

舗装用骨材資源の有効利用に関する研究(中間報告)

プロジェクトリーダー 山田 優
(大阪市立大学名誉教授)

1. 本研究の背景

道路等の舗装に用いるアスファルト混合物は、碎石、砂、石粉およびアスファルトを主な原材料にして製造される。それらの使用(質量)割合は混合物の種類により異なるが、表層に一般的に用いてきた密粒度アスファルト混合物では、粗骨材としての碎石が45~60%、細骨材としての砂が30~40%程度を占める。ゆえに、アスファルト混合物の製造には大量の碎石と砂を必要とし、それらの安定供給は道路等の整備を続ける上で不可欠である。ところが、碎石については原料となる岩石が全国的に存在し、地元の府県または近隣の府県から供給を続けるのが可能なものの、砂については天然砂が採取できず安定供給が困難な地域がある。

近畿地方の骨材資源について、産業技術総合研究所の調査報告書¹⁾に次のように記されている。

「砂利資源：比較的急峻な地区から流下する九頭竜川や近江盆地の河川などの中～下流部には、河川砂利や陸砂利がまとまって分布している。また、京都府の城陽市周辺の丘陵地には山砂利層を伴う鮮新生の堆積岩が分布している。これらを除けば、極小規模な川砂利・陸砂利が点在するのみであり、砂利資源に乏しい地区となっている。

碎石資源：碎石に適した古生代から中生代の堆積岩(砂岩や頁岩)や中生代の火山岩類(流紋岩や安山岩)が広く分布しており、大局的には碎石資源は極めて豊富である。しかし、これらの多くは山間部にあり、必ずしも容易に利用できるというわけではない。」

図1-1に、アスファルト合材協会が近畿各府県の合材プラントにおける砂の使用状況を調査した結果から、2005年度分の概要、次ページ表1-1に調査結果の詳細を示す。調査対象となったアスファルト合材プラントは94工場である。これらのプラントで年間160~170万トン、1工場当たり1.7~1.8万トンの砂を使用している。

