現在は植生工が幅広く選定されている。植生工には、幾種類の工法があるがアスファルト系材料が使用される機会の多い種子散布工、客土吹付工 (厚層基材吹付工) について紹介する。

3.2 のり面植生⁶⁾

3.2.1 種子散布工

(1) 施工方法

ハイドロシーダー (種子散布機) で、種子、肥料、ファイバーそれに侵食防止剤 (アスファルト乳剤、酢酸ビニル系、アクリル系など) を水と混合したものをのり面に散布する工法である。養生剤には太陽光の熱吸収性に優れるアスファルト乳剤 (25%溶液) が用いられている。

(2) 特徴

施工後の降雨による侵食はのり面の状態により異なるが、アスファルト乳剤で養生した場合は100mm/day程度の降雨での侵食は少ない。種子は、草類については発芽生育するが、木本類の導入は難しい。

のり面の土質は土壤硬度が砂質土で25mm以下、粘性土で23mm以下、pH 5以上の大面積ののり面に適用する。

3.2.2 客土種子吹付工（厚層基材吹付工）

(1) 施工方法

種子、土、肥料、水、有機質基材（バーク堆肥、ピートモスなど）、粘結剤（アスファルト乳剤、粉末アスファルト⁷⁾、酢酸ビニル系、アクリル系など）を混合したものを湿式吹付機などによりのり面に吹付ける工法である。客土厚5 cm以上のものを厚層基剤吹付工と称している。また、種子散布工と同じくアスファルト乳剤を侵食防止剤として散布し養生を行う。

(2) 特徴

圧縮空気で吹付けるため、機械位置から遠く、高く、急勾配ののり面へ任意の厚さで施工することができ、木本類を導入することが可能な植生基盤が造成できる。

しかし降雨、凍上、凍結などには弱い金網張工などとの組み合わせが一般的である。土壌硬度25mm以上の硬質土や軟岩では穴工や溝切土工と組み合わせせ工法施工される。

以上の工法を総括し、植生基材吹付工による材料の使用例を表-4.5.7に示す。

4. ノウサギ忌避剤

4.1 概要

我が国の林地には、エゾユキウサギ・トウホクノウサギ・キュウシュウノウサギなどのノウサギ動物が生

息しており、草木類の茎、葉等を摂取し生息している。これらノウサギは草木の少なくなる秋から春にかけて、スギやヒノキ等の頂芽、葉、小枝、樹皮等を摂取するため造林木に大きな被害をもたらしている。

これらの総被害は、人工更新面積90,000ha/年の約30%に当たる30,000ha/年に及んでいる。そのためノウサギ被害対策に多大の努力を重ね種々の工夫を講じてきたが簡易で有効な方法が見つからなかったが、昭和51年にアスファルト乳剤がこれらノウサギに有効であることが発見され⁸⁾、昭和60年には農薬として登録認可となった。

4.2 ノウサギによる被害の形態

被害の形態は、幹、枝葉の切断害と樹皮の剥皮害に大別される。

スギやカラマツでは、幹、枝葉を切断する被害が多く、樹皮の剥皮害はまれに見られるのだが、ヒノキでは植栽当年生とその後の樹齢により被害の形態が大きく異なる。植栽当年生では幹、枝葉を切断される被害が大半を占めるが、2年以上の樹齢では樹皮の剥削害が多い。

幹の切断害は、どの樹種でもその後の樹高の伸びが悪くなり、特に切断部位が地際に近くなるとその成長阻害は著しくなり、極端な場合は枯死する。

樹皮の被害は、場合により幹の全周剥皮により枯死

表-4.5.7 植生基材吹付工の材料配合例

材 料		規 格	数 量					摘 要
			種子散布工 (100㎡当たり)	客土吹付工 (100㎡当たり)	厚層基材吹付工 (1㎡当たり)			
種子			一 式	一 式	一 式	一 式	一 式	高木類，中低木類，草本類など
木質繊維		ファイバー	10kg	—	—	—	—	
土		黒ボクなど	—	4 ㎡	—	—	—	黒ボクなど入手できない場合は
		砂質土など			1 ㎡			人工土壌使用
有機質基材		バーク堆肥	10kg	30kg	500 l	1000 l	1000 l	完熟したもの
		ピートモス			500 l	1000 l	1000 l	
肥	木本用	PK肥料または暖効性肥料		3 ～ 6 kg	3 ～ 6 kg	2 ～ 4 kg	2 ～ 4 kg	
料	草木用	高度化成肥料	10kg	10kg	6 kg	4 kg	4 kg	
侵食防止剤		溶剤系	} いずれか 5 kg	—	—	—	—	酢ビ系またはアクリル系
		アスファルト乳剤 (粉末アスファルト)		100kg	—	100kg	—	
		高分子系樹脂		—	4 kg	—		
		普通ポルトランドセメント	—	—	30kg	—	60～80kg	セメンを用いる場合高分子系樹脂は用いない
着色剤		顔料など	0.05kg	—	—	—	—	
pH緩衝剤		過磷酸石灰	—	—	—	—	1.2～1.4kg	

することもあるが、幹周の1/3以下の剥皮が多いためのこ被害による樹高成長への影響は一般的に少ない。この剥皮害は、ノウサギが樹皮に歯を入れて上方にひっぱるため、剥皮が30cm以上になることがある。この場合には樹幹が大きく曲がったりして形質が著しく低下する。

4.3 被害対策の現状^{9),10),11)}

(1) ノウザギの捕獲

捕獲は被害の対策としては直接的であり、捕獲によりノウサギの生息密度を低下させることを目的としている。ノウサギに関しては、銃猟と罠による捕獲法があり、毒殺は鳥獣保護および狩猟に関する法律のため禁止されている。

銃猟は、銃猟期間中に捕獲するものと、知事の特別許可による有害獣駆除とがある。一方、罠による捕獲は古くからいろいろな方法があるが、その中でもクリワナ（金網で輪を作り、野ウサギの通路に仕掛け、首をしめつける）が一般的に使用されている。この方法は経費が安く、実行が容易である反面、仕掛けに熟練を要する。捕獲成功率は熟練者で5～10%、一般には1～2%である。

(2) 造林木の物理的保護

① 造林地全域のノウサギ侵入防止柵の設置

造林地の周囲に雑木による柴垣や金網による囲いを設けノウサギの進入を防止する方法である。費用や労力の問題から一部地域でしか実行されていない。

② 棒立て、笹立てによる単木毎の防護

被害を受けそうな木に、棒や笹を立てかけておく方法で、我が国の山村ではふるくからおこなわれている。

③ わら巻き、ポリネット被覆による単木の保護

わら巻きは、苗木にそえて支柱を立て、これらをわらで巻く方法で効果は比較的高いが手間がかかるのが欠点である。またポリネット被覆は、ポリネットで苗木を被覆する方法である。ホリネットは、専用商品として販売され、被害防除効果確実であるが以下のような問題点があり広く普及していない。

- (a) 被覆、除去に手間がかかる。
- (b) 下刈作業の際邪魔になる。
- (c) 風衝地（風の強い所）では苗木が倒れやすい。
- (d) 枝葉のムレが発生しやすい。

(3) 忌避剤の利用

忌避剤の利用による被害防除技術は古くから研究されていたが、効果が一時的で有効期限が短い、作業者に苦痛を伴う、殺忌剤の疑い、造林木に対して薬害を

生じ易いなどの欠点を指摘されあまり使用されない時期があった。表-4.5.8に過去に使用されていた忌避剤の一覧を示す。

表-4.5.8 過去に使用されていた忌避剤一覧表

忌 避 剤	内 容
臓物腐汁液	魚などの臓物腐汁液を林分に分散するか、わらに含浸させて造林木に括り付ける。
石油	石油を含浸させた布を林周に下げる。
コールタール	原液を被害地周辺の草木類に塗布する。
鶏糞糊液	沸騰したフノリに鶏糞を混入したもので、枝葉部分に塗布する。
陸三液	魚油とナフタリンの混合液。造林木に塗布
トリカブト合剤	トリカブトとフノリの混合液
カニンヘンシュツツ	ドイツ製忌避剤
クレオソート・ナフタリン液	クレオソート液とナフタリンの混合液
T字油	オイゲノールを主成分とした液体
パーゼン・エス	フランデで開発されたBHC・PCP混合液

4.4 造林木によるアスファルト乳剤の忌避効果試験

アスファルト乳剤のノウサギに対する忌避効果を確認するため林業試験場において試験を実施した。

(1) アスファルト乳剤による処理方法

アスファルト乳剤による処理方法には二通りあり、以下にその方法を示す。

① 浸漬法

浸漬法は、植栽する苗木を水で2倍に薄めたアスファルト乳剤に根元まで浸漬し、一旦乾燥させてから植栽する方法である。苗木に対するアスファルト乳剤の使用料は、苗木の種類や大きさにより異なるが標準量は一本あたり10～15ml（2倍液で20～30ml）である。従って、10アール当たりの苗木の本数を300本として3.0～4.5l（2倍液で6～9l）となる。

② 散布法

散布法は、すでに植栽された苗木に対して、ノウサギ被害が出はじめる春先もしくは秋口に、アスファルト乳剤の2倍液を噴霧器で樹幹部全体を均一に付着するように散布する方法である。アスファルト乳剤の散布量は、苗木の種類、大きさや散布方法により異なるが、標準量は一本当たり25～30ml（2倍液で50～60ml）である。従って、10アール当たりの苗木の本数を300本として7.5～9.0l（2倍液で15～18l）となる。

なお、散布直後に降雨があると効果が低下するので散布後少なくとも2時間降雨がないことを見極める必要がある。

(2) 忌避効果試験

11林業試験場17個所においてアスファルト乳剤の忌

避効果試験を実施した結果を表－4.5.9に示す。無処理区平均被害率は30.3%であるのに対して、処理区は8.6%でありアスファルト乳剤の使用はノウサギ被害を1/3以下に軽減していることを示している。

各県の林業試験場の試験結果考察においても、アスファルト乳剤はノウサギ忌避剤として有効であるとしている。なお、各試験場ともアスファルト乳剤による造林木に対する薬害はないとしている。また、静岡県林業試験場では、寒害防止効果もあると報告している。

4.5 ノウサギ用忌避剤としての農薬登録

ノウサギ忌避用アスファルト乳剤は、林業用薬剤として農薬取締法に従い、基礎試験および適用試験を実施し有効成分の特定、安全性の評価を行い、農薬として登録認可となる。以下にその内容を記す。

