

## 産業廃棄物中間処理に関する研究（Ⅳ）

### —— アスファルト廃材処理施設 ——

渡辺 洋一 須貝 敏英 小野 雄策  
長森 正尚 小林 進

#### 要 旨

アスファルト廃材の処理および再利用の状況について調査した。さらに、再利用あるいは埋立処分された場合の環境への影響等を評価するために、水に溶出する成分の分析を行った。

県内のアスファルト廃材処理施設の実態調査を行ったところ、搬入されているのは道路の補修工事等から発生する廃アスファルト合材で、処理方法は破碎と熱解砕の2種類であった。処理後の碎石は路盤材や埋め戻し材として、再生アスファルト合材は駐車場の舗装や道路の仮舗装等として再利用されている。廃材および再生製品の輸送コストが大きいため、処理施設は道路工事の多い地域に偏っており、山間部には立地していなかった。また、道路工事は冬期に集中するため、廃材の発生量も冬期に増大し、夏期に減少する傾向があった。このため、年間を平均した場合に稼働率が著しく低い施設がみられた。

今後とも、アスファルト合材の使用量およびアスファルト廃材の発生量は増加することが予想される。したがって、アスファルト廃材の再生・資源化の促進を図ることが重要な課題であると考えられる。

アスファルト廃材処理施設から採取した碎石等の溶出試験を実施したところ、有害物質は検出されなかった。さらに、温度条件を変えて浸漬実験を行い、水中に溶出する有機化学物質を検索した。多環芳香族化合物のうち、ナフタレン・アセナフチレン・アセナフテン・フルオレン・フェナントレン・アントラセン・フルオランテン・ピレン等が検出された。これらの物質には浸漬温度が高くなる程溶出量が増加する傾向があり、廃材と新しく製造したアスファルト合材（バージン材）を比較すると廃材からの溶出量が多かった。しかし、いずれも溶出量は微量であり、ベンゾ（a）ピレン等の発ガン性物質である多環芳香族化合物は検出されなかった。

これらの結果から、アスファルト廃材を再利用あるいは埋立処分しても、環境に影響をあたえる可能性は少ないと考えられる。

#### 1 はじめに

本県では、急激な都市化の進展に伴い土木・建築工事が増大し、膨大な量の建設系廃棄物が発生している。また、土木・建築工事の現場からは工事期間中の短期間に多量の廃棄物が排出される。このため、処理・処分経路の確立が不完全な場合があり、不法投棄などの問題を引き起こすことが多い。

そこで、当所においても、中間処理施設調査の一環として、建設系廃棄物処理施設の実態調査および処理

残渣等の分析を行い、環境保全を前提とした処理の適正化について検討を行った。

建設廃材の場合は、埋立処分されたとしても周辺環境には影響を与えないものとして、安定型最終処分場への処分が認められている。しかし、再利用にあたって、再生した製品の性能についての検討は行われているが、再生処理工程での環境への影響および再生製品の使用先での環境影響等については明かになっていない。

本報では、建設廃材のうち、アスファルト廃材処理

施設について、実態調査の結果および再利用等による環境影響について述べる。

## 2 建設系廃棄物の発生状況

業種別産業廃棄物発生量を図1に示した。埼玉県における建設系廃棄物の発生量は、県全体の産業廃棄物発生量の約3分の1を占め、これは製造業全体から発生する産業廃棄物量に相当する<sup>1)</sup>。

他方、全国では、建設業から排出される廃棄物量は全体の18.4%に留まっている。このことから、本県は、全国的にみても産業廃棄物発生量に占める建設系廃棄物の割合が高いことがわかる<sup>2)</sup>。

産業廃棄物最終処分場の不足が深刻化している現在、

発生量の多い建設系廃棄物の最終処分量を中間処理や再利用により減少させることが重要である。

種類別産業廃棄物発生量を図2に示した。全国、埼玉県ともに汚泥・動物のふん尿・建設廃材の発生量が非常に多いことがわかる。建設系廃棄物の中では、建設基礎工事汚泥（汚泥の中で大きな割合を占めている）と建設廃材（コンクリート廃材・アスファルト廃材）の発生量が特に多い。これらの廃棄物は、有機性汚泥や廃油等の廃棄物に比べて安定・無害化処理が容易であり、夾雑物も少ない。しかし、建設廃材については中間処理（破碎処理）による減容化はあまり期待できない。このため、最終処分量を削減するには再利用の促進が必要であり、本県でも建設廃材の再利用を目的とした処理施設が多数設置されている。

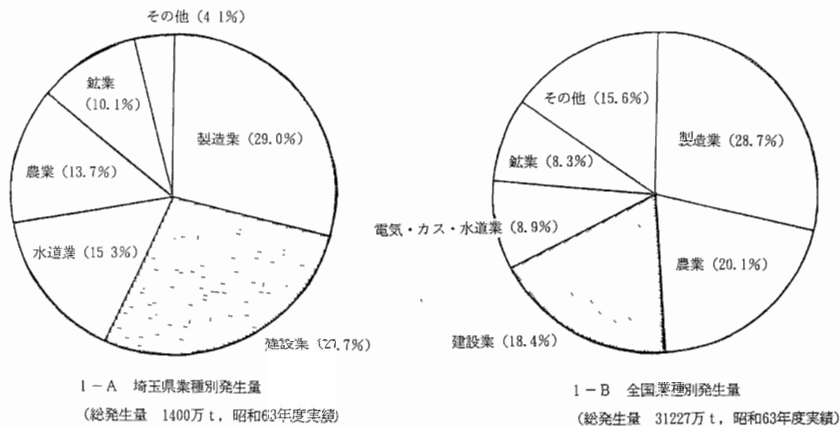


図1 業種別産業廃棄物発生量

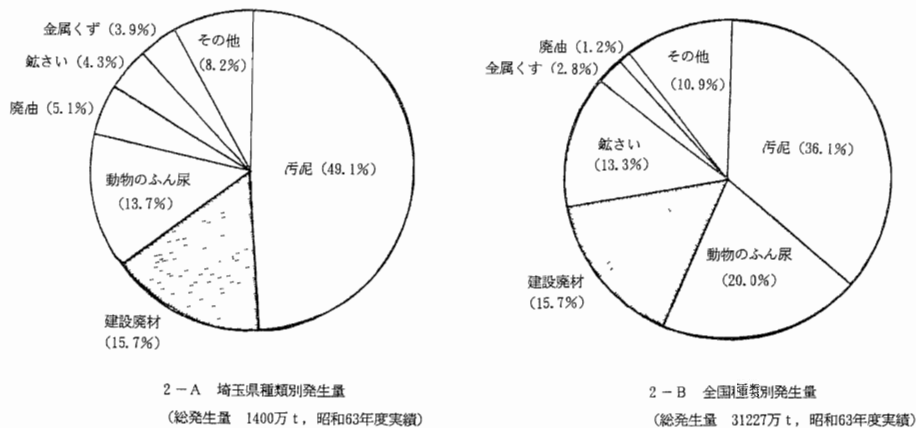


図2 種類別産業廃棄物発生量

### 3 アスファルトの使用状況

アスファルトは天然アスファルトと石油アスファルトに大別されるが、わが国で使用されているのは石油アスファルトのみである。石油アスファルトには、原油の蒸留残渣であるストレートアスファルトとこれに空気を吹き込んでできるブローンアスファルトがある。

ストレートアスファルトは、一般に伸度・粘着性が大きく、軟化点が低い。

これに対して、ブローンアスファルトでは、加熱状態で空気を吹き込むため、酸化反応により脱水や不飽和芳香族炭化水素の重合等が起こる。このため、弾性・衝撃抵抗が大きく、温度による硬さの変化が小さく、変質しにくいという特性を持つ<sup>3)</sup>。

