

東北地方の砕石山の採掘現況について

—その2; 宮城県, 福島県の調査結果の概要—

関本善則^{※)} 古住光正^{※)}
 大塚尚寛^{※)} 松木浩二^{※※)}
 杉本文男^{※※)}

1. まえがき

本報は、東北地方の砕石山の採掘現況に関する調査結果のうち、前報に報告した青森、岩手両県に続くもので、昭和58年度および昭和59年度にそれぞれ実施した宮城県、福島県内の砕石山について、各調査項目を取りまとめたものである。調査の対象は、両県の場合とも砕石工業組合に加入しているものに限り、未加入あるいは鉱業法で稼行している事業所は対象から除外した。その結果、本報において調査結果を記載した砕石山の数は、宮城県39箇所、福島県52箇所である。なお、調査は、岩手大学と東北大学が各県を地区毎に分割の上、前報と同様の調査方法によって、分担して実施した。

2. 調査結果の概要

2. 1. 生産実績および作業能率

宮城県内39箇所の砕石山の昭和59年度の年間総生産量は8,123,647トンで、当該年度の全国生産量354,863,000トンの約2.3%を占めている。岩石別の生産量をみると、安山岩が最も多く全体の54%を占め、次いで砂岩の24.1%、粘板岩の10.6%と続き、花崗岩、頁岩、玄武岩、輝緑岩がわずかにみられる。当該年度の全国統計では、砂岩が約29%で第1位、次いで安山岩が約25%で第2位となっている。これからみると、宮城県の特徴としては、安山岩、粘板岩、砂岩の3岩種で総生産量の約90%を占めていることがあげられる。

福島県内52箇所の砕石山の調査年度の総生産量は、11,979,071トンで、全国総生産量の約3.4%を占めている。岩種別の生産量では、安山岩が最も多く34.0%を占め、次いで砂岩の21.1%、ひん岩の17.3%、閃緑岩の14.4

%と続き、輝緑岩、玄武岩、角閃岩、カンラン岩などが若干みられる。このように、上位4岩種で全体の87%を占めているが、特に、ひん岩、閃緑岩は、全国統計ではそれぞれ0.9%、2.1%であることから、福島県ではこの2岩種の生産が多いのが特徴といえる。

両県の用途別の年間生産量は、宮城県の場合は、道路用が最も多く64.0%に達している。次いでコンクリート用が28%となっており、この2用途で総生産量の90%以上を占めている。一方、福島県の場合も、道路用が最も多く61.8%を占め、次いでコンクリート用が20.6%となっており、この2用途で総生産量の80%以上を占めている。全国統計では、道路用が53.9%、コンクリート用が26.3%であるので、両県とも道路用の占める割合が高い。

事業所別の砕石年間生産量でみると、宮城県の場合、年間15~20万トンの生産をあげている事業所が最も多く、1事業所当たりの年間生産量は208,299トンで、全国平均183,486トンを若干上廻っているが、10万トン未満の事業所も10箇所あり、概括的にみると、ほぼ全国平均並みの生産規模である。一方、福島県の場合は、年間20~25万トンの生産をあげている事業所が最も多く、10万トン未満の事業所も10箇所程あるが、1事業所当たりの年間平均生産量は203,367トンで、全国平均の約1.3倍となっている。

1事業所当たりの従業員数は、宮城県の場合5~15人となっている事業所が最も多く、全体の3分の2を占めている。また、1事業所当たりの平均従業員数は11.4人と全国の14.4人を下廻っている。これに対し、生産規模が全国平均をやや上廻っているため、宮城県の生産性は全国水準より高いといえる。一方、福島県では、1事業所当たりの従業員数は、5~10人のところが最も多く、

※) 岩手大学工学部 資源開発工学科

※※) 東北大学工学部 資源工学科

平均従業員数も11.1人と全国平均を下廻っている。福島県内の碎石山の生産規模が全国平均の1.3倍であるので、結果的に、全国水準よりかなり生産性が高いことを意味している。