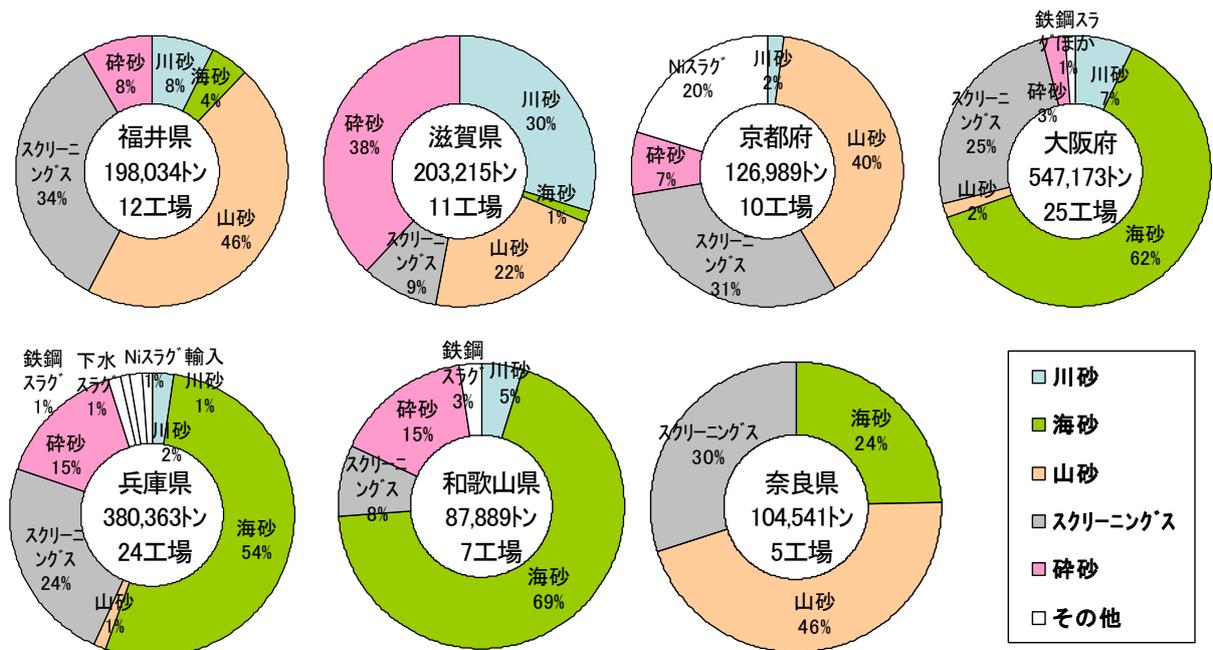


図1-1 近畿各府県のアスファルト合材プラントにおける砂の使用状況(2005年度)
(日本アスファルト合材協会近畿地区連絡協議会調査結果より)

表 1-1 アスファルト合材プラントにおける砂の使用状況 (2003~2006 年度)

(日本アスファルト合材協会近畿地区連絡協議会調査結果より)

地区名	工場数	年度	国内産										海外産	府県別 合計
			天然砂			人工砂					その他	天然砂		
			川砂	海砂	山砂	スクリー ングス	砕砂	鉄鋼 スラグ	下水 スラグ	ごみ スラグ	Ni スラグ	川砂		
福井県	12	2003	14,200	8,074	91,722	65,919	12,015	0	0	0	0	0	191,930	
		2004	13,300	9,833	95,928	75,722	14,870	0	0	0	0	0	209,653	
		2005	15,000	86.82	90735	66,981	16,636	0	0	0	0	0	198,034	
滋賀県	11	2003	82,813	0	47,500	27,747	86,926	0	0	0	0	0	244,986	
		2004	63,174	1,980	45,200	20,637	79,221	0	0	0	0	0	210,212	
		2005	60,578	2,750	44,000	18,383	77,504	0	0	0	0	0	203,215	
京都府	10	2003	4,560	0	56,697	53,088	12,481	0	0	0	37,405	0	164,231	
		2004	4,368	0	53,945	45,417	12,555	0	0	0	29,446	0	145,731	
		2005	2,416	0	50,323	38,916	9,408	0	0	0	25,926	0	126,989	
大阪府	25	2003	23,762	366,684	9,350	141,012	17,020	11,600	0	224	0	0	569,652	
		2004	35,281	346,770	9,790	148,815	14,710	8,300	0	305	0	0	563,971	
		2005	38,356	340,892	9,150	137,138	15,619	5,500	20	498	0	0	547,173	
		2006	38,043	275,465	13,625	67,594	23,193	5,000	20	320	0	0	423,260	
兵庫県	24	2003	12,007	220,596	7,300	86,136	45,166	4,506	100	0	5,255	5,200	386,326	
		2004	10,204	224,401	6,548	88,728	66,329	5,636	2,029	0	5,479	4,500	413,854	
		2005	9,422	200,398	5,653	89,678	55,974	5,408	4,435	0	5,395	4,000	380,363	
		2006	17,093	178,730	4,481	86,588	54,934	2,516	6,997	0	13,844	2,000	367,183	
和歌山県	7	2003	0	49,721	0	8,890	11,104	0	0	0	0	0	69,715	
		2004	0	50,950	0	8,415	8,415	0	0	0	0	0	67,780	
		2005	4,154	60,834	0	7,024	13,577	2,300	0	0	0	0	87,889	
奈良県	5	2003	0	19,050	54,037	35,658	0	0	0	4	0	0	108,749	
		2004	0	19,090	44,856	34,385	0	0	0	0	0	0	98,331	
		2005	0	25,610	47,470	31,459	0	0	0	2	0	0	104,541	
種類別 合計		2003	137,342	664,125	266,666	418,450	184,712	16,106	100	228	42,660	5,200	1,730,389	
		2004	126,327	653,024	256,267	422,119	196,100	13,936	2,029	305	34,925	4,500	1,705,032	
		2005	129,926	639,166	247,331	389,579	188,718	13,208	4,455	500	31,321	4,000	1,644,204	

