日本の石灰石および碎石の現状と将来*

菊 池 登**・佐 藤 敏 人***

Present and Future of Limestone and Crushed Stone in Japan

Noboru KIKUCHI and Hayato SATO

〔1〕-1 石灰岩の生産と用途別の推移

石灰石の生産状況は、昭和40年代に日本経済の高度成長期に入り、各産業共生産設備の大型化が積極的に推進され、旺盛な需要に応じて石灰石、ドロマイトとも需要が急激に拡大した。48年度には1億5000万tを超え、第1次石油危機で49～51年度はやや低下したものの再び上昇に転じ、遂に54年度には1億8500万tと史上最高の生産を記録した。昭和55年度の第2次石油危機後の需要低迷に続く国の緊縮予算等でセメント需要が減少し、59年度は1億7000万tと54年度ピーク時に比して約8.1%減となっている。その後幾分生産量が減少し、60年度1億6400万t、63年度は1億6500万tとなった。一方、ドロマイトは、54年度620万t、その後鉄鋼向け需要の減少と輸入ドロマイトの増加に伴い59年度428万t、62年度380万tとなった。

用途別出荷の構成比をみると、戦後の復興期、昭和40年代からの工業化並びに国土建設に伴うニーズの多様化による変遷を知ることが出来る。戦前は石灰が37%を占めていたが、昭和61年度は6%に、セメントは30～40年代には69～63%であったものが49%に低下し、これに代って土建用碎石とタンカルで29%を占めるに至った。

石灰石の需要先として最も重要なセメントと鉄鋼向けは、昭和48年のピークにはセメント向け1億720万t、

第1表 ドロマイト輸入量推移

(単位:千t)

年度	国 フィリッ ピン	韓 国	台 湾	計
55	—	87	108	195
56	109	130	46	285
57	329	64	6	399
58	306	68	9	383
59	381	93	31	505
60	359	90	43	492
61	303	131	125	559

鉄鋼向け2270万tと合計1億2990万tに達し、全出荷量の70%を占めていた。その後セメントの減産に伴い61年度にはセメント向け8100万t鉄鋼向け2130万tと合計1億230万tとなり、約2800万t減、全出荷量の62%に低下した。次に石灰、タンカル、土建用についての用途変遷をみると、工業化に伴なう著しい変化がみられる。

石灰は、昭和45年度では鉄鋼59%、化学32%と工業用が90%を占め、建築用は僅かに2%であった。更に昭和59年度では鉄鋼53%、化学26%に加えて公害防止・中和用などが8%、ALC用も2%となるなどその用途は多

第2表 石灰石の用途別構成比推移 (単位:%)

年 度	セメント	鉄 鋼	石 灰	タンカル	土 建	その他 ソーダ・ガラス外	計
18	31	22	37	—	3	7	100
40	63	13	12	2	7	3	100
59	52	13	7	3	23	2	100
61	49	13	6	4	25	3	100

* 平成元年6月14日本会第82回例会において発表

** 東京石灰工業㈱社長

*** 岩手大学工学部

平成元年8月18日受理

岐にわたっている。

タンカルは、26年度から工業用の生産が始まり、36年度には工業用が50%を超え、20年後の55年には工業用83%、農業用17%となった。国土建設に伴う道路用タンカルの伸びと工業の拡大によるガラス・排煙脱硫・中和などが増加傾向をたどり、更にゴム・プラスチック・塗料などへのフィラーとして軽質タンカル分野に重質タンカ

ルも加わり、これ等の用途は極めて多岐にわたるようになった。昭和59年度での構成比は、タンカル総生産量636万t(重質・軽質タンカルおよび若土カルを含む)のうち道路が35%、フィラー(重質・軽質)19%、排煙脱硫12%、肥料8%、飼料7%、その他19%である。