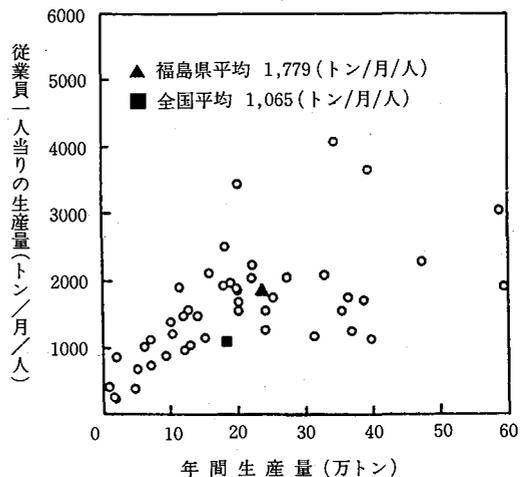
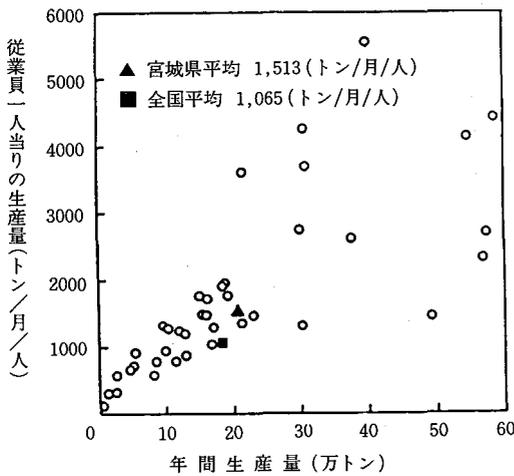
碎石年間生産量と従業員数との関係では、既報の青森、岩手両県でみられたと同様に、従業員数が多くなるほど年間生産量が增大するという一般的傾向が認められた。けれども、従業員数が同数であっても、年間生産量にかなりの差がある場合がみられ、必ずしも厳密な相関は成立していない。これを生産性という観点から検討してみるために、従業員1人当たりの月間生産量（以後、作業能率という）と、従業員数との関係を調べたところ、両者の間には相関性は認められず、少人数で高い生産性をあげているところもあれば、従業員数が多くても、逆に、生産性の低い事業所もみられた。このような傾向は、作業能率と年間生産量との関係を示した第1図から明らかに理解できる。すなわち、宮城、福島両県とも、年間生産量が多くなるほど作業能率が高くなっている。また、前述したように、生産規模が同じ事業所でも作業能率にかなり差がある場合もあったが、この原因としては、例えば、宮城県内の5,556トン/月/人と、県平均の約3.7倍、全国平均の約5.2倍もの高い生産性を示している事業所では、発破回数が少なくほとんど機械採掘を行って

おり、6人の小人数で年間40万トンの生産をあげている。また、福島県では、4,046トン/月/人と県平均の2.3倍、全国平均の3.8倍の生産性実績を持つ事業所では、発破の効きがよく、大塊の発生もないため小割作業が少なく、見掛上高い生産性を示しているなどがあげられる。その他、良好な実績をあげている事業所は、ベンチを広く展開し複数の切羽を有し、機械、人員とも効率よく稼働させている。剥土作業が終了しており、そのための人員、工程を要しない、オープンシュートを採用、運搬作業を省力化している、などによって高い作業能率をあげている。逆に、生産性の低い事業所では、ほとんどの場合が、表土や軟岩の層が厚く、作業工程のかなりの部分を剥土、残土処理作業に費やしており、自然条件に制約されている例が多い。

宮城県の作業能率の平均は1,513トン/月/人で、全国平均1,065トン/月/人の約1.5倍であり、全国平均に比較して高い成績を示している。また、福島県の作業能率平均は1,779トン/月/人で、全国平均の約1.7倍であり、約8割の事業所が全国平均を上廻って、生産性の高い事業所が多いことがわかる。

