

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (9)

## わが国の採石資源の現状と将来

The Present State and Future of Rock Resources in Japan.

萩原 義 一 \*

Yoshikazu Hagiwara

### 1. まえがき

今回、シリーズ特集「明日を支える資源(9)」として、表題のテーマによる執筆のご依頼をうけたが、非常に困ったことが二点あった。その一つは、世の中でエネルギー資源をはじめ金属鉱物資、非金属鉱物資源等という言葉は一般に用いられているが、採石資源という言葉はあまり用いられていないように思われるので、何を対象として書けばよいかという点である。

もう一つは、「採石資源」を、仮に、一般に用いられている「採石場」で、採掘の対象となっている「岩石資源」、あるいは「採石法」の中で規定されている「岩石資源」をいうと定義しても、それらの岩石は一部を除いて埋蔵量すら明らかにされていないものが大部分だからである。また最近コンクリート用あるいは道路用の骨材として大量に用いられるようになってきている石灰石やドロマイトは、埋蔵量等とははっきりしているものの「岩石」ではなく「鉱物」だからである。

そこで本稿では、採石場(Quarry)で採掘されており、採石法の中で砕骨材(いわゆる砕石、以下砕石(Crushed Stone)という)の原石として取扱われている岩石、すなわち「砕石資源」を対象とし、必要に応じて石灰石をも加え、しかもそれらの開発・生産を中心として述べることにしたい。

### 2. 砕石生産の歴史的推移と現状

#### 2.1 歴史的推移

わが国において、骨材が工業的に用いられたのは、1872年、秋田県産の天然アスファルトを用いて東京の神田橋の舗装工事がおこなわれた時にさかのぼるといわれる<sup>2)</sup>。しかし、組織的に使われはじめたのは1975年セメントの製造が開始された後と考えられている。当時使用された骨材は、河川敷から採取されたいわゆる

河川砂利であった。採掘した岩石を破碎・選別して製造された砕石という新しい型の骨材が登場するのはそれよりかなり遅れて1918年であるといわれ、記録<sup>3)</sup>によればこれは大阪市内の小学校の運動場の舗装に用いられたもので、岩石の種類は花こう岩、採掘は手掘りによるとされている。また、当時鉱山でしか用いられていなかった破碎機を導入した本格的な砕石製造工場が操業を始めたのは、関東では中央線初狩駅(山梨県)附近における1919年、関西では小豆島における1925年であったといわれ、その後1935年には阪神電鉄の道床バラストとして砕石が使用されたという記録がある。

骨材の需要は、第二次大戦後一時停滞したが、その後占領軍の基地の整備、基地と港を結ぶ道路の建設、建築物の不燃化を目指した公共投資枠の拡大などによる需要の増大に支えられ、さらにはわが国経済の急成長などもあって、1955年には骨材全体の生産量は8億大をこえ、その後は年率35~40%という高い伸びを維持しながら推移し、1973年には最初のピークである7億9,900万tに達した、しかしながら、同年起った第一次石油ショックによる経済の低迷は骨材需要の落込みをもたらした。1976年までは生産量は対前年比マイナスの伸びを示した。この間業界の努力には涙ぐましいものがあつたが、工場の操業率の低下や輸送コストの上昇なども重なって採算性は一層悪化した<sup>4)</sup>。その中で特に装置産業的色彩の濃い砕石製造業界の受けた打撃には著しいものがあつた。

しかし、1977年度の後半からの、公共投資を中心とする政府の景気浮揚策の効果等による需要の再上昇に支えられて、骨材の生産量は全体として再び増加をはじめ、1979年には8億4,800万tに達した。その後の第二次石油ショック、それを契機とするわが国経済の低成長化、さらにはそれに伴う民間設備投資の停滞、最近の政府の財政再建策にもとづく公共投資枠の圧縮等の影響を受けて骨材生産量は漸減の傾向にある。

このような骨材生産の推移の中で、河川砂利資源の

\* 早稲田大学理工学部資源工学科教授

〒160 東京都新宿区大久保 3-4-1

表1 碎石の用途別生産量 (単位 1,000 t)

年次	生産量					生産量合計
	道路用	コンクリート用	鉄道道床用	砂用	その他	
1982	179,294	87,860	3,733	12,388	48,311	331,586
1983	181,374	88,943	3,272	15,306	49,973	338,968
1984	185,467	91,236	3,390	15,132	58,493	353,719
1984/1972比(%)	124	144	47	250	112	127