これらより、砂の種類としては、天然砂である川砂、海砂および山砂、人工砂であるスクリーニングス、砕砂などであるが、府県によりかなり状況が異なることが分かる。福井県、京都府および奈良県では山砂とスクリーニングス、滋賀県では川砂と砕砂の使用が多く、それらの砂は概ね近隣で採取または生産されたと考えられるが、近畿で最も砂の使用量が多い大阪府、次いで多い兵庫県、そして和歌山県では、海砂の使用割合が極端に多い。これら3府県での合材プラントの多くは阪神地区を中心に大阪湾に面した地域にあり、従来から天然砂資源は少なく、少し前は瀬戸内海で海砂に頼っていたが、最近では瀬戸内海で海砂の採取ができなくなり、現在使用している海砂のほとんどは遠く九州から運ばれていると見られる。阪神地区にある1工場では、2006年度まで海外(中国)産の輸入川砂も使用している。

海砂については、瀬戸内海での採取が禁止されたように、現在採取している九州地方でも採取は制限されており、全面的な採取禁止も近いと予想される。一部のプラントで使用していた中国産の川砂も既に輸出禁止になっている。福井県、京都府、奈良県などで使用している山砂、滋賀県で使用している川砂も、今以上に採取量を増やすことは期待できない。むしろ、採取可能量は急速に減少していると予想される。