2. 2. 保有機械および機械能率

第1表に、宮城、福島両県内の碎石山で使用されている機械の保有台数について調査した結果を、作業種類別



第1図 従業員1人当たりの生産量と年間生産量との関係

第1表 作業種類の機械保有台数

宮城県

福島県

剝土関係

機種	アルドーザ	バックホウ	ドーザ ショベル	パワー ショベル	ホイール ショベル	モーター スクレーパー
台数	44	30	10	2	1	1
百分率%	50.0	34.0	11.4	2.3	1.1	1.1

剝土関係

機種	アルドーザ	バックホウ	ドーザ ショベル	ダンプ トラック	パワー ショベル	ホイール ショベル
台数	73	44	11	8	6	3
百分率%	50.3	30.3	7.6	5.5	4.1	2.1

穿孔関係

機種	圧気クロー ドリル	ハンドドリル	油圧クロー ドリル	レッグドリル
台数	45	6	3	2
百分率%	80.4	10.7	5.4	3.6

穿孔関係

機種	圧気クロー ドリル	ハンドドリル
台数	80	2
百分率%	97.6	2.4

小割関係

機種	油圧ブレーカ	圧気ブレーカ	バックホウ	ドロップボール
台数	31	5	2	2
百分率%	77.5	12.5	5.0	5.0

小割関係

機種	油圧 ブレーカ	バックホウ	圧 ブレーカ	ドロップ ボール	アルドー ザ	ハンド ドリル
台数	38	3	2	1	1	1
百分率%	80.9	6.4	4.3	2.1	2.1	2.1

積込関係

機種	ホイール ショベル	アルドーザ	バックホウ
台数	85	15	1
百分率%	83.3	14.7	1.0

積込関係

機種	ホイール ショベル	アルドーザ	バックホウ	パワー ショベル
台数	120	11	1	1
百分率%	89.6	8.2	0.7	0.7

運搬関係

機種	ダンプトラック	ホイールショベル
台数	74	3
百分率%	96.1	3.9

運搬関係

機種	ダンプトラック
台数	144
百分率%	100

に示す。

剝土関係では、両県ともブルドーザの使用が半数を占め、次いでバックホウが34.1%を占めている。剝土作業用機械は、原石採掘にも兼用されることが多く、したがって、上記の2機種が多用されているものと思われる。

穿孔関係では、両県とも圧気式クローラドリルが使用されているが、油圧式のクローラドリルも宮城県内の3事業所で使用されている。

小割関係では、両県とも油圧式のブレーカが大半を占めている。なお、調査対象の碎石山のうちには、大塊がほとんど発生しないために小割の必要がない、あるいは小割発破を行っているなどの理由で、小割関係の機械を保有しない事業所が5箇所あった。

積込関係では、機動性に富むホイールショベルの使用が、両県とも大半を占めている。

運搬関係では、場内の原石運搬機械のみを対象としたが、ダンプトラックの使用が圧倒的に多かった。

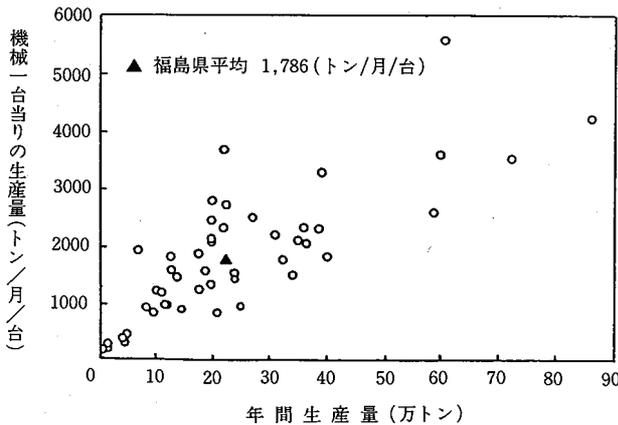
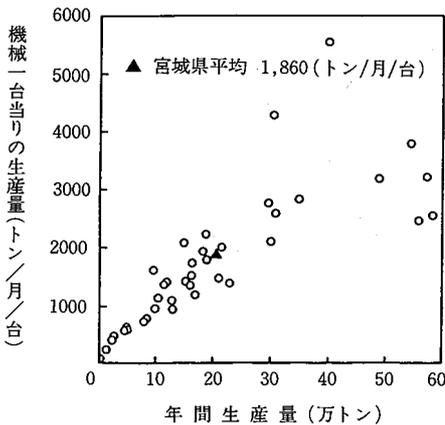
1事業所当たりの機械保有台数は、宮城県では、最低4台から最高19台で、6~9台程度保有している事業所が全体の半数以上を占めており、平均保有台数は9.3台である。また、福島県では、1事業所当たり最低4台から最高22台保有しており、6~11台程度保有している事業所が全体の半数以上を占め、平均保有台数は11.2台である。

