

需給が逼迫する西日本地域の細骨材 - その需給事情と代替え細骨材の模索 -

小村 良二¹⁾

はじめに

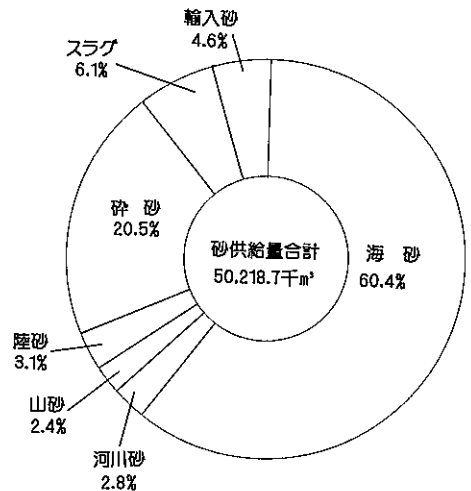
骨材とは、セメントコンクリートやアスファルトコンクリート、コンクリート製品などを製造する際に投入する各種の砂・砂利・碎石・高炉スラグなどの総称である。骨材の種類としては細骨材と粗骨材があるが、細骨材とは10mm網ふるいを全通し、5mm網ふるいを85%以上(いずれも重量比)通過する骨材をいい、粗骨材は5mm網ふるいに85%以上(重量比)とどまる骨材をいう。本稿では細骨材の“砂”を対象とした。砂には天然砂や人工砂などがあり、天然砂は採取地によって「海砂」「河川砂」「山砂」「陸砂」に4区分される。他方、人工砂には砕砂(碎石砂)などがある。

西日本地域の土木・建築現場で使用される砂は、従来から瀬戸内海の手砂に大きく依存してきたが(第1図)、近年、瀬戸内海の自然環境保全意識の高まりなどにより海砂の採取は禁止の方向に進みつつある。このため、西日本地域では砂の需給が逼迫して砂供給不足の事態を生じることが懸念され、海砂の代替え細骨材の開発が急務となっている。すでに一部の地域では、海砂の代替え細骨材としてコンクリート廃材(再生骨材)やスラグ類(高炉スラグなど)が使用されている。しかし、海砂と比較するとこれらの代替え細骨材は生産品の安定供給(供給量)や生産コスト、規格・品質などに一長一短があり、土木・建築現場における代替え細骨材への切り替えはあまり進捗していない。

最近、海砂の代替え細骨材として注目されているのは、「輸入砂」と「砕砂(碎石砂)」である。輸入砂は輸入コストの変動や不安定な輸入量に難点があるが、地盤改良(埋め立て)用などに用途を限定すれば、後述する砕砂のように規格・品質を調製する

必要はない。一方、砕砂は碎石工場で生産される人工砂であり、量産化は可能で供給量には問題はない。しかし、砕砂は海砂(生產品)と比較すると生産コスト高になり、さらに規格や品質の難点からその用途は従来から天然砂への混合材・補完材として限定的に使用されることが多かった。しかし、最近では高規格・高品質の砕砂が生産されるようになり、砕砂の単味使用も可能になりつつある。

先頃、筆者は瀬戸内海で採取された「海砂(原砂)」と大阪府下の碎石工場で生産された「砕砂(碎石砂)」を入手し、その特性などに興味を持ったので若干の性状試験などを行った。本稿では、「海砂」や「砕砂(碎石砂)」「輸入砂」の近年の採取・生産状況や需給動向などについて概括する一方、筆者が入手した海砂(原砂)と砕砂の性状など



第1図 1999(平成11)年度の西日本全域の種類別砂供給内訳(「国土交通省労働資材対策室, 2001」の図10による)。西日本地域では、砂供給量に占める海砂の比率は60.4%に及ぶ。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 細骨材, 海砂, 砕砂, 輸入砂, 西日本地域