- ・ 農薬の種類：石油アスファルト水和物
- ・ 物理的・化学的性状：暗褐色水和性粘稠懸濁液体
- ・ 有効成分および含有量：
アスファルト芳香族分 24.0%
- ・ 適用病害虫の範囲および使用方法：表－4.5.10に示す。
- ・ 毒性(安全性)：ラット、マウスによる急性経口毒性、急性皮下毒性、急性腹腔内毒性、眼および皮

膚での試験を行い人畜毒性は普通物と判定
・ 魚毒性：コイ、ミジンコなどに対して魚毒性試験を行い、A類と判定

表－4.5.10 適用範囲と使用方法

適用場所	適用害獣名	10アール当たりの使用料	使用方法
スギ、ヒノキなどの造林地	ノウサギ	3.0～9.0 l	水で2倍に希釈し、造林木の樹幹部に浸漬または散布して付着させる

4.6 おわりに

アスファルト乳剤が道路舗装用材料とは異なった特殊な用途で、約10年間におよぶ基礎試験の結果、林業用薬剤として認められている。平成5年度におけるアスファルト乳剤系の忌避剤は約6 tにおよび林業関係者には広く使用されている。また、忌避の対象となる動物もノウサギのみならず、シカやクマなどの場合についても忌避効果が確認されていることを付け加えておく。

5. トンネル断熱材

5.1 概要¹²⁾

表－4.5.9 忌避効果試験結果一覧表

林業試験場	試験場所	供試体		処理法	処 理 区				無 処 理 区			林 試 評 価
		樹 種	樹 令		供試体本数	被害本数	被害率(%)	薬害	供試体本数	被害本数	被害率(%)	
山形	西川町	スギ	2年生	散布	546	0	0					効果極めて高い
"	"	"	1年生	"	928	0	0					"
"	鶴岡	"	1年生	"	650	1	0		641	15	2	"
静岡	森町	ヒノキ	1～2年生	"	265	1	0	無	451	39	9	効果有り
"	"	スギ	"	"	1183	1	0	"	1047	33	4	"
"	静岡市	ヒノキ	1年生	"	2671	54	2	"	927	20	2	"
"	"	スギ	"	"	588	21	4	"	271	25	10	"
岐阜	姪川町	ヒノキ	"	"	3019	154	5		3341	433	13	"
鹿児島	入来町	"	"	"	3328	470	14	無	3040	2521	83	効果極めて高い
山形	大蔵村	スギ	3年生	"	1258	0	0		1251	21	3	"
"	"	"	1年生	"	2075	0	0		2069	36	4	"
石川	鹿西町	"	"	浸漬	475	107	23	無	691	362	52	鹿西町では、ヒノキで効果
"	"	"	"	散布	651	166	25	"				大きい、スギで効果劣
"	"	ヒノキ	"	浸漬	474	18	4	"	247	130	53	る。穴水町ではヒノキとス
"	穴水町	スギ	"	"	303	42	14	"	253	133	53	ギの効果が逆であった。
"	"	ヒノキ	"	散布	1095	568	52	"	281	148	53	
岐阜	恵那市	"	"	"	1046	2	0	"	669	9	1	効果有り
"	久々野町	"	"	"	1004	126	13	"	980	326	33	"
山形	大蔵村	スギ	"	"	1500	0	0		4500	155	3	顕著な効果
石川	鹿西町	"	"	"	635	4	1		232	68	29	効果極めて高い
鹿児島	入来町	ヒノキ	"	"	1609	402	25	無	1261	1088	86	"
愛媛	東予市	"	"	浸漬	592	46	8	"	597	491	82	顕著な効果

積雪寒冷地などのトンネルでは地山の凍上のため変位が生じ、トンネル覆工版に亀裂が生じ周辺地盤から漏水を起こしそれが氷柱に変化する。また、舗装においても凍上や融解期における路床・路盤の軟弱化が起こりその軽減対策は重要な問題となっている。このため凍害を防止する目的でトンネル吹付コンクリートと二次覆工の間に発泡ウレタンなどの断熱材が用いられているが、コスト、耐久性または環境面など問題がある。

そこで、低コストで耐久性のある断熱工法として、現場にてアスファルト乳剤に発泡材と硬化材を混入し均一に練り混ぜたアスファルト系トンネル断熱材の使用が実験的に試みられている。

5.2 アスファルト系断熱材

表-4.5.11にアスファルト系トンネル断熱材の物性を示す。

表-4.5.11 アスファルト系トンネル断熱材の物性

試験項目	試験値	備考
比重	0.56~0.64	
一軸圧縮強度 [MPa]	0.15~2.0	荷重速度：1%/min 試験温度：20℃
透水係数 (cm/sec)	1.0×10^{-8} 以下	
凍結融解試験	合格	300サイクル
熱伝導率 [w/m・k]	0.116以下	

アスファルト系断熱材は発泡材を用いているため比重は0.6前後と低い。一軸圧縮強度は舗装構造により任意の強度に設定することができる。発泡ウレタン（×20倍）の熱伝導率は0.029w/m・k前後であるのに対

し、アスファルト系断熱材は0.08~0.116w/m・kであるため断熱材の厚さも約2倍程度ですみ大幅なコスト削減につながると考えられる。

6. 放射性廃棄物の固化材

6.1 放射性廃棄物の概要

放射性廃棄物には、原子力発電所や核燃料再処理工場などから排出される中・低レベル放射性廃棄物と核燃料再処理工場から排出される高レベル放射性廃棄物がある。

高レベル放射性廃棄物は、原子力発電所から出る使用済み核燃料を再処理工場で処理する過程で発生する(図-4.5.7)。金属製のカプセルに入った燃え残りのウランとプルトニウムは、カプセルをせん断して燃料部分を硝酸で溶解し、燐酸トリブチルをドデカンで希釈した溶媒でウランとプルトニウムを抽出する。核分裂生成物と超ウラン元素などは硝酸溶液に残存し、高レベル放射性廃棄物となる。この高レベル放射性廃液は、ほう珪酸ガラスによりガラス固化されて貯蔵されている。なお、このガラス固化体は、地層の深部に貯蔵することが研究されている¹⁴⁾。

一方、中・低レベル放射性廃棄物は、再処理工場の廃液処理により発生した二次廃棄物（濃縮液、スラッジ等）や、原子力発電所で発生するイオン交換樹脂、硫酸ナトリウム廃液あるいはフィルター、ゴム手袋、金属工具などの雑個体で、アスファルト固化あるいはコンクリート固化して貯蔵されている。

低レベル放射性廃棄物は、200リットルドラム缶換算

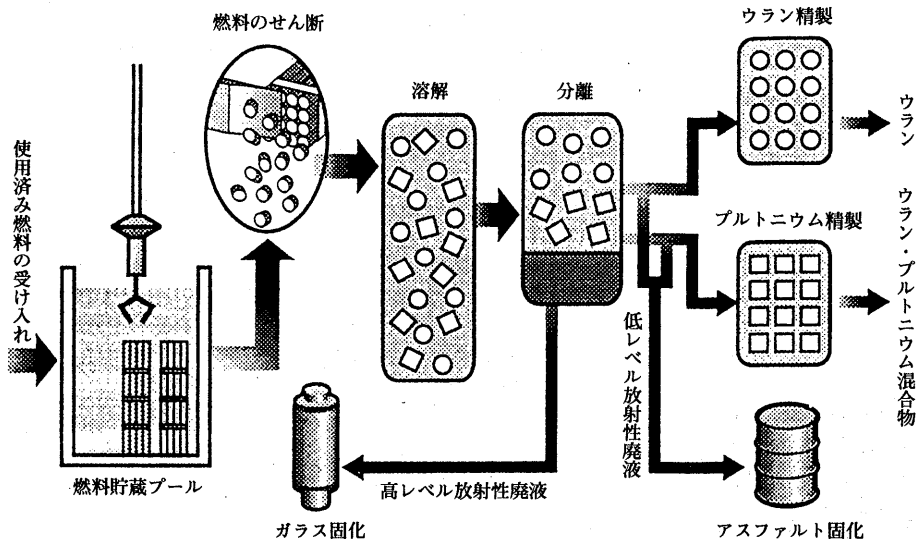


図-4.5.7 使用済み燃料の再処理行程の概略図¹⁾

で、平成5年度末で82万4千本が貯蔵量されており¹⁵⁾、西暦2000年には、約155万本に達すると推定されている¹⁶⁾。

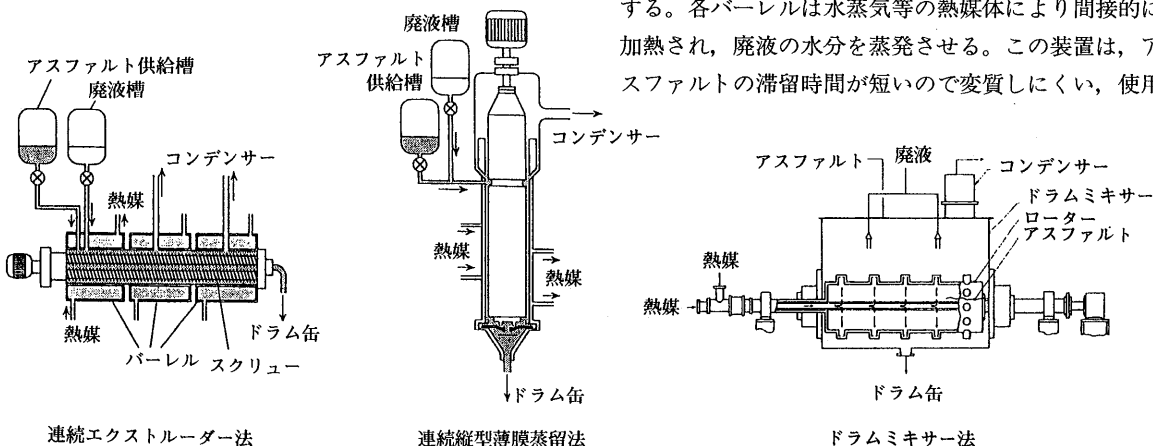
放射性廃棄物の固化処理には幾つかの方法があるが、ここではアスファルト固化処理について以下に記述する。