表1に示すアスファルトの主な用途の中で、最も一般的な用途は道路の舗装材であり、全使用量の約80%を占める。さらに、駐車場や住宅・工場の敷地内の舗装材が約10%であり、舗装材としての使用量が全体の約90%を占めている<sup>3)</sup>。

舗装材として用いられるのは、主にストレートアスファルトを130～165℃に加熱し、これに骨材(砕石・砂等)やフィラー(石粉)を混合して作ったアスファルト合材である。

ルト合材である。

このアスファルト合材は、道路の補修工事や、電線・配管等の埋設・補修工事により剝離され、廃材として排出される。本県における昭和63年度のアスファルト廃材の排出量は年間約145万tにのぼり、県内の全産業廃棄物発生量の約10%に相当している<sup>1)</sup>。

### 4 アスファルト廃材中間処理施設の実態調査結果

埼玉県内では、現在19カ所のアスファルト廃材処理施設が稼働している。処理方法は破碎処理と熱解砕処理の2種類である。破碎処理後のアスファルト碎石は、路盤材や再生アスファルト合材の材料として再利用されている。熱解砕処理施設では、アスファルト廃材から直接再生アスファルト合材を製造し、再利用している。

アスファルト廃材の処理と再利用の実態を明らかにするため、県内のアスファルト廃材処理施設のうち、5カ所についてアンケート調査および聞き取り調査を行った。

県内のアスファルト廃材処理施設の設置位置および実態調査を行った対象施設を図3に示す。

表1 アスファルトの用途

アスファルト種類	用途	摘要	針入度*
ストレート アスファルト	道路等舗装用	骨材、フィラー等を添加し、道路や工場等敷地の舗装	40～120
	アスファルトブロック	骨材等を添加し加圧成形した舗装材。橋面、歩道に使用	20～45
	ルーフィング(下引)	建築物の防水材料	60～200
	塗料	耐酸、防食、防サビペイント等	0～30
ブローン アスファルト	ルーフィング(上引)	建築物の防水材料	10～30
	塗料	耐酸、防食、防サビペイント等	0～40
	ターポリン紙	紙の間にアスファルトをいれ、防水・防湿性をもたせる	20～30
	目地板	コルク粉末、繊維等を混合し、コンクリートのエキスパンジョイントに使用	10～20
	電気絶縁材料	樹脂、動植物油とともにコンパウンドとして使用	10～20
	ゴム混和	地下タビの底等のゴム用	0～40
	ネックグリース	圧延機用ブロックグリース	0～5
	保冷	保冷のほか防湿用にも使用	10～20
	水道用鋼管の塗覆装	水道用鋼管防食のためアスファルト布の塗覆装	10～40
	メッキタンク上塗り	酸等による腐食防止	10～30
	ブレーキライニング	ブレーキライニングに浸透用として使用	0～5
	艦船ピッチ	甲板の木板継目に注入	20～40
	接着用	鋼管・セメント管の接着、ボール紙・ファイバー紙・木材の張り合わせ	10～30
	ブラックテープ	電気絶縁用ブラックテープ	10～30
	レンズ研磨用	研磨材の固着用	0～5

\* 針入度は一定時間・一定の重さを加えた場合に、針がアスファルトに刺さった深さ(単位1/10mm)を示す。その値はアスファルトの硬さの指標であり、数字が大きい程柔らかい。



図3 アスファルト廃材処理施設の設置位置

#### 4・1 アスファルト廃材の受入状況

調査を行った施設は、いずれも建設廃材専門の処理施設であり、自社内に舗装工事部門を有する事業所であった。アスファルト廃材の破碎・再生利用施設は、それぞれ単独の事業としては採算をとることが難しいため、舗装工事部門あるいは舗装材料製造部門と兼業している例が多い。このため、自社工事での再利用を前提とし、再生材の品質確保のために、夾雑物等のないアスファルト廃材のみを受け入れていた。

表2に受入状況の概要を示す。

アスファルト廃材の受入状況に関する調査から、以下に示す特徴および問題点があることがわかった。

- ① アスファルト廃材の発生量は季節により大きく変動する。

アスファルト廃材の処理施設における廃材受入量が季節により大きく変動していることから、アスファルト廃材の発生量は季節変動することが推察された。

この理由は、アスファルト廃材が主に道路工事現場から発生するためである。道路の修復工事等の多い冬期には発生量が増大し、夏期には少なくなるため、夏期には処理施設の稼働率が低下する。

- ② アスファルト廃材は比較的処理施設の近くにある工事現場から搬入される。

木くず、廃プラスチック類および廃油等の中間処理施設では、県内全域、さらには他県からの廃棄物の受け入れも行っているが、アスファルト廃材の受入先は処理施設の周辺に限られていた。

東京都・千葉県からの受入量が多いC施設(表2)は、東京都と千葉県に隣接している県南部の東端に立地している。また、東京都からの受入量が多いA施設は、都県境付近に廃材の保管施設を有している。

アスファルト廃材の受入先を限定している理由として、聞き取り調査によれば、アスファルト廃材の輸送コストが大きいと、比較的近距离の排出現場からの搬入でないと採算が採れないためという回答が多かった。

また、再生アスファルト合材の製造施設では、製品の消費地が近くにあることも必要条件となる。これは、道路等の舗装に主に用いられるアスファルト合材が、熱いうちに工事現場で使用されるためである。このため、アスファルトと碎石等の骨材を加熱混合したアスファルト合材を、短時間で使用先まで運搬する必要がある。

現状の処理代金で廃材処理が可能な、また再生したアスファルト合材を熱いうちに使用できる範囲を、アスファルト廃材処理施設の周囲10km圏内と仮定して、受入可能な範囲を図4に示した。ただし、周辺

表2 アスファルト廃材受入状況実態調査結果概要

処理施設	受入量 (t/年)	混入物 (t/年)	受入先 (%)	受入量の季節変動	受入廃材の保管量 (t)	受入廃材の保管期間 (日)
A	190,000	コンクリート・木・金属 1,900	県南部 60 東京都 40	冬期 多 夏期 少	2,000~3,000	2~3日
B	15,000	土砂・草	県北部 100	冬期 多 春夏秋 少		即日処理
C	60,000		県南部 10 東京・千葉 90	秋冬 多 春夏 少	30~300	1.5日
D	5,000		県南部 100	冬期 多 夏期 少	300~1,000	
E	51,000	木・金属 510	県南部 93 東京都 7	冬期 多 夏期 少	3,000~5,000	1~7日

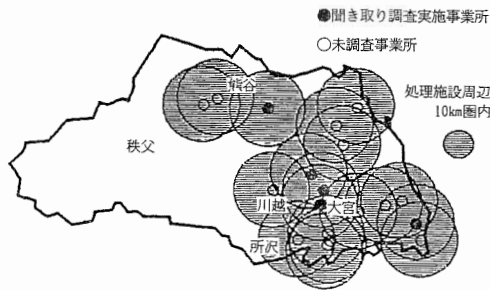


図4 アスファルト廃材処理施設の処理対象地域

道路の状況や処理代金の地域差等により、この距離は変化する。

処理施設は、都市部に属する県の南部から北東部にかけて集中している。また、アスファルト廃材の受入範囲も同様で、東京都北部まで及んでいる。他方、山間地である県西部地域の西部と秩父地域には処理施設が存在しない。これは、道路工事の量が極端に少ないことによる。山間地では、アスファルト廃材の排出量と再生アスファルト合材・再生砕石の用途が少なく、処理・再生しても採算が採れないためである。この傾向は、全国的にも見られ、大都市圏ではアスファルト廃材の再生利用がかなり進行しているが、地方ではほとんどなされていないのが現状である<sup>7)</sup>。