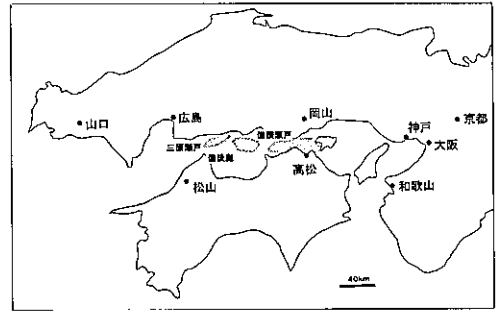
を当該試験結果によって比較・検討する。さらにその結果から、「砕砂(碎石砂)」は海砂の代替え細骨材として最も有望であるとする筆者の結論を紹介したい。

1. 海砂の採取状況と採取海域・採取量

瀬戸内海における海砂の採取は、1970年代頃までは沿岸の中国・四国・九州・近畿の各地方自治体で行われていた。しかし、1960～1970年代に兵庫県や徳島県などが相次いで海砂の採取禁止に踏み切り、1998(平成10)年2月からは広島県が海砂採取の全面禁止を決定した。現在、瀬戸内海における海砂の大量採取は岡山・愛媛・香川の3県で行われているが、岡山県は2003(平成15)年度から、香川県は2005(平成17)年度からいずれも海砂採取の全面禁止を打ち出しており、愛媛県も2006(平成18)年度から海砂採取の全面禁止を決定した。なお、瀬戸内海における海砂の採取は、上述した大量採取を行っている岡山・愛媛・香川の3県以外に山口・福岡・大分3県の海域でも行われているが、これらの3県は瀬戸内海以外でも海砂を採取している。

このように海砂の採取規制を強化したり禁止する瀬戸内沿岸地方自治体の判断の背景にあるのは、海砂の採取が「イカナゴ漁などの瀬戸内の漁場を荒廃させる」「沿岸地域の海岸侵食の一因である」などとする環境保護団体や研究者の指摘、旧環境庁による「瀬戸内海海砂利採取環境影響評価調査」の中間とりまとめ(報告)、海砂利依存度の低減を図り代替骨材を開発・促進することを明記した環境省の「瀬戸内海環境保全審議会答申」などが挙げられる^{注1)}。さらに、一部の海砂(砂利)採取事業者の違法採取などが続発したことも、地方自治体が海砂を採取禁止・規制強化するに至った遠因と思われる。

天然砂・砂利の採取は砂利採取法によって規定されており、採取計画(採取区域・採取量・採取期間など)は地方自治体の首長(都道府県知事)による認可制である(但し、採取区域が一級河川の場合は国土交通大臣により認可される)。なお、天然砂・砂利の採取事業については、地方自治体への登録制である。砂利採取法によって海砂(砂利)を採取する場合、広島県や愛媛県は当該行政区画海