6.2 固化処理用アスファルト

アスファルトは安価であり、遮水性、封鎖性あるいは化学的安定性が高いことから低レベル放射性廃棄物の固化に使用される。使用されるグレードは固化処理装置によって異なり、ドラムミキサー方式ではストレートアスファルト40～60が、エクストルーダー方式では、ブローンアスファルトが使用されている。ちなみに、動力炉・核燃料開発事業団（以下、動燃と略記する。）で使用しているブローンアスファルトの規格値を表－4.5.12に示す。

6.3 アスファルト固化装置

アスファルト固化処理には幾つかのプロセスがある



図－4.5.8 アスファルト固化処理プロセスの概略¹⁷⁾

表－4.5.13 日本の主なアスファルト固化処理プロセス

施設	廃棄物発生元	プロセスタイプ	アスファルト
日本原子力発電(株) 敦賀1号機	硫酸ソーダ廃液	連続薄膜蒸留法	ストレートアスファルト
2号機	ほう酸ソーダ廃液	連続薄膜蒸留法	ストレートアスファルト
関西電力(株) 美浜1～3号機	ほう酸ソーダ廃液	連続薄膜蒸留法	ストレートアスファルト
高浜1, 2号機	ほう酸ソーダ廃液	連続薄膜蒸留法	ストレートアスファルト
動燃 ふげん	硫酸ソーダ廃液	連続薄膜蒸留法	ストレートアスファルト
東海事業所	硝酸ソーダ廃液など	連続エクストルーダー法	ブローンアスファルト
日本原子力研究所 東海, 大洗	雑廃液	ドラムミキサー法	ストレートアスファルト
九州電力(株) 玄海		ドラムミキサー法	
四国電力(株) 伊方		ドラムミキサー法	
北海道電力(株) 泊1, 2号機		ドラムミキサー法	

出典：東海再処理施設アスファルト固化処理施設における火災爆発事故調査委員会資料 資料4－5 および日揮株式会社パンフレット（DRUM MIXER PROCESS）から、抜粋合成した。

表－4.5.12 固化用アスファルトの規格（動燃）

項目	規格値
軟化点	℃ 85±5
針入度 (25℃)	40±5
針入度指数	3以上
蒸発質量変化率	mass % 0.5以下
引火点	℃ 260以上
三塩化エタン可溶分	mass % 95以上
伸度 (25℃)	mass % 3以上
比重 (25/25℃)	1.025±0.025

* 製造過程で、燐化合物等の触媒は使用しないこと。

(図－4.5.8)。表－4.5.13¹⁷⁾に日本の主な原子力発電所および再処理施設で使用されているプロセスを示す。以下に、それぞれの特長について記載する¹⁷⁾。

(1) 連続エクストルーダー法

8～10段階に分割された鉄製円筒容器（バーレル）と、その中で回転する2または4軸のスクリーで構成されている。アスファルトと放射性廃液を連続的に供給し、スクリーの回転によってバーレル内で混合する。各バーレルは水蒸気等の熱媒体により間接的に加熱され、廃液の水分を蒸発させる。この装置は、アスファルトの滞留時間が短いので変質しにくい、使用

するアスファルトの種類を選ばない、保守が簡単である、などの特徴がある。

この方式を採用している動燃（東海事業所）再処理工場での具体例を以下に述べる。

ブローンアスファルトは約90℃でエクストルーダーに供給され、低レベル放射性廃液と混合しながら185℃に加熱し水分を蒸発除去する。この間数分で混合・水分除去が終了する。混合物は、200リッターのステンレス製ドラム缶に約150kg程度充填される。さらにブローンアスファルト20kg程度を注入しカバーして、充填室内の空気を換気して自然放冷する。この時のアスファルト混合物中のアスファルトと固形分の比率は、約60対40である。

固化される低レベル放射性廃棄物の組成は、表4.5.14に示すように大部分は硝酸ナトリウムで、亜硝酸ナトリウム、水酸化バリウム、フェロシアン化カリウム、硫酸ナトリウム、その他りん酸ジブチルなどが混ざっている。

表4.5.14 代表的な低レベル放射性廃液の主な成分

成 分	g / l
NaNO ₃	225.0
NaNO ₂	15.3
Na ₂ CO ₃	2.1
NaH ₂ PO ₄	1.4
Ba(OH) ₂	10.0
K ₄ Fe(CN) ₆	8.7
NiSO ₄	7.1
AgNO ₃	0.06
MaSO ₄	4.0

出典：東海再処理施設アスファルト固化処理施設における火災爆発事故調査委員会資料12-7

(2) 連続縦型薄膜蒸留法

加熱ジャケット付きの縦型円筒部とその内部ローターから構成されている。アスファルトと廃液は円筒の上部から連続的に供給され、内部のローターの回転により廃液とアスファルトの混合を行い、薄膜状の混合物の形成、水分の蒸発を行う。混合物は、円筒底部より取り出され、ドラムに充填される。この装置は、アスファルトの滞留時間が短いので変質にくい、粘性の高いブローンアスファルトには適さない、保守頻度は高いがエクストルーダー型より安価である、などの特徴がある。

(3) ドラムミキサー法（バッチ式）

アスファルトおよび廃液をドラム内に張り込み、熱媒体で加熱されたローターを回転させながら攪拌・混合し、水分を蒸発除去する。この装置は、バッチ式で

あるためアスファルトの滞留時間が長く変質し易い、粘性の高いブローンアスファルトには適さない、などの特徴がある。

6.4 アスファルト固化体の安全性

アスファルト固化される廃棄物は前述したように種々あるが、中・低レベル放射性廃液を蒸発固化する場合には、放射能による分解や硝酸塩による反応性を十分に評価する必要がある。以下に、固化体の安全性について動燃が行った試験結果を紹介する。

(1) 硝酸塩とアスファルトの反応

再処理行程から排出される低レベル放射性廃液は、硝酸塩類を多量に含有している。これは酸化剤でもあり、そのためアスファルトと高温で接触すると発熱し、やがては発火する危険性がある。図4.5.9に、ブローンアスファルトと硝酸塩などを混合した模擬アスファルト固化体の空気雰囲気中でのDSC（示差熱分析計）分析結果を示す¹⁹⁾。空気中におけるアスファルトと硝酸ナトリウムの反応は、約277℃から始まり約378℃で激しい発熱が起こる。

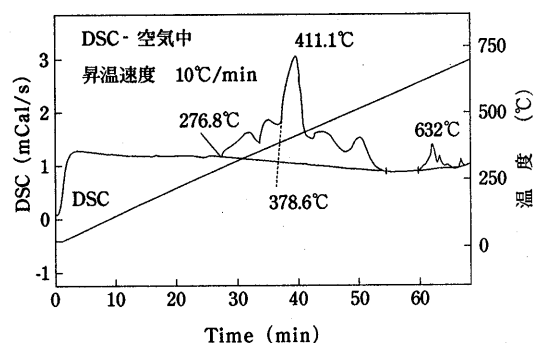


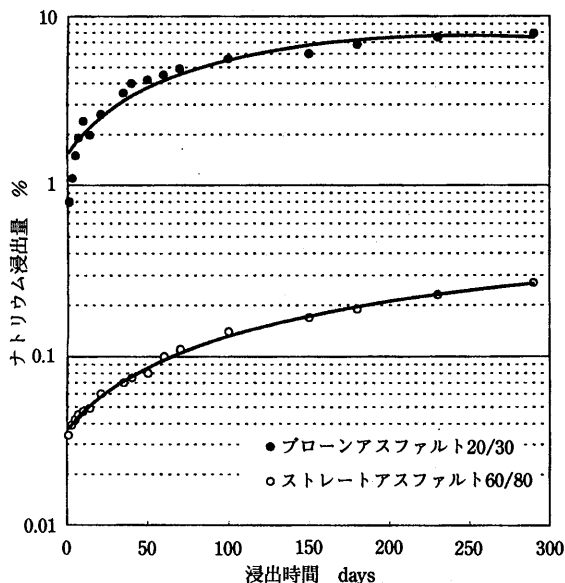
図4.5.9 実固化体試料の示差熱分析

(2) 封鎖塩類の水中への溶出¹⁹⁾

アスファルト固化体ドラムは、当初は海洋投棄する事を前提に造られていたようで、海底の圧力に耐えられるように、また(3)項で記述するが放射線によって発生するガスによる内圧上昇を防ぐために、ドラムは密閉構造になっていない。

放射性廃棄物の海洋投棄については、1975年8月に海洋投棄規制条約（ロンドン条約）が発効し、1993年11月の第16回ロンドン会議において禁止が正式に採択された。したがって、固化体ドラムは、現在すべて陸上保管されている。

当初の海洋投棄する計画の時点で、固化体中の塩類がどの程度水中に溶出するのかを試験したデータがある¹⁹⁾。図4.5.10に示すように、ブローンアスファルト



硝酸ナトリウム濃度：40%
 固化体形状：直径45mm, 高さ44mm
 抽出液：蒸留水
 温度：5℃

図-4.5.10 アスファルト固化体のナトリウム浸出量

に比べてストレートアスファルトの塩類封鎖性は数十倍高い。

(3) アスファルトの放射線による反応¹⁹⁾

アスファルト固化体は、放射性物質による内部照射によって分解しガスを発生する。ガス発生量は照射線量に比例し、アスファルトの種類による差は顕著ではない。表-4.5.15に示すように、発生ガスの主成分は水素ガスであり、全発生ガス量の70～90%を占める。

表-4.5.15 アスファルト固化体の放射線照射による発生ガス

アスファルトの種類 条件, ガスの種類	ブローン20/30	ストレート60/80
照射線量 R	5×10^7	
塩の種類	NaNO ₃	CaCO ₃
混合率 %	60	40
ガス発生量 cm ³ /Asp.g	0.467	0.382
CH ₄ %	2.8	2.2
C ₂ H ₆ %	0.52	0.25
その他のH.C %	5.9	4.7
N ₂ or CO %	20.0	12.0
H ₂ O %	1.7	0.94
H ₂ %	69.1	79.9

照射線量率 1×10^6 R/h

7. その他への利用

ここではその他への利用として、農業用の石油マル

チ、製造技術的に興味深い粉末アスファルトカプセルなどの粒状アスファルトおよび炭素材料への利用としてメソカーボンマイクロビーズ、活性炭、炭素繊維について紹介する。これらは現在、アスファルトの需要としてみた場合は量的にはほとんど無いかきわめて少ないが、アスファルトの高付加価値利用という点からは興味深く、ぜひ触れておきたいものである。