③ アスファルト廃材には夾雑物が少ない。

アスファルト廃材の特徴の一つは、他の廃棄物と比較して、混入物が少ないという点である。これは、アスファルト廃材が道路等の舗装を剥離した際に発生するので、建築物の解体現場等のように雑多な廃棄物が発生する現場とは状況が異なり、他の廃棄物が混入する危険性が少ないためである。

わずかに混入してくる夾雑物としては、コンクリートがら、土砂、木くずおよび金属が合計1%程度あった。特に、再生アスファルト合材の原料としてアスファルト廃材を再利用している施設では、再生材の品質保持のために受け入れる廃材を限定しており、夾雑物はほとんどないという回答もあった。

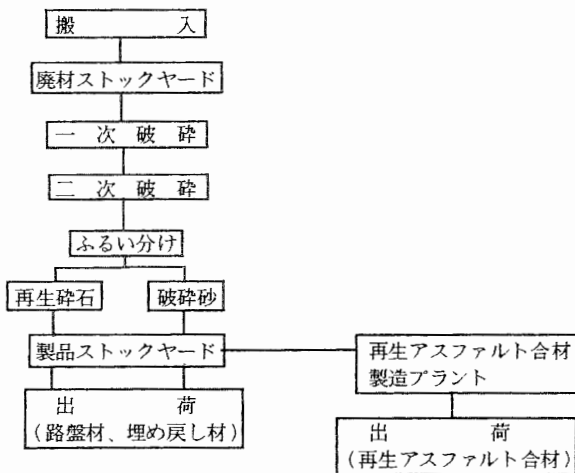
④ 施設の処理能力が高いため、アスファルト廃材の保管量が少なく、保管期間も短い。

アスファルト廃材処理装置の能力は廃材の受入量に対して十分大きい。このため、保管量は比較的少なく、保管期間も短い施設がほとんどで、廃材が搬入されると、即日、全て処理してしまう施設もみられた。

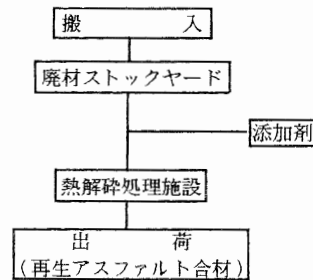
このため、廃材を高く積み上げている施設はなく、倒壊による危険性は少ないと考えられる。

4・2 アスファルト廃材の処理方法

アスファルト廃材の処理は、圧縮力や衝撃力により機械的に破碎する方式（破碎処理）と熱により解砕す



5-A 破碎処理施設の処理過程



5-B 熱解砕処理施設の処理過程

図5 アスファルト廃材の処理工程フローシート

表3 アスファルト廃材処理施設実態調査結果概要

処理施設	処理量 (t/hr)	年間稼働時間 年間処理量	処理設備	前・後処理設備	再生設備等	公害防止施設
A	100	2,000時間 200,000 t	圧縮型・衝撃型 破砕機	磁選機・風力選別 手選別・ふるい	アスファルト合材 製造施設	バグフィルター・散水 防護壁
B	60	240時間 14,400 t	衝撃型破砕機	ふるい		散水・防護壁
C	150	810時間 121,500 t	衝撃型破砕機	ふるい		散水・防護壁
D	60	1,000時間 60,000 t	可搬移動式乾燥 炉(熱解砕)	ふるい	処理設備で 再生合材製造	サイクロン・散水 防護壁
E (コクリート含)	100	2,400時間 240,000 t	圧縮型・衝撃型 破砕機	磁選機・手選別 ふるい	アスファルト合材 製造施設	バグフィルター・散水 防護壁

る方式(熱解砕処理)とに大別される。アスファルト廃材の破砕処理と熱解砕処理の処理過程を図5に示す。

破砕処理施設では、図5-Aのように、大割用一次クラッシャと小割用二次クラッシャの2基の破砕機を使用している例が多い。一次クラッシャには圧縮力により破砕するジョウクラッシャを、また二次クラッシャには衝撃力によるインパクトクラッシャを使用する人が多い。アスファルト廃材はコンクリート廃材に比べて破砕しやすいため、衝撃型の破砕機のみで処理する場合もある。現在、県内で稼働している施設のほとんどはこれらの方式であり、破砕処理により得られる碎石等はふるい分けを行い、粒径をそろえてから再利用されている。

これらの施設では、アスファルト廃材を破砕処理した碎石や破砕砂を路盤材や埋め戻し材等として出荷する場合と、これに、アスファルト(バージン材)やフィルター等を添加して再生アスファルト合材を製造する場合とがある。

図5-Bに示した熱解砕処理は、ロータリーキルンを用いた方式である。この方式では、回転するドラム内に設置したバーナーと螺旋状の刃により解砕する。この処理装置にアスファルト廃材、バージンアスファルトおよびフィルター等の添加剤を投入することにより、再生アスファルト合材が製造される。

調査を行った5施設の概要を表3にまとめた。

破砕設備等の処理能力には60~150 t/hrとあまり差がないのに対して、実際の年間処理量には1万4400 t~24万 tとかなりの差がみられた。これは、年間稼働時間が非常に短い施設があることによる。これらの施設が、年間を通して十分に稼働した場合には、年間

処理量は120万 tを超えると推定される。昭和63年度の埼玉県のアスファルト廃材排出量が145万 tであるので<sup>1)</sup>、この調査した5施設だけでも、県内発生量のほとんどを処理するだけの能力をもっていると考えられる。

また、公害防止対策としてこれらの施設には、破砕や熱解砕により発生する粉じん除去のための集じん装置(バグフィルター・マルチサイクロン)、廃材搬入や移送の際に発生する粉じんを除去するための散水設備および防音と廃材の崩れ防止のための防護壁などが設置されていた。

#### 4・3 再生アスファルトの使用状況

現在、再生アスファルト合材の用途は、一部の民間駐車場や道路の仮舗装・下層舗装等に限定されている。表4にアスファルト廃材の排出元と再生アスファルト合材の利用先の状況を示す。

表4から明らかなように、アスファルト廃材の排出元は公共工事がほとんどであるのに対して、再生アスファルト合材の利用先はA施設以外では民間工事に限定されている。

上述したように、十分な処理能力を持ちながら施設の稼働率が低いのは、アスファルト用途のほとんどを占める公共工事で再生アスファルト合材の使用が制限されていること、使用場所は処理施設の近くに限定されることおよび工事時期の季節変動が大きく工事の少ない時期には稼働率が極端に低くなることなどが原因と考えられる。また、道路舗装用アスファルト合材のバージン材(新たに製造されたアスファルト合材)の市場価格は8000~9000円/tであり、再生アスファル

表4 アスファルト廃材の排出先と再生材の利用先

アスファルト 廃材再生施設	アスファルト廃材排出元		受入単価 (円/t)	再生材の利用先		販売単価 (円/t)
	公共工事	民間工事		公共工事	民間工事	
A 施設	98% 186,200 t	2% 3,800 t	1,000	70% 91,000 t	30% 39,000 t	7,000 再生合材
B 施設	95% 14,250 t	5% 750 t	600		100% 15,000 t	800 再生砕石
C 施設					100% 60,000 t	720 再生砕石
D 施設	90% 4,500 t	10% 500 t	1,000		100% 3,500 t	5,500 再生合材
E 施設	90% 45,900 t	10% 5,100 t				