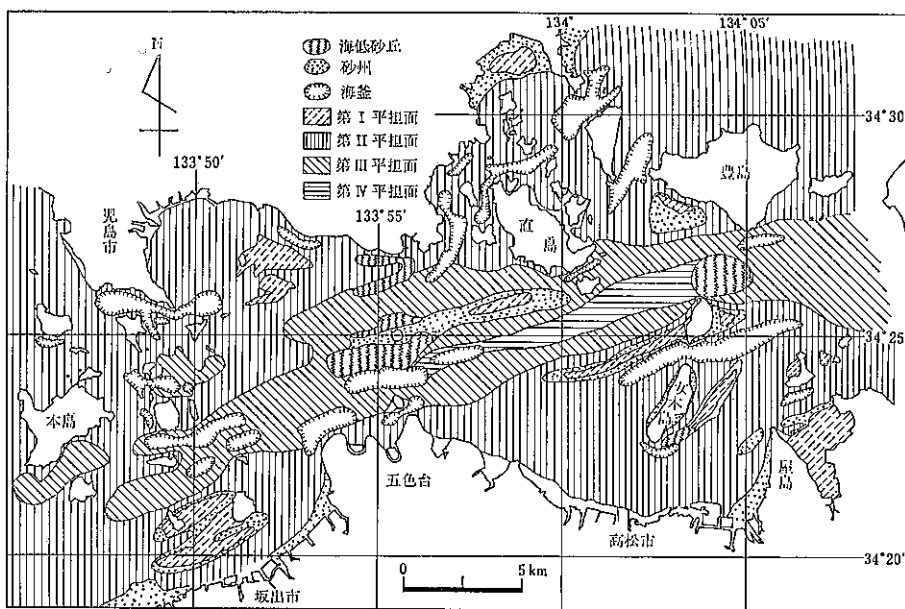


第2図 瀬戸内海の家砂の代表的な採取海域。

域に海砂の採取可能な指定海域・準指定海域を設定している。これに対して、岡山県や香川県は海砂の採取禁止海域を設定して、それ以外の海域において採取を許可している。

瀬戸内海の家砂の代表的な採取海域は三原瀬戸や備讃瀬戸、備後灘である(第2図)。海上保安庁発行の4万5千分の1海図「備讃瀬戸東部」や12万5千分の1海図「備讃瀬戸及備後灘」「芸芸灘及び広島湾」によれば、備讃瀬戸東部の海底地形は水深10～20mに位置する第2平坦面と、水深30～40mに位置する第3平坦面に広く占有される(第3図)。特に、香川県小豆島の池田湾沖や豊島北方沖・直島北方沖・女木島などの周辺にはそれらの浅瀬や堆が広範囲に分布する。また、備讃瀬戸西部の海底では広島県因島・向島・生口島・佐木島・大崎上島などの周辺、及び愛媛県大三島・伯方島などの周辺にそれらの浅瀬や州が広範囲に分布する。井内(1998)は、これらの堆や州などには砂質堆積物が厚く堆積した砂堆(デューン)が分布することを明らかにし、さらにこの砂堆(デューン)を構成する砂は瀬戸内海形成時の約1万年前から数千年間に潮流による海底浸食で形成され、その後、海流によって再移動し堆積したものである、として砂は有限の『化石資源』であることを強調している。

瀬戸内海の家砂は、海砂(砂利)採取船(ポンプ船)に搭載されたサンドポンプで海底に堆積した海砂(砂利)を採取する(写真1)。2000(平成12)年現在で香川県内には11の家砂利採取事業協同組合があり、これらの協同組合が保有するサンドポンプ形式の家砂(砂利)採取船は計48隻、海砂(砂利)採取事業の従業者数は計257人とされる。採取された海砂(砂利)の販路は、香川県内のほか兵庫・徳島・大阪・岡山・和歌山などの府県に及んでい



第3図 備讃瀬戸東部の海底地形区分(齊藤・森合, 1996). 1998(平成10)年6月の環境庁中間とりまとめ(報告)によると、備讃瀬戸や三原瀬戸では一部の堆や州などが消失して海底地形に大きな変化が見られる、としている。

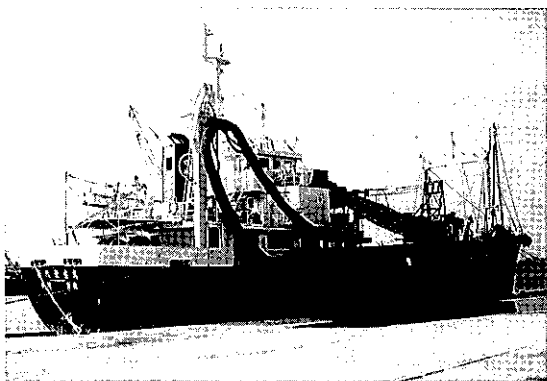


写真1 土場(貯砂場)の岸壁に接岸された海砂採取船(ポンプ船)。搭載しているサンドポンプで海砂を採取する。

る。一方、同年の愛媛県内には17の海砂(砂利)採取事業所(株式会社, 有限会社)があり、これらの事業所が保有するサンドポンプ形式の海砂(砂利)採取船は計15隻、海砂(砂利)採取事業の従業者数は計88人とされる。採取された海砂の販路は、愛媛県内一円に限定されている。