土建については、昭和40年度約400万tであったが、59年度には約3900万tと約10倍の伸びを示し、セメント

第1図 石灰石、ドロマイト用途別構成比

第2図 生産規模別分類

第3図 石灰石、ドロマイト月別生産量の推移

に次ぐ需要先となった。関東市場を控えた栃木県（1100万t）および石灰石以外に骨材に適する岩種がほとんど賦存しない沖縄県（900万t）で過半数を占めているが、特に近年コンクリート用が伸びており、東京湾へ移入される海送もの（350万t）は大半コンクリート用である。

なお、上記述の統計を基に構成比を第1図に示す。および62年度の石灰石鉱山別生産量を500万t以上、200～500万t、100～200万t、50～100万t、10～50万t、10

万t以下の6ランクに分類したものを第2図のグラフに、次に石灰石とドロマイト月別生産量の推移を前年度（61年度）と比較した結果を第3図に示した。

〔1〕-2. 石灰石の採掘、選鉱および運搬

石灰石鉱山はここ20年間に石灰石の需要の大宗を占めるセメント、鉄鋼の急激な伸長に対応して大型化し、大きく変革した。昭和54年度には全国生産量は1億8500万tを記録したが、その後これら基幹産業、特にセメント需要の減退に伴って石灰石の減産傾向が続いたため、石灰石鉱山では採掘から出荷に至るまでのあらゆる部門での合理化、省エネ化を図り、減産体制化における体質強化の対策がとられつつある。

現在石灰石鉱山数は約300で、その内年産100万t以上の鉱山数は41で、この41鉱山の総生産量は全国の約80%を占めている。これは鉱山数では13%の大型鉱山が大半の生産を賄っていることになる。

次にこれらの鉱山の採掘、選鉱の技術の概要を簡単に記す。

a) 採掘

わが国の石灰石鉱山の採掘は傾斜面採掘法→グローリホール法→階段採掘法へと大きく変って、現在では階段採掘法による採掘量は99%に達している。

わが国の石灰石鉱床は水平層状のものはほとんどなく、傾斜層で一般に山岳地形をなすものが多く、この山岳地形の高所にある石灰石を効率よく採掘、運搬するため傾斜面採掘やグローリホールが盛んに行われたが、大幅な需要の増加に伴う採掘の大型化のための機械化および保安の確保等のため、昭和40年度から全面的な階段採掘法へと移行したが、景観を保持すると共に騒音、粉じん、発破飛石等の鉱害防止の効果を期待することのできる立坑式階段採掘法が採用された。

第6図に立坑式階段採掘法ならびに破碎、選鉱のフローシートを示す。

b) 選鉱

石灰石の採掘はほとんど露天採掘であり、採掘前に剝土、剝岩を行っているが、若干の表土、粘土が原石に混入するので、鉄鋼、化学工業、タンカル、コンクリート用骨材など、品質が特に厳しく要求される用途には、泥抜き設備や水洗設備が設けられ、製品に対する品質管理面が強化されている。

石灰石の選鉱は、一般に用途により粒度を揃えたり、粒度の基準の範囲に合わせて破碎・粉砕、篩分けを行うことであり、選鉱設備はこれに必要な機械とそれに付帯した運搬設備である。採掘された原石を処理し、需要に応じた製品として出荷するための工程を出来るだけ能率的なものとすることが必要であり、選鉱分野だけでなく、採掘をも含めた総合的な合理化の手段がとられている。

第4図 石灰石鉱山操業のフローシート例

これには立坑底に破碎設備を設けて、ベルトコンベヤによって石灰石を輸送する方式が多く採用されており、また、ベンチにモービルクラッシングプラントを設置し、破碎した後立坑に投入する方式が一部の鉱山で採用されている。

石灰石は極めて安価であるので、微粉碎してタンカルとし付加価値を高めたり、地域的な需要に応じ砕石として出荷している鉱山も多い。

最近の需要の減少から選鉱設備能力は過剰きみであり、60～80%の低操業の鉱山も多い。他方選鉱場の合理化、改善による省力化に逐年行われ、集中管理、コンピュータ導入による自動化が進んでいる。

c) 製品の輸送運搬

石灰品の製品または半製品の輸送については、コストの低減あるいは公害対策などの理由のため、各所で種々の合理的方法が採用されている。代表的なものについて記す。

(1) 長距離ベルトコンベヤ

2 km 以上の長距離のものが数多く採用されているがそのうち 5 km 以上のものを第3表に示す。23 km 前後のものが3ヶ所あるが、このうち1スパンは最大単機長 14.1 km (世界最長) のものがある。