7.1 石油マルチ

マルチ (mulch) とは植物の根を覆って保護するものをいい、その目的は土壤の乾燥防止や地温上昇、霜害防止、土壤の保全等で、マルチを使うことにより作物の生育を促進させ、安定増収を図ることができる。マルチによってこのような効果を促す方法はマルチ工法と称されている。

(1) 歴史と製造方法

マルチの歴史は長く、古くはわらや木の葉等で作られたものが使われていた。アメリカではビートを栽培するのに紙をマルチとして使用し、効果を上げた例もある。1950年代になると塩化ビニールフィルムがマルチとして使われるようになり、その後ポリエチレンフィルムも使われるようになった。しかしこのようなシート状のものは作業費が嵩むことから大規模には行えず、やがて噴霧器で散布して皮膜を作るタイプのものが開発されるようになり、その材料に石油樹脂やアスファルトが用いられるようになった。これらがいわゆる石油マルチであるが、我が国はもちろん世界的にも試験的に行われている程度で、本格的に行われた報告は見当たらない。

石油マルチの製造は、乳化剤や乳化安定剤等を水に溶解したいわゆる乳化液と加熱溶融状の上記石油系材料をホモジナイザーにかけて乳化させる方法で行われる。主材料がアスファルトの場合は、針入度が150～200程度のものが使われる。

(2) 施用効果と施用例

アスファルトは黒色であるため太陽熱の吸収率が高く、したがって低温地域での栽培にはかなり効果がある。また地表面を覆うことにより水分の蒸発が防止され、地中水分が保持される効果もある。しかし、マルチを散布したために雑草の生育も盛んになるため、目的の作物に日が当たらなくなるというデメリットもある。最近の施用例としては以下のものが報告されている。

- 日本砂漠開発協会のアスファルト・マルチ工法による砂漠緑化調査報告²⁰⁾によれば、1995年度に

サウジアラビアのAl-Qassin研究所内の圃場で小麦の植栽に際してアスファルト乳剤を50 g/m²散布したところ、水の蒸発発散防止効果が大きく、灌漑の所要水量は通常の60%で十分であることが確認された。

- b. Frede²¹⁾らは、アニオン系瀝青乳剤を主成分とする土壤改良剤について予め実験室的に保水効果があることを調べた後、これをエジプトの圃場でジャガイモ畑に施用したところ、その生育にもかなり効果があったことを報告している。
- c. Tripathi²²⁾らは、稲わら、石灰、ポリスチレン、アスファルトエマルジョン等の土壤に対する熱的な効果について調べた結果、アスファルトエマルジョンが地温の上昇に最も効果的で、低温地域で役立つことを報告している。

7.2 粒状アスファルト

(1) 粉末アスファルトカプセル

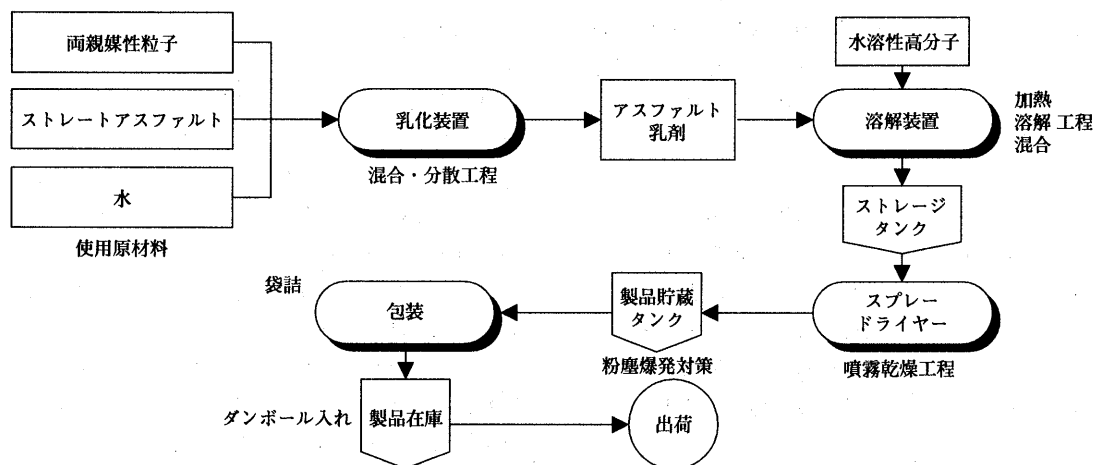
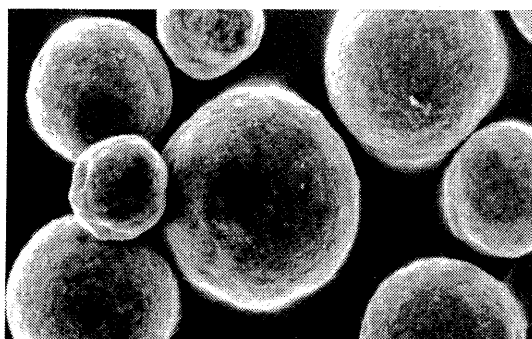


図-4.5.11 粉末アスファルトカプセル製造フロー²⁴⁾



<粒子全体像>



<コーティング部拡大>

写真-4.5.1 カプセル化アスファルトの顕微鏡写真²⁵⁾

a. 法面の固定化

堤防等の工事のできた法面は、工事後草が生えて根が成長するまでは崩れ易い状態になっている。そこで、法面に使用する土に粉末アスファルトカプセルと草の種を混ぜて法面の部分に吹付けを行うと、皮膜が除かれたアスファルト粒子が土の粒同士を結びつけて崩れ難くし、やがて種から芽が出て根が張り、しっかりとした法面を作り上げる。

b. グランドの排水迅速化

一般にグランド等は降雨、乾燥の繰り返して徐々に細粒化が進み、水捌けが悪くなり、降雨後すぐには使用できない場合が多い。そこで表面の土に粉末アスファルトカプセルを混合することでアスファルト粒子が細粒化した土を付着して細粒化防止効果²⁶⁾を発揮し、間隙ができて排水し易くなり、また埃の飛散も抑制される。

c. 回収アスファルト合材の回復材

最近では資源の有効利用の観点から再生合材の利用が盛んであるが、使用済の回収合材を細かく破碎した後、カプセル化アスファルトを添加して施工することにより、再生混合物として利用することができる。

d. 木質舗装

アスファルト舗装はたわみ性があるため、比較的ソフトな感覚を与える。しかし遊歩道等は更にソフトな感覚が求められる。この目的を叶えたのが木質舗装で、樹皮粉碎物等と砂、粉末アスファルトカプセルそれに水を適量加えて締固めると、木の感触を残した歩行感の良い舗装ができて上がる。

e. 砂漠緑化の補助手段

砂漠の海岸周辺では地中から浸透した海水が毛管上昇により地表面に達し、蒸発によって表面近くは塩分が集積されるので、樹木を生育させるにはこの現象を抑制させる必要がある。この対応として砂中に粉末アスファルトカプセルを混合すると、毛管上昇が抑制できる効果²⁷⁾がある。

(2) その他の粒状アスファルト

材料として軟化点が比較的高い合成アスファルトや高軟化点のブローンアスファルト等を用いて粒状または粉状にしたものがある。

合成アスファルトを用いたものは商品化されていないが、公開特許公報²⁸⁾によれば、石油樹脂やオイル等を主成分としたものを粒状化し、周囲を無機質微粉末でまぶしたもので、着色可能なことからカラー舗装用バ

インダーとしての利用が考えられる。

ブローンアスファルト等を用いたものは、国産品のほか輸入品もあり、その主な用途²⁹⁾は以下のとおりである。

a. プライムコート、タックコート

カットバックアスファルトに10%以下の割合で混合して粘結性を増し、道路工事でのプライムコートやタックコートとして用いる。

b. マスチックアスファルト

フィラーや細骨材と加熱混合してマスチックアスファルトとし、水利構造物に用いる。

c. 傾斜面用舗装材

軟化点の高い特徴を生かし、ストレートアスファルトと混ぜた後骨材と混合し、道路の法面などの斜面の舗装に利用する。

d. 防水用材

ストレートアスファルトに40%程度加熱混合して屋根やルーフィングのコーティング材として使用する。

7.3 炭素材料

日常生活で日頃目にする機会がある炭素材料としては、活性炭やシャープペンシルの芯などであるが、他に主要なものとして、黒鉛電極、電解板、カーボンブラック、電機ブラシなどがあり、工業材料として特殊かつ重要な位置を占めている。

アスファルトは85wt%程度の炭素元素から成るものの、石油の減圧蒸留の残油であって熱分解をほとんど受けていないため、コールタールピッチや石油系の分解残油を熱処理して得られる石油ピッチに比較して芳香族炭素の割合が小さく、炭素材料の原料としてみた場合は炭化収率が低いという不利な点はある。しかし、アスファルトの有効利用を目的として炭素材料への利用に関して多くの研究がなされてきた。ここでは、アスファルトを熱処理した時に得られるメソカーボンマイクロビーズ、およびアスファルトを熱処理しないでそのまま原料とする場合の炭素繊維、活性炭の製造方法について述べる。

(1) メソカーボンマイクロビーズ

アスファルトやピッチ等の重質油を350~500℃の温度に加熱すると、これらの重質油は分解や側鎖の切断を起こしながら芳香族縮合環が発達して行く。さらに加熱を続けると芳香族縮合環が集合積層することによって微少球体が発生する。この小球体は、芳香環構造を主体とする平面状の高分子化合物が積層したものと

考えられ、黒鉛構造の前駆体とみなすことができ、メソカーボンマイクロビーズ (以下MCMB) と呼ばれている。さらに熱処理を続けると、MCMBは成長合体し、球体を維持できなくなりバルク組織へと発達していく。この芳香族縮合環の積層配列状態は一種の液晶状態で、メソフェーズ (中間相) と呼ばれている。メソフェーズ状態は、反射偏光顕微鏡観察が可能であり、ピッチの前炭素状態のイメージを見ることができる。熱処理前のピッチのようにメソフェーズが存在せず光学的に等方性であって、偏光顕微鏡では観察できないものを等方性ピッチ、メソフェーズ組織が発達して光学的に異方性となり、偏光顕微鏡観察可能なものを異方性ピッチと呼んでいる。メソフェーズ状態を制御してピッチを調整することが、炭素繊維をはじめとする炭素材料製造における重要な技術として多くの研究がなされてきた。

さて、MCMBが発生した段階のピッチをキノリン、ピリジン等の溶剤で処理することによって、MCMBを溶剤不溶分として単離することができる。MCMBは前述のように炭素 (黒鉛) 前駆体とみなすことができ、これを原料とする炭素材料の製造が試みられている。

