

報 文

553.62 : 543.6 (521.15)

山形県最上地方の珪砂鉱床

井上 秀雄* 徳永 重元** 山田 正春* 大森 貞子*** 寺島 滋***

The Silica Sand Deposits in the Mogami District, Yamagata Prefecture

Hideo INOUE, Shigemoto TOKUNAGA, Masaharu YAMADA,
Teiko OHMORI and Shigeru TERASHIMA

Abstract

The Mogami silica sand deposits distribute in the areas from the Oishida-machi, Kitamura-yama-gun to the Funagata-machi, Mogami-gun, Yamagata Prefecture.

The principal deposits of silica sand are in the Mogami group, developed on the green tuff formation of Miocene, and the Shinjō group, uppermost of Miocene. The Waraguchi formation of the Shinjō group contains the most important deposit. The deposit is divided in to three parts and the middle part has the best quality. The thickness of enriched part is about 150~200 m in the southern area.

We found seven convenient places for mining, namely Juhachizaka, Jinego, Otorii and etc.

The silica sand is composed of 90% of quartz, K-feldspar and plagioclase, and 10% of clay. The chemical composition of the silica sand is shown in table 8.

The grain of silica is round and is colored in milky white and average size of grain is 48 mesh.

There are some mineable deposits in the surveyed area.

要 旨

いわゆる最上珪砂は、山形県北村山郡大石田町から最上郡舟形町にいたるきわめて広い地域に亘って分布している。

珪砂を含む地層は、中新～鮮新世に属する新庄層群中であって、それは第三紀中新世の緑色凝灰岩を基盤としてその上位に発達している。調査地域南部の富並流域では、新庄層群に対比される大高根層群中に発達している。

珪砂鉱床として対象になる地層は、藁口層およびこれに対比される大鳥居層である。藁口層(=大鳥居層)は野外における外観その他によって、上部層、中部層、下部層に区分が可能で、それらのうち、珪砂鉱床として良質なのは中部層である。さらに、地域的には南に寄った

地域に発達しているものがより良質である。

珪砂の原鉱は石英を主とし、少量の長石類と、原鉱の約10%を占めるメタハロイサイトとモンモリロン石から構成されている。その他、粘土鉱物中にはごく少量の輝弗石、クリストバライトが含まれる。

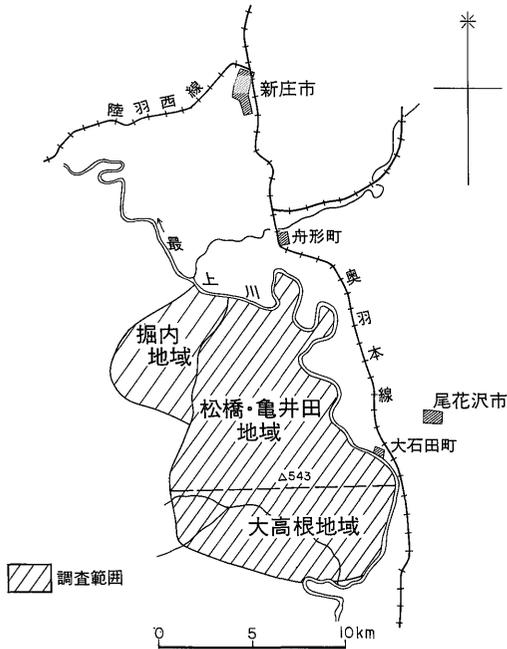
石英砂は一般に球状で乳白色を呈し、 SiO_2 は $90 \pm 5\%$ 、粒度48メッシュにピークをもつ粒度分布を示す。

1. ま え が き

山形県北東部の村山市、最上郡および北村山郡下には、その地域に分布する第三紀層中に珪砂鉱床の存在することが、かねてから知られていた。しかし大正年間からの調査(石井, 1922)にもかかわらず、その質・量の実態については、必ずしも把握されておらず、その経済的価値は確認されていなかった。

最近に至り珪砂の選鉱技術の進歩に加え、わが国にお

* 鉱床部 ** 元所員 *** 技術部



第1図 調査範囲図

けるガラス資源の枯渇という状況とも関連し、再びその存在が見なおされることとなった。

さらに加えて、東北地方における工業振興の要望ともあわせ、これらの珪砂鉱床の実態調査が必要となったのである。

調査対象となった地域は、山形県の北東部にあたり、最上川西岸一帯の山岳・丘陵の地帯で、ほぼ10年前に最上炭田として、石炭地質調査が行われた地域のうち、松橋・亀井田、大高根、堀ノ内の3地域にあたるものである。

