砂利・砂開発の現状と問題点*

竹 島 敏 正¹

State-of-the Art of Sand and Gravel Mining

by Toshimasa TAKESHIMA¹

1. Director, Japan Sand and Gravel Association, Chiyoda-ku, Tokyo 102

1. は じ め に

砂利, 砂は国土建設等にはなくてはならない基礎資材であり, 表1に示すとおり膨大な量を供給している。

砂利採取法では, 砂, 砂利, 栗石, 玉石を総称して「砂利」としており, 何が砂利であるかは, 社会の一般常識で判別し得るので, この法律では, 特別に砂利の定義をもうけていないが, 一応の概念付けをすると次のようになる。

砂利であるためにはまず第一に粒度の大きさが問題となる。一般的には, 粒度の小さな順に砂, 砂利, 栗石, 玉石と呼ばれているが, 粒径がおおむね 300 mm 以内のものが「砂利」として砂利採取法の適用をうける。

第二に砂利であるためにはその形状が丸味を帯びたものでなければならない。岩石を破砕してつくられる砕石は, 砂利と同様に骨材として使用されるが, これを「砂利」と呼ばないのは, その形状が異なるからである。

このような丸味を帯びた形状を呈しているのは, その生成過程によるところが大きい。すなわち, 一般的には河川の上流部に存する岩石が長年月の間に気温の変化, 雨水の作用, 凍結などの風化作用によって母岩を離れ, または流域に存在する砂礫が種々の

浸食作用によって崩壊し, これが河川の流水中を転々流下する間に, 次第にぜい弱な部分が削りとられ, ついに丸味を帯びた状態に変化したものだからである。

砂利は砕石とともに建設用骨材として広く使用されるが, この場合, 細骨材と粗骨材に分類される。細骨材は 10 mm ふるいを全部通り, 5 mm ふるいを重量で 85% 以上通過する骨材をいい, 砂, 砕砂がこれに該当する。また粗骨材は 5 mm ふるいを重量で 85% 以上とどまる骨材をいい, 砂利, 砕石がこれに該当する。

砂利(砂)はその産状により河川砂利(砂), 陸砂利(砂), 山砂利(砂), 海砂利(砂)に区分されている。

表1に示すとおり, 年間約 4 億 t の砂利, 砂を供給する砂利・砂業界が一般産業と異なる特異点を羅列すると次のとおりである。

- ① 砂利・砂を採取する業者の大部分は中小企業で占められており, 全国各地で約 4,500~5,500 企業がこれに従事している。
- ② 砂利・砂の価格は極めて安い。
- ③ 海上輸送を除き大部分はダンプカーによって需要先に輸送されている。
- ④ 砂利・砂の供給可能範囲は前記②, ③の理由により首都圏で約 80 km 以下, その他で約 40 km 以下と限定されている。
- ⑤ 砂利・砂は採取すればなくなってしまう天然資源である。今後, 資源の確保をいかにすすめて行くかが業界の最大の課題である。
- ⑥ 砂利・砂の賦存する地域の大部分は他人が所有し, または管理庁が支配するところである。このため, 砂利採取においては, 土地所有者, 管理庁等との信頼関係が特に重要である。

2. 河川砂利・河川砂の開発

コンクリート骨材としては一般に,

- ① 石質が堅硬強固であること
- ② 清浄で不純物を含まないこと
- ③ 大小粒が適当に混合されていること
- ④ 粒形が丸味を帯びていること

などが良質な骨材の条件といわれているが, 河川砂利・河川砂はこの条件に最も適し, 長い間, 砂利・砂の大宗として使用されてきた。

しかし, 最近の主として治水上あるいは河川管理上の理由から河川よりの採取規制がきびしくなり, 表2および表3に示すとおり, 河川砂利, 河川砂のウエイトは逐年低下するに至った。