たとえば、炭素成形体の製造例として次のような報告^{30),31)}がある。カフジ減圧残油を430℃、60分間熱処理したときに発生するMCMB (球径約3 μm) を単離し、バインダーを用いることなく1,500kgf/cm² (147MPa) 以上の圧力で加圧成形後焼成することによって、高密度・高強度炭素成形体を製造できる。これは構成要素である小球体単位で見れば、黒鉛結晶に近い異方性を有しているが、各粒子がランダムに配向しているためバルクでみれば等方性である。この方法によれば、コークス粉とバインダーを混合し、成形、焼成する従来の一般的な方法に比較して操作が単純である。得られる炭素成形体は、高温型原子炉用黒鉛材、放電加工用電極、メカニカルシール等への利用が考えられる。

またMCMBを水酸化カリウム等のアルカリ蒸気で活性化し、大きな比表面積を有する活性炭の製造やふっ化ピッチの製造例^{32),33)}がある。前者は、平衡吸着量が非常に大きいことや吸脱着速度が速い等の特長を生かして、天然ガス自動車用のガス吸蔵材への利用が考えられるという。

(2) 炭素繊維

群馬大学の大谷杉郎らは、ポリ塩化ビニル (PVC) の炭化現象を研究している過程で、PVCを熱処理して得たピッチ (PVCピッチ) が曳糸性の良いことに着目

し、このピッチを原料として炭素繊維製造が可能であることを見つけた。これがピッチ系炭素繊維開発の嚆矢となったと言えよう。その後1970年に、呉羽化学が原油分解ピッチの用途開発の一環として汎用品 (GP品) を工業化している。

炭素繊維の原料としてアスファルトを見た場合には、先ず次のような性質が要求されよう。

- ・曳糸性がある、紡糸可能であること。
- ・紡糸した繊維同士が融着しないこと。
- ・紡糸した繊維が炭化過程で溶融しないで繊維の形態を維持していること。

ストレートアスファルトは、一般には伸度試験において体験するように良く伸びる性質があり曳糸性があると考えられるが、伸度の大きいアスファルトは針入度の大きい軟質のものであって、紡糸した繊維同士が融着しその後の取扱いが難しい。したがって、何らかの手段で低針入度、高軟化点でかつ曳糸性のあるものとする必要がある。

たとえば前述の大谷³⁴⁾はブローンアスファルトを原料として、概略次のような炭素繊維の製造を試みている。すなわち、ブローンアスファルトに対して乾留処理と減圧蒸留処理を施すことによって低沸点成分を除去し軟化点を高くし、これを260~340℃の適当な温度で加熱溶融し、直径0.8または0.5mmのノズル口から押し出し紡糸しポビンに巻き取る。この段階のアスファルト繊維は、容易に想像できるように強度が小さく熱溶解性で、このままでは以後の加熱による炭化処理に耐えない。そこで60℃においてオゾン含有空気によって酸化処理し、熱的に不溶解性を高める。オゾン処理後さらに空气中で260℃まで昇温することで不融化を完全に施す。この不融化繊維を窒素中で1,000℃まで加熱し、炭素繊維を得た。この時の炭化過程での収率は、65%であった。また、得られた炭素繊維の直径は、8~25 μm 、引張り強度3,000~13,000kgf/cm² (294~1,274MPa)、電気比抵抗 $1.13 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ である。

また、原料アスファルトの処理として、溶剤抽出処理および空気吹き込み処理を組み合わせる方法³⁵⁾も提案されている。すなわち、ストレートアスファルトに対してプロパン脱圧処理などによって主として飽和分を選択的に除去し、さらにこれにエアブローンを行って軟化点を高めたアスファルトを原料にする方法である。この前処理によって、針入度0~2、軟化点130~150℃のアスファルトが得られる。紡糸以降は大谷らの方法とほぼ同様にして、1,000℃まで焼成して、引張強度

10,000kgf/cm² (980MPa) の炭素繊維を得た。

以上の2例は、紡糸した繊維が互いに融着しない程度まで軟化点を高めておいて紡糸し、炭化過程に移る前に熱的に溶融しないように酸化処理を行っている。この際、空気による酸化速度が非常に小さいと考えられる低温においては、オゾン含有空気を使用して酸化による不融化処理を施している。

これらの例から分かるように、アスファルトを直接原料として炭素繊維を製造した場合は、高強度・高弾性のいわゆるHP (high performance) 品は得難い。HP品は、熱改質処理によってメソフェーズを発生させたピッチを原料として製造されるが、アスファルトは組成的に飽和分からアスファルテンまで分子種の分布が広く、また一般に硫黄含有量が多いなどの点で3次元架橋構造を生成し易く、紡糸可能なメソフェーズピッチを形成することが難しいように思われる。

(3) 活性炭

活性炭についても、1973年呉羽化学が原油分解ピッチを原料として工業生産している。これは粒径が均一で真球度が高い粒状活性炭で、「黒い真珠のように美しく、サラサラと水のように流れる優れた流動性を持ったもの³⁶⁾」であった。

一方、アスファルトそのものを原料とした活性炭の製造も種々試みられており、アスファルト誌にも紹介されている³⁷⁾。

粒状活性炭を製造する場合は、炭素繊維の場合と異なり、紡糸といったかなり難しい工程がない代わりに、粉碎、造粒工程が入るのが一般的である。アスファルトを粉碎可能とするためには、冷却して粉碎するといった特殊な手段を別として、現実的にはやはりアスファルトの軟化点を高める必要がある。このため、石油各社を中心に次のような種々の手段を用いたアスファルト処理による活性炭の製造方法が提案されている。

① アルカリ金属水酸化物またはアルカリ金属炭酸塩を添加する方法³⁸⁾

アスファルトにアルカリ金属水酸化物またはアルカリ金属炭酸塩を混合し、温度430～650℃でコーキングし、得られた炭化物を賦活する。賦活はリン酸を添加し水蒸気を用いて840℃で行なっている。

なお、本法に近いものに常圧残油と苛性ソーダ水溶液を混合し、乾留することによって活性炭を製造する方法³⁹⁾も報告されている。

② 単体硫黄を添加して、加熱処理する方法^{40), 41)}

アスファルトに硫黄を添加することによって、脱水素反応と同時に架橋を起こさせ熱的に溶融しない炭化物を得る。これを賦活して活性炭とする。すなわちアスファルトと硫黄をほぼ等量混合し、温度210～250℃に加熱処理して硫黄とアスファルトを反応させ、加硫アスファルトを得る。これを粉碎し、アスファルトをバインダーとして用いて押出し成形する。成形粒子を400℃まで加熱炭化し、水蒸気または二酸化炭素によって賦活し粒状活性炭を得る。

③ プロパン、ブタンなどの軽質飽和炭化水素を用いた溶剤抽出による方法⁴²⁾

アスファルトを溶剤抽出処理して得られる沈殿瀝青物、またはこれにさらに空気吹き込み処理を行なって、飽和分5 wt%以下、軟化点140～300℃、針入度1以下としたものを原料とする。空気吹き込み処理の替わりに塩化アルミニウム、塩化鉄、リン酸化合物などと共に熱処理してもよい。例えば、針入度430の減圧蒸留残油にプロパン抽出を施し、軟化点80℃の瀝青物を製造し、これにさらに260℃において空気吹き込み処理を行い、飽和分1.5 wt%、軟化点165℃、針入度0の原料を得た。これを粉碎した後押出し造粒し、空気中で260℃まで徐々に加熱し、不融化処理を行ない、ついで窒素中で650℃まで加熱して炭化した。炭化物に対して800℃で水蒸気賦活して比表面積1,300 m²/gの活性炭を得ている。

これらの他にも硫酸処理による方法^{43), 44)}などの例がある。

炭素質物質を活性炭とするためには、比表面積を大きくするための賦活操作が必要である。賦活条件を厳しくすれば比表面積は増加傾向を示すが、収率が低下し、細孔分布も変わって来よう。また、粒状活性炭の場合に特に重要な粒子強度が低下する。したがって、賦活条件は、これらの特性のバランスを考慮して決めることになる。

— 参考文献 —

- 1) 日月紋次：電気絶縁ワニス及びコンパウンド，昭晃堂，1960，P.352
- 2) 斎藤幸男：電気絶縁材料便覧，日刊工業新聞社，1965，P.109
- 3) 山本研一：新しい工業材料の化学，金原出版，1972，P.5