瀬戸内沿岸の地方自治体4県の瀬戸内海における海砂採取量の近年の推移を第1表に示す。海砂採取量は岡山・愛媛・香川の3県とも年々漸減傾向にあるが、これは認可の総量規制が実施されて

第1表 海砂の採取量。(単位: m³)

県名	1996(平8)年度	1997(平9)年度	1998(平10)年度	1999(平11)年度
広島	2,466,020	(不明)	—	—
岡山	3,799,476	3,610,546	3,368,070	3,279,210
愛媛	4,462,390	4,025,260	4,082,355	3,424,000
香川	5,078,720	4,983,970	4,661,472	4,395,060
全国計	33,575,523	30,360,721	28,591,640	30,456,625

(通産省生活産業局窯業室・建設省河川局水政課編「砂利採取業務状況報告書集計表」による)

縮減率が強化されたためである(1999.2.18付中国新聞)。

既述したように、瀬戸内沿岸の地方自治体は近年に相次いで海砂の採取禁止を打ち出し、2006(平成18)年度以降は瀬戸内海における海砂の大量採取県が皆無となる可能性がある。このため、瀬戸内沿岸の地方自治体では砂の需給が逼迫し、数年内に砂不足の事態になることが懸念される。

2. 砕砂の規格・品質と生産量

砕砂はコンクリート用細骨材として砕石工場で生産され、日本工業規格が制定されている([JIS A 5005-1993]コンクリート用砕石及び砕砂)。砕砂の日本工業規格は、砕砂の原石は強硬で耐久質な石質を持つものとし、破碎時に扁平な形状になった

第2表 コンクリート用砕砂の生産量。(単位:千トン)

府県名	1996年 (平8)	1997年 (平9)	1998年 (平10)	1999年 (平11)	2000年 (平12)	2001年 (平13)
広島	507	536	518	498	501	498
岡山	1,069	1,070	1,074	1,120	1,106	1,091
愛媛	1,370	1,409	1,574	1,414	1,289	1,360
香川	813	953	776	731	710	655
徳島	554	522	498	577	582	607
兵庫	1,727	1,660	1,440	1,194	1,371	1,279
大阪	565	567	493	537	698	594
京都	404	443	395	339	327	245
和歌山	322	272	244	240	215	194
全国計	35,687	36,719	34,920	35,026	36,661	35,543

(経済産業省製造産業局窯業室編「砕石統計年報」による)

り、結晶間にひび割れを生じるおそれのないものとする、などと規定しており、さらに砕砂の(絶乾)比重・吸水率・粒度・粒形などの規格値やその試験方法を詳細に明示している。このように、砕砂の品質は日本工業規格に規定されたすべての規格値が基準になるであろうが、特に砕砂の品質を決定付ける重要な規格はその粒形である。砕砂の粒形はコンクリートの流動性や単位水量(kg/m³)に大きな影響を与える要因とされ(内藤, 1989)、限りなく球形に近似することを求められる。日本工業規格[JIS A 5005-1993]は砕砂の粒形を実績率で判定し、規格値(粒形判定実績率)を「53%以上」と規定している。粒形判定実績率が53%より低いほどコンクリートの単位水量が増え、強度の低下や乾燥収縮率が増大するなどの支障が生じる、とされる(戸田, 2002)。

砕砂の製造工程には湿式と乾式がある。一般に、湿式は原石(砕石など)を2, 3の破碎・選別を経てロッドミルやボールミル(製砂機)で一定の粒度や粒形に粉碎・磨砕し、ふるい分け機でふるい分けてから機械分級機(スパイラル分級機など)などで洗浄・分級して回収する。製品化された砂は、ストックヤードや製品ビンなどの設備に貯砂する。本方式に係る生産コストとしては、製砂機や分級機などの生産設備や廃水処理などの付帯設備に係るイニシャルコストやランニングコストなどであり、修理・部品交換・保守点検などのメンテナンス経費も必要になる。

中国・四国・近畿地方における砕砂生産量の近年の推移を第2表に示す。広島・岡山両県の近年の砕砂生産量は変動が少ないが、愛媛・香川両県の砕砂生産量は落ち込んでいる。全国生コンクリ