(2) カプセルライナー

栃木県唐沢鉱山で採用されており、石灰石では世界で

第3表 長距離ベルトコンベヤー一覧表

(5km 以上)

会 社 名	鉱 山 名	総 延 長 (km)	輸 送 能 力 (t/h)	ベルト幅 (mm)	ベルト速度 (m/min)	機 数	備 考
武 甲 鉱 業	武 甲	23.4	1,000	900	170	6	58年2月設置
秩 父 セ メ ン ト	叶 山	22.7	1,000	900	150	3	59年12月設置 (最大スパン14.1km)
日 鉄 鉱 業	鳥 形 山	23.3	2,100	900	300	9	46年5月設置 (発電)
住 友 セ メ ン ト	秋 芳	16.5	1,750	1,000	220	7	昭和40年10月設置
住 金 鉱 業	八戸石灰	10.0	1,200	900	160	6	昭和47年12月設置
三菱鉱業セメント	東 谷	9.2	1,000	900	200	2	昭和48年6月設置
日 本 セ メ ン ト	戔 朗	6.2	2,000	1,050	240	1	昭和48年6月設置
明 星 セ メ ン ト	田 海	5.9	600	750	135	1	昭和39年4月設置

第4表 昭和30年度以降石灰石機関別輸送量

(単位：千 t)

年 度	鉄 道 (%)		船 舶 (%)		自 動 車 (%)		地 場 消 費 (%)		合 計 (%)	
昭和30	6,629	30.4	4,730	21.7	700	3.2	9,737	44.7	21,796	100
31	8,008	30.9	5,100	19.7	740	2.9	12,032	46.5	25,880	100
32	8,643	30.9	5,600	20.0	810	2.9	12,925	46.2	27,978	100
33	8,541	31.6	5,600	20.7	1,150	4.3	11,747	43.4	27,038	100
34	10,054	30.4	6,100	18.4	1,400	4.2	15,565	47.0	33,119	100
35	11,775	29.6	6,500	16.3	1,380	3.5	20,108	50.6	39,763	100
36	13,462	29.4	7,100	15.5	1,990	4.4	23,175	50.7	45,727	100
37	15,239	30.7	7,500	15.1	2,360	4.8	24,485	49.4	49,584	100
38	15,460	27.7	7,973	14.3	3,370	6.0	28,961	52.0	55,764	100
39	15,732	26.2	7,081	11.8	3,900	6.5	33,233	55.5	59,946	100
40	14,730	23.5	9,477	15.1	4,300	6.9	34,233	54.5	62,740	100
41	16,439	22.3	12,255	16.6	5,300	7.2	39,719	53.9	73,713	100
42	18,501	22.1	13,167	15.7	5,680	6.8	46,332	55.4	83,680	100
43	17,849	19.1	15,000	16.0	7,980	8.5	52,636	56.4	93,465	100
44	21,735	20.4	16,000	15.0	9,350	8.8	59,397	55.8	106,482	100
45	23,007	19.3	24,000	20.2	11,840	9.9	60,214	50.6	119,061	100
46	25,953	20.8	33,853	27.1	13,880	11.1	51,050	41.0	124,736	100
47	27,214	19.4	37,757	26.9	16,000	11.4	59,453	42.3	140,424	100
48	28,560	17.2	46,472	27.9	25,016	15.0	66,406	39.9	166,454	100
49	27,075	17.4	44,586	28.6	24,835	16.0	59,179	38.0	155,675	100
50	25,423	17.6	41,309	28.6	25,000	17.3	52,717	36.5	144,449	100
51	25,961	17.5	40,315	27.1	25,600	17.2	56,809	38.2	148,685	100
52	26,063	16.4	40,547	25.4	28,500	17.9	64,246	40.3	159,356	100
53	26,192	14.9	43,592	24.9	32,000	18.3	73,501	41.9	175,285	100
54	25,980	14.0	47,974	25.9	36,000	19.4	75,386	40.7	185,340	100
55	22,956	12.7	46,315	25.6	38,500	21.3	73,355	40.4	181,126	100
56	22,966	13.1	43,687	24.9	38,300	21.8	70,347	40.2	175,300	100
57	19,038	11.4	42,543	25.4	37,000	22.1	68,885	41.1	167,466	100
58	16,376	9.7	43,426	25.7	37,500	22.2	71,624	42.4	168,926	100
59	15,606	9.2	44,735	26.4	38,000	22.5	70,801	41.9	169,142	100