これらの3地域についてはすでに1万分の1地質図が完成しており、今回の鉱床調査にあたっては、これらの図面を基礎資料として用いた。調査範囲は第1図に示した。

調査に当たっては山形県鉱業課および鉱業研究所の方々から多大の援助を受けた。また新庄市および舟形町、大石田町当局のご援助をも得た。また分析に当たっては鉱業研究所(新庄市所在)の施設を利用させていただいた。ここに共々深謝する次第である。

2. 地質概説

今回の調査の対象地域内には、中新統深沢層群の緑色凝灰岩層を最下位とし、その上位に中新統最上層群と、中新～鮮新統の新庄層群が発達している。

最上層群はこの地域内では、地質構造上南部と中部の背斜部に、新庄層群は背斜の両側および北部に分布している。現在の新庄・尾花沢両平野にあたる広い地域は、かつての第三系堆積盆地そのものであり、周辺には下位層が、中央部には最も新期の地層が分布している。調査地はこの堆積盆地内の西半部に相当する。

前述したように、調査地内における第三系は裏日本内陸盆地の典型的な陸成相を示し、多くの珪炭層が挟在している。ただ新期になるにつれ、北西方において海との連携が行われたため、最上層群や新庄層群において地域的には、南東部よりも北西部に海浸の証拠が認められる。

2.1 地質層序

調査地区内における最下位層は、南限の富並川に沿う地域に分布する深沢層群(模式地質層序参照)であり、主として緑色凝灰岩・凝灰角礫岩等からなる。堅い岩質のため各所で地形によく反映しており、滝・断崖等形成している。本層群は砥鼻層および滝の沢層に分けられるが、いずれも緑色または青色の岩相を呈していることが多い。

大高根付近ではこの上位にくる一連の地層を大高根層群として一括しているが、縁辺部以外の地区では、最上層群(下位)と新庄層群(上位)にわけている。

最上層群の最下位層にあたる増沢層(一荒町層)は灰白色または凝灰質砂岩と、珪質頁岩との互層からなり、下部に細礫岩などをまじえた、比較的かたい岩相である。

主要分布地は、調査地内では南縁部、東方では尾花沢平野の南方荒町方面に分布している。

2.1.1 最上層群

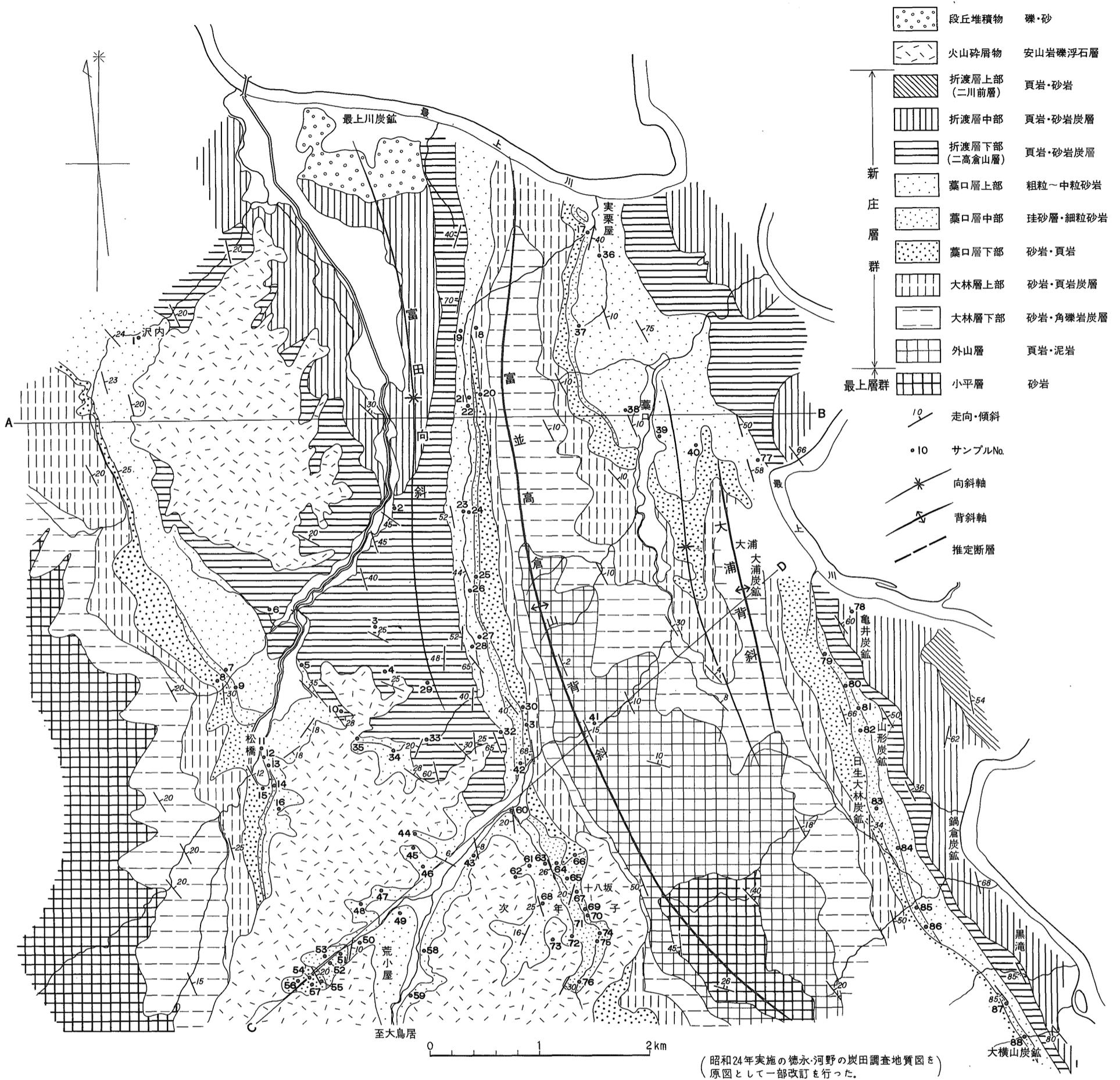
小平層(一下小屋層)は調査地中央部の小平付近に模式的に発達し、やや泥っぽい砂岩を主岩相とする地層で、その特徴は湿潤時に著しい青緑色を呈することである。また全般的には泥がちで、調査地南縁部においてはこの層の中に油徴がある。