第2表は、年間生産量と機械1台当たりの月間生産量（以後、機械能率と呼ぶ）との関係を示したものである。表をみると、両県とも、年間生産量が多くなるほど、機械能率が高くなるという比較的良好な相関性が認められる。表から、生産規模の如何に関らず、福島県が宮城県を上廻っていて、特に、年間生産量20万トン以上でその差が著しいことがわかる。

第2図は、作業能率と機械能率の関係を示したものである。図から、両県の場合とも、比較的良好な相関が認められる。このことから、作業能率を向上させるためには、機械を如何に効率よく稼働させるかが重要な因子となることがわかる。すなわち、理想的な操業は、ベンチ幅や運搬路を広く確保して、機械が稼働し易いようベンチを大きく展開して大型の機械を導入し、複数の切羽で、できるだけ少ない台数で各種

第2表 年間生産量別機械能率

年間生産量 (万トン)	~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~
宮城県 (トン/月/台)	558	1,418	1,808	2,767	3,910	2,905
福島県 (トン/月/台)	574	1,486	2,043	2,123	3,545	5,444



第2図 機械1台当たりの生産量と年間生産量との関係

作業を継続して行くことにある。したがって、できるだけこの状態に近づける必要性を示唆している。

2. 3. 剥土

宮城県では、剥土を既に終了している事業所が、調査対象37箇所のうち4箇所あるが、全般的に表土の厚い所が多く、10m以上の所が12箇所もあって、調査対象の半分以上が表土処理を操業上の問題としている。また、福島県では、剥土の終了した事業所が、調査対象49箇所のうち、4箇所ある。そのなかで、1～3mの表土厚さの事業所が最も多く、全体のほぼ3分の1を占めている。しかし、表土厚さが10m以上の事業所も9箇所あって、調査対象のうち16箇所の事業所で、表土処理を操業上の問題としてあげている。剥土は、作業自体はそれ程困難なことではないが、そのために工程のかんりの部分を費やし、生産性の低下を招く場合が多く、今回調査したなかにも、生産規模に比較して生産性が低い事業所の大部分が表土の厚いところである。また、それ程厚くない事

業所でも、廃土、廃石の処理を問題としている所が多い。廃土、廃石は、現在事業所外に販売できるケースは稀で、大体が場内堆積か、最悪の場合は、遠隔地に費用をかけて処分している事業所もある。したがって、原石山の開発にあたっては、初度剥土、先行剥土の計画を綿密にたて、廃土、廃石の処分方法も十分な検討をしておく必要がある。