ート工業組合連合会などの平成12年度出荷実績に基づいて推定すれば、この落ち込みは長引く不況による土木・建設需要の減退からコンクリート用砂の使用量が減少した結果、土木・建築現場へ供給される砂が砕砂混合砂(調製砂)からより安価な100%天然砂に移行したため、と解される。一方、兵庫県や大阪府の砕砂生産量は上げ基調にあるが、これは中国・四国地方の海砂の採取規制強化や禁止措置に触発されたためかも知れない。なお、本表に示した砕砂の生産量と、後掲した第6表の生コンクリート用砂消費量のうちの主に砕砂の消費量との間には、直接的な需給関係の有無は見出せない。

3. 輸入砂の近年の動向

輸入される砂は主に地盤改良(埋め立て)用に限定した用途目的で緊急性を帯びることが多く、この場合はコンクリート用砕砂のように高規格・高品質に調製する必要がない。輸入砂の一部はコンクリート用細骨材として土木・建築現場へ供給されるが、これは天然砂の粒度調製用に混合されるものである。しかし、輸入砂は輸入コストの変動や長期間の一定の輸入量確保に難点があり、荷揚げ港には大規模なストックヤードが必要である。また、砂に付着したり、砂を汚染する微生物や重金属などの有無をチェックする必要がある。

砂輸入量の近年の推移を第3表に示す。砂の輸入総量は1992(平成4)年に初めて100万トンを越えて以降年々漸増し、1997(平成9)年には210万トンに倍増した。1998(平成10)年には157万4千トンに一時的に減少したが、翌年の1999(平成11)年には持ち直し、さらに2000(平成12)年には980万3千トンに激増した。これは第3表に見られるよ

第3表 砂の国別輸入量。(単位:トン)

国名	1996年 (平8)	1997年 (平9)	1998年 (平10)	1999年 (平11)	2000年 (平12)	2001年 (平13)
中国	1,417,149	1,529,722	1,133,908	1,655,993	6,466,604	3,475,689
台湾	461,980	469,241	330,800	468,357	404,502	326,468
北朝鮮	40,000	91,550	85,954	98,947	100,858	71,733
韓国	-	-	22,918	644,472	2,813,092	545,709
ベトナム	10,946	10,333	-	-	12,012	-
その他の国	1,525	1,886	897	1,061	6,576	691
総計	1,931,600	2,102,732	1,574,477	2,868,830	9,803,644	4,420,290

(日本関税協会編「日本貿易月表」(2505.90; 天然の砂)による)

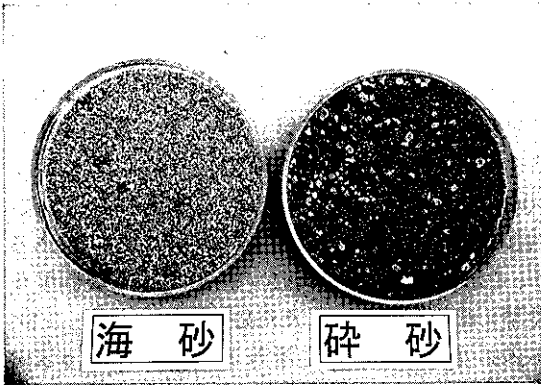


写真2 供試試料の海砂と砕砂。肉眼観察では海砂は淘汰の良い粗粒～中粒砂であり、石英・長石のほかに頁岩・チャート・安山岩・軽石などの岩片を含む。土場(貯砂場, 写真3)ではこの海砂は「細目」と呼称されている。一方、砕砂はすべて砂岩・頁岩の岩片で、角張った粒子が目立つ。



写真3 土場(貯砂場)に陸揚げされた海砂。

民主主義人民共和国(北朝鮮)の咸鏡南道咸興沖において海砂の採取が計画されている(2001.1.23付朝日新聞全国版)。

うに中国や韓国からの輸入量が急増したためであり、急増の主因は関西国際空港(大阪府泉佐野市)の第2期事業(現在建設中)に係る地盤改良(埋め立て)需要によるものである(1999.2.22付朝日新聞(夕)大阪本社発行版)。なお、中国から輸入される砂は、主に広東省や福建省などの河口に堆積した砂とされる。