本層は塊状砂岩で、上位の藁口層の砂岩とは、色・硬さ(本層の方が著しく硬い)・鉱物組成によって識別できる。

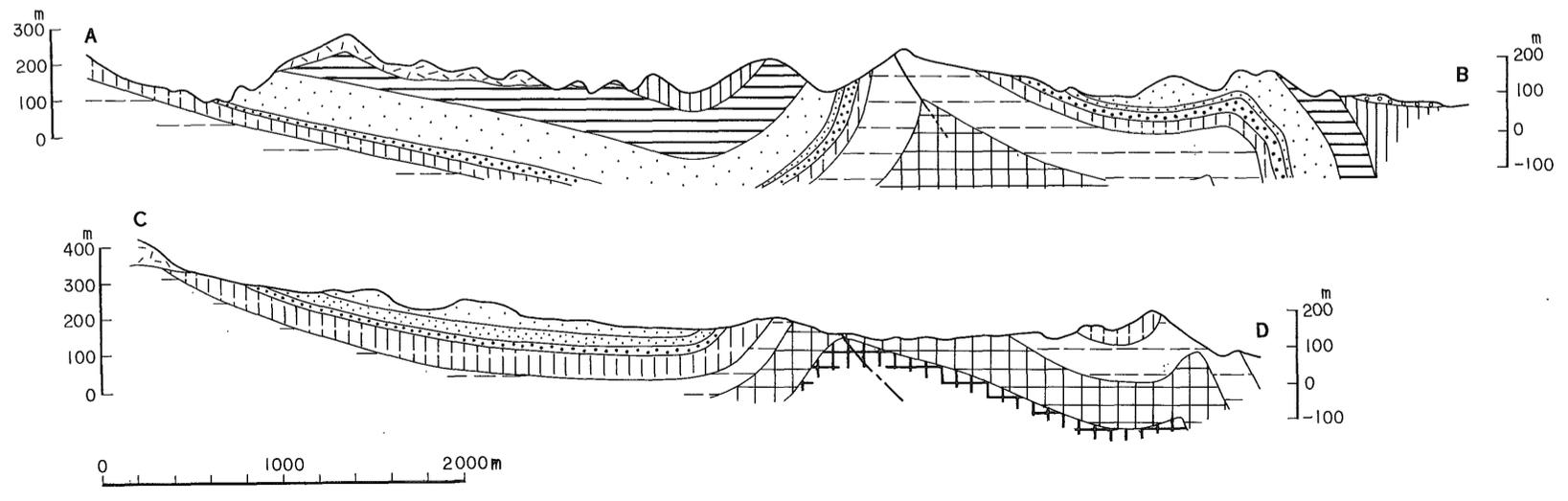
2.1.2 新庄層群

下位の最上層群との境界は整合であるが、新庄層群は各地層中に炭層を挟在する汽水成層を主としている。

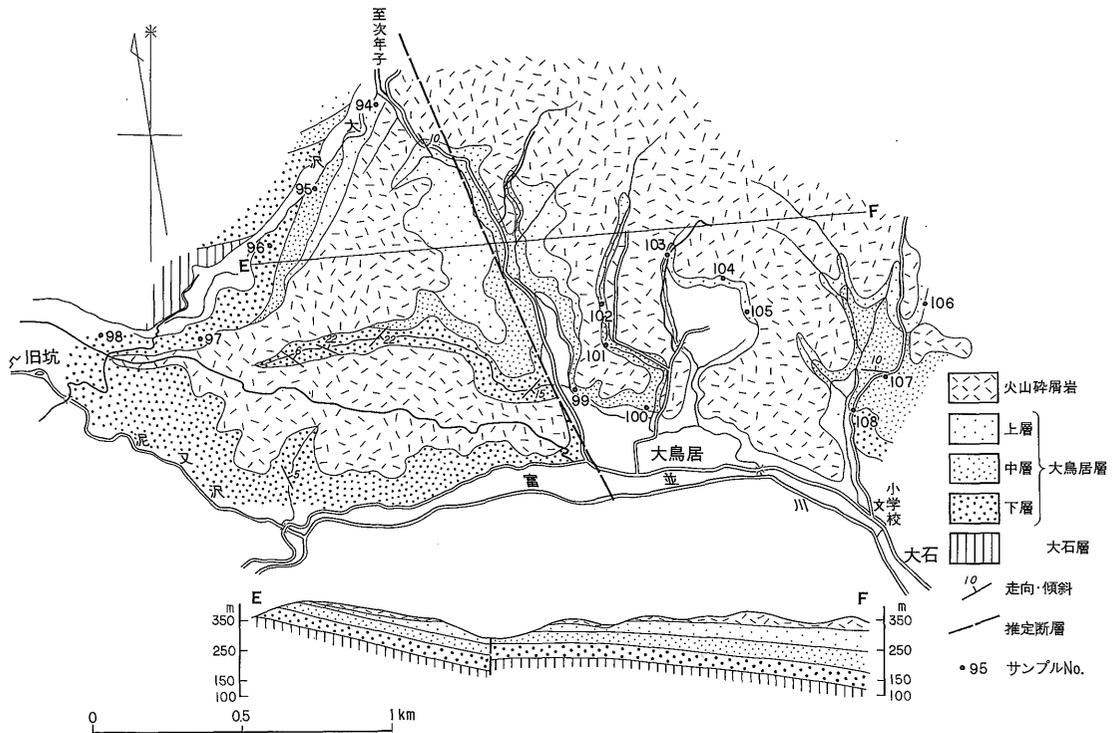
本層群は下位から外山・大林・藁口・高倉山・折渡層にわけられるが、これらのうち外山・高倉山両層は地層的な岩相名であり、最上地方全般の層序には用いられていない。



- | | | |
|--|------------------|----------|
| | 段丘堆積物 | 礫・砂 |
| | 火山砕屑物 | 安山岩礫浮石層 |
| | 折渡層上部
(二川前層) | 頁岩・砂岩 |
| | 折渡層中部 | 頁岩・砂岩炭層 |
| | 折渡層下部
(二高倉山層) | 頁岩・砂岩炭層 |
| | 藁口層上部 | 粗粒～中粒砂岩 |
| | 藁口層中部 | 珪砂層・細粒砂岩 |
| | 藁口層下部 | 砂岩・頁岩 |