すなわち, 河川砂利をみると, 昭和 55 年度の生産量 58 百万 t であったものが, 平成 3 年度では 25 百万 t となり, 全砂利生産量

表1 砂利, 砂の供給量

年度	砂利	砂	計
	百万 t	百万 t	百万 t
昭和 55 年度	181	224	405
56	169	213	382
57	157	206	363
58	140	187	327
59	139	183	322
60	131	180	311
61	127	185	312
62	130	197	327
63	141	192	333
平成元年度	154	202	356
2	184	226	410
3	158	214	372

* 1994 年 5 月 2 日受付 7 月 7 日受理

1. 正会員 (社)日本砂利協会理事長

キーワード: 骨材資源, 砂利採取法, 認可準則

表2 砂利の種類別供給量の推移

年度	河川砂利		山砂利		陸砂利		海砂利		計	
	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%
55	58	32.0	32	17.7	89	49.2	2	1.1	181	100
56	54	32.0	26	15.4	86	50.9	3	1.8	169	100
57	54	34.4	25	15.9	74	47.1	4	2.5	157	100
58	46	32.9	27	19.3	66	47.1	1	0.7	140	100
59	42	30.2	27	19.4	68	48.9	2	1.4	139	100
60	37	28.2	24	18.3	69	52.7	1	0.8	131	100
61	33	26.0	23	18.1	70	55.1	1	0.8	127	100
62	30	23.1	25	19.2	74	56.9	1	0.8	130	100
63	27	19.1	27	19.1	86	61.0	1	0.7	141	100
元	26	17.0	29	18.9	94	61.2	5	3.0	154	100
2	30	16.3	39	21.2	109	59.2	6	3.2	184	100
3	25	15.8	30	19.0	98	62.0	5	3.2	158	100

表3 砂の種類別供給量の推移

年度	河川砂		山 砂		陸 砂		海 砂		計	
	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%
55	31	13.8	68	30.4	38	17.0	87	38.8	224	100
56	26	12.2	76	35.7	32	15.0	79	37.1	213	100
57	25	12.1	72	35.0	32	15.5	77	37.4	206	100
58	23	12.3	64	34.2	28	15.0	72	38.5	187	100
59	22	12.0	65	35.5	29	15.8	67	36.6	183	100
60	20	11.1	63	35.0	27	15.0	70	38.9	180	100
61	19	10.3	68	36.8	26	14.1	72	38.9	185	100
62	17	8.6	70	35.5	28	14.2	82	41.6	197	100
63	17	8.9	69	35.9	30	15.6	76	39.6	192	100
元	17	8.3	79	39.3	32	16.0	74	36.4	202	100
2	19	8.4	82	36.2	42	18.7	83	36.7	226	100
3	18	8.4	87	40.7	36	16.8	73	34.1	214	100

に占める割合も昭和55年度32.0%から平成3年度15.8%となった。

河川砂についても昭和55年度31百万t(13.8%)から平成3年度18百万t(8.4%)となった。

河川砂利採取については、建設省の基本的な方針として昭和41年に河川砂利基本対策要綱が策定された。これにより、河川砂利採取は河川管理に支障をきたさないよう計画的採取を行うべきこと、また資源涸渇化に備え河川砂利の用途規制を行うことなど総合的な河川砂利対策が講ぜられた。その後、河川砂利採取等の推移と、建設事業の重要かつ貴重な基礎資材として河川砂利を安定的に供給することが要請されている状況により、昭和49年、河川砂利基本対策要綱が改正され、適正な河川管理のもとに計画的に砂利採取を行わせるとともに、河川管理上の支障を排除するための対策工事等を砂利採取業者に実施させることを前提として採取を許可することが制度化された。これを特定採取制度といい、平成3年度においてこの特定採取制度の適用をうけて採取した量は8百万tで、河川砂利、河川砂の総生産量43百万tの18.6%を占めている。