枯渇化や採取の禁止等による砂利の生産量の増加速度の鈍化とは反対に、生産量の伸びの著しかったのは碎石で、最近におけるその比重は砂利のそれにほぼ匹敵する勢いを示している。

2.2. 碎石生産の現状

(1) 生産量

採石法では、その施行規則第11条の規定によって、岩石採取場毎に採取岩石の名称、生産量、設備の状況、災害防止の方法および施設その他についての報告書を、毎年、所轄の通商産業局長に提出することになっていて、その集計から採石業の実態が全国的に把握できる。

その中から、碎石の最近3年間の生産量を用途別にまとめたのが表1である<sup>5)</sup>。今試みに1984年の生産量を、集計を始めた最初の年の1972年のそれと比較してみると用途別に増減があるものの、碎石全体では約27%の増加となっている。中でも特に生産量の伸びの著しいのは砂(細骨材)用の碎石(いわゆる砕砂)で、実に250%に達している。このように砕砂の生産量が急増している理由は、いうまでもなく良質な砂の供給量の不足と、それに代わるものとして品質の安定した原石から得られる砕砂への期待が大きいためである。すなわち、従来コンクリート構造物の主力骨材として用いられてきた河川砂利の採取の事実上の禁止と近年におけるコンクリート建造物の急増が、骨材、特に細骨材の供給量の絶対的不足をもたらしたからである。勿論、河川砂利に代わるものとして、旧河川敷あるいは山地、さらには海岸や海底に賦存する陸砂利、山砂利、海砂利の採取がおこなわれてはいるが、それらには供給地の遍在性の問題、河川砂利に対する品質の低劣性、さらには特に陸砂利の場合採取地が多く農地であるために、その賃借料や農業補償、あるいは採取終了後の埋め戻し費用などによる生産コストへの圧迫等の問題がある。たとえば、陸砂利(砂利:砂の比はほぼ2:1)の供給地は主として中部以東に偏在し、特に新潟、栃木、茨城、神奈川等の県内に多く、山砂利(砂利:砂の比はほぼ1:3)もまた供給地の主力は関東地方に偏在し、さらに海砂利(砂利:砂の比は

ほぼ1:10)は供給の大半が瀬戸内海および九州地方に限られている、そのためにコスト的にも供給のアンバランスを生ずる結果となっている。また品質的には、陸・山砂利は水による自然淘汰の度合いが低く、風化残留物や泥分の混入が多く、海砂利では塩分があるため現在主としておこなわれている撒水法では除塩に限界があり、JASS(建築学会規格)を完全にクリアするには問題が残されていると見られる。

以上のように、各種の天然砂利から得られる砂には多くの問題があり、砕砂への期待は大きい。しかし、表1から明らかなように、コンクリート用碎石(単粒度碎石)と砕砂の比がほぼ6:1である現状では、天然砂の代替物としての期待に十分に答えることができるということにはならず、今後におけるその製造技術の向上、製造にとまなう災害の防止対象の徹底化等に関する一層の研究や努力に期待するところが大きい。

(2) 生産工程

碎石の生産工程は、採掘場(切羽)における原石の採掘と破碎プラントにおけるその破碎、選別とからなっている。これらのうち、最近特に技術の進歩の目覚ましいのは採掘工程であろう。

表2は、1984年の採掘法別採取場数を、1972年のそれと対比して示したものであり<sup>6)</sup>、表3はそれらの採取場で現在用いられている主要採掘設備を1972年当時のそれと対比したものである。

まず採掘法を見てみると、表2から明らかなように、1972年以来採掘はほとんどの採取場において露天によっておこなわれていて変化はみとめられないが、採掘法を見てみると、1972年当時階段採掘法を用いていた採取場の数は全体の約59%に相当する1,266箇所す

表2 採掘法別採取場数

年次	露天採掘			坑内採掘	露天、坑内併用	合計
	傾斜面採掘法	階段採掘法	その他			
1972	786	1,266	94	1	1	2,148
1984	94	1,702	68	1	0	1,865