| | 大林層上部 | 砂岩・頁岩炭層 |
| | 大林層下部 | 砂岩・角礫岩炭層 |
| | 外山層 | 頁岩・泥岩 |
| | 小平層 | 砂岩 |
- 新庄層群
最上層群
- 10 走向・傾斜
●10 サンプルNo.
* 向斜軸
▲ 背斜軸
- - - 推定断層



第2図 山形県最上地方の地質および珪砂鉱床図



第3図 山形県最上地方大鳥居地区地質および珪砂礫床図

外山層は大林層の下位にあり、炭層を含まない互層部である。本層は、調査地中央部の富並背斜の軸部付近に分布し、東および西方では消滅している可能性が強い。

岩質は凝灰質頁岩と塊状砂岩の互層で、ところによっては頁岩が多くなっている。

大林層が最も代表的に発達するのは最上川沿岸の調査地東部で、岩相は灰色浮石砂・炭質頁岩、凝灰質頁岩、炭層泥岩層の互層からなる。本層の上限から50～80m下に10～20 cmの厚さのある K_6 鍵層(浮石塊+安山岩の細礫)があり、さらにその下位20～50mには主炭層がある。本層中の泥岩は細かく砕ける性質がある。富並背斜の両翼および調査地域の西部に分布する。走向は南北である。