2. 4. ベンチ規格

第3表は、宮城、福島両県の砕石山のベンチ規格を示したものである。

宮城県の場合、ベンチ高さは10～15mの所が最も多く、半数近くを占めている。また、15m以上の所も半数を超えており、この理由としては、作業上の理由をあげている。

ベンチ幅は、10m未満が、ベンチ段数では2～3段が最も多い。

ベンチ法面角は、60°～80°としている所が75%を占め

第3表 宮城県、福島県の砕石山のベンチ規格

宮城県における砕石山のベンチ規格

ベンチ高さ

高さ(m)	5～10	10～15	15～20	20～
事業所数	1	15	11	6
百分率(%)	3.0	45.5	33.3	18.2

ベンチ幅

ベンチ幅(m)	～5	5～10	10～15	15～20	20～
事業所数	8	8	6	3	6
百分率(%)	25.8	25.8	19.4	9.7	19.4

法面角

法面角(度)	60～70	70～80	80～
事業所数	12	12	8
百分率(%)	37.5	37.5	25.0

ベンチ段数

段数	2～3	4～5	6～7	8～
事業所数	16	8	7	3
百分率(%)	47.1	23.5	20.6	8.8

福島県における砕石山のベンチ規格

ベンチ高さ

高さ(m)	5～10	10～15	15～20	20～
事業所数	23	13	7	1
百分率(%)	52.3	29.5	15.9	2.3

ベンチ幅

ベンチ幅(m)	～5	5～10	10～15	15～20
事業所数	16	8	8	4
百分率(%)	44.4	22.2	22.2	11.1

法面角

法面角(度)	60～70	70～80	80～
事業所数	33	5	2
百分率(%)	82.5	12.5	5.0

ベンチ段数

段数	2～3	4～5	6～7	8～
事業所数	9	12	7	6
百分率(%)	26.5	35.3	20.6	17.6

ているが、80°以上の急峻な所が8箇所もあった。

福島県は、ベンチの高さは5~15mとなっている所が最も多く、半数を占めている。しかし、15mを超える所が8箇所あった。これらの事業所では、理由として、地形や使用機械のストロークなどの点から、これ位の方が能率が良いことをあげている。

ベンチ幅は、10m未満の所が、また、ベンチ段数では5段以下となっている所が最も多く、ともに半数以上を占めている。

ベンチ法面角は、60°~70°としている所が80%を超えているが、80°以上の所も2箇所あった。

2. 5. 使用火薬ならびに発破規格

宮城県においては、ANFOに親ダイとしてダイナマイト、スラリー爆薬、カーリットを使用している事業所が半数を占め、硬岩、水孔など岩盤条件によって、ダイナマイト、スラリーを単味で使用している事業所が約40%ある。福島県の場合も、ANFOに親ダイの組合せが半数を占め、岩盤条件によるANFO以外の単味使用をしている事業所が10%程ある。

砕石トン当たりの火薬消費量についてみると、宮城県では、ANFOを使用している事業所は、概して砕石トン当たりの火薬消費量が多い。しかも、そのバラツキも大きく、平均で71.2%である。一方、ダイナマイト、スラリー爆薬を単味で使用している事業所では、火薬消費量は20%未満の事業所が最も多く、約46%を占めており、80%以上の事業所も1箇所あるが、全体的に消費量は少なく、平均で36.8%である。福島県の場合も、ANFOを使用している事業所では、消費量の平均は94.0%であり、ダイナマイト、スラリー、カーリットなどを単味で使用している事業所は5箇所しかないが、平均で73.3%である。この消費量は宮城県のそれと比較すると、約2倍となっている。

発破工法の集計結果では、宮城県の場合、下げ孔法が一番多く44.4%、次いで下げ孔と横孔の組み合わせが約40%、横孔だけの発破は11%強である。また、切羽の状況によって、下げ孔と横孔を使い分ける両用の事業所も2箇所(約6%弱)ある。これに対して福島県では、下げ孔(約39%)、組み合わせ(約39%)が同数で、次いで横孔(約18%)、両用(約5%)となっている。穿孔の列数と段数は、宮城県では、下げ孔で1列または2列、横孔の

場合には2段が、組み合わせ工法では1列1段とする所が多い。福島県は、下げ孔の場合は1列、横孔のときには2段、組み合わせ工法では2列1段とする所が多い。

各事業所で採用されている発破規格の集計結果をまとめると、宮城県内では、穿孔長は、下げ孔、横孔とも3~6mとする所が最も多い。また、穿孔径については、 $\phi 65\text{mm}$ の所が約60%と最も多い。穿孔間隔、かぶり幅、最小抵抗線については、2~3mとしている所が半数以上を占め、1発破当たりの穿孔数では10~20本、発破周期では3日以内が最も多く、全体的に穿孔数を少なく抑えて、発破周期を短くしている事業所が多いようである。福島県においては、穿孔長は、下げ孔で6~12m、横孔で3~9mとしている所が、調査対象のうち最も多く、穿孔径については、 $\phi 65\text{mm}$ の所が73%を占めている。穿孔間隔、かぶり幅、最小抵抗線については、2~3mとしている所が半数を超えており、1発破当たりの穿孔数は10~30本、発破周期では3日以内が最も多く、宮城県の場合と同じ傾向を示している。