砂利採取法による採取計画認可の一般的な運用基準として「砂利採取計画認可準則」が定められているが、河川砂利の採取に当たっては特に下記の点に注意する必要がある。

(1) 掘さく等の場所

- ① 掘さく等により河川管理施設（河川管理者が設置したもの

で、ダム、堰、水門、堤防、護岸、床止め他）または許可工作物（河川管理者以外のものが設置したもので、上記の河川管理施設、鉄道、道路等の橋台、橋脚、その他）の維持管理に支障を与えない区域であること。

② 掘さく等により河岸、流路、河床等の維持管理に支障を与えない区域であること。

③ その他、掘さく等によって河川管理上支障を与えるおそれのない区域であること。

(2) 掘さく等の方法

① 河川区域または堤外の河川保全区域において、掘さく深さは許可される際の河床から2m以内であること（図1参照）。

② 採取量に比べて不相応な能力を有する機械設備を使用しないこと。

③ 掘さくに伴う危険を防止するために必要な措置を講ずること。

④ その他、掘さくによって河川管理上支障を与えない方法とすること。

(3) 掘さく等の条件

① 局所的な深掘りを生じないように行うこと。

② 時間を定め、決められた時間外は行わないこと。

③ 着手と完了の際、河川管理者の指定する職員の立会い検査を受けること。

④ 出水時の対策として、機械設備については、堤内への搬出、

図1 河川横断面

係留等必要な措置を講ずること。

⑤ 掘さく等の区域を示す標識を設置すること。

平成2年度において河川砂利、河川砂生産者の多かった箇所は次のとおりである。

① 利根川	3,696 千t
② 天龍川	3,291 千t
③ 信濃川	3,190 千t
④ 木曽川	2,782 千t
⑤ 富士川	2,677 千t
⑥ 淀川	1,490 千t
⑦ 石狩川	1,205 千t
⑧ 大井川	1,125 千t

(以下略)

3. 陸砂利・陸砂の開発

陸砂利・陸砂は昔の河川あるいはその氾濫原にたい積したものであって、現在の河川に沿って下流で幅広く、上流で幅狭く賦存し、主として現在は田・畑等の農地の地下にある砂利・砂を採取の対象としている。賦存状態の特徴として、

- (1) 比較的若い地質時代のたい積物であるから、続成作用^{a)}があまり進展せず、地層としての固結の度合いが低い。
- (2) たい積後平地化、陸地化が進んでいるので、表土により被覆されている。
- (3) したがって、特に現河川近隣では農地として利用されている部分が多い。
- (4) 一般に陸砂利層の下部は、帯水層や水道(みずみち)になっている。したがって、掘さくに際しては、しばしば湧水がある。

このように陸砂利・陸砂の採取に当たっては、農地所有者の承諾、農地の一時転用許可を経て、休耕補償を行いながら採取し、採取跡地は山土等で埋め戻し、完全に農地に復元しなければならない。また、泥分等の除去が必要となるなど、河川砂利、河川砂に比べてはるかにコストがかかる。

表2、表3に示すとおり平成3年度における陸砂利の全砂利生産量に占める割合は62.0%に達し、河川砂利、山砂利、海砂利に比して最も高い。また、陸砂の全砂利生産量に占める割合は16.8%で山砂、海砂について大きく、砂の重要な供給源となっている。

「砂利採取計画認可準則」では陸砂利の採取に詳細な規定がある。すなわち、採取の期間は原則として1年以内と定め、また、隣接地等からは最小限2m、公共物件、家屋等からは事案ごとに必要な保安距離を隔てた上で掘さくすること、掘さく深度、安定勾配に関する規定などなどである。これらの規定はもとより砂利

採取による公害・災害の防止の見地から定められたものであり、砂利採取業者はこれを遵守すべきことはいうまでもない。掘さく深度については従来「準則」では原則として5mと制限されていた。これでは例えば砂利層が厚さ20m賦存していても、掘さく後は山土等で埋め戻すため、資源がありながら回収できず、みすみす死蔵させてしまうことになる。このような採取制限は根本的に見直し、災害防止、環境保全に努めながら、資源は遺利なく回収するという基本に立脚した制度に改める必要がある。砂利資源の枯渇が叫ばれているとき、資源の死蔵を招くような規制を早急に改められるよう、かねてから(社)日本砂利協会では要望していた。