藁口層(=大鳥居層)は大石田町藁口付近を模式地とし、最上川西岸一帯および富並背斜の西翼に広く分布する。岩相は模式地付近では粗い石英粒を主とし、一部に浮石または微細礫をまじえたもの(K_{5A} , K_5)である。

上部には所によって炭層を挟み、全般に風化すると赤褐色を呈する。さらに南縁では富並川北岸にもほぼ東西の走向をもって分布している。

砂層は露出面では白色を呈し、くずれやすい。本層の層厚は200 m±である。大鳥居層の下限については、南縁部では K_6 層を、藁口層の下限は K_{5A} 層をもってしている。

折渡層(高倉山層を含む) 炭層を挟む砂岩・頁岩の互層を主とし、最上地方における“上部夾炭層”に相当する。凝灰質岩とくに浮石層をもって上中下に細分でき、下部は調査地北方の高倉山層に相当する。層厚は220m、最下限にある凝灰質礫岩層(K_4)は非常に広い地域に追跡できる。この層の岩相には凝灰質のものが多い。

すでにこの地域についてはいくつかの地域にわけて調査されており、各調査地についての地層名の対比については第3表に示した通りである。

第1表 調査地南部(大高根地区)模式地質層序

層名	層厚 m	特長層	記 事
火山碎屑層			
田沢層	150+	炭層	灰色または灰白色砂岩, 砂質頁岩, 頁岩の互層. 凝灰岩層を挟み, 層理ははっきりとしており, 砂層には偽層が多い. 炭層は北方で稼行されていた.
大鳥居層	200+	… K ₅ …	含珪砂層, 粗しょう砂岩からなり細礫岩, 頁岩等をまれに挟むが上部に至るに従いやや頁岩との互層となる. 石英粒を主とする塊状砂岩が大部分である. 粒はややあら 基底には堅い細礫を含む凝灰質砂岩層あり.
大石層	290~330	炭層 … K ₆ … 炭層 炭層	灰色または灰白色砂岩と頁岩の互層, 全般的には層理は明瞭, 灰色凝灰岩, 浮石層, 細礫層等を挟み薄炭層と炭質頁岩を挟有する. いわゆる下部夾炭層で大石付近で稼行されていた.
下小屋層	210~290	炭層	青色無層理砂岩, 塊状で泥質の夾雑物が多く淘汰がわるい. 中には青灰色砂質頁岩と砂岩の互層となり炭層がある. 堆積盆地の縁辺相である. 富並川沿岸に分布.
増沢層	190~240		灰色または灰白色凝灰質砂岩からなり層理があまりなく最上部には細礫, 中部には珪質頁岩を挟み基底には堅い凝灰角礫岩がある.
滝ノ沢層	250~340		主として緑色凝灰岩からなり層理を示すところは少なく. 上部には凝灰質砂岩, 灰色凝灰岩の互層からなり下部には細礫岩, 頁岩の互層を挟む. 緑色凝灰岩はきわめて硬い.
砥鼻層	150+		灰色, 灰黒色頁岩, 砂質頁岩の互層. 細互層をなし風化すると細かく砕ける性質がある.

2.2 地質構造

調査地のほぼ中央を南北に走る富並背斜をはじめ調査地内には第4図のように4背斜・4向斜が存在している.

背斜の一般的性質としては, 東翼急, 西翼緩のやや軸面が東に傾いた形をとるものが多い.