図 1-2 と図 1-3 は、日本道路協会舗装委員会が全国 138 箇所のアスファルト合材プラントに対して実施したア

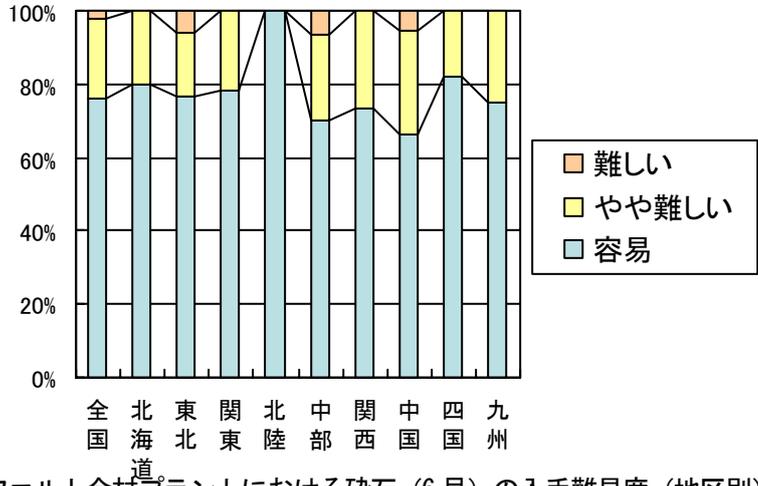


図 1-2 アスファルト合材プラントにおける砕石（6号）の入手難易度（地区別）

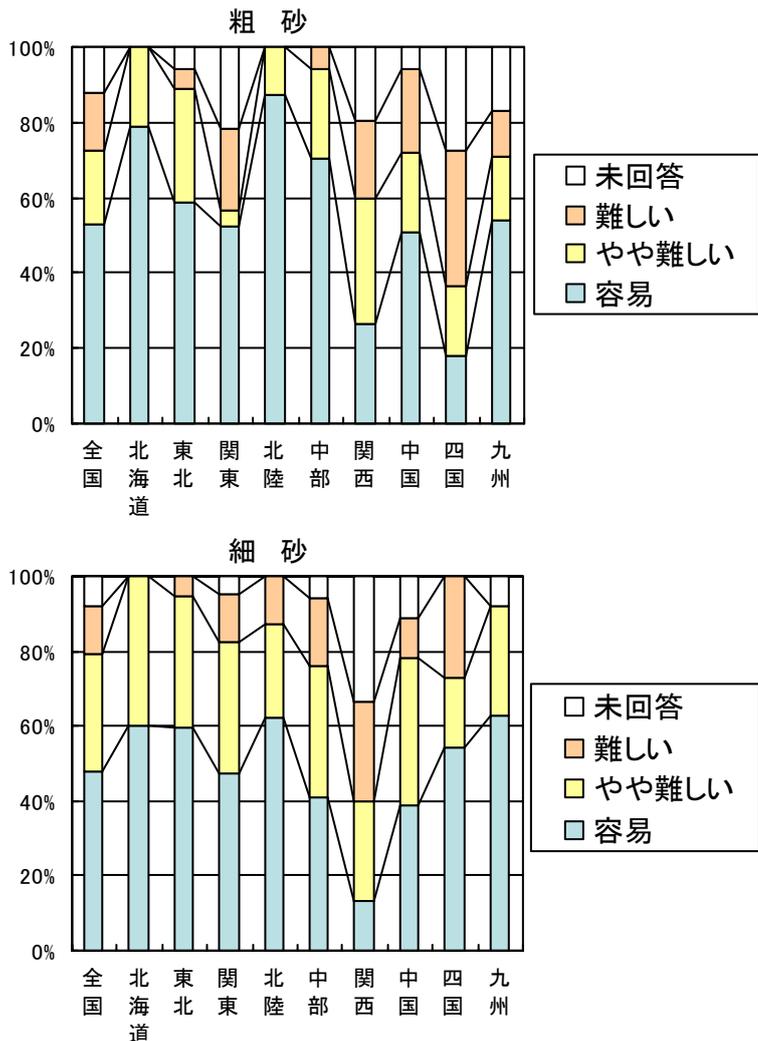


図 1-3 アスファルト合材プラントにおける良質な天然砂の入手難易度（地区別）

ンケート結果²⁾の一部である。粗骨材となる砕石については入手が難しいという回答が特に多い地域は見られないが、細骨材となる砂については、関西、中国、四国地区で入手が難しく、特に関西では粗砂、細砂ともに入手が難しいことを示している。

海砂の採取が完全禁止になれば、さらに深刻な事態となることから、早急に対策を講じなければならない。近畿における天然砂不足を補う方策として、次の3つが考えられる。

- ①リサイクルの増進
- ②砕砂の使用
- ③副産物の活用

舗装の修繕や打換え工事で発生するアスファルト塊を解砕して再生骨材とし、再びアスファルト混合物に利用するリサイクルは既に行われている。図1-4に示すとおり、舗装で使用するアスファルト混合物の量は最近、道路工事予算の縮小から減少しているが、全混合物中に占める再生骨材の割合は増加し続けており、2005年度で31%に達している。その量は1510万トンで、アスファルト塊の年間排出量2610万トンの58%である。アスファルト塊を解砕して製造する再生骨材は、新規アスファルト混合物と同様、砕石と砂、石粉、アスファルトを含んだものであり、これらすべてを供給することになる。このリサイクルを今後さらに増進させていく必要がある。

しかし、そのために解決すべき課題がある。それは、最近多くなっている排水性舗装の切削で生じる高粘度ポリマー改質アスファルトを含むアスファルト塊のリサイクルである。これまでの研究³⁾で、このアスファルト塊中に残存する砕石については分離・回収して再生粗骨材として再利用することが可能になったが、その残りについては再利用方法が確立していない。そこには砂分が多く含まれており、これをアスファルト混合物用細骨材として利用する方法を検討しなければならない。