表3 採掘設備の状況

年次	手掘採取場数	機械掘採取場数	機械掘採取場の主要設備台数									
			剝土・採掘関係					さく孔関係				
			パワーショベル	ドーザー	ホイールショベル	ブルドーザー	計	クローラドリル	ジャックハンマ	ハンドハンマ	ストーパー	計
1972	74	2,074	388	829	1,002	1,079	3,298	1,297	571	1,577	78	3,493
1984	4	1,861	1,770	1,140	1,194	1,453	5,557	2,013	361	236	26	2,636

注：表には、コンプレッサおよび小割関係の機械設備は除外してある。

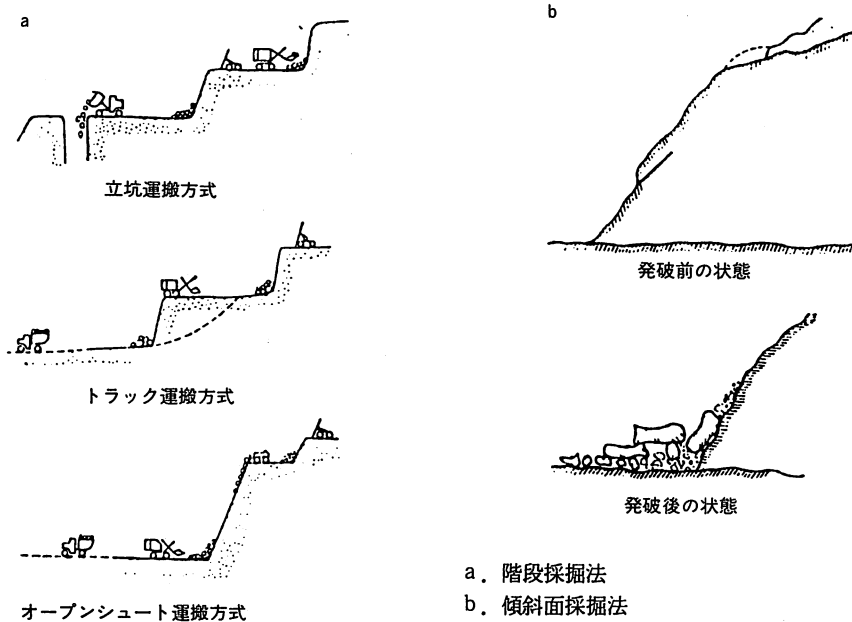


図-1 露天採掘法模式図

ぎず、かなり多くの採取場において（約37%）傾斜面採掘法が用いられていた。しかし、現在ではほとんど（91%）の採取場で階段採掘法が用いられるようになっており、依然として傾斜面採掘法を用いている採取場数の比率はほぼ5%に相当する68採取場に過ぎなくなっている。周知の通り、傾斜面採掘法は、一般にわが国のように急峻な地形に適し、採掘準備に要する時間も費用を少なくすむという利点があるために、当初は各地の採取場において広く用いられていた。しかし、この方法では作業者の足場が、傾斜している上に兎角悪くなり勝ちで、命綱の装着や保安手すりの設置を怠ると転落のおそれが多く保安上危険がある。そのため行政当局などによるより安全な採掘法への転換の強力な指導があり、加えて需要の増大に対応すべき大量生産の必要性などもあって、高能率で大量生産が可能であるほかにも数々の利点のある階段採掘法による採掘が急速に普及するに至ったと考えられる。表3の、特にさく孔関係の設備のうちジャックハンマー、ハン

- a. 階段採掘法
- b. 傾斜面採掘法

ドハンマー、ストーパー等の台数が1972年に比べて1984年には激減していることから、傾斜面採掘法から階段採掘法への転換が進んだことをはっきりうかがうことができる。

このように、統計上は採掘法としての階段採掘法が広く定着してきたかのように見えるとはいえないものの、実際にはなお多くの問題が残されているのが実情である。例えば、見掛上階段採掘法とされているものうち、実質的には傾斜面採掘法ないしは使用が禁止されている透し掘法とほとんど変わらないものが、山腹式の階段採掘法を用いている小規模な採取場にかなり残っているのはこの問題の一つである。すなわち、かなり急峻な原石山の傾面に高い階段を造成し、その脚部に水平ないし上向きの発破孔をさく孔して採掘を行っている採取場がしばしば見られるのがそれである。このような採掘法では、足場こそ平坦で作業者の転落の危険は少ないものの、採掘が進展するにしたがって切羽面脚部の掘さくのみが進行し切羽面全体がオ

表 4 破碎・選別工場の主要設備等 (1984年)