(注) (%)は機関別輸送量比率。

第5表 実働人員と能率の推移

年 度	1 鉱山 1 日平均実働人員			能 率 (t/人/月)			火 薬 (g/t)
	採 掘 員	運 搬 量	全 員	採 掘	運 搬	全 員	
昭 和 40	23.2 (100.0)	13.7 (100.0)	76.7 (100.0)	1,847 (100.0)	4,158 (100.0)	514 (100.0)	86
45	16.6 (69.8)	13.0 (94.9)	75.9 (99.0)	4,618 (250.0)	5,769 (138.6)	910 (177.0)	115
50	10.7 (46.1)	14.1 (102.9)	65.9 (85.9)	9,323 (504.8)	7,057 (169.7)	1,494 (290.7)	113
55	8.7 (37.5)	14.0 (102.2)	58.3 (76.0)	14,441 (781.9)	8,940 (215.0)	2,124 (413.2)	114
60	6.0 (25.9)	9.8 (71.8)	45.1 (59.2)	18,552 (1,000.4)	11,505 (276.7)	2,432 (473.2)	100

- (注) 1. 石灰石鉱業会会員月産2,000 t以上鉱山調べ。
 2. () 内数字は昭和40年度を基準とした%。
 3. 全員には選鉱、輸送、管理事務等を含む。

初めての試みである。全長 3.2 km (うち83%地下埋設)、パイプ径 1m、1列車は 1m³ カプセルを3輻連結 (4.8 t)、空気により50秒間隔、速度 32 km/h で連続的に発射、輸送能力 360 t/h である。

(3) トレーラトラック運搬

山口県伊佐鉱山では、石灰石、石灰等の輸送のため幅員 22m (4車輻)、延長 28.3km の専用道路を建設し、35tトラックを2両ないし3両連結 (70tまたは105t積) したトレーラトラックを運行している。

次に鉱山からユーザまでの石灰石の流動を輸送機関別にみたのが第4表である。昭和59年度では、ベルトコンベヤによる直送や近距離のトラックによるいわゆる地場消費 (約42%) が最も多く、次いで船舶、トラック (併せて約49%)、鉄道 (約9%) である。

(付) 能率

この20年間の大きな変化は能率および実働人員の変遷に現われている。

すなわち第5表にみられるように、日本砕石協会会員鉱山の1鉱山1日平均実働人員でみると、鉱山規模は大きくなり生産量が増大したにもかかわらず、20年前に比べて採掘員は75%、運搬員は30%、全員では40%減となった。

20年間で採掘能率は約10%、運搬能率は約3倍、全員能率では約5倍となった。

[2]-1. 砕石業の現状と展望

今や砕石は、骨材産業の中心的地位を占めるに至り、その安定供給は、業界に課せられた大きな責務である。

年間約4億トンを上回る膨大な砕石の流通消費は、経済的、社会的にも極めて大きな影響をおよぼす重要な産業である。しかしながらそのほとんどが中小企業で、業

界を取り巻く環境は、極めて厳しいものがある。

天然資源の原石採取という宿命から原石山の確保をはじめ、自然環境の保全、公害防止、労働災害の絶滅、採掘跡地の整理、適正価格の維持、新技術の導入・省力化、高令化社会への対応、コスト低減、組織の強化など、多くの難問が山積しており、これらの問題を如何に適切に対処しながら、企業を存続させていくかである。