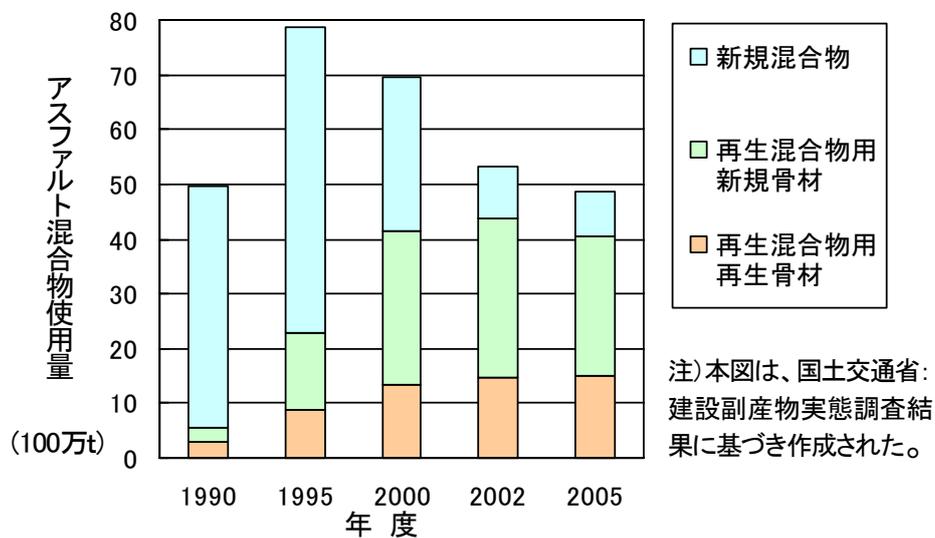


図1-4 舗装用アスファルト混合物中に占める再生骨材と新規骨材使用量の推移

砕砂は、既にコンクリート用細骨材として使用されており、中国からの天然砂が輸出禁止になったことから、増産が期待されている。また、前記のとおり、アスファルト合材プラントでも一部使用されている。砕石と同様、全国的な生産が可能である。しかし、合材プラントでは砕砂よりもスクリーングスの使用量のほうが多い。それは、多分に砕砂の価格が高いためである。砕砂は、砕石をさらに細かく砕くことにより製造されることから、当然ながら製造コストが高い。さらに、製造の際に粉が多く発生し、その粉（砕石粉）の処理に費用を要する。スクリーングスは、粒径2.5mm以上の砕石を製造した際のふるい下（残物）であるから、比較的安価である。ただし、粉をかなりの割合で含むため、使用量には限度がある。使用量を増やすには、粉の除去が必要である。

そこで、碎石粉を有効利用する用途の開発が求められ、アスファルト混合物のフィラーやコンクリート用混和材などとしての利用が期待されているが、期待どおりには進んでいない。

アスファルト混合物のフィラーには、石灰岩を粉砕した石粉を使用するのが一般的であるが、石灰岩以外の岩石の粉を使用すると混合物の品質にどのような影響を及ぼすのかについては、必ずしも明確になっていない。碎石粉と同様、フィラーとしての利用が期待される粉に下水汚泥焼却灰などもあり、粉の性質が混合物の品質に及ぼす影響、フィラーとして使用するための基準等を明らかにすることが必要である。

舗装用骨材としての活用が期待される副産物として、鉄鋼スラグ等、金属の精錬で生成するスラグ、都市ごみや下水汚泥の熔融処理で生成するスラグ、コンクリート塊や廃陶磁器、廃ガラス等の破砕物、ダムや河川等の浚渫土砂などがある。これらの中には、既に舗装用骨材以外の用途に利用され、リサイクル率の高いものもある。それらについては、舗装用骨材としての適用性ととも、利用用途の変更についても検討しなければならない。

たとえば、鉄鋼スラグは図1-5に示すとおり既に種々の用途で利用され、リサイクル率は高い。しかし、骨材として適用できるものが多いと予想され、また地盤改良・港湾土木材や路盤材等の現在の用途では今後の需要に不安もあることから、骨材としての利用率を高めることを検討すべきである。