平成5年4月「準則」の一部改正が行われ、従来、「農地における最大掘さく深は、採取跡の埋めもどしの必要性からみて、原則として5m程度であること。」と規定されていたものが、「農地における掘さく深は、原則として10m以内とし、ボーリング調査等により砂利層が10m以上確認されている場合には、最大15m程度とする。」と変更された。

陸砂利採取機械の代表的なものとその特質は表4のとおりである。

平成2年度における陸砂利、陸砂の生産量を多い順にあげると次のとおりである。

① 北海道	32,240 千t
② 新潟県	9,019 千t
③ 栃木県	6,648 千t
④ 茨城県	5,051 千t
⑤ 岐阜県	5,034 千t
⑥ 富山県	4,542 千t

表4 砂利採取機械の特質

砂利採取機械	特 質
バックホー	地ばんより低い場所の掘さく。掘さく力は強い。
ドラッグライン	地ばんより低い場所の掘さく。作業リーチは比較的大きいが、掘さく力がやや弱い。
クラムシェル	狭い場所の垂直掘さく。
パワーショベル	地ばんより高い場所の掘さく。掘さく力は強い。
トラックショベル	パワーショベルと比べ掘さく力が弱い。が、バケット容量が大きく機動性が良いため、掘り起こされたものの積込みに有利。
ホイールローダ	トラックショベルに比べ、機動性はさらに良い。
バケットホイールエクスカベータ	単位時間当たりの掘さく能力は最も大きい。コストが高い。

a) 続成作用：水底のたい積物は、その上に次々と新しいたい積物が乗るため、圧力と温度の上昇を促し、間隙水の排出、粒子の圧密、化学反応によりたい積物の固結作用をひき起こす。この作用を続成作用という。

⑦ 山形県 3,953 千 t

(以下略)

今後も陸砂利、陸砂の生産が高水準のウェイトを維持しつづけるためには、

① 農地所有者の承諾が得られるための環境づくりが必要であり、農地所有者と砂利採取業者との間の相互信頼の確立が不可欠である。

② 「準則」の掘さく深の改正に伴い、掘さく跡地埋め戻しの担保措置の充実強化、掘さく深の増大に対処する災害防止技術の確立が必要である。

③ 土地の高度利用計画の進展によっては、砂利賦存地域も掘れなくなるので、県、市町村とも十分連絡して事前に採取できるよう調整が必要である。

4. 山砂利・山砂の開発

山砂利・山砂は第三紀末期および第四紀初期にたい積し、その後基盤の隆起によって山地、丘陵地、台地等になったところに賦存する砂礫層のうち、砂利・砂として採取の対象となるものである。平成3年度において山砂利は全砂利供給量の19.0%、山砂は全砂供給量の40.7%を占め、それぞれ高いウェイトを示している。特に山砂は、全砂供給量のうち最も高い比率を占めた(表2および表3参照)。

山砂利・山砂は一般的に表土におおわれているため、泥分などの除去が必要である。また土地所有者との折衝、採取後の環境の保全、残置森林の確保等の問題があり、今後もこの高い比率を維持できるかどうかは、ひとえにこれらの問題の解決にかかっている。

山砂利の採取についても「砂利採取計画認可準則」に詳細な規制がある。すなわち、保安距離の確保をはじめ、掘さく方法としては、安定勾配の保持、すき取り方式または階段掘りの採用、矢板囲い等土砂崩れの防止措置の施工などである。さらに平成2年5月林野庁においては「森林の土地利用に関する運用の見直し」についての要綱を定められたが、これらによると普通林内の土石等の採掘に際しては、