以上、使用火薬および発破規格について、多数例を中心に述べたが、少数例を含めて全体をみると、実に多様なものがあり、自山のベンチや岩盤の状況に応じて、火薬の種類を選び、発破規格を定めている。したがって、多数の事業所が採用しているものが直ちに最適な方法とは断定できず、とくに岩盤の条件と対比して、今後も検討を進める必要がある。

3. ま と め

東北地方の砕石山の現況について、前報で報告した青森、岩手の両県に引続き、宮城、福島両県の調査結果を調査項目毎に述べてきたが、その概要は次のように要約できる。

(1) 宮城、福島両県は、ともに稼行岩種として安山岩が第1位であり、次いで、砂岩が第2位となっている。これは、既報の青森、岩手両県と同様である。ただし、福島県では、全国的にみて生産量の少ないひん岩と閃緑岩が第3位、第4位の稼行対象岩種となっているのが特徴である。なかでも、ひん岩の生産量は、全国生産量の約63%に達している。

(2) 県別砕石年間生産量では、青森、岩手両県を含めて、福島県が第2位で、宮城県は第4位である。ただし、

第4表 発破規格

宮城県

福島県

下げ孔

穿孔長m	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~
件数	14	9	1	3	3	2
(%)	43.8	28.1	3.1	9.4	9.4	6.3

下げ孔

穿孔長m	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~
件数	4	11	11	6	0	0
(%)	12.5	34.4	34.4	18.8	-	-

横孔

穿孔長m	~3	3~6	6~9	9~
件数	2	10	7	2
(%)	9.5	47.6	33.3	9.5

横孔

穿孔長m	~3	3~6	6~9	9~
件数	0	10	13	4
(%)	0	37.0	48.2	14.8

穿孔径 (mm φ)	36	38	40	50	55	60	65	70	75
件数	1	1	1	1	2	5	18	1	1
(%)	3.2	3.2	3.2	3.2	6.5	16.1	58.1	3.2	3.2

穿孔径 (mm φ)	55	60	65	70	75
件数	2	5	31	1	3
(%)	4.8	11.9	73.1	2.4	7.1

穿孔間隔 (m)	1~2	2~3	3~4	4~
件数	8	22	3	1
(%)	23.5	67.7	8.8	2.9

穿孔間隔 (m)	1~2	2~3	3~4	4~
件数	2	19	8	3
(%)	6.3	59.3	25.0	9.4

かぶり幅 (m)	1~2	2~3	3~4	4~
件数	1	16	8	2
(%)	3.7	59.3	29.6	7.4

最小抵抗線 (m)	1~2	2~3	3~4	4~5	5~
件数	5	17	6	2	1
(%)	16.1	54.8	19.4	6.5	3.2

最小抵抗線 (m)	1~2	2~3	3~4	4~5	5~
件数	1	12	10	2	1
(%)	3.8	46.2	38.5	7.7	3.8

1発破当り の穿孔数	~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~
件数	6	19	7	2	1	1
(%)	16.7	52.8	19.4	5.6	2.8	2.8

1発破当り の穿孔数	~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~
件数	9	14	13	3	3	3
(%)	20.0	31.1	28.9	6.7	6.7	6.7

発破周期 (日)	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~
件数	18	4	3	3	3	3
(%)	52.9	11.8	8.8	8.8	8.8	8.8

発破周期 (日)	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~
件数	27	5	4	1	1	4
(%)	64.3	11.9	9.5	2.4	2.4	9.5