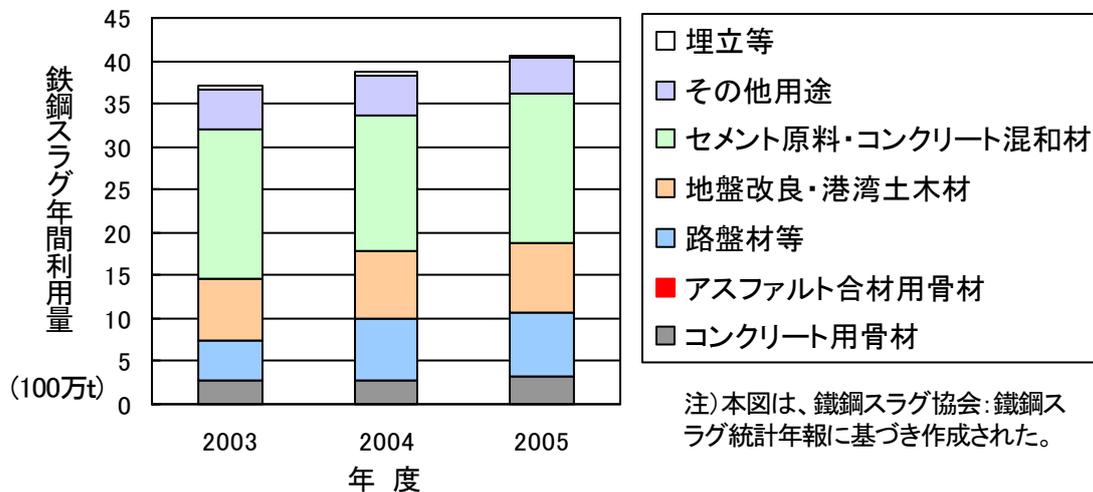


図1-5 鉄鋼スラグの年間産出量とその利用内訳

コンクリート建造物の解体等で排出されるコンクリート塊も、図1-6に示すとおり100%近いリサイクル率となっている。しかし、利用用途のほとんどは、路盤材等である。コンクリート用再生骨材のJISが制定されたが、骨材としての利用は進んでいない。公共工事での利用推進策として、舗装での利用が期待される。

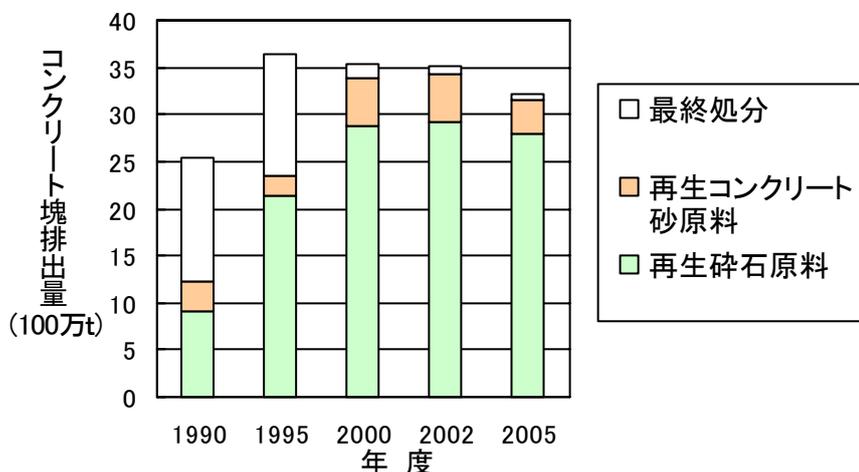


図1-6 コンクリート塊の排出量と利用用途の推移

都市ごみの溶融スラグについては、道路用ならびにコンクリート用骨材としてのJISが制定され、今後、利用が進むことが期待されている。ごみを高価な設備で処理した結果、産出するものであるから、有害物質の溶出などについて、安全性が確認されれば、積極的に有効利用しなければならない。

近畿には現在、多くのダムが機能しているが、供用後年数が経ち、ダム湖やその上流に大量の土砂が堆積していて、それらを浚渫することが必要になっている。骨材として利用可能と見られる砂利、砂を多く含んでおり、利用方法の検討が求められている。

なお現在、道路舗装ではアスファルト舗装がほとんどであるが、今後は、コンクリート舗装も採用すべきである。コンクリート舗装を採用することにより、利用可能な骨材資源の範囲が拡張すると考えられる。たとえば、コンクリート再生骨材や砕石粉を用いた転圧コンクリート舗装などが研究されている。ダム堆積土砂を骨材にしたコンクリート舗装をダムの近くの道路で施工することも検討に値する。

2. 研究目的

本プロジェクトでは、近畿、特に阪神地区の天然砂不足への対応、資源の有効利用、環境保全の観点から、種々の骨材資源の活用を検討し、舗装用骨材の安定供給・品質管理策を提案することを目標に、予定期間を2008～2010年度の3年間として、当面、次の8課題について検討している。