中小企業白書では、これからの中小企業が生きていくためには技術の開発、情報社会への対応、人材の育成が欠かせないことと指摘している。また、中小企業の資本生産性がここ数年、大企業に比べて、急速に落ち込んでいることを明らかにしている。これまで、中小企業の効率を上げるために、機械設備などを導入して資本装備率を上げることを目標に近代化をはかってきた。

しかしながら、導入した機械設備の稼き高を示す資本生産性が急激に落ちてきている。その原因は、それらの機械設備が企業規模に適さなかったり、それを有効に運用する技術力に欠けるためだと推定している。しかし、これまで中小企業の特徴としては、小廻りのきく経営で、多品種少量生産をこなして生き抜いてきた経緯がある。また、共同化、協業化をはかることによって個々の力ではできない力を発揮できる可能性を十分に秘めており、これらに如何に早く取り組むかが大企業に負けずに、今後生き残れるかどうかの鍵であると強調している。

(2)-2 砕石の需給状況

わが国の骨材需要量は、昭和54年の848百万tをピークに、年々の減少が続いて、昭和58年は733百万トンまで落ち込んでいる。しかし、供給の内容からみると、過去においては、骨材の中心は、河川砂利であったが、現在では、良質なものは枯渇し採取規則の強化などにより、

第6表 骨 材 需 給 の 推 移

(単位：百万トン)

需給	種 別		年 度																	62 推計
			44	46	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61		
需 要	コ ン ク リ ー ト 用		349	417	539	475	446	538	504	563	581	562	538	507	488	490	472	487	490	
	道路・道床・その他用		167	216	260	250	223	261	231	254	267	272	261	246	245	258	255	262	275	
	合 計		516	633	799	725	669	799	735	817	848	834	799	753	733	748	727	749	765	
供	砂	河 川 砂 利	159	133	110	107	107	80	115	115	103	89	80	79	69	64	57	52		
		山 砂 利	56	84	140	118	106	102	94	102	114	100	102	97	91	92	87	91		
		陸 砂 利	54	86	113	84	80	118	94	113	123	127	118	106	94	97	96	96		
		海 砂 利	62	71	70	57	60	82	82	90	90	89	82	81	73	69	71	73		
	利	小 計	331	374	433	366	353	382	385	420	430	405	382	363	327	322	311	312		
給	砕 石	人 工 軽 量 骨 材	168	237	341	336	297	395	328	374	395	404	395	373	390	410	398	422		
		天 然 軽 量 骨 材	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1		
		ス ラ グ・そ の 他	4	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3		
		輸 入	11	16	15	18	12	15	15	16	16	18	15	12	12	12	14	11		
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	合 計		516	633	799	725	669	662	735	817	848	834	799	753	733	748	727	749		

(1) 通商産業省生活産業局窯業建材課推計による。(2) 砂利には砂利, 砂, 玉石, 玉砕を含む。

(3) 人工軽量骨材, 天然軽量骨材は天然骨材に換算してある。

供給源の中心は粗骨材は砕石に, 細骨材は山砂・海砂に移行してきた。しかし, 山砂は一般に泥分が多く, また海砂は一般に粒度分布がよくなく, 採取地点の地形や堆積時の状況などにより地形特性が異なり, その上多少なりとも塩分を含有している。このように山砂, 海砂ともに品質上の問題があり, とともに数量的にも減少の傾向がみられる。需給状況からみると, コンクリート用骨材は, 総需要量のうち昭和54年が69%に対し, 昭和61年は64%と比率は下がっている。また数量において, 昭和54年を100とすると, コンクリート用骨材が79%, 道路用, 道床, その他用骨材は96%と減少している。