- 4) 佐藤文彦：耐熱・絶縁材料，共立出版，1993，P.1
- 5) 農業土木事業協会：のり面保護工—設計・施工の手引き，(社)農山漁村文化協会，1990
- 6) 安保 昭：のり面緑化工法—のり面の安定と緑化，森北出版，1983
- 7) 村山雅人，脇阪三郎，佐藤和夫，関口 勲：アスファルトのカプセル化とその応用，石油学会石油製品討論会，1992.6
- 8) 野平照雄，二村宣次：岐阜県林業センター報告書，No.2 (別刷)，1976年3月
- 9) 上田明一：ノウサギの被害と防除対策，林業と薬剤，No.68～69，1979年
- 10) 大津正英：トウホクノウサギの生態と防除に関する研究，山形林試研究報告，No.5，1974年
- 11) 谷口 明：鳥獣害の防ぎ方，ノウサギ，農山漁村文化協会，1982年
- 12) 安崎 裕：アスファルト乳剤を使った舗装の新しい試み，あすふあるとにゅうぎい，No.129，1997
- 13) 朝日新聞記事より，平成9年3月22日付け
- 14) 高度情報科学技術研究機構：インターネットホームページ
- 15) 原子力安全白書 (平成6年版)
- 16) 下川純一：日本原子力事業NAIG特報，1989年8月号
- 17) 東海再処理施設アスファルト固化処理施設における火災爆発事故調査委員会資料4-5および日揮株式会社パンフレット (DRUM MIXER PROC-ESS)
- 18) 東海再処理施設アスファルト固化処理施設における火災爆発事故調査委員会資料17-5
- 19) 動力炉・核燃料開発事業団：公開資料TN-841-73-17，放射性廃棄物のアスファルト固化処理 (アスファルト固化体の安全性評価試験)，1973年7月
- 20) 日本砂漠開発協会，DDIJ No.8，1996.10.20
- 21) Frede H.G., Soil Technol., Vol.7 (1), 1994, P.47
- 22) Tripathi R.P., Soil Tillage Res., Vol.4 (4), 1984, P.381
- 23) 村山，脇阪，佐藤，関口：『平成4年度石油製品討論会資料』，石油学会，1992，P.96
- 24) 恒和化学工業(株)：技術資料
- 25) 恒和化学工業(株)：製品技術説明書
- 26) 恒和化学工業(株)：パンフレット『グランド土壤改良剤標準施工仕様書』，(平成7年)
- 27) 恒和化学工業(株)：パンフレット『砂地での地下水蒸発抑制効果』，(平成8年)
- 28) 公開特許公報：特開平8-283581
- 29) (株)扇美 技術説明資料
- 30) 山田泰弘，本田英昌，柴田薫，大井章市：炭素，1977 (No.88)，2 (1977)
- 31) 山田泰弘：アスファルト誌，Vol.21, No.117，1978，P.70
- 32) 松村雄次：ペトロテック，Vol.13, 1990, P.883
- 33) 松村雄次：化学と工業，Vol.43, 1990, P.358
- 34) 大谷杉郎，山田和夫：工業化学雑誌，Vol.69, 1996, P.626
- 35) 三菱石油：特公昭47-46009
- 36) 五味真平：ペトロテック，Vol.19, 1996, P.130
- 37) 工藤一至：アスファルト誌，Vol.21, No.114, 1978, P.40
- 38) 大協石油：特開昭48-34095
- 39) 石油学会誌：山口達明，松田信吾，深尾謹之介，鳴田吉英，Vol.18, 1975, P.176
- 40) 出光興産：特開昭48-95392
- 41) 井尻隆三，花村智明，村川喬，安村均，小田勝，早川敏夫，田仲千代：石油学会誌，Vol.20, 1977, P.31
- 42) 三菱石油：特開昭50-146594
- 43) 工業技術院長：特開昭49-23794
- 44) 工藤一至，寺田清，横川晃，三戸岡憑之，白尾三樹，石橋一二，野田良男：燃料協会誌，Vol.55, 1976, P.749

第1章 防水・防湿

- 小澤恒延 山一加工紙株式会社 取締役営業部長
鈴木康弘 田島ルーフィング株式会社
所 武彦 日本綜合防水株式会社 技術開発本部部長

第2章 建築

- 荒川隆明 コスモアスファルト株式会社 建材販売部課長
今井博文 昭和シェル石油株式会社 技術商品部アスファルト課副課長
土居貞幸 社団法人日本アスファルト協会 参事

第3章 原料

- 藤井正己 富士石油株式会社 生産管理部次長
矢野恭治 株式会社ジャパンエナジー 精製部主席技師長
渡邊光喜 出光興産株式会社 製造部石油技術センター燃料油技術課

第4章 燃料

- 渡邊光喜 出光興産株式会社 製造部石油技術センター燃料油技術課

第5章 その他

- 栗田 明 東亜道路工業株式会社 技術研究所
西岡敏昭 西兼化学工業株式会社 常務取締役
長谷川宏 日本石油株式会社 中央研究所トライボロジー研究室主管研究員
二見敏彦 株式会社相模オプト 技術部ゼネラルマネジャー
三谷治郎 三菱石油株式会社 開発研究所品質設計研究グループ課長
室賀五郎 三菱石油株式会社 潤滑油部アスファルトグループ次長

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3版 B 5版・64ページ・実費頒価 500円（送料実費）

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

平成8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8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	昭和シェル石油	日本石油
鹿島石油	昭和四日市石油	日本石油精製
九州石油	西部石油	富士興産
極東石油工業	谷口石油精製	富士石油
興亜石油	東燃	三菱石油
コスモ石油	東北石油	
三共油化工業	ジャパンエナジー	

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	0 ~ 10		40 ~ 60		60 ~ 80		80 ~ 100		150 ~ 200	
		範囲	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	日本道路協会規格・JIS	範囲	JIS
針入度 (25℃)		7 ~ 9	0以上10以下	44 ~ 56	40を超え60以下	61 ~ 80	60を超え80以下	81 ~ 98	80を超え100以下	154 ~ 200	150を超え200以下
軟化点 ℃		65.0 ~ 66.5	55.0以上	48.5 ~ 53.5	47.0 ~ 55.0	45.0 ~ 51.5	44.0 ~ 52.0	43.5 ~ 48.0	42.0 ~ 50.0	37.5 ~ 42.5	30.0 ~ 48.0
伸度 (15℃) cm				40以上	10以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上
伸度 (25℃) cm											
三塩化エタン可溶分Wt%		99.70 ~ 99.80	99.0以上	99.62 ~ 99.97	99.0以上	99.49 ~ 99.99	99.0以上	99.31 ~ 99.99	99.0以上	99.23 ~ 99.99	99.0以上
引火点 ℃		358 ~ 362	260以上	270 ~ 368	260以上	270 ~ 374	260以上	274 ~ 366	260以上	294 ~ 360	240以上
薄層加熱質量変化率	Wt %			0.02 ~ 0.11	0.6以下	-0.21 ~ 0.16	0.6以下	-0.37 ~ 0.12	0.6以下		
薄層加熱針入度残留率	%			58 ~ 75	58以上	57 ~ 86	55以上	55 ~ 74	50以上		
蒸発質量変化率Wt %		0.01 ~ 0.01	0.3以下							-0.08 ~ 0.01	1.0以下
蒸発後の針入度比 %				81 ~ 102	110以下	82 ~ 107	110以下	81 ~ 101	110以下		
密度 (15℃) g/cm ³		1.065 ~ 1.069	1.000以上	1.031 ~ 1.046	1.000以上	1.020 ~ 1.042	1.000以上	1.011 ~ 1.039	1.000以上	1.018 ~ 1.030	1.000以上
動粘度 (120℃) mm ² /s				844 ~ 1,480		618 ~ 1,360		503 ~ 1,090		430 ~ 510	
動粘度 (140℃) mm ² /s						342 ~ 439		267 ~ 400		172 ~ 200	
動粘度 (150℃) mm ² /s				145 ~ 295		154 ~ 280		131 ~ 264		116 ~ 134	
動粘度 (160℃) mm ² /s						144 ~ 187		112 ~ 181		82 ~ 93	
動粘度 (180℃) mm ² /s				42.2 ~ 95.4		52.9 ~ 100		46.4 ~ 100		44.0 ~ 50.0	

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℃)	11~18	10を超え20以下	21~29	20を超え30以下
軟 化 点 ℃	95.0~112.5	90.0以上	84.0~103.0	80.0以上
伸 度 (25℃) cm	1 ~ 4	1 以上	2 ~ 4	2 以上
三塩化エタン可溶分 W t %	99.30~99.90	98.5以上	99.20~99.99	98.5以上
引 火 点 ℃	296~352	210以上	296~348	210以上
蒸発質量変化率 W t %	-0.03~0.01	0.5以下	-0.03~0.05	0.5以下
針 入 度 指 数	3.3~5.1	2.5以上	3.2~4.8	2.5以上

(注) 40~はセミブローンアスファルト。

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	31~44	30以上50以下
針 入 度 指 数	5.0~8.7	5.0以上	6.0~7.4	6.0以上
軟 化 点 ℃	100.0~135.0	100以上	98.5~118.5	95以上
蒸発質量変化率 W t %	-0.06~0.01	1 以下	-0.02~0.00	1 以下
三塩化エタン可溶分 W t %	99.18~99.97	95以上	99.12~99.90	92以上
引 火 点 ℃	292~350	280以上	292~350	280以上
フラスゼい化点 ℃	-26~-15	-15以下	-29~-20	-20以下
だ れ 長 さ mm	0 ~ 7	8 以下	0 ~ 6	8 以下
加 熱 安 定 性 ℃	1 ~ 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	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g/cm ³	動 粘 度 (mm ² /s)				
						質 量 変 化 率 Wt %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	140℃	150℃	160℃	180℃
1	68	49.1	140以上	99.92	300以上	+0.02	68.1	97	1.036	930		209		72.7
2	68.2	49.1	100以上	99.8	336	+0.01	67.3	97	1.036	1,161		262		87
3	68	48.9	150以上	99.76	341	+0.08	76.1	92	1.033	1,001		236		80.6
4	69.4	47.5	150以上	99.77	366	+0.08	69.9	93	1.035	991		238		77.0
5	67	48.0	150以上	99.95	351	+0.09	67.7	97	1.036	922		210		70.3
6	69.5	48.5	130以上	99.95	319	-0.14	64.7	100	1.035	826		190		64.5
7	67	48.2	130以上	99.9	338	+0.02	68.3	98	1.035	919		208		69.6
8	69	48.5	130以上	99.78	303	+0.00	68.5	98	1.033	823		193		65.8
9	70	46.5	100以上	99.83	358	+0.09	70.1	90	1.037	867		198		66.5
10	69	49.2	150以上	99.76	334	+0.06	71.5	93	1.035	951		224		81
11	70	48.4	100以上	99.8	346	+0.05	69.0	94	1.023	1,109	392	254	172	87
12	68	48.3	150以上	99.96	270以上	+0.05	66.3	84	1.033	897		211		72.1
13	69	46.4	100以上	99.8	330	+0.01	62.0	104	1.031	749		178		62
14	69.9	48.7	150以上	99.81	354	+0.06	65.4	99	1.032	889		207		71.6
15	69	47.0	150以上	99.8	300	-0.23	64.0	85	1.030	1,073	336	231	153	100以下
16	71	47.3	140以上	99.90	351	-0.03	61.1	94	1.034	837		196		66.6
17	72	48.5	150以上	99.91	342	+0.03	62.6	101	1.033	979		228		77.3
18	65	47.5	150以上	99.89	366	+0.10	67.0	98	1.034	939		233		74.5
19	70	46.6	150以上	99.87	360	+0.07	69.6	99	1.036	1,038		222		71.8
20	72.6	50.0	100以上	99.99	334	+0.05	70.6		1.032	1,057	378	244	164	82.0
21	66	48.0	140以上	99.96	300以上	+0.07	72.7	100	1.038	968		233		73.0
22	65	48.0	150以上	99.9	353	+0.09	66.0	100	1.035	1,050	372	239	160	80
23	66.1	48.4	150以上	99.96	358	+0.10	63.8	100	1.038	965		221		72.2
24	71	47.1	150以上	99.76	314	+0.08	60.7	99	1.030	794		181		61.0
25	69	49.4	150以上	99.96	363	+0.11	68.4	96	1.036	1,150		235		76.6