選別しない 工場数	手選工 場数	機械破碎・ 選別工場数	破碎・選別機械台数					総使用水 量(m <sup>3</sup> /day)
			破碎機	磨砕機	篩分機	機 械 分級機	湿 式 サイクロン	
186	28	1,651 (282)	5,424	1,113	5,936	842	89	231,800

注：( )内は水洗式で、内数

ーバーハングになることが考えられる。地形上、階段の造成や切羽の準備に多くの時間と費用を必要とし、本格的な山頂式の階段採掘法を行うことが事実上不可能であるというのがその主な理由と思われるが、このような採掘を続ければ転落石の危険は増大し、場合によっては採掘を中止せざるを得なくなることも考えられるので、早急な対策が望まれる所以である。

以上のようにして採掘された原石は、破碎、選別工場に運ばれて粒度・粒形の調整、水洗による泥分の除去その他が行われて製品となる。従来、骨材に関する規格や仕様書などは、全て河川砂利を中心に作られていた。このことは、碎石の大量進出の初期において、特にコンクリート用粗骨材としての碎石の需要に制約を及ぼしていた。すなわち、碎石粗骨材は河川砂利に比べて形状に角ばりがあり、また偏平度が大きいことも多く、さらに泥分混入の問題等もあって良質のコンクリートの製造の障害となるというのがその主な理由であった。その反面、形状の角ばりは鉄道道床用バラストや道路の路盤材として用いると、動的変位の回復力にすぐれ、圧力の分散が良好であるなどの利点が見とめられて、名神、東名等の高速道路や東海道新幹線などの建設に当って、路盤材として大量に用いられた。付着泥分の問題も、その後の階段採掘法の導入や破碎・選別工程における水洗によって逐次解決されており、

また角ばりの除去や偏平度の調整等は、従来の圧縮式の破碎機に加えて衝撃式あるいは自生破碎式の破碎機導入とそれらの組合せ使用によって改善されており、粗骨材では粒形判定実積率が河川砂利と同等あるいは陸・山砂利に勝るものが出現している。このことは、さらに原石山岩質の事前調査、採掘および破碎・選別工程における品質管理などの技術の進歩をも併せて不適製品率の低減に寄与し、現在ではコンクリート用骨材としての碎石の地位は著しく向上している。

表 4 は、破碎・選別工場で用いられている主要設備の集計結果 (1984年) を抄録したものである。

### 3. 将来の問題

以上が、碎石資源開発の推移と現状の概観であるが、今後に残された問題は多い。枚数の都合もあるので、それらのうち国内資源確保、石灰石碎石との競合をも考慮した合理的開発、いわゆる公害への対処等の問題に絞って概説する。

#### 3.1 国内資源の確保

骨材全体の需要が今後も現在の水準を維持しうるか否かについては即断できない。特に、公共投資の現状が将来にわたって続くとするれば、過去に示したような大幅な需要の伸びは望むべくもないと考えるのが常識であり、また公共投資の伸びが一応の収斂期に達した

表 5 通商産業局別、岩種別碎石生産量 (1984年)

(単位 1,000t)

通商産業局	砂岩	安山岩	粗面岩	粘板岩	玄武岩	花こう岩	凝灰岩	結晶片岩	輝緑岩
札幌	983	13,270	—	46	1,227	320	458	129	1,073
仙台	8,600	28,608	2,493	2,435	2,977	633	1,542	—	2,701
東京	54,694	18,537	5,113	3,078	2,566	695	5,868	980	1,290
名古屋	19,567	3,664	336	1,136	1,435	1,995	393	1,350	1,363
大阪	24,788	4,420	8,933	1,675	322	2,597	1,149	83	818
広島	5,755	13,446	496	6,801	919	2,916	1,581	513	1,251
四国	1,782	2,772	—	—	271	504	—	331	1,271
福岡	13,542	19,576	—	688	5,369	1,847	—	7,569	792
沖縄	—	—	—	1,115	—	—	—	—	—
計	135,161	104,474	17,388	16,974	15,086	11,506	10,992	10,956	10,560

注：1984年の年産量 1000万t以上の岩種について示した。

後は、欧米先進国におけると同様に国民一人当たり数t/年にとどまる可能性があることは十分に考えられる。したがって、こゝで当面する問題は、そのような需要量に対応するに足る国内資源が、量、質ともに確保しているか否かであろう。