① 原則として周辺部を幅おおむね30 m以上の残置森林または造成森林を配置する。

② 採掘跡地は必要に応じ埋め戻しを行い、緑化および植栽する。また、法面は可能な限り緑化し、小段平坦部は必要に応じ客土等を行い植栽する。

ことが定められた。もとより自然環境の保全は全世界的な課題ではあるが、この要綱を厳格に適用されると、山砂利採取区域は極端に減少し、山砂利の供給は著しく減退することが懸念される。林野庁における要綱の緩和、弾力的な運用の指導を特に要望したい。

平成2年度における山砂利・山砂の生産量を多い順にあげると次のとおりである。

① 千葉県	37,917 千 t
② 静岡県	8,141 千 t
③ 新潟県	5,326 千 t
④ 北海道	3,773 千 t
⑤ 秋田県	3,600 千 t
⑥ 青森県	2,722 千 t
⑦ 石川県	2,698 千 t
⑧ 神奈川県	2,634 千 t
⑨ 京都府	2,616 千 t

(以下略)

5. 海砂利・海砂の開発

海底に賦存する海砂利・海砂は、地上の岩石の風化物が河川を流下した碎屑物および海岸の浸食から主として供給されたものである。それらが、海底地形や波浪、潮流、海流による運搬等の水理作用によって分級され、たい積する。また、これらの水理作用を大きく変化させる地球規模の気候変動に伴う海水準の変動がたい積物の分布に大きな変動を及ぼす。

海洋地質調査の結果によると、わが国の周辺海域には砂質たい積物が広く分布している。この砂質たい積物は日本海側では水深200 m以浅に、太平洋側では水深1,000 m付近まで分布している。しかし、この砂質たい積物がすべて細骨材資源として利用できるわけではない。細骨材としての粒度の標準および粗粒率の点から判断すると、細骨材としての粒度構成を有する砂は地質学的には粗粒砂として分類されるものであるが、水深200 m以浅で粗粒砂が分布する可能性のある海域は限られている。今後海砂賦存状況の調査の促進が強く要望されるゆえんである。

表3に示すとおり、平成3年度においては、砂の全供給量のうち海砂が34.1%と高い比率を占めた。現在のところ、海砂の主産地は西日本の海域に限られている。いずれも沿岸から1,000~2,000 mの沖合での採取場が多く、水深は瀬戸内海で25~30 m、外洋で40~60 m程度である。

平成2年度における海砂の主産地は次のとおりである。

① 広島県	9,293 千 t
② 香川県	8,867 千 t
③ 岡山県	8,426 千 t
④ 長崎県	7,413 千 t
⑤ 福岡県	6,634 千 t
⑥ 愛媛県	6,514 千 t
⑦ 鹿児島県	3,467 千 t
⑧ 沖縄県	3,109 千 t
⑨ 高知県	2,773 千 t

(以下略)

海砂の採取方式は採取機械装置の面から、バケット方式とポンプ方式の2種類に分類される。このうち、バケット方式は、海砂採取船(ガット船)にクラムシェル型バケットを装備し、マリーナクレーンでバケット(容量1.5~3 m³)を海底に降して海砂を採取する。ガット船が操業できる水深は、バケットのワイヤロープ長によるが一般には25 m程度といわれている。

一方、ポンプ方式には、サクショポンプ方式、プースタポンプ方式、水中ポンプ方式に分類される。操業できる水深は、サクショパイプ方式で最大30 m、プースタポンプ方式で50 m程度、水中ポンプ方式では100 m程度までといわれている。

海砂の品質上の問題として塩分、粒度分布、貝がらの混入が指摘される。

(1) 塩 分

日本近海における海水の塩分濃度はおよそ0.3~3.5%程度である。海水中の塩分はこの海水が付着水として、海砂中に含有したままで陸揚げされることによって発生する。したがって塩分量は海水の含有量によって左右される。海水を含んだ海砂は、水はけがよければ時間とともに徐々に脱水利、塩分含有量も低下する。しかしながら細かい粒子の場合には粒子間の水は、ウェッジ水や毛管上昇水を形成して下部に滞留し、蒸発以外には脱水利しない。したがってこの部分に滞留する水を排出するには、何らかの外力を与えたり、または上部からの水の補給で押し出す以外に方法はない。