このように砂の輸入量は2000(平成12)年までに急増したが、2001(平成13)年には不況の深刻化によって輸入量は減少している。しかし、深刻な不況下においても社会基盤は着実に整備・推進されなければならない。近畿圏の地方自治体2府7県知事及び3市長から構成される近畿開発促進協議会は、地球社会に貢献する国土づくりや個性豊かな地域づくりを進めることが必要として、「近畿圏の総合交通体系の整備」「学術研究機能の強化」「情報通信基盤の整備」「都市基盤と生活環境の整備」などの重点要望事項を政府に提出した注2)。政府に要望されたこれら大規模公共事業などの工事実施には大量の砂が必要であるが、今後の国内の景気回復如何によっては造成工事などの着工件数が増加すると予想され、その際には輸入砂の需要は上げ基調に回復すると思われる。

なお、砂の輸入に係る最近の新たな動向として注目されるのは砂採取事業の海外展開であり、朝鮮

4. 海砂と砕砂の性状

性状試験に供試した砂試料(写真2)は、香川県内に事務所を置く海砂利採取事業協同組合の土場(写真3)から採取した海砂(原砂)と、大阪府高槻市内の砕石工場で生産された砕砂である。性状試験はふるい分け粒度試験・比重試験・吸水率試験・粒形判定実績率試験について行った。以下に試験結果を記述し、細骨材としての特性を比較する。

ふるい分け粒度試験の方法は砂試料量約1kgを概ね110℃で乾燥させた後、日本工業規格[JIS A 1102-1999]に基づいてふるい分けを行った。本試験の結果を第4表に示す。海砂(原砂)試料の粒度は、本表の中欄に示した細骨材の標準粒度と比較すると1.2～0.6mmの粒度範囲がわずかに多く、0.3～0.15mmの粒度範囲がわずかに少ない。一方、砕砂試料の粒度は本表の下欄に示した日本工業規格[JIS A 5005-1993]に規定された粒度範囲に適合している。

比重・吸水率試験は、室温24-25℃・水温20℃の条件下で日本工業規格[JIS A 1109-1999]に基づき2回測定してその平均値を取った。平均値の偏差は比重0.00、吸水率0.01%である。また、粒形判定実績率試験は室温20℃の条件下で日本工業規格[JIS A 1104-1999]、及び[JIS A 5005-1993]に基づき2回測定してその平均値を取った。平均

第4表 砂試料の粒度.

ふるいの目の開き (mm)	ふるい通過重量 (%)※								粗粒率※※ (F.M)
	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075	
海砂 (香川県沖瀬戸内海産)		100	98.7	94.7	66.7	7.4	1.5	1.5	2.31
細骨材の標準粒度 (土木学会標準示方書)	100	90~100	80~100	50~90	25~60	10~30	2~10		
砕砂 (大阪・高槻市内砕石場産)	100	100	90.3	62.6	39.7	24.2	10.2	2.0	2.731
砕砂の粒度範囲 [JIS A 5005-1993]	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15		<±0.15

※ ふるい分け粒度試験：[JIS A 1102-1999]による。

※※粗粒率 (F.M)：ふるいの目の開きが80,40,20,10,5,2.5,1,2,0.6,0.3,0.15mmのふるい1組を使用して試料のふるい分けを行い、各ふるいを通過しない全残留試料の重量百分率の総和を100で割った数値。[JIS A 5005-1993]は、砕砂の粗粒率の許容差は、生産者と購入者が協議によって定めた粗粒率に対して±0.15以下とする、と規定している。

第5表 砂試料の比重・吸水率・実績率.