第2表 調査地中・北部(松橋・亀井田地区)模式地質層序

層名	層厚 m	特長層	記 事
段礫			最上川流域に形成されている.
火山碎屑層			大高根火山よりの抛物体およびその碎屑物が調査地の南部と北西部にあり主として安山岩塊である.
折渡層	200~250	炭層 炭層 — K ₄ —	最上川流域に広く分布する夾炭層. 砂岩, 礫岩, 炭層, 頁岩等の互層. 凝灰質岩石が多く砂岩は淘汰がわるい. 下限には火山泥流状の堆積物あり最上堆積盆地全域にわたり追跡でき地層対比にきわめて有効である. 炭層群は最上炭田上部炭層群である.
高倉山層	70	炭層	最上川北岸高倉山方面に分布する夾炭層. 他の地域では一括して折渡層に入れている所もある. 炭層は最上炭田主炭層である.
藁口層	150~170	…浮石層… …浮石層… … K _{5A} …	含珪砂層. 全般としては上位に塊状角礫岩層がありやや互層をなすが, 中・下位は白色塊状石英粒砂岩からなる. 本層の基底は砂層となつた所からである. 北部には海成層の証拠があるが中部以南には化石を含まず, 淘汰よくその発達は中部が最もよい.
大林層	190~240	… K ₅ … 炭層 … K ₆ … 炭層	灰色頁岩と暗灰色砂岩との互層. 炭層を挟む. 浮石層があり地層対比により鍵層となる. 炭層は上下2群あり調査地西部に発達する. 砂岩は粗粒, 淘汰わるく礫がまじることがある. 炭層群は最上炭田下部炭層群と称される. 上限より約30m下に浮石塊層(K ₅)がありさらに数10m下に細角礫入の浮石層(K ₆)ありいずれも鍵層となる.
外山層	180-		富並背斜の東翼のみであり西翼方面にはうすくなり大林層と小平層が接すると考えられる. 無炭, 頁岩砂岩互層.
最上層群	小平層 200+	炭層	青色または風化し褐色となる. 砂岩からなり一部に炭層があるが塊状砂岩を主とする.

第3表 各地区の地層対比表

1 標準層序名 徳永	2 大高根地区 1950 竹原・河野	3 松橋・亀井田地区 1951 徳永・河内・河野
舟形層	火山砕屑物	火山砕屑物
新庄層群	折渡層	折渡層
	藁口層	高倉山層
	大林層	藁口層
最上層群	下小尾層	大林層
	増沢層	外山層
	滝沢層	小平層
	砥鼻層	

第3表 各地区の地層対比表

調査地内における小背斜のうちには両翼の地層が直立から逆転を示すものもあり、見掛け上、上位に下位層が来るものもある〔⑨塩沢背斜〕。

藁口層（含珪砂地層）もこのような構造に支配された分布を示している。

このように調査地全域における地質構造はすべて南北に走る褶曲構造によって代表されているため、各層とも南縁部をのぞいては、すべて南北に走る分布を示すことが多い。

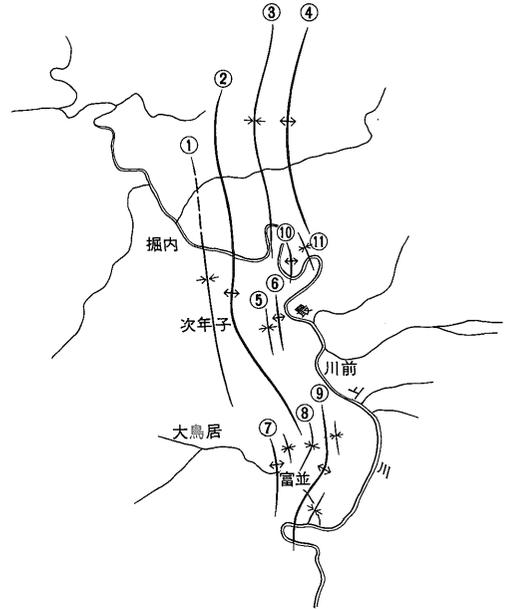
また東縁部の直立層の存在する部分をのぞいては向斜の底は比較的浅いため、地表に広く分布する割には各層とも層厚はうすいことが判明している。

3. 含珪砂地層について

珪砂を含む地層は前述のように、新庄層群藁口層（＝実栗屋・大鳥居・鮭川層）であるがその賦存の状況は、その層の堆積機構を考察することによって把握できる。

3.1 藁口層の分布と堆積環境

藁口層は、調査地内の北東部舟形町実栗屋より藁口に至る間に標式的に発達し、その模式地は大石田藁口、藁口橋下流約100 mの崖である。



第4図 調査地内地質構造図

本層は全般的に灰白色の塊状砂岩で、石英粒を多量に含む。

本層は富並背斜の東側においては、南北に走り、大浦向斜・背斜によって地表ではやや広い分布を示し、さらに南の最上川西岸の黒滝方面においては60~80° Eに急斜する。

富並背斜の西翼においては、大平山西方の南北にのびる細い谷には、すべての本層が分布しており、砂層で風化削割されやすいため、細い谷を形成している。谷の方向および、幅そのものが本層の分布を示している。