ト合材の価格は5500～7000円/tである。再生アスファルト合材を5500円/tで出荷しているD施設では、用途が民間の駐車場等に限定されており、A施設で出荷している再生合材は公共工事にも使用されているが価格は7000円/tでバージン材の価格に近い。前述したように、再生アスファルト合材は、アスファルト廃材の破碎処理物、バージンアスファルトおよび添加剤の混合物である。この価格差は、主にアスファルト廃材とバージン材の混合比に起因し、バージン材の比率を上げて良質の再生材を製造をしようとするとコストが上昇し、バージン材と価格的に競合することになる。

再生アスファルト合材が道路の表層舗装に使用されない理由として、性能的にバージン材に劣ることと、製品にばらつきがあることが考えられる。

アスファルト製品は、JIS K2207<sup>4)</sup>に規格が定められており、針入度、軟化点、伸び等の性質により分類されている。また、舗装用アスファルトについても規格が定められており、アスファルト廃材中のアスファルトは、バージン材に比べてこれらの性質が若干劣ると言われており<sup>5)</sup>、道路表層舗装への使用はほとんどなされていない。舗装用アスファルトの規格と再生砕石中のアスファルトの性質（抜粋）との比較を表5に示す。

通常、道路舗装用に使われるものは、表中の針入度が60～80あるいは80～100のものである<sup>6)</sup>。

アスファルトは、表6に示すように、経時的に性状が変化する<sup>5)</sup>。このため、砕石中のアスファルト分は、バージンアスファルトに比べて固く、そのままでは規格に合わない。

表5 舗装用アスファルトの規格と廃材再生砕石中のアスファルトの性質<sup>4), 5)</sup>

種 類	針入度 25℃ 100 g 5 秒	軟化点 (℃)	伸 び		
			(10℃)	(15℃)	(25℃)
舗装用アスファルトの規格	40～60 60～80 80～100 100～120	47～55 44～52 42～50 40～50		10以上 100以上 100以上 100以上	
再生砕石	24～40	52～72	—	—	40以下

表6 アスファルト混合物中のアスファルトの性状変化<sup>5)</sup>

試 料	伸 度(150℃, cm)	針入度(25℃, 1/10mm)
ハーシンアスファルト	130	70
アスファルト合材 30砂混合	120	56
アスファルト合材 60砂混合	81	49
アスファルト合材 120砂混合	49	44
アスファルト合材 180砂混合	34	40
アスファルト合材施工中	18	37
経年数 1年	16	33
経年数 2年	7	28
経年数 3年	6	24
経年数 4年	5	23
経年数 5年	5	22
経年数 6年	5	22
経年数 7年	5	17
経年数 8年	4	18
経年数 9年	4	16

道路での使用年数や使用状況により、アスファルト廃材の性状は異なる。

添加剤を加えることにより針入度をバージン材に近づけるだけでは、一度変成したアスファルト中の成分を復元できないので、舗装材料としての性能はバージン材と同じにはならない。また、廃材の性状の違いによる製品品質のばらつきも解消されない。

このため、再生アスファルト合材は、駐車場の舗装や道路の仮舗装・下層舗装等の、あまり均一な性能が要求されない部分に限って使用されている。

しかし、バージンアスファルトを補充して添加剤を加えることにより、規格に適合させたり、バージン材の性状に近づけ、また、製品のばらつきも抑えることが可能になりつつある。

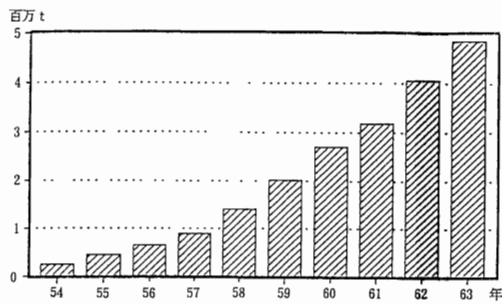


図6 再生アスファルト合材の製造量推移

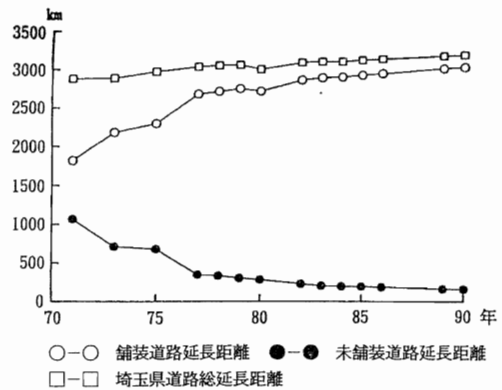
図6に示すように、再生アスファルト合材の生産実績は年々増加しており<sup>7)</sup>、昭和63年度では、アスファルト合材使用量の約7%を占めるようになった。

ところで、県内の道路舗装状況をみると、図7に示すように、未舗装道路が年々舗装されつつある。

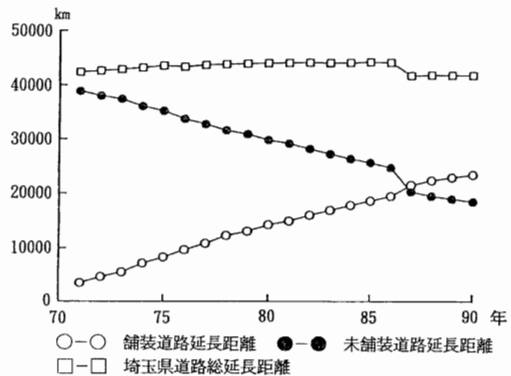
自動車の使用が増加して道路整備への要求が高まっているため、今後ともこの傾向は続くと考えられる。

国道および県道については、平成2年4月現在で95%の舗装率であり、舗装工事はほぼ完了している。しかし、埼玉県の国道および県道を合計しても約3000kmであるのに対して、市町村道は約4万kmである。県内道路の大部分を占める市町村道の舗装率は55.9%にすぎない<sup>8)</sup>。

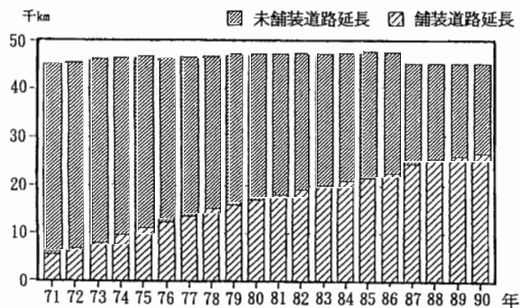
また、本県では、交通量の増加に伴う道路の破損が早いこと、電気・水道等の配線・配管埋設工事、補修工事も頻繁に行われているため、道路の補修工事が多い。



国道及び県道の舗装状況推移



市町村道の舗装状況推移



埼玉県の道路舗装状況推移 (国道・県道及び市町村道の合計)

図7 埼玉県の道路舗装状況

今後、これらの未舗装道路の舗装工事や舗装の修繕工事等により、アスファルト廃材の発生量およびアスファルト合材の使用量はさらに増加することが予想されるため、アスファルト廃材の再生・資源化はより重要になると考えられる。駐車場の舗装等では使用量が限られており、アスファルト廃材の再生・資源化を促進するためには、道路舗装での再生材使用量の増大が必要である。



## 5 アスファルト廃材による環境影響

アスファルトは、高分子量の炭化水素化合物等の混合物であり、その組成は原料となる原油や製造工程により異なるが、主要な構成成分は高分子量の芳香族化合物・脂肪族炭化水素等である。