種別	比重※	試験項目	
		吸水率※ (%)	粒形判定実績率※※ (%)
海砂 (香川県沖瀬戸内海産)	2.5 (表乾)	2.17	59.7 (表乾)
砂の品質 [JIS A 5308附属書1]	2.5以上 (絶乾)	3.5以下	
砕砂 (大阪・高槻市内砕石場産)	2.68 (表乾) 2.64 (絶乾)	1.28	58.7 (絶乾)
砕砂の品質基準 [JIS A 5005-1993]	2.5以上 (絶乾)	3.0以下	53以上 (絶乾)

※比重、吸水率 (%)：[JIS A 1109-1999]による。

※※●粒形判定実績率：[JIS A 1104-1999]による。

粒形判定実績率 (%) = $T \times 100 + Q / D_s$

但し、T：単位容積重量 (kg/l)

Q：吸水率 (%)

D_s：表乾比重

●粒形判定実績率：[JIS A 5005-1993]による。

粒形判定実績率 (%) = $T / dD \times 100$

但し、T：試料の単位容積質量 (kg/l)

dD：絶乾比重

値の偏差は単位容積重量が0~0.02%、粒形判定実績率が0~0.89%である。比重・吸水率・粒形判定実績率試験の結果を第5表に示す。海砂(原砂)試料及び砕砂試料の比重・吸水率・粒形判定実績率は、本表の中欄及び下欄に示した日本工業規格値に適合している。

海砂の代替え細骨材としての砕砂-結びにかえて-

西日本地域の土木・建築現場で使用される砂のうち、生コンクリートの原材料として使用される砂は極めて消費量が多い。中国・四国・近畿地方において、生コンクリート製造に使用された砂の消費量の近年の推移を第6表に示す。中国・四国・近畿地方における近年の生コンクリート用砂の消費は、海砂の消費量が年々漸減傾向にあることが特徴的である。これに対して主に砕砂の消費量は、広島・岡山両県において1997(平成9)年以降2000(平成12)年まで年々漸増している。次に、広島・岡山両県では、1998(平成10)年に生コンクリート用砂消費量のうちの主に砕砂の消費量が海砂の消費量を初めて上回った。これは、同年から広島県が海砂の採取を全面禁止した結果、土木・建築現場において生コンクリート製造に使用された砂が海砂から砕砂へ切り替えられたため、と解される。したがって、香川県や愛媛県などが2005(平成17)~2006(平成18)年に海砂の採取全面禁止を実施し

第6表 生コンクリート用砂の消費量.

(単位：千トン)

年	広島県・岡山県			愛媛県・香川県・徳島県			兵庫県・大阪府・京都府・和歌山県		
	海砂	主に砕砂※	河川・山陸砂	海砂	主に砕砂※	河川・山陸砂	海砂	主に砕砂※	河川・山陸砂
1996(平8)	2,303	1,507	1,146	2,797	1,847	1,037	8,108	1,633	4,894
1997(平9)	2,159	1,482	1,226	2,873	1,946	1,030	7,745	1,590	4,466
1998(平10)	1,475	1,503	1,238	2,606	1,850	901	5,678	1,320	3,659
1999(平11)	1,129	1,613	1,228	2,435	1,784	898	4,832	1,248	3,318
2000(平12)	1,071	2,067	990	2,302	1,745	871	4,887	1,367	3,243
2001(平13)	959	1,758	944	1,992	1,697	864	4,579	1,395	2,787

経済産業省製造産業局窯業室編「生コンクリート統計年報」による(小数以下は四捨五入した)。

※生コンクリート統計年報では、「その他」に区分して集計されている。

た場合、広島・岡山両県と同様にこの両県でも、生コンクリート用砂消費量のうち主に砕砂の消費量が海砂の消費量を上回ることになるかも知れない。

上述したように生コンクリート用砂消費量のうちの砕砂の消費動向は、砕砂が海砂の代替え細骨材として最も有望な資材であることを示唆している。生コンクリート用の砂は日本工業規格などに適合した高品質を要求されるが、最近に生産される砕砂は高規格・高品質である。筆者が性状試験に供試した大阪府高槻市内の砕石工場生産の砕砂も日本工業規格などにほぼ適合しており、海砂と見劣りしない品質を有している。海砂の代替え細骨材としての砕砂は、将来的にその消費量が増加すると思われる。