- ①排水性舗装・各種環境舗装のリサイクル
- ②鉄鋼スラグのアスファルト混合物用骨材としての適用性
- ③ごみ溶融スラグのアスファルト混合物用骨材としての適用性
- ④コンクリート再生細骨材のアスファルト混合物用骨材としての適用性
- ⑤ダム堆積土砂のアスファルト混合物用骨材としての適用性
- ⑥砕石粉のアスファルト混合物用フィラーとしての適用性
- ⑦下水汚泥焼却灰のアスファルト混合物用フィラーとしての適用性
- ⑧コンクリート舗装の普及と再生骨材・砕石粉等の有効利用

3. 研究体制

前記した8課題についてワーキンググループを設けて研究を進めている。本プロジェクトの参加メンバーと幹事は以下のとおりである。

・参加メンバー

産：大林道路(株)、奥村組土木興業(株)、鹿島道路(株)、昭和瀝青工業(株)、世紀東急工業(株)、大成ロテック(株)、東亜道路工業(株)、(株)NIPPONコーポレーション、日本道路(株)、前田道路(株)、(株)大阪砕石工業所、近畿砕石協同組合、(株)森組、鉄鋼スラグ協会、新日鉄エンジニアリング(株)、セメント協会、大阪兵庫生コンクリート工業組合、

学：大阪市立大学、近畿大学、神戸大学、立命館大学

官：国土交通省近畿地方整備局(道路部、兵庫国道事務所、近畿技術事務所)、大阪府、兵庫県、大阪市、神戸市
オブザーバー：堺市、姫路市、(財)道路保全技術センター奈良県、奈良市、(独)水資源機構

・幹事

プロジェクト全体：大林道路(株)

「排水性舗装リサイクル」ワーキンググループ：大林道路(株)

「鉄鋼スラグ」ワーキンググループ：鉄鋼スラグ協会

「溶融スラグ」ワーキンググループ：奥村組土木興業(株)

「コンクリート再生細骨材」ワーキンググループ：日本道路(株)
「ダム堆砂」ワーキンググループ：大成ロテック(株)
「砕石粉」ワーキンググループ：奥村組土木興業(株)
「下水汚泥焼却灰」ワーキンググループ：(株)NIPPPOコーポレーション
「コンクリート舗装」ワーキンググループ：鹿島道路(株)

4. これまでの活動状況

本プロジェクトの予定研究期間は2008年度～2010年度の3年間であるが、2008年度は主に8課題ごとに設けたワーキンググループにより研究を行い、中間報告書を作成中である。

各ワーキンググループによる研究成果がまとめ次第、それを実証すべく試験施工を行うこととし、2008年度は先ず、「鉄鋼スラグ」、「溶融スラグ」および「コンクリート再生細骨材」の各ワーキンググループの研究成果を基に試験施工を実施した。その概要は次のとおりである。

- (1) 施工箇所：国道28号線淡路市東浦地区、下り車線、約200m
- (2) 施工日：2009年2月13日(金)
- (3) 施工者：淡路土建株式会社
- (4) 施工に使用したアスファルト合材：下記の人工砂を用いた密粒度改質アスファルト混合物
 - 1) 転炉スラグ砂(転炉による製鋼工程で産出したスラグ塊を破碎、ふるい分けして製造)
 - 2) 溶融スラグ砂(ごみ的高温溶融処理で産出した溶融物を水砕処理して製造)
 - 3) コンクリート再生細骨材(コンクリート構造物の解体で発生した良質なコンクリート塊を破碎処理して製造)



写真4-1 2008年度試験施工現場

[引用文献]

- 1) (独)産業技術総合研究所 地圏資源循環研究部門：平成17年度 骨材資源調査報告書－中部・近畿地方各府県の骨材資源－，2006.3.
- 2) 海老澤秀治・向後憲一・坂本浩行：アスファルトプラントアンケート調査による混合物骨材の実態，舗装，Vol. 42, No. 8, pp. 3-11, 2007.
- 3) 新都市社会技術融合創造研究会：「排水性舗装混合物のリサイクル技術の研究」プロジェクト報告書，2008.3.