アスファルトに含まれる化学物質の毒性については、以前舗装材として使用されていたコールタールに比べて非常に低いといわれる。その理由としてコールタールに比べて多環芳香族類（PAHs）の含有量が少ないことが挙げられている<sup>9)</sup>。

コールタールは、石炭の乾留で生成され、ナフタレン等の有機化学工業原料の製造に用いられ、ナフタレン・フルオレン・アントラセン・フェナントレン・ピレン・クリセン等の多環芳香族をそれぞれ1～10%程度含む<sup>3)</sup>。

このため、コールタールについては、発ガン性等が問題になったが、アスファルトについては同様の問題は発生していない。

また、アスファルトは防水性・粘着性・弾性等の舗装材としてすぐれた性能を有していることから、現在、代替材料としてはコンクリートやレンガがごく一部で使用されているにすぎない。道路の舗装材に使用されるアスファルト合材は、長期間に渡って自動車による加重、降雨、日光等の影響を受ける。このため、自動車等により削り取られたアスファルト分が大気中に放出されたり、劣化して剝離したものが降雨により流出したりする。

コールタールに比べてアスファルトに含まれる有害成分は少ないが、舗装材としてのアスファルトの使用

量は増大しており、またアスファルト廃材の排出量も膨大である。このため、アスファルト廃材中に有害物質や環境汚染物質がわずかでも存在し、これが低濃度であっても環境中に排出されれば、環境に影響を与える可能性がある。

そこで、環境への影響を調べるため、溶出試験および浸漬実験を行い、水への溶出成分を分析した。

### 5・1 アスファルト廃材の溶出試験

#### 5・1・1 試料および実験方法

アスファルト廃材を再利用あるいは埋立処分した場合の環境への影響を調べた。アスファルト廃材の破砕処理施設から、アスファルト碎石(粒径0～40mm程度)・再生砂(粒径0～8mm程度)・熱解砕ダスト(熱解砕処理の際に発生するダスト)を採取して溶出試験を実施し、環境汚染物質等の分析を行った。

アスファルト碎石および再生砂は、そのまま路盤材等として使用されたり、アスファルトやフィラー等を添加してアスファルト合材として再生利用されている。熱解砕ダストは、集じん器に回収されてからアスファルト廃材とともに再度、処理施設に投入されている。

溶出操作は環境庁告示第13号に<sup>10)</sup>、分析方法はJIS K 0102<sup>11)</sup>に準じた。

#### 5・1・2 結果および考察

溶出試験の結果を表7に示した。この結果から、廃棄物の処理および清掃に関する法律に定められる有害物質は検出されず、有機汚濁指標・金属類・塩類の溶出量も微量であることが明らかになった。したがって、これらの物質による環境影響は少ないものと考えられる。

表7 アスファルト碎石および熱解砕ダストの溶出試験結果

試料	pH	EC	COD	Cr <sup>6+</sup>	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni
熱解砕ダスト	12.8	9.4	14	< 0.02	< 0.005	< 0.05	0.01	< 0.01	< 0.05
碎石-1	8.7	0.1	0.1	< 0.02	< 0.005	< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.05
碎石-2	9.1	0.3	0.3	< 0.02	< 0.005	< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.05
破砕砂-1	8.6	0.2	0.2	< 0.02	< 0.005	< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.05
破砕砂-2	8.9	0.9	0.9	< 0.02	< 0.005	< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.05

試料	T-Cr	Fe	Mn	K	Na	Ca	Mg
熱解砕ダスト	< 0.01	< 0.01	< 0.05	3.2	1.8	1,200	< 0.1
碎石-1	< 0.01	< 0.01	< 0.05	0.75	0.51	5.4	0.72
碎石-2	< 0.01	< 0.01	< 0.05	1.0	0.81	8.6	0.57
破砕砂-1	< 0.01	< 0.01	< 0.05	0.39	2.1	7.1	0.85
破砕砂-2	< 0.01	0.18	< 0.05	1.5	1.3	14	0.77

注) 単位はEC (mS/cm), pH以外はmg/lで表示した。

pH値が若干高かったのは、骨材やフィラー等に石灰分が含まれるためと考えられる。しかし、熱解砕ダスト以外はカルシウム等の塩類濃度が低く、環境への負荷は小さいものと考えられる。

以上の結果から、アスファルト廃材は、路盤材や埋め戻し材としての再利用、安定型最終処分場への埋立処分、あるいは再生アスファルト合材の製造原料として使用した場合でも、環境汚染源とはならないと考えられる。

なお、熱解砕ダストの場合は、pH値だけでなくCOD値も他の試料に比べると高いが、上述したように、再利用されて再生アスファルト合材製造の原料となっており、環境中に排出されることはない。

しかし、このようなダストを環境中に排出させないために、集じん器あるいは散水等の粉じん発生防止装置の設置が必要である。

## 5・2 アスファルトおよびアスファルト廃材の浸漬実験

アスファルト廃材中から水中に溶出する微量有機化学物質による環境汚染の可能性を調査するため、浸漬実験を行い、水への溶出物質を検索した。

アスファルト合材が道路に使用された場合を想定すると、太陽熱によりかなり高温になること、光や降雨に長期間さらされることが考えられる。このため、アスファルト廃材中のアスファルト分は、分解、揮散、流出あるいは重合等の変化を起こしている可能性が高い。その結果、アスファルト廃材中のアスファルト分は、バージン材中のアスファルト分とは、構成成分や水への溶出特性が変わっている可能性がある。

そこで、バージン材と道路等で使用されたアスファルト廃材を破碎処理したもの（以下砕石）、砕石にバージンアスファルト等を添加して再生したもの（以下再生合材）について、それぞれ水に浸漬して、溶出物質の検索を行うこととした。

### 5・2・1 試料調整

実験には、アスファルト製造施設からバージン材を、アスファルト廃材処理施設からは砕石・再生合材を採取して用いた。

バージン材は4施設、砕石は3施設、再生合材については3施設から採取した試料を、それぞれの種類ごとに一定量ずつ混合して実験用サンプルとした。

砕石としては、ふるい分けにより再生砂として再利

用されている（8mm未満）ものを使用し、バージン材および再生合材は固化して塊になっているため粉碎して用いた。

### 5・2・2 実験方法

5・1の結果から、廃掃法に定める有害物質等による環境汚染の可能性が低いことがわかったので、分析対象物質を未規制有機化合物とし、アスファルト中に多量に含まれている可能性の高いPAHs等に限定して実験を行った。

#### (1) 浸漬条件の検討

各サンプル100gを1ℓガラス瓶に採り、蒸留水を満たして温度、期間等の実験条件の検討を行った。

サンプル量は、廃掃法に定める「廃棄物埋立処分の判定試験」に用いる溶出試験方法に基づき、10W/V%とした。

浸漬温度については、熊谷の日最高気温の年平均値が19.6℃、月別平均値の最高が31.4℃であるので、20℃、35℃とした。さらに、日射によるアスファルト表面温度の上昇を考慮して50℃、80℃についても実験することとした。これは、道路舗装に使用されるアスファルトの軟化点が42～52℃、廃材中のアスファルトの軟化点が52～72℃であるため、軟化点付近の変化を調べるためである。