今後の砂の需要は, 安定した供給源として, 山砂, 海砂に代わって, 砕砂の要求が次第に高まってくるものと予想される。

工業技術院が, 生コン JIS 全工場に対してアンケート調査を実施した生コン用骨材の使用割合によると, 骨材データ数, 1万900件に対し, 件数ベースで粗骨材は砕石が52.4%で最も多く, 次いで河川砂利が40.6%, 山砂利(陸砂利を含む)が0.2%となっており, 砕石および川砂利で全体の93%を占めている。地域別には大阪ブロック以西で砕石, 東京, 名古屋ブロックで河川砂利が主流となっている。これを61年暦年の生コンクリート統計年報でみると, 砕石が54.1%, 河川砂利が32.2%, 山陸砂利が13.7%となっており, その割合はアンケート調査とほぼ近似している。

細骨材の場合は, 河川砂使用が最も多く38.8%, 山砂

(陸砂を含む)が25.5%, 海砂が23.4%, 砕砂は12.3%となっている。地域別には仙台, 東京, 名古屋ブロックで河川砂, 広島, 四国, 福岡ブロックで海砂, 大阪ブロックで山砂が主流となっている。砕砂の今後の見通しは, 品質, 価格の面で天然砂が優位であり, 天然砂とのブレンド使用, あるいは自然減を砕砂が充足する程度にとどまり, 需要が伸びてもせいぜい全体の30%どまりとみる向きが強い。

採掘の対象となる岩石の地表における割合は, だいたい第四紀, 第三紀の堆積岩40%, 中生代・古生代の堆積岩22%, 火山岩(噴出岩)92%, 花崗岩13%, 変成岩3%となっている。そのうち第四紀, 第三紀の砂岩, 頁岩は強度が小さいので, 砕石の原石としては使用されていない。現在砕石に使用されている代表岩石は全生産量に対し砂岩は30%安山岩が29%である。これらの岩石は, 固結度, 比重, 圧縮強度が大であるが, 賦存状況は砂岩, 粘板岩, チャートなど互層している場合が多く, ときには石灰岩がレンズ状にはさまることがある。砂岩は関東の秩父古生層が砂岩全生産量の30%を占め, 関西20%, 名古屋15%ほどである。粘板岩は中国地方, 東北地方の三陸海岸の古・中生代の地層から多量に出土している。安山岩は全国平均的に産出されており, 特に東北・九州地方が多い。玄武岩は大部分日本海沿岸に限られていて, 特に北九州地区がその56%を占めている。そのほか, 石英粗面岩, 輝緑岩, 橄欖岩, 玢岩などが使用されている。花崗岩は瀝青材との付着が悪く一般に瀝青舗装の表層や

基層用骨材として忌避されている。しかし花崗岩は瀝青材を混合しないで用いる敷碎石や路盤用として使用されている。

〔2〕-3. 碎石業の問題点

碎石業者は岩石が地表に露出していると安易に岩石採取に着手した。プラントはいずれも簡単な破碎系統の乾式プラントで、製品は直ちにダンプトラックに積込まれ近距離の需用地に搬出される。量産と品質が要求されるに従い碎石適岩の山塊を探し求め、計画生産へと移行していった。適岩の山塊は地質的に限定されてくるので、ある1社が原石採取に着手すると、それにつれて数社が隣合わせて開発着手した。開発当初は山開僻地で農家が数軒ある程度のものであったが、開発が進むにつれて道路が整備され交通の便がよくなるとどんどん住宅ができ、現在それら住民と碎石業者との間に種々なトラブルが発生している。

各地で発生している碎石業の災害発生源は、採掘場、破碎選別場、廃土・廃石のたい積場、その他ダンプ公害等がある。最近3ヶ年間の災害発生状況によると、原石の採掘については特に切羽の崩壊転落石の災害が多く、採掘技術の向上が望まれる。次に廃土・廃石のたい積場については、あらかじめ土留め施設を完備して計画的にたい積して、土砂流出事故防止が肝要である。破碎選別場については、工場全体を建家で囲むとか公害防止機械を設置してその防止に努める必要がある。

碎石業の近代化には多くの問題点を抱えるが、現在すでに共販組合、共同原石山開発などが計画的に進められている。可能な部分から事業の共同化、集約化、技術改善等により経営基盤の強化、適正規模化を推進し業界全体の構造を慎重に研究し、状況の変化に対応し、激動の年を乗り切ることが望まれる。