砕石の原石となる岩石は、一般的には国内に豊富に賦存している。しかしその採掘認可は原則として都道府県知事によってなされ、しかもその認可は地域住民の同意なしには事実上考えられないといっても過言ではない。また採掘のほとんどが露天で行われるために各種の権益や法規に抵触することが多く、採掘に必要な補償費の高騰と相俟って開発個所の取得は年々困難になってきている。一方、砕石業者の多くは中小企業に属している（昨年調査で資本金1,000万円以下のものが全体の半数以上）ために経済変動への対応に限界があり、さらには良質な資源の賦存量、賦存地域は徐々に減少していること等もあって、国内における資源の確保は年々困難になりつつある。また、表5は地域別、岩種別の砕石生産量を示したものであるが、これらのうち圧倒的に生産量が多く、品質的にもすぐれているといわれる砂岩、安山岩について見ると、前者は北海道、東北、中国等に少なく、後者は近畿、中部に少なく、それら良質な砕石資源の偏在性にも問題がある。また安山岩の分布地域には景勝地や温泉地などを含む国立公園地帯が多く、その開発は今後ますます制約を受けることが予想される。今後10年間の可採原石量を確保している採取場は、全体のほぼ50%に達するといわれるが、それらといえども今後無条件で採掘を継続できるという保証はない。このように見てくると、砕石資源の確保には抜本的な対策が切望される。通商産業省では、後述する公害に対処するとともに大規模な生産拠点の開発による砕石資源の確保とその安定供給を図るために、1969年省内に発足させた骨材拠点推進会議（その後骨材対策委員会と改称し、下部機関の一つに砕石資源調査部会を設置）で、砕石資源の賦存状況、岩質、埋蔵量等の調査をつづけ、1982年度までに全国65地点以上の調査を終了している。現在は、それらを踏えて全国的な資源量の集計作業が行われていると聞いているが、その結果の一刻も早い発表が待たれる。

### 3.2. 合理的開発

砕石資源採掘の認可に関連し、その合理的な開発計画の樹立に大きな影響を与えているものに認可期間の問題がある。すなわち、認可期間が短かく、その期間

も都道府県によって異なり、1～3年が普通である。したがって、採掘はこま切れに行うことを余儀なくされ、保有する資源の合理的、総合的開発計画や採掘跡地の修復計画が立てられず、能率の向上などは望むべくもない。一方、このところ量的に砕石の最大の競合相手となっているのは石灰石で、1984年度の実績によると、1億7,000万tに上る総出荷量のうち実に23%に当る約3,900万tが土建用骨材として出荷されており（表6に抄録）、今後もセメント向け、鉄鋼向け等の出荷の伸びが期待薄であるため、この数字は大きくなることはあっても小さくなることはまず考えられない。事実、このほど石灰石鉱業協会が発表した今年度上期の土建向け出荷量は前年同期比4.1%増となっている。

一方、表7は砕石業と石灰石鉱業の主要諸元を比較したものであるが、砕石業は石灰石鉱業に比べ生産量や人員は多く、生産性は低く、労働災害の災害率に至っては実に4倍の高きに達している。これは、ほとんど

表6 石灰石用途別出荷量（1984年度）

用途	出荷量(t)	構成比(%)	前年度実績(t)	前年度比(%)	
セメント用	87,884,652	51.9	91,693,506	95.9	
鉄鋼用	21,681,749	12.8	20,096,706	107.9	
石灰用	10,307,864	6.1	10,076,613	102.3	
ソーダ・ガラス用	1,443,892	0.9	1,419,274	101.7	
タンカル用	5,729,858	3.4	5,627,967	101.8	
その他	3,249,922	1.9	3,953,150	82.2	
土 建	道路用	17,794,627	10.5	18,182,123	97.9
	コンクリート用	16,405,685	9.7	14,816,025	110.7
	その他	4,643,762	2.8	4,640,559	100.1
計	38,844,074	23.0	37,638,707	103.2	
出荷合計	169,142,011	100.0	170,505,923	99.2	
生産	169,010,030	—	168,901,484	100.1	