表-5 ストレートアスファルト性状表 (80~100)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g/cm ³	動 粘 度 (mm ² /s)				
						質 量 変 化 率 Wt %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	140℃	150℃	160℃	180℃
1	87	46.8	140以上	99.93	300以上	+0.04	67.5	99	1.033	777		184		66.5
2	92	45.0	150以上	99.96	348	+0.10	64.5	96	1.034	683		163		56.5
3	89.8	46.2	130以上	99.96	318	-0.14	64.1	100	1.032	661		159		55.8
4	89	46.3	130以上	99.83	301	+0.00	69.8	98	1.031	689		167		58.8
5	90	44.5	100以上	99.82	354	+0.09	68.2	91	1.034	720		172		59.5
6	89	46.2	100以上	99.8	345	+0.06	64.0	98	1.018	940	342	223	154	78
7	89	46.0	150以上	99.96	270以上	+0.06	65.9	87	1.030	726		176		63.5
8	90.6	46.3	150以上	99.79	350	+0.05	63.5	100	1.031	744		180		63.4
9	88	46.0	150以上	99.8	288	-0.34	63.0	87	1.028	840	288	181	120	100以下
10	88	44.9	140以上	99.84	349	-0.03	61.7	92	1.030	692		168		59.1
11	84	46.6	150以上	99.90	329	+0.03	61.8	101	1.030	821		198		68.8
12	90.6	45.8	150以上	99.95	356	+0.10	63.6	100	1.035	776		186		63.0
13	91	47.5	150以上	99.98	335	+0.04	70.0	86	1.035	878		208		68.1
14	89	45.1	150以上	99.66	313	+0.08	58.9	99	1.027	626		150		52.5
15	92	45.9	150以上	99.96	353	+0.10	67.3	100	1.032	772		184		62.3

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その1

石油アスファルト需給実績 (総括表)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	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 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	59	2,952	326	3,278
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	1	3,479	3,216	(103.6)	17	3,233	244	3,477
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年度上期	244	2,910	(98.0)	1	3,155	2,803	(96.9)	26	2,829	329	3,158
5 年度下期	329	3,209	(101.8)	1	3,539	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年度上期	238	2,954	(101.5)	1	3,193	2,761	(98.5)	60	2,821	377	3,198
6 年度下期	377	3,070	(95.7)	0	3,447	3,073	(95.1)	112	3,185	272	3,457
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,834	(96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年度上期	272	2,814	(95.3)	0	3,086	2,620	(94.9)	175	2,795	300	3,095
1 ~ 3 月	263	1,543	(104.1)	0	1,806	1,464	(101.0)	76	1,540	271	1,811
7 年度下期	300	3,211	(104.6)	1	3,512	3,077	(100.1)	168	3,245	271	3,516
7 年 度	272	6,025	(100.0)	1	6,298	5,697	(97.7)	343	6,040	271	6,311
8. 4 月	271	564	(97.9)	0	835	496	(103.1)	29	525	311	836
5 月	311	446	(116.4)	0	757	422	(122.3)	19	441	317	758
6 月	317	409	(114.6)	0	726	381	(90.7)	21	402	325	727
4 ~ 6 月	271	1,419	(107.9)	0	1,690	1,299	(104.3)	69	1,368	325	1,693
7 月	325	482	(92.7)	0	807	491	(112.9)	22	513	297	810
8 月	297	524	(108.9)	0	821	451	(100.2)	39	490	333	823
9 月	333	518	(104.4)	0	851	493	(100.8)	28	521	338	859
7 ~ 9 月	325	1,524	(101.8)	0	1,849	1,435	(104.4)	89	1,524	338	1,862
8 年度上期	271	2,943	(104.6)	0	3,214	2,734	(104.4)	158	2,892	338	3,230
10 月	338	493	(92.3)	0	831	518	(101.0)	29	547	284	831
11 月	284	559	(98.4)	1	844	527	(97.2)	33	560	287	847
12 月	287	548	(96.8)	0	835	519	(93.0)	30	549	289	838
10 ~ 12 月	338	1,600	(95.9)	1	1,939	1,564	(97.0)	92	1,656	289	1,945
9. 1 月	289	411	(96.7)	0	700	357	(102.9)	10	367	335	702
2 月	335	445	(95.7)	0	780	430	(98.6)	10	440	341	781
3 月	341	673	(103.1)	0	1,014	731	(107.3)	19	750	268	1,018
1 ~ 3 月	289	1,529	(99.1)	0	1,818	1,518	(103.7)	39	1,557	268	1,825
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	5,816	(102.1)	289	6,105	268	6,373
9. 4 月	268	551	(97.7)	0	819	428	(86.3)	27	455	365	820
5 月	365	353	(79.1)	0	718	341	(80.8)	22	363	357	720
6 月	357	374	(91.4)	0	731	402	(105.5)	25	427	305	732
4 ~ 6 月	268	1,278	(90.1)	0	1,546	1,171	(90.1)	74	1,245	305	1,550
7 月	305	534	(110.8)	1	840	467	(116.2)	38	505	337	842

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 9年7月確報
(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千 t）

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 アスファルト	合 計	ストレート・アスファルト				ブローン アスファルト	合 計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
61 年 度	3,979	241	1,238	5,458	237	5,695	106.4	173.4	135.9	114.0	96.3	113.1
62 年 度	4,252	360	995	5,607	255	5,862	106.9	149.4	80.4	102.7	107.6	102.9
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 年度上期	2,153	253	372	2,778	115	2,893	103.0	94.4	100.0	101.8	103.6	101.8
4 年度下期	2,406	315	369	3,090	126	3,216	108.1	97.5	87.0	103.9	96.9	103.6
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 年度上期	2,022	265	404	2,691	112	2,803	93.9	104.7	108.6	96.9	97.4	96.9
5 年度下期	2,315	336	456	3,107	126	3,233	96.2	106.7	123.6	100.6	100.0	100.5
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 年度上期	1,939	257	455	2,651	110	2,761	95.9	97.0	112.6	98.5	98.2	98.5
6 年度下期	2,190	249	513	2,952	121	3,073	94.6	74.1	112.5	95.0	96.0	95.1
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 年度上期	1,838	212	468	2,518	102	2,620	94.8	82.5	102.9	95.0	92.7	94.9
1 ～ 3 月	1,045	119	237	1,401	63	1,464	101.8	115.5	90.5	100.6	110.5	101.0
7 年度下期	2,173	264	510	2,947	130	3,077	99.2	106.0	99.4	99.8	107.4	100.1
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. 4 月	387	13	80	480	16	496	113.5	35.1	93.0	103.4	94.1	103.1
5 月	281	46	76	403	19	422	112.0	657.1	105.6	122.1	126.7	122.3
6 月	253	38	73	364	17	381	83.5	115.2	109.0	90.3	100.0	90.7
4 ～ 6 月	921	97	229	1,247	52	1,299	103.0	124.4	101.8	104.2	106.1	104.3
7 月	342	48	83	473	18	491	112.5	98.0	125.8	112.9	112.5	112.9
8 月	297	37	100	434	17	451	97.7	78.7	122.0	100.2	100.0	100.2
9 月	329	49	96	474	19	493	97.6	128.9	101.1	100.9	100.0	100.8
7 ～ 9 月	968	134	279	1,381	54	1,435	102.4	100.0	114.8	104.5	103.8	104.4
8 年度上期	1,889	231	508	2,628	106	2,734	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
10 月	360	53	84	497	21	518	102.0	103.9	96.6	101.2	95.5	101.0
11 月	390	41	76	507	20	527	101.3	93.2	85.4	97.9	83.3	97.2
12 月	361	43	96	500	19	519	92.1	86.0	100.0	92.9	95.0	93.0
10 ～ 12 月	1,111	137	256	1,504	60	1,564	98.5	94.5	93.8	97.3	89.6	97.0
9. 1 月	205	41	92	338	19	357	101.5	80.4	122.7	103.0	100.0	102.9
2 月	269	41	100	410	20	430	91.2	97.6	129.9	99.0	90.9	98.6
3 月	570	47	93	710	21	731	104.0	180.8	109.4	107.7	95.5	107.3
1 ～ 3 月	1,044	129	285	1,458	60	1,518	99.9	108.4	120.3	104.1	95.2	103.7
8 年度下期	2,155	266	541	2,962	120	3,082	99.2	100.8	106.1	100.5	92.3	100.2
8 年 度	4,044	497	1,049	5,590	226	5,816	100.8	104.4	107.3	102.3	97.4	102.1
9. 4 月	323	14	76	413	15	428	83.5	107.7	95.0	86.0	93.8	86.3
5 月	238	8	79	325	16	341	84.7	17.4	103.9	80.6	84.2	80.8
6 月	287	20	78	385	17	402	113.4	52.6	106.8	105.8	100.0	105.5
4 ～ 6 月	848	42	233	1,123	48	1,171	92.1	43.3	101.7	90.1	92.3	90.1
7 月	308	57	85	450	17	467	90.1	118.8	102.4	95.1	94.4	116.2

- 〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 9 年 7 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。

アスファルトの利用技術

B 5 版・290ページ・実費頒価 ¥4,000 (送料実費)

申込先 (社) 日本アスファルト協会
〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8
秀和第3虎ノ門ビル7階

我が国におけるアスファルトの利用は、縄文前期の終わり頃より土器や石棺などの接着剤として使われ始めました。その後、江戸末期には油煙の原料として、明治に入ると防水や防湿および道路用として利用される等、アスファルトの黎明期を迎えております。

現在では、これまでの用途以外にも水利構造物や鉄道、燃料といった多くの分野に利用されるようになっております。

今回、創立40周年を記念し、アスファルトの種類、規格、製造方法、代表的な利用技術に関してわかりやすく執筆した本邦初の解説書を取りまとめました。

百科事典として、また関係者必読の書としてご購入をお勧めいたします。

目 次

第1編 アスファルト

- 第1章 天然アスファルトと石油アスファルト
- 第2章 アスファルト乳剤
- 第3章 改質アスファルト

第2編 アスファルトの道路舗装への利用

- 第1章 アスファルトと舗装
- 第2章 道路の種類と舗装構造
- 第3章 アスファルト混合物の種類と工法
- 第4章 アスファルト混合物の製造と施工
- 第5章 舗装の破損と補修