富田向斜部になると、松橋を中心とする地域に広く分布しさらに北西方に連続する。浅い向斜部であるため、地表に分布する割には層厚は薄く200m以下である。

大高根火山南縁一帯では、この富田向斜構造の南端部の影響をうけ、地層はすべてほぼ東西に走り、北へ傾いており、藁口層も西は泥又沢方面より、東は下小屋方面まで、東西方向に分布している。これら各地の層厚を第4表に示した。

本層は新庄層群堆積時にこの堆積盆地が次第に陸化しつつ、その範囲が縮小されつつある時期の堆積物であるといえる。本層の下位にある夾炭層の発達は、最上堆積

第4表 藁口層厚表

地域	南 (大高根)	中 (松橋・ 亀井田)	北 (堀)	西 (内)	北 (新庄西)	北 (舟)	東 (形)
層厚 m	200±	150~200	180		230+	110~140	

盆地の西半, すなわち調査地域内で最もよく, つづく藁口層の堆積も全般を見る時に, やはり調査地域内が最もよく発達しているといえる。

岩相上から見ると, その後またたび夾炭層が形成されているが, その堆積の中心はやや北東にうつり, 舟形町方面, さらに上位の地層の堆積の中心は北東の新庄市方面の地域にうつっている。

従って藁口層の堆積期には, 堆積盆地は北東へ移動しつつ全体的に上昇していたものとみなされよう。砂層はそのような時期の運動をうけて, 南縁およびそれより北方におもに堆積し淘汰され, 珪砂鉱床が形成されている。

堆積盆地の南縁近くによい鉱床が存在するという事実は, 山形県飯豊町の珪砂鉱床(井上他, 1972)の堆積機構と類似している点において興味のある事実である。

3.2 藁口層の分帯

藁口層はその最下底に, 硬い凝灰質砂岩(浮石入り)があり, これが5A鍵層として中央部における下位層との境界となっている。

しかし, 南縁部においては, 凝灰質岩の挟在がかなりあり, K_{5A} 層が不明瞭となり, むしろその下位20~30mと考えられる K_5 層が, 下位との境界として取られている。

藁口層内の分帯には富並と大鳥居間にみられる岩相から, 次の基準を立てた。

下部 K_5 または K_{5A} 鍵層より上位, 砂岩と頁岩互層部分

中部 凝灰質砂岩と良質の珪砂を含む部分

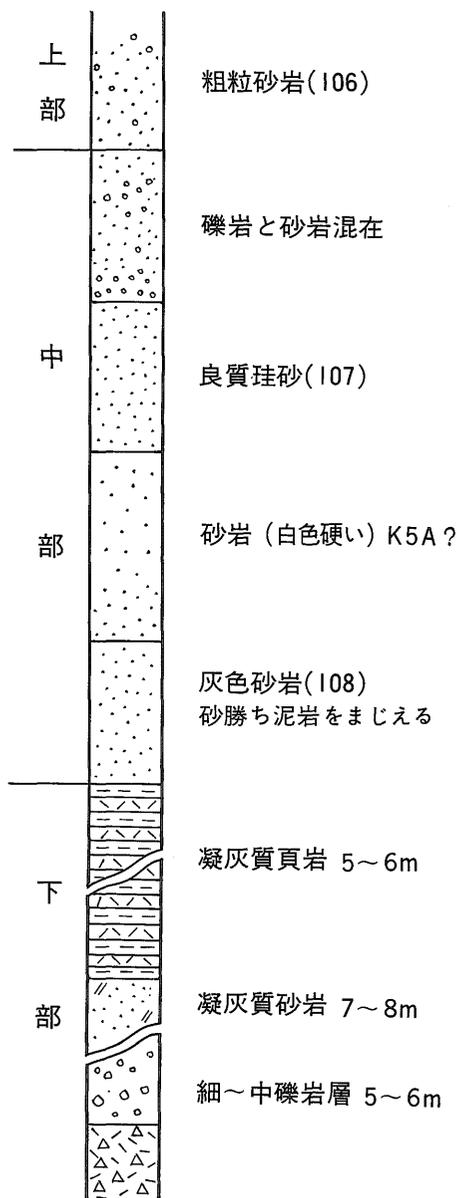
上部 粗粒砂岩, 一部頁岩質となる部分

下部の岩相は前述したように K_{5A} または K_5 鍵層より上位の砂勝ちの互層部で中部はやや泥勝ちの砂と珪砂を含む砂岩, 上部は粗粒砂岩層を主とし, 風化すると赤褐色となる。

これら上中下の区分は必ずしも画一的なものでなく, 地域によっては上, 下2部に該当するところもあり, 砂岩相間における区分は不可能となるところもある(第2, 3図参照)。

富並地域(第4図参照)