本稿の執筆に当たって、近畿経済産業局資源エネルギー部鉱業課から砂利採取法の改訂規定についてご教示頂いた。末筆ながら記して謝意を表する。

- 注1) ●1998(平成10)年6月, 環境庁中間とりまとめ(報告)「瀬戸内海における海砂利採取とその環境への影響」。
 ●1999(平成11)年1月, 瀬戸内海環境保全審議会答申「瀬戸内海における新たな環境保全・創造施策のあり方について」。
 ●2000(平成12)年12月, 瀬戸内海環境保全審議会答申「瀬戸内海環境保全基本計画の変更について」。
 ●2002(平成14)年3月, 環境省最終とりまとめ(報告)「瀬戸内海における海砂利採取とその環境への影響」。
- 注2) 2001(平成13)年6月, 近畿開発促進協議会「近畿圏整備に関する重点事項」。

参 考 文 献

有泉 昌(1979): コンクリート用骨材の問題点. 粘土科学, vol.19, 41-55.

- 有田正史(1981): 海底細骨材資源の話. 地質ニュース, no.320, 18-28.
 有田正史(1986): 日本近海における海底細骨材資源の探査. 骨材資源, no.69, 1-11.
 井内美郎(1982): 瀬戸内海における表層堆積物分布. 地質学雑誌, vol.88, 665-681.
 Inouchi, Y. (1990): Origin of sand and its distribution pattern in the Seto Inland Sea, Southwest Japan. Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 41, 49-86.
 井内美郎(1998): 瀬戸内海海砂問題の地質学的側面-海砂の科学的知見及び環境機能回復手法の提案-. 第8回環境地質学シンポジウム論文集, 249-254.
 環境庁水質保全局瀬戸内海環境保全室(1998): 瀬戸内海における海砂利採取とその環境への影響(瀬戸内海海砂利採取環境影響評価調査中間とりまとめ), 146p.
 環境省水環境部閉鎖性海域対策室(2002): 瀬戸内海における海砂利採取とその環境への影響(瀬戸内海海砂利採取環境影響評価調査最終とりまとめ), 85p.
 国土交通省総合政策局建設振興課労働資材対策室(2001): 骨材需給動向調査-西日本の砂需給動向とその対応-. 砕石, no.222, 9-16.
 小村良二(2000): 近畿(周辺)地域の砕石資源. 地質ニュース, no.554, 30-38.
 小村良二(2000): 広島県安芸郡下の未開発細骨材資源-広島花崗岩の利用-. 平成12年度骨材資源調査報告書, 通商産業省生活産業局・工業技術院地質調査所, 19-25.
 内藤壮介(1989): 砕砂について(その1). 骨材資源, no.81, 18-22.
 中井 裕(1992): 新版砕石(四訂版). (株)技術書院, 東京, 317p.
 中村淑樹(1998): 「瀬戸内海海砂利採取環境影響評価調査」の中間取りまとめについて-その1-. 瀬戸内海, no.15, 49-53.
 中村淑樹(1998): 「瀬戸内海海砂利採取環境影響評価調査」の中間取りまとめについて-その2-. 瀬戸内海, no.16, 31-35.
 齊藤 実・森合重仁(1996): 香川県地学のガイド. (株)コロナ社, 東京, 218p.
 資源エネルギー庁長官官房鉱業課(1999): 鉱業便覧-平成11年版. (財)通商産業調査会(東京), 425p.
 須藤定久・有田正史(2001): コンクリート製品の話. 地質ニュース, no.566, 32-41.
 戸田靖彦(2002): 低品位骨材とコンクリートの品質. 砕石, no.224, 13-25.
 通商産業省鉱業室・建設省水政課(1997): 改訂砂利採取法の解説. (株)ぎょうせい, 東京, 473p.

KOMURA Ryoji (2002): Fine Aggregates are manufactured in the West area Japan (The relation between supply and demand).

< 受付: 2002年8月8日 >