注：通商産業大臣官房調査統計資料による。

表7 砕石業と石灰石鉱業の主要諸元の比較

諸元	砕石・石灰石別	実績	備考
生産量(1000t)	砕石	353,719	
	石灰石	169,825	
年末人員数(人)	砕石	26,590	
	石灰石	8,108	含請負
生産性(1000t/人/年)	砕石	13.3	
	石灰石	20.9	
労働災害	罹災者数(人)	砕石 141 石灰石 63	採掘場
	100万人当り災害率	砕石 75.93 石灰石 19.35	採掘場

注：林による。

どが大手企業に属する石灰石鉱業との技術力や資本金の差もさることながら、総合的な採掘計画の樹立が、認可期間が短いためもあるに任せないところに由来する点を見逃すわけには行かない。長い認可期間が与えられない原因には、過去の砕石業のあり方が問題になっていることもあるので、徒らにその延長を求めるばかりでなく、業界自体の体質の改善に努めることを努力目標として求めたい。

### 3.3 いわゆる公害への対処

#### (1) 自然破壊の防止

砕石の採掘のほとんどが露天において行われている以上、自然破壊は避けて通れない運命にある。今日義務づけられている採掘跡残壁の緑化は、最近ではかなり普及し、自然破壊防止の目安がある程度立つたといえることができようが、なお未解決の問題は多い。近年米国、カナダなどでは、採掘跡地の再利用（いわゆるリクレーション）とその地域社会の将来への還元を考慮した計画採掘の考え方が定着している。砕石業の存在により地域社会に還元されている利益が目立たず不利益のみが強調され、それが資源の確保や生産の円滑な継続の障害となっていることを考えると、具体的な成果の得られるリクレーションの考え方に今後さらに検討を加え、その導入を積極的に計る努力がのぞまれる。

#### (2) 交通公害の防止

砕石に限らず骨材の流通は、持込みによる需要者への直接販売の形をとっている場合が多く、その輸送の多くを、経営形態すら明確でないダンプ輸送に依存している。一方、生産者は中小零細企業が多いために互の間の過当競争を起しがちであり、また製品の現金化を急ぐあまりに取引は需要者の買い手市場となり易い。このような取引関係の前近代性はコスト軽減の名のもとに輸送関係へのしわ寄せとして現われ、これが過積載、スピード違反その他のダンプ公害を助長し、特に生産地とその周辺において多くの住民からの批判を浴びる原因となっている。その対策として、定量積載の励行、積荷のシート掛け、走行時間帯や走行台数の制限などが行われているが有効性に欠ける。将来の問題として、しばしばいわれているように<sup>9)</sup>、欧米の大都市周辺で行われている船舶輸送への転換、ダンプカーのトレーラー方式化、鉄道によるフレートライナー方式、スラリー輸送やカプセル輸送等の実現を真剣に検討する必要がある。

以上のほか、原石採掘、破碎・選別工程、あるいは

廃土・廃石のたい積にもなう土地の崩壊・流出、飛石、粉じん、騒音の発生、場内外水や水洗泥水の流出等の災害にもとづく公害問題なども重要であるが、紙数の関係で省略する。

## 4. むすび

岩石をふくめ骨材資源は、石灰石とともに国内で自給可能な唯一の地下資源であり、使用量も多い重要な原材料であるにもかかわらず、多くの人はこれを単なる石ころとしてしか見ないようであるし、無尽蔵で無価値なものと考えているように思われる。しかし、資源の有限性が論ぜられる今日、骨材資源の有限性も忘れてはならない。コンクリート廃材などからの回収、再利用などを含め、その延命を真剣に考えなければならぬ時がきていると思えてならない。最後に、記述が全体に舌足らずに終わったことをお詫びしてこの稿を終る。

## 参 考 文 献

- 1) 萩原義一、岩崎孝；骨材資源の開発、その歴史と将来展望、早稲田大学理工学研究所報告第100輯記念特集号、1982、p. 33～
- 2) 日本砕石年鑑；日本砕石新聞社、1980年報、p. 7.
- 3) 日本石材史；日本石材振興会、1956、p. 298.
- 4) 岩田誠一；わが国における骨材需給の推移と資源調査の現状、セメントコンクリート、No.415、1981-9、p. 7～
- 5) 林 暉；採石業の現状と課題、第12回砕石技術発表大会資料、1985-10、p. 128.
- 6) 同 上
- 7) 萩原義一、岩崎孝；セラミックデータブック(1980)、p. 44.
- 8) 5) と同じ
- 9) 森本伊佐夫；わが国骨材資源の現状と将来（砂利、砂を中心として）1982、p. 5