表5 現在行われている除塩法の比較

項目	種別	(1) 散(注)水による	(2) ドブ漬けによる	(3) 自然放置による	(4) 機械による
作業場の面積		かなり広い場所が必要	比較的狭い面積で可	特に広い場所が必要	比較的狭い面積で可
使用水量		比較的少量。原砂1m ³ 当たり0.2t以上	原砂1m ³ 当たり0.8t以上	不 要	多量の水を必要とする。原砂1m ³ 当たり1.5t以上
除塩所要時間		水切時間を含めて12時間以上	水切時間を含めて12～24時間	季節により変動する。最低2ヵ月間は必要	短時間で可能
設 備		散(注)水にはパイプ、ノズル、スプリンクラーなど、比較的簡単である。給水設備と排水処理設備が必要	陸上の場合は除塩砂槽(プール)および排水処理設備が必要	広い用地と排水設備が必要	機械分級機・遠心機が必要。給水設備、排水処理設備が必要
備 考		品種のバラツキが多いので、管理を厳重にしなければならない。特に原砂の含有塩分に対応させる必要がある。	バッチ式であるので連続作業が困難。水切り時間が品質管理に大きな影響を与える。	季節により品質の変動が激しい。	品質管理は比較的容易であるが、原砂の含有塩分の変動に対応させる必要がある。

現在一般に行われている除塩法を大別すると、

- ① 散・注水法
- ② どぶ漬け法
- ③ 自然放置法
- ④ 機械式除塩法

の4つがある。これらを比較すると表5のとおりである。

生コンクリートを、塩分を含む骨材で打設した場合、コンクリート中の鉄筋に発錆現象を生じさせるため、生コンクリートに使用する砂の塩化物量(砂の絶対質量に対し、NaClに換算した値で示す。)は0.04%以下(0.04%を超過のものについては、購入者の承認を得るものとする。ただし、その限度は0.1%とする。プレテンションプレストレストコンクリート部材に用いる場合は、0.02%以下とし、購入者の承認を得て0.03%以下とすることができる。)とすることが、JIS A 5308 レディーミクストコンクリートによって規定されており、今ではコンクリート用海砂はこの規格に合致するような除塩を実施している。

(2) 粒度分布

海砂のなかには、時として構成粒子が細かく、かつ単一粒度の場合がある。生コンクリート製造の細骨材としては、粒度調整のために砕砂等を混入して、全体の粒度を希望する粗粒率に修正することが行われている。比較的小さい破碎エネルギーで製造される粗目の砕砂を、粒度の小さい海砂に加えることによって、必要な粒度分布曲線が得られることになる。また、砕砂に海砂を混入することにより、未だ固まらないコンクリートの流動性が良好となるという報告もある。

(3) 貝がらの混入

海砂の持つ宿命的な課題として、貝がらの混入問題がある。貝がらのうち、比較的大きなものはふるいによって容易に除去されるが、とくに扁平で細かいものは簡単に除去することができない。扁平で細かい貝がらの混入率が高い海砂は実績率が低下し、密度の高いコンクリートを得ることができない。このような扁平で細かい貝がらの除去方法の確立が今後の課題である。

海砂は広大な海洋に賦存し、それらがすべて利用できるわけではないが、資源的に豊富であると考えられるので、今後とも、わが国の細骨材の主流の一つとして大量に使用される趨勢にある。このためには沿岸から近海、さらに将来は外洋、公海へと広い範