第3編 アスファルトの各種舗装への利用

- 第1章 空港
- 第2章 港湾
- 第3章 鉄道
- 第4章 鉄道貨物ヤード
- 第5章 構内・駐車場
- 第6章 歩道・自転車道
- 第7章 スポーツ施設
- 第8章 レース場・テストコース
- 第9章 石油タンク基礎
- 第10章 水利構造物
- 第11章 廃棄物最終処分場

第4編 防水・その他への利用

第1章 防水・防湿

- 1. 土木防水
- 2. 屋上防水 (陸屋根防水)
- 3. 屋根防水 (勾配屋根防水)
- 4. ターポリン紙 (防湿紙)

第2章 建築

- 1. 木造住宅用床防音材
- 2. 床材
- 3. 鋼管塗布

第3章 原料

- 1. 酢酸原料用アスファルト
- 2. 石油コークス原料
- 3. 製鉄用コークスバインダー

第4章 燃料

第5章 その他

- 1. 電気絶縁用
- 2. レンズ研磨
- 3. のり面緑化用アスファルト乳剤
- 4. ノウサギ忌避剤
- 5. トンネル断熱材
- 6. 放射性廃棄物の固化材
- 7. その他への利用

アスファルト統計史 B 5 版・187ページ・¥3,000 (送料実費)

アスファルト統計史 (昭和62年度～平成3年度)

B 5 版・55ページ・¥500 (送料実費)

アスファルト統計史 (平成4年度～平成8年度)

B 5 版・55ページ・¥500 (送料実費)

三冊セット ¥3,500 (送料実費)

申込先 (社) 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8

秀和第3虎ノ門ビル7階

我が国において、アスファルトが利用されてきたのは紀元前にまでさかのぼることが出来ます。

当時の利用目的は、防水・接着剤等に用いられていたようですが、今日では、道路用を始めとして工業用・燃焼用と色々な用途に用いられるようになり、需要量も増大してまいりました。

当協会の調査委員会において、我が国のアスファルト統計について資料の収集・整理に努めて参り、30周年記念として明治から昭和61年度までの統計を「アスファルト統計史」として昭和62年12月に出版いたしました。その後、「アスファルト統計史 (昭和62年度～平成3年度)」を平成4年12月に、「アスファルト統計史 (平成4年度～平成8年度)」を平成9年12月に出版いたしました。

アスファルトに関する統計としては、我が国唯一の資料であり、内容的にもきめ細かく取りまとめられておりますので、関係者必携の書としてお勧めします。

目 次

I. 生産量

1. アスファルト年別生産量
2. アスファルト品種別月別生産量
3. 石油アスファルト月別生産量
4. 石油アスファルト品種別月別生産量

II. 内需量 (販売)

1. アスファルト販売量
2. アスファルト品種別月別販売量
3. 石油アスファルト月別内需量
4. 石油アスファルト品種別月別内需量

III. 輸出入

1. アスファルト年別輸入・輸出量
2. アスファルト月別輸入・輸出量

IV. 在庫量

1. 石油アスファルト年別在庫量
2. 石油アスファルト月別在庫量
3. 石油アスファルト品種別月別在庫量

V. 販売量

1. 石油アスファルト品種別針入度販売量
2. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量
3. 石油アスファルト地域別月別販売量

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	(100-0005) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3135
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107-0052) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9438
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102-0094) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9556
キグナス石油株式会社	(104-0028) 中央区八重洲2-8-1	03 (3276) 5211
キグナス石油精製株式会社	(150-0012) 渋谷区広尾1-1-39	03 (5778) 5100
九 州 石 油 株 式 会 社	(100-0011) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8606
極東石油工業株式会社	(104-0031) 中央区京橋1-8-7	03 (5250) 2681
興 亜 石 油 株 式 会 社	(108-0023) 港区芝浦3-4-1	03 (5441) 2516
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105-0023) 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	(105-0001) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(135-0091) 港区台場2-3-2	03 (5531) 5765
昭和四日市石油株式会社	(510-0851) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2111
西 部 石 油 株 式 会 社	(105-0003) 港区西新橋2-1-1	03 (5512) 3417
ゼネラル石油株式会社	(105-0022) 港区海岸1-16-1	03 (5403) 3433
東 燃 株 式 会 社	(150-0012) 渋谷区広尾1-1-39	03 (5778) 5179
東 北 石 油 株 式 会 社	(985-0901) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1122
日 本 石 油 株 式 会 社	(105-0003) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
日本石油精製株式会社	(105-0003) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
富 士 興 産 株 式 会 社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571
富 士 石 油 株 式 会 社	(104-0044) 中央区明石町8-1	03 (3547) 0011
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105-8457) 港区虎ノ門1-2-6	03 (5521) 2068
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(108-8005) 港区港南1-8-15	03 (5495) 6700

[ディーラー]

● 北海道

コスモアスファルト(株)北海道支店	(060-0042) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3906	コ ス モ
東光商事株式会社札幌営業所	(060-0042) 札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241) 1561	三 石
中西澁青株式会社札幌営業所	(060-0002) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2895	日 石
株 式 会 社 ロ ー ド 資 材	(060-0001) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3976	コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
● 東北		
株式会社男鹿興業社	(010-0511) 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
コスモアスファルト(株)東北支店	(980-0021) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1101 コ ス モ
正興産業株式会社仙台営業所	(982-0032) 仙台市太白区富沢1-3-31	022 (244) 9586 三 石
竹中産業株式会社新潟営業所	(950-0087) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2770 昭和シェル
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 三 石
中西澀青株式会社仙台営業所	(980-0021) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4866 日 石
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 三 石
● 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	(104-0032) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001 出 光
伊藤忠商事株式会社	(107-0061) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6548 九 石
伊藤忠燃料株式会社	(153-0063) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211 J O M O
梅本石油株式会社	(162-0824) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7541 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1-2-2	03 (5251) 0961 三 石
株式会社木畑商会	(104-0032) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3191 J O M O
共立石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6640 J O M O
株式会社ケイエム商運	(103-0028) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1626 三 石
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
株式会社澤田商行関東支店	(104-0042) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7131 コ ス モ
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	(105-0013) 港区浜松町2-3-31	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
株式会社トーアス	(153-0063) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8250 J O M O
東京富士興産販売株式会社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3401 富士興産
東光商事株式会社	(104-0031) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2751 三 石
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
株式会社トーマン	(107-0052) 港区赤坂2-14-27	03 (3588) 7955 昭和シェル
東洋国際石油株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3555) 8138 コ ス モ
中西澀青株式会社	(103-0028) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471 日 石
株式会社南部商会	(100-0005) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5871 日 石
日石丸紅株式会社	(105-0003) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777 日 石
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151 昭和シェル
日東石油株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀1-11-3	03 (3551) 6101 昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103-0014) 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	(100-0014) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5211 富士興産

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
富士 鉱 油 株 式 会 社	(105-0004) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2891	コ ス モ
富士油業株式会社東京支店	(106-0031) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3501	富 士 興 産
丸 紅 エ ネ ル ギ ー 株 式 会 社	(101-0062) 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	(164-0012) 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
菱 油 販 売 株 式 会 社	(182-0024) 調布市布田4-6-1	0424 (41) 7611	三 石
瀝 青 販 売 株 式 会 社	(103-0027) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691	出 光

● 中部

コスモアスファルト(株)中部支店	(460-0003) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0711	コ ス モ
株 式 会 社 澤 田 商 行	(454-0037) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5111	コ ス モ
静 岡 鉱 油 株 式 会 社	(424-0037) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195	モ ー ビ ル
竹中産業株式会社福井営業所	(918-8015) 福井市花堂南1-11-29	0766 (33) 0001	昭 和 シェ ル
株 式 会 社 田 中 石 油 店	(918-8003) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721	昭 和 シェ ル
富 安 産 業 株 式 会 社	(939-8181) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭 和 シェ ル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(460-0007) 名古屋市中区新栄2-2-1	052 (241) 0175	日 石
松 村 物 産 株 式 会 社	(920-0031) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	三 石
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

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 (374) 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1-11-11	06 (372) 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 (364) 7212	コ ス モ
共 和 産 業 株 式 会 社	(700-0816) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	J O M O
コスモアスファルト(株)関西支店	(550-0005) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731	コ ス モ
コスモアスファルト(株)中国支店	(730-0022) 広島市中区銀山町3-1	0822 (44) 6262	コ ス モ
三 徳 商 事 株 式 会 社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551	昭 和 シェ ル
昭 和 瀝 青 工 業 株 式 会 社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
信 和 興 業 株 式 会 社	(700-0927) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三 石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532-0011) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510	昭 和 シェ ル
正 興 産 業 株 式 会 社	(650-0024) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301	三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711-0913) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0350	富 士 興 産
千代田瀝青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5531	三 石
ド ー ロ 商 事 株 式 会 社	(542-0083) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856	富 士 興 産
中西瀝青株式会社大阪営業所	(530-0047) 大阪市北区西天満3-13-3	06 (316) 0312	日 石
株 式 会 社 ナ カ ム ラ	(670-0852) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2551	J O M O
富士アスファルト販売株式会社	(550-0003) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195	富 士 興 産
富 士 商 株 式 会 社	(756-0811) 小野田市稲荷町6539	0836 (83) 3210	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
丸 和 鉱 油 株 式 会 社	(532-0026) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073	コ ス モ
横 田 瀝 青 興 業 株 式 会 社	(672-0000) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555	J O M O
株 式 会 社 菱 芳 磁 産	(671-1103) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344	J O M O

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
● 四国・九州		
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812-0011) 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
株式会社カンダ	(892-0823) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
北九州コスモ石油サービス株式会社	(804-0000) 北九州市戸畑区牧山海岸4-48	093 (871) 4720 コ ス モ
株式会社九菱	(805-0017) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810-0041) 福岡市中央区大名2-4-30	092 (771) 7436 コ ス モ
三協商事株式会社	(770-0941) 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
中西瀝青株式会社福岡営業所	(810-0001) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
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 三 石
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 副 委 員 長 : 真 柴 和 昌 阿 部 忠 行 今 井 博 文 七五三野 茂 半 野 久 光 荒 井 孝 雄 菅 野 善 朗 鈴 木 明 憲 姫 野 賢 治 安 崎 裕 栗 谷 川 裕 造 田 井 文 夫 室 賀 五 郎 池 田 拓 哉 小 島 逸 平 野 村 敏 明 森 永 教 夫

アスファルト 第194号

平成10年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

☎ 105-0001 東京都港区虎ノ門1-21-8 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.40 No.194 JANUARY 1998

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**