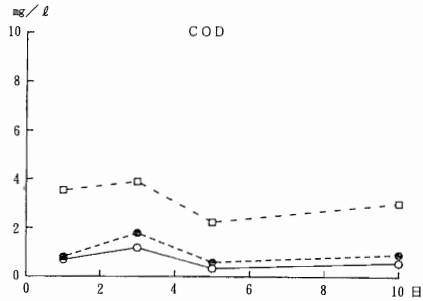
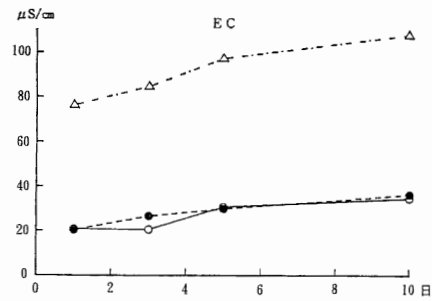
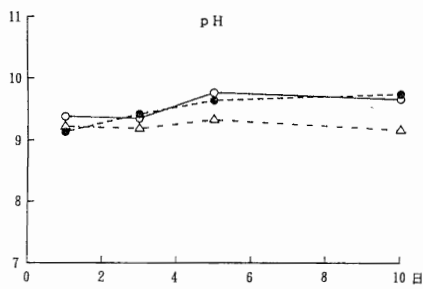
浸漬期間を決定するため、温度20℃で水溶出物質の変化を調べた。

pH、EC、CODの値を浸漬後1日から10日経過するまでモニターしたところ、浸漬溶液は図8のような経時変化を示した。pH値は弱アルカリ性を示し、浸漬期間が長くなってもほぼ一定であった。EC値は非常に低く、浸漬期間が長くなるに従ってわずかに増加する傾向を示した。COD値も非常に小さく、10日間浸漬しても著しい増加はみられなかった。

さらに、有機物質の溶出状況を確認するため、TOCを測定したところ、1日後の試料と3日後の試料ではほとんど変化がなかった（表8）。

このことから、アスファルト中の大部分の有機物が水に難溶性の高分子炭化水素化合物であるために、溶出量はごく微量であったものと考えられる。

これらの結果から、アスファルトから水に溶出する物質の量は非常に少ないこと、無機イオン性物質は時間の経過とともに徐々に溶出し、有機性物質は1日後までは溶出するが、それ以後は溶出しないことが推察される。



○—○: バージン剤  
●—●: 再生合材  
△—△: 砕石

図8 浸漬溶液の経時変化

表8 アスファルト溶出液のTOC値 (20°C, mg/l)

試料種類	1日後	3日後
バージンアスファルト	0.40	0.34
再生アスファルト合材	0.87	0.82
再生砕石	0.68	0.99

そこで、浸漬期間を1日として実験を行うことにした。浸漬試験の条件を表9にまとめた。

(2) 試料浸漬方法

各実験サンプルを100gづつ計りとり、ジクロロメタンでアスファルト分を溶解し、不溶分を秤量した。ジクロロメタンに溶解した物質量をアスファルト分として算出した。その結果、サンプル中のアスファルト分は3.8%から13%まで変動し、その平均値はバージン材で7.2%、再生合材で7.1%、砕石では9.0%であった(表10)。

表9 浸漬実験条件

試料種類	実験区分	浸漬溶液	浸漬期間	浸漬温度	アスファルト塗布量 (g)
アスファルト合材 (バージン材)	V-20	蒸留水	1日	20°C	7.4
	V-35			35°C	6.1
	V-50			50°C	7.0
	V-80			80°C	6.5
	平均値			6.75	
変動係数	0.072				
再生アスファルト合材 (アスファルト廃材 +バージン材)	R-20	蒸留水	1日	20°C	6.2
	R-35			35°C	6.3
	R-50			50°C	7.0
	R-80			80°C	7.1
	平均値			6.65	
変動係数	0.060				
再生砕石 (再生砂含む)	S-20	蒸留水	1日	20°C	6.8
	S-35			35°C	6.2
	S-50			50°C	6.9
	S-80			80°C	6.6
	平均値			6.62	
変動係数	0.040				

表10 アスファルト合材中のアスファルト分

試料種別	No.	アスファルト量*
道路舗装用 アスファルト合材 (バージン材)	1	6.8 %
	2	6.0 %
	3	8.8 %
	4	7.5 %
	平均 変動係数	7.2 % 0.14
道路舗装用 再生アスファルト合材 (アスファルト廃材の 再利用)	1	7.0 %
	2	6.7 %
	3	3.8 %
	4	11.1 %
	平均 変動係数	7.1 % 0.36
アスファルト廃材破碎 処理物 (粒径8mm未満のもの を使用)	1	7.3 %
	2	8.2 %
	3	7.7 %
	4	13.0 %
	平均 変動係数	9.0 % 0.25

\* ジクロロメタン可溶分を測定

3種とも骨材の粒径がまちまちであり、サンプル中のアスファルト量の変動が大きかった。浸漬実験において、安定した実験結果を得るためには、溶媒と溶質の接触面積を一定にすることが必要である。

そこで、一定量のアスファルトを採取し表面積を一定にするため、次のような方法で試料調製を行った。

まず、サンプル中のアスファルトをジクロロメタンで抽出し、ジクロロメタン溶液とした。

次に、円筒ろ紙に含まれる有機物を除去するため、ガラス繊維製円筒ろ紙を400℃で加熱処理した。この円筒ろ紙にアスファルトのジクロロメタン溶液を注入し、アスファルト分を含浸させる。

このろ紙を室温でドラフト内に放置し、ジクロロメタンを揮散させる。アスファルトの付着量を算出するため、アスファルト溶液を添加する前後でろ紙を秤量する(表9)。

このろ紙をさらに大きいガラス繊維製ろ紙に入れ

て口を閉じ、ガラス容器に入れてヘッドスペースのないように蒸留水を注ぎ密閉する(図9)。

この方法により、アスファルト分を一定量採取し、かつ水との接触面積をほぼ一定にして実験を行うことができた。

### (3) 分析方法等

上述のガラス容器を恒温槽に入れて表9の条件で保持し、浸漬実験を行った。

1日間浸漬後、浸漬溶液中のPAHsをEPA METHOD610(多環芳香族化合物)<sup>12)</sup>に準じて分析した。

浸漬溶液500mlを1μmGFPでろ過し、ろ液を1ℓ分液ロートにとり、ジクロロメタン100mlで2回浸とう抽出する。抽出液を35℃で2mlまでKD濃縮し、これをGC-FIDあるいはGC-MSに導入して分析をする。