事業所数では福島県が岩手県について第2位、宮城県は青森県と同数で第3位となっている。

用途別では、両県とも、年間生産量の60%以上が道路用に仕向けられ、全国統計比率よりも高い。次いで、コンクリート用として出荷されているが、その比率は、宮城県が約30%であるのに対し、福島県は約20%と低く、全国統計比率を下廻っている。

生産規模からみると、宮城県は1事業所当たり年間15~20万トンの生産規模が一番多い。もちろん、それ以上の生産をあげている事業所もかなりあるので、県平均では20万トンを超え、全国平均を抜いている。福島県は、年間20~25万トンの生産規模の事業所が最も多く、1事業所当たりの県平均も25万トンに達し、東北地方では青森県に次いで第2位であり、全国平均の約1.3倍となっている。宮城県の1事業所当たりの平均従業員数が11.4人、福島県が11.1人と全国平均の14.4人より少ないので、前述の平均年間生産量と対比して、両県の生産性がかなり高いことがわかる。事実、従業員1人当たりの平均作業能率は、福島県が約1,800トン/月/人で全国平均の約1.7倍、東北第1位、宮城県は少し低く、約1,500トン/月/人で約1.5倍、東北第2位となっている。

(3) 使用機械の状況を見ると、作業種類別の採用機種は、両県の各事業所とも、剝土、採掘関係はブルドーザとバックホウ、穿孔関係は圧気式クローラドリル、小割関係が油圧ブレーカ、積込、運搬関係はそれぞれホイールローダとダンプトラックとほぼ固定されており、青森、岩手両県と異なる点はない。ただし、宮城県でわずかであるが、穿孔に油圧式のクローラドリルの導入がみられるのが特徴的である。

1事業所当たりの平均機械保有台数は、宮城県9.3台、福島県11.2台で、青森県8.7台、岩手県6.1台と比べると、かなり多い。1台当たりの機械能率は、宮城、福島両県が凡そ1,800トン/月/台であるのに対し、青森県が3,000トン/月/台に近く、岩手県でも2,000トン/月/台近い能率をあげているので、宮城、福島両県はかなり低いものとなっている。もちろん、上記の能率は平均値であっ

て、宮城県には5,556トン/月/台という高い例もあるので、総ての事例を表しているものではない。しかし、いずれにしても、調査結果は、生産規模が機械効率に影響を与える要因であることを示しており、相関性も強い。このことは、事業所の生産規模を大きくして、大型の機械の導入をはかるならば、各作業の兼務によって機械の稼働率向上も期待でき、全体として機械所要台数が減じ、高い生産性の維持が可能であることを示唆している。

(4) 今回の調査対象事業所のほとんどは、ベンチカット工法によって採掘を行うと回答している。しかし、既報の青森、岩手両県と同様に、設定したベンチ規格を維持できない事業所もかなりみられた。また、規格ではベンチ高さを15m以下とする所が大半であったが、地形や作業上の理由で15m以上としている例も少なからずみられた。

発破規格では、下げ孔を採用する所も多いが、岩盤条件によって、下げ孔と横孔の組み合わせを採用する所が多いのが特徴的であった。

(5) 宮城、福島両県における火薬消費量は、ANFOと親ダイという最も普及している方法では、県平均と比較して、福島県が94.0%で、既報の青森県、岩手県を含めても最も多い。宮城県は71.2%で、青森、岩手両県と凡そ同じ水準である。しかし、これらの値は、発破によらない機械採掘量、小割発破など採掘に直接関与しない火薬量、歩留りなど影響因子が多いので、速断はできず、今後の検討課題である。

以上、調査結果の要約を述べたが、総合的にみて宮城、福島両県は、青森県とともに、東北地区では評価すべき実績をあげており、技術的面でも優れている。

最後に、この調査にあたって、日本碎石協会東北地方本部、両県支部および各事業所より多大のご協力をうけた。ここに記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 関本善則、他：東北地方の碎石山の採掘現況について(その1)、骨材資源、通巻No.71、1986。