図2 濁水の海底への還流システム例

囲に亘る資源の調査がまず第一に必要であり、また、水深100mを超える海底からの効率的な採取の確立も必須である。同時に漁業と海砂採取業との調和・共生の確立、海洋生物への影響問題、海水汚濁防止技術の確立も早急な解決が必要である。

このうち、海水汚濁防止技術として、従来、船上に海砂とともに汲み上げられた濁水はそのまま海面上に排出され、海面汚濁を引き起こしていたが、最近、その防止対策として船上に濁水還流ポンプを設置し、濁水をすべて海底面の採取ポンプ吸い込み口に還流する方式が考案され、海面汚濁防止に大きな効果をあげていることが報告されている(図2参照)。

6. おわりに

河川、陸、山、海それぞれ固有の問題に対処しながら年間3～4億tの砂利、砂を供給することは決して容易ではない。国土建設に必要な骨材需要の将来見透しから考えると、いかにして供給を達成して行くかがこれからの大きな課題である。膨大な需要をみたすためには次のような資源確保の対策に取り組まなければならない。

① 資源賦存量の調査

河川，陸，山，海すべてについて砂利，砂資源の賦存量および採取可能量を把握する必要がある。これはひとり砂利，砂業界のみならず，将来の戦略構築のためコンクリート，建設等の需要業界および行政当局にも貴重な資料となる。

② 採取規制の見直し

現行の採取規制を根本的に見直し，災害防止，環境保全に努めながら，資源は遺利なく回収して国民生活に還元するという基本に立脚した制度に改められるよう切に要望したい。

③ 土地所有者等との信頼関係の樹立

砂利，砂資源の賦存地域は他人が所有し，または管理庁の支配する土地であり，その承諾を得なければ採取できない。このため土地所有者，管理庁とは日頃から信頼関係の樹立に努めているところであるが，長期に亘る骨材の安定供給という使命を果たすためには，信頼関係の確立が極めて重要である。

④ 砂利，砂資源の重要性についての PR

砂利，砂が国土建設になくてはならない基礎資材であり，国民生活に密接な関係を有するとの認識は一般に極めて希薄である。業界では組織をあげて，砂利，砂資源の重要性を PR し，広く国民の理解を求めることが必要である。これが将来の資源確保の道につながるものと考えられる。

本稿をまとめるに当たり，多くの文献を参考，引用させていた

だいた。ここに記してお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 岡村 宏：海砂の除塩について，骨材資源工学会誌，No. 44, (1980)
- 2) 岡村 宏：海砂の除塩について，(社)日本鉱業会関東支部研究会資料，昭和 61 年 1 月，(1986)
- 3) 岡村 宏：海砂と除塩について，骨材資源シンポジウム，'90 (沖縄) 資料，平成 2 年 11 月，(1990)
- 4) 岡村 宏：海砂利採取の現状と将来，資源と素材，Vol. 108, p. 341-344, (1992)
- 5) 鳴門淑雄：海底骨材資源の開発技術，資源と素材，Vol. 108, p. 437-442, (1992)
- 6) 岩崎 孝ほか編：砂利採取業務主任者のための Q & A，平成 4 年増補版
- 7) 岩崎 孝：骨材資源－開発から利用まで [1] 概論，骨材資源工学会誌 No. 90, No. 91, (1991)
- 8) 五条英司：骨材資源－開発から利用まで [3] わが国の砂利資源の賦存状況と開発の現状，骨材資源工学会誌 No. 92, (1992)
- 9) (社)深海底鉱物資源開発協会：我が国 EEZ 内鉱物資源に関する調査研究報告書，平成 4 年 2 月，(1992)
- 10) (社)日本砂利協会：砂利採取業の現状と問題点，平成 4 年 7 月，(1992)
- 11) 竹島敏正：骨材資源－開発から利用まで [7] 砂利，砂の開発，骨材資源工学会誌，No. 96, (1993)
- 12) 資源・素材学会部門委員会：「骨材資源の現状と将来」シンポジウム，1993 年 8 月