### 5・2・3 結果および考察

はじめに、浸漬溶液中の有機化学物質をスクリーニングするために、GC-FIDを用いて分析を行った。

分析条件と試料のガスクロマトグラムの例を図10に示す。

この結果、浸漬溶液からは、アセナフテン・フルオレン・フェナントレン・フルオランテン・ピレン等のPAHsが検出されることがわかった。

これらPAHsの確認と定量のために、GC-MS-SIMにより高感度分析を行った。

装置および測定条件とSIMクロマトグラムの例を図11に示す。また、溶出液中のPAHs濃度を測定した結果を表11に示す。

SIM測定により、ナフタレン、アセナフチレン、アセナフテン、フルオレン、フェナントレン、アント

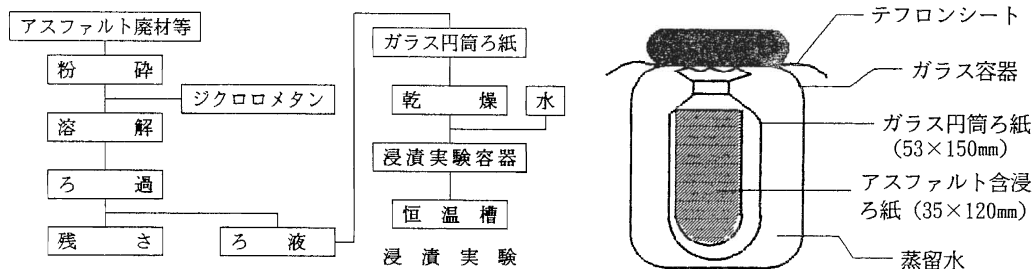


図9 アスファルト廃材浸漬実験手順

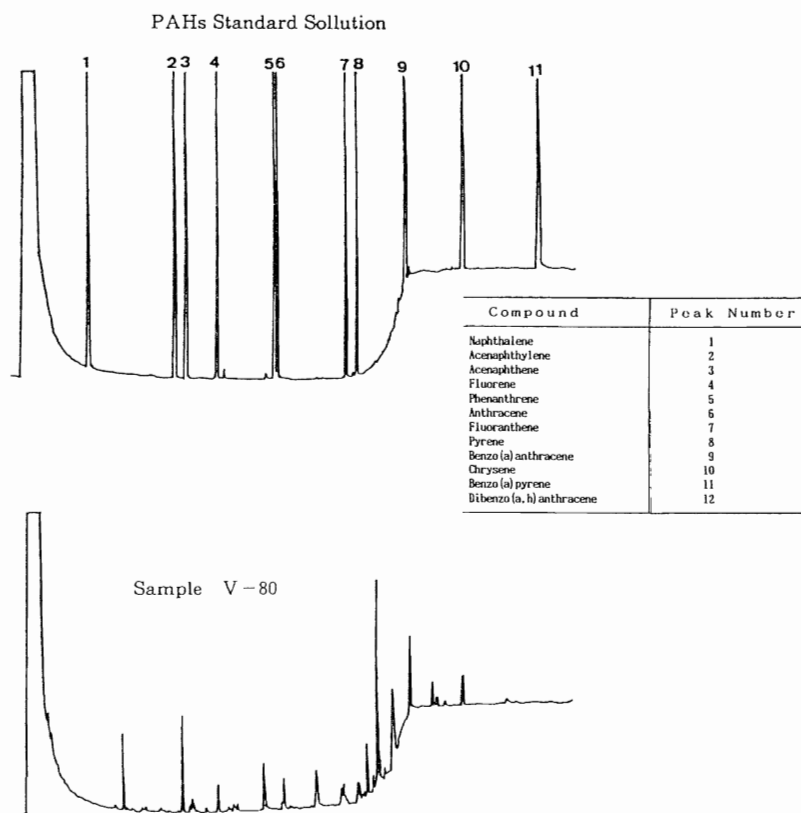


図10 アスファルト浸漬溶出抽出液のガスクロマトグラム

Instrument & Condition  
 Gas Chromatograph : Simadzu GC15A  
 Detector : FID  
 Column : J & W DB-5 Fused Silica Capillary Column  
           30m × 0.53mm ID, 0.25 μm film thickness  
 Temperature : Injection 280°C  
               Detector 300°C  
               Column Oven 120°C 5min to 240°C (5°C/min) to 300°C (15°C, 15min)  
 Carrier Gas : He 10mL/min  
 Makeup Gas : N<sub>2</sub> 40mL/min  
 Injection : Direct Injection  
 Injection Volume : 2 μL

ラセン、フルオランテン、ピレン等が検出された。

全体的に、浸漬温度が高くなるほど溶出量が増加する傾向があった。バージン材、再生合材および砕石を比較してみると、バージン材と再生合材では溶出する物質は共通しているが、浸漬温度により溶出量に違いが見られた。砕石からは、物質の種類、量ともに最も多く溶出することがわかった。

ナフタレンが全ての試料から検出され、溶出量も最も多かった。そこで、ナフタレンについて溶出量を比較してみると、図12のように、浸漬温度が高くなるほど溶出量が多く、砕石、再生合材、バージン材の順に溶出量が多かった。

PAHsの水溶解度は一般に非常に小さい(表12)<sup>14)</sup>。しかし、アスファルトの浸漬実験で溶出した量はそれらの溶解度よりもさらに小さく、アスファルトからは非常に溶出しにくいことがわかった。

バージン材に比べて、砕石でPAHsの溶出量が多くなったのは、舗装材として使用されている間に、不透水性にすぐれたアスファルトが変質し、これらの物質が溶出しやすくなったためと考えられる。

しかし、その溶出量は非常に微量で、最高でも、浸漬水中の濃度に換算して、ナフタレンが0.9 μg/lでしかなかった。

また、発ガン性が確認されているベンゾ(a)ピレ

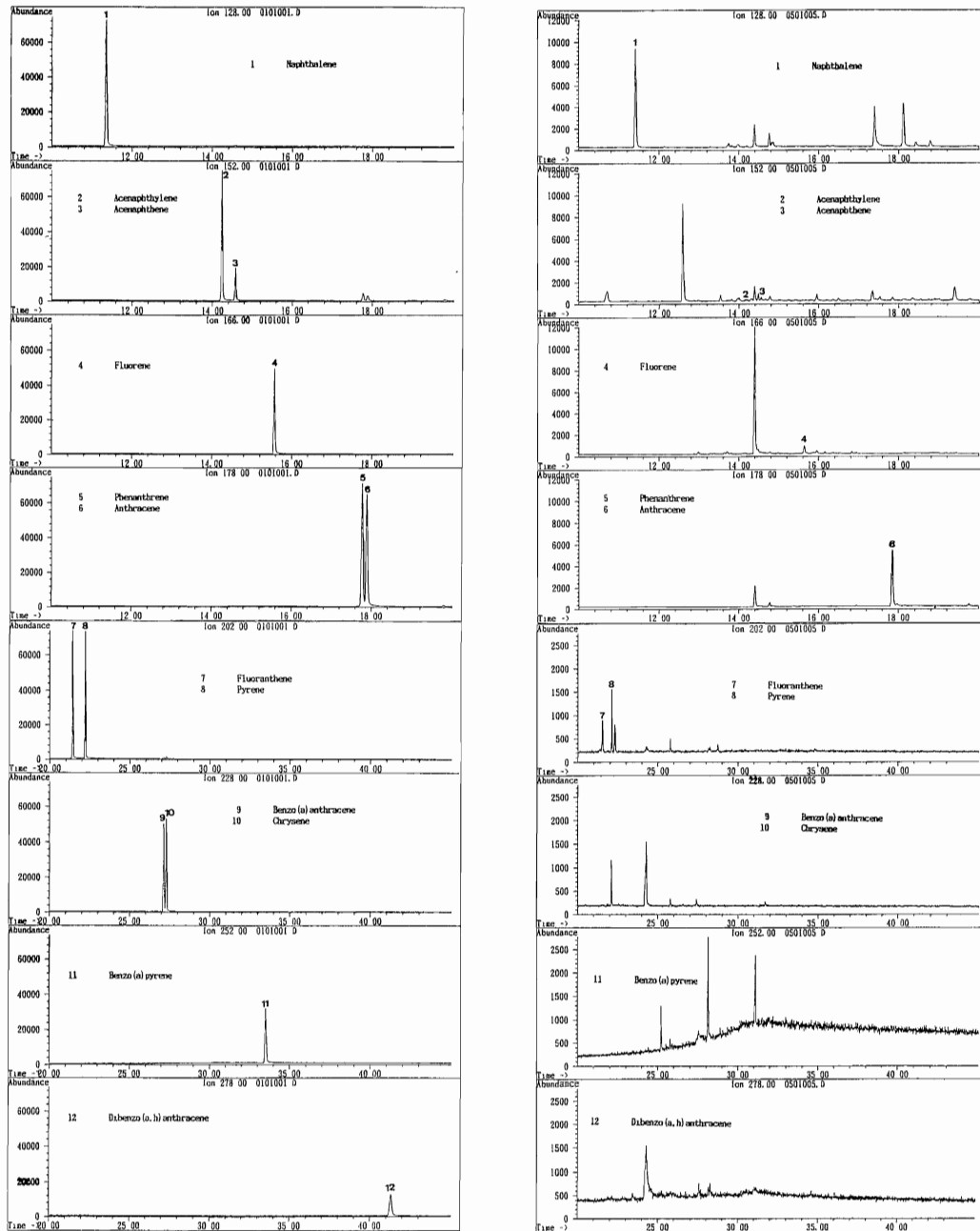


図11 アスファルト浸漬溶液抽出液のSIMクロマトグラム

Instrument & Conditions  
 Gas Chromatograph : Hewlett Packard HP5890  
 Detector : Hewlett Packard model 5971A Mass spectrometry  
 Column : Spelco PTE™ 5 Fused Silica Capillary Column  
 30m×0.25mmID , 0.25 μm film thickness  
 Temperature : Injection 280° C  
 MS Interface 280° C  
 MS 190° C  
 Column Oven 50° C(5min) to 280° C(5° C/min, 10min)  
 Carrier Gas : He 1ml/min  
 Injection : Splitless (Solvent Delay 7min)  
 Injection Volume : 1 μl  
 Electron Multiplier Voltage : 2200

表11 アスファルト浸漬液中のPAHs

	バージンアスファルト合材				再生アスファルト合材				アスファルト碎石			
	V-20	V-35	V-50	V-80	R-20	R-35	R-50	R-80	S-20	S-35	S-50	S-80
ナフタレン	0.15	0.12	0.20	0.24	0.19	0.27	0.33	0.52	0.31	0.47	0.58	0.90
アセナフレン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.026	0.052	0.12
アセナフテン	0.10	0.048	0.048	0.020	0.064	0.080	0.080	0.020	ND	0.012	0.030	0.12
フルオレン	ND	0.005	0.005	0.024	ND	ND	ND	ND	0.003	0.028	0.052	0.25
フェナントレン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.092	0.18	0.58
アントラセン	0.028	0.028	0.056	0.18	0.020	0.080	0.14	0.14	0.028	0.004	0.008	0.056
フルオランテン	ND	0.002	0.020	0.016	0.008	0.008	0.008	0.024	0.004	0.012	0.024	0.12
ピレン	ND	0.004	0.060	0.036	0.072	0.072	0.072	0.072	0.064	0.012	0.028	0.10
ベンゾ(a)アントラセン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
クリセン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゾ(a)ピレン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジベンゾ(a, h)アントラセン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

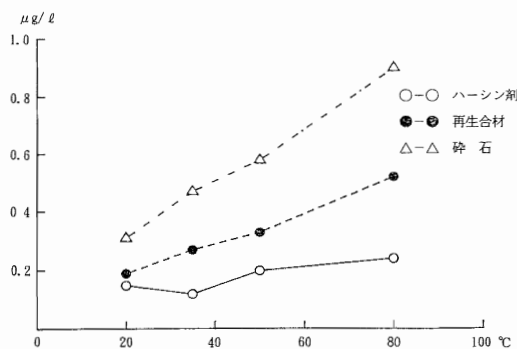


図12 ナフタレンの抽出状況

表12 PAHsの水溶解度<sup>14)</sup>

化合物名	溶解度 (25°C, mg/l)
アセナフレン	3.93, 3.88
アセナフテン	3.93
アントラセン	0.073±0.005*
クリセン	0.0020, 0.006, 0.0018**
ジベンゾ(a, h)アントラセン	0.005
ナフタレン	31.7±0.26*
ピレン	0.135, 0.148*, 0.132**
フェナントレン	1.29
フルオランテン	0.26, 0.265*, 0.240**, 0.206**
フルオレン	1.98, 0.90*, 1.685**
ベンゾ(a)アントラセン	0.014*, 0.0094*
ベンゾ(a)ピレン	0.0038

\* の単位はmg/kg, \*\*の単位はppm

等<sup>9)</sup>のPAHsは、80°Cの水に浸漬した場合にも抽出されなかった。

ナフタレンやアントラセンは、環境水（河川水）中

での半減期が0.3～3日と言われており<sup>13)</sup>、比較的環境中で分解され易い物質である。フェナントレン、フルオレン、フルオランテン、ピレン、ベンゾ(a)ピレン等も芳香族化合物分解菌による生分解を受けることが知られており<sup>13)</sup>、河川水等での残留性は低い。環境庁保健調査室による環境調査データ<sup>13)</sup>によれば、PAHsは環境水中にはほとんど存在しないことが示されている。

これらのことから、アスファルトから溶出するPAHsによる水質汚染の可能性は少ないものと考えられる。

## 6 まとめ

アスファルト廃材は、排出量が多いが夾雑物の少ない廃棄物である。そのため、再生利用のための処理施設が多数設置されている。アスファルト廃材について、処理施設の実態調査およびアスファルト廃材・再生合材等の分析を行ったところ、以下のような結果であった。

(1) 県内には19カ所のアスファルト廃材処理施設が稼働しており、県南部から北東部に集中している。

実態調査を実施した5施設では、十分な処理能力を持っていたが、廃材発生量の季節変動や再生品の利用先が限定されることなどの制約により、十分な稼働率は得られていなかった。

今後、アスファルト廃材の発生量およびアスファルト合材の需要量は増加することが予想されるため、道路等への再生材の使用を促進することが重要と考えられる。

- (2) アスファルト廃材の破砕処理物の溶出試験を行ったところ、有害物質等は溶出しなかった。

このことから、アスファルト廃材を路盤材や埋め戻し材として再利用した場合でも、あるいは安定型埋立処分場に処分した場合でも、環境汚染源となる可能性は少ないと考えられる。

- (3) アスファルト廃材を再利用あるいは埋立処分した場合の環境影響を調べた。室内浸漬実験により検討したところ、PAHsが検出された。廃材からの水中への溶出量は、バージン材からの溶出量よりも多く、また、温度が高い程多くなることがわかった。

しかし、その溶出量はごく微量であることから、アスファルト廃材の再利用あるいは埋立処分による環境への影響は少ないものと考えられた。

## 文 献

- 1) 埼玉県環境部：埼玉県産業廃棄物実態調査報告書（1989）
- 2) 厚生省：厚生白書（1991），294～295
- 3) 日本化学会：化学便覧（応用編）
- 4) 日本工業標準調査会：石油アスファルトの規格（JIS K2207）
- 5) 山下幸男，高島嘉昭：道路廃材の再利用，環境技術，18，215～223，1989
- 6) 本多淳裕，山田 優：建設系廃棄物の処理と再利用，(財)省エネルギーセンター，146～147，1990
- 7) (財)先端建設技術センター：建設廃棄物の利活用技術に関する調査，44，1991
- 8) 埼玉県企画財政部統計課：埼玉県統計年鑑，19～37，1972～1990
- 9) 玉川勝美ら：アスファルトと発ガン性・変異原性，仙台市衛生試験所報，13，240～245，1983
- 10) 環境庁：産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（環境庁告示第13号），1973
- 11) 日本工業標準調査会：工場排水試験方法（JIS K 0102），1985
- 12) Environmental Protection Agency (EPA)：Test method 610 (Polynuclear Aromatic Hydrocarbons)，1984
- 13) 環境庁保健調査室：化学物質と環境，1988
- 14) 環境庁環境化学物質研究会：環境化学物質要覧，1988