この地域はかつて大鳥居層とよばれた塊状砂岩を主とする地層があり, 全般の対比上藁口層に相当するもので



第5図 大石小学校裏藁口層(大鳥居層)分布 ()内数字:分析試料

ある。第5図に富並の大石小学校裏で分帯した一例を示した。

これより西方大鳥居より次年子に至る道路においては順次上位層が見られるが, ほぼ第5図と同様な岩相区分が可能であると考えられる。もっとも典型的によく調査できる露頭は, 大鳥居三叉路東の崖である。本露頭では一部やや頁岩質の部分から植物化石 *Comptonia* sp. その他を産する。

次年子に至る間において上位の粗粒砂岩は著しい赤褐色を示し偽層が多く、風化して黒色鉱物を多く含んでいる。

次年子を中心とする外楯・荒屋敷付近における本層は向斜部の軸部に当たっているが、両側の山地には最上部の粗粒砂岩が広く分布している。

松橋地域

富田向斜の西側にあたる松橋部落周辺には、藁口層中部が分布していると考えられ、珪砂・凝灰質頁岩層、泥勝ちの砂層がやや互層しているかのように見える。しかし新鮮な面をみると区別が不明瞭となる。全般的に灰青色をおびている。またこの付近より北西部にかけて本層中に炭層の薄層を含む場合があるが連続性はない。

堀ノ内地域

調査地の北西部堀ノ内より南に入る沢内の谷においても典型的な藁口層の砂層を見ることができ、とくにこの付近では砂層中の炭層が発達し、一時稼行されたことがある（沢内炭鉱）。また本層中には、炭木、その他植物残片等が入り、きわめて浅い堆積相を示す部分がある。

このように調査地内藁口層の岩相変化を見ると、南部および中央部がもっと安定した堆積を示し、北西部に至るにつれ浅い岩相となり、北方新庄方面に連続しているといえよう。

4. 珪砂鉱床

4.1 概要

工業原料に供する珪砂は鉄分、アルミナ分が低く、珪酸分が高くなくてはならないので含鉄鉱物、長石類、その他岩石片が少なく、石英砂のみであることが望ましい。とくにガラス原料としては鉄分を、鋳物砂原料としてはアルミナ分が敬遠される。

最上炭田地帯は、全般に砂層の発達が著しく、なかでも藁口層、大林層、折渡層は砂勝ちの地層である。しかし、工業原料に供し得るのは、ある一定地域に発達する藁口層の砂層である。

藁口層の砂層は、大林層・折渡層のものに比べて粘土分が多く、それを除去したのちの砂は長石類が比較的少なく、より高珪酸、低アルミナである。

珪砂鉱床の対象となる藁口層（一大鳥居層）は、外観による粘土化の強弱と、化学分析による SiO_2 値によって、上・中・下の3部層に区分される。3部層のうち珪砂鉱床として良質なのは中部層であるが、それぞれの境は必ずしも明瞭でないことがある。しかし、実際の採掘にあたっては中部層のみを対象とすることは困難であり、ある範囲に上部層・中部層・下部層が発達する場合

には一括してそれを珪砂鉱床として扱うことになる。

藁口層全体の珪砂を化学組成の上からみた場合、北側より南側がすぐれており、さらにその中でも中央から西側にかけてところがすぐれており、それは次年子部落から大鳥居部落にかけて地域である。

4.2 分布

全体に褶曲構造が著しいところで、2向斜・2背斜軸があり、藁口層はそれにそって3カ所に主として分布し、分布の方向は南北性を示す。したがって調査地域では東側、中央部および西側の3鉱床帯に区分されている。

東側の鉱床帯は、最上川に沿い、実栗屋から藁口、大浦を経て大横山炭鉱跡まで約9 km 間に連続している。大浦、大横山炭鉱間は東に急斜した単斜構造で南北に延び北方の藁口付近では向斜および背斜構造によって、露出幅1 km 以上となっている。

以上の範囲内で上・中・下の3部層は相伴って発達しているが、規模は中部層・下部層・上部層の順に大きく、品質は下部層・上部層・中部層の順に良質である。

中央部の鉱床帯（第2図参照）は富並背斜構造の西翼にあたるところで、最上炭鉱跡付近から南方10 km の大鳥居（第3図参照）まで確認できる。最上炭鉱跡から南に8 km の十八坂付近までは南北の走向で、西に20~50°傾斜し；さらに南の大鳥居付近では東西走向で、北傾斜に変化している。この大鳥居付近はベースン構造の南端にあたるところであろう。

また本地域の中央部では火山砕屑岩が広く発達し、珪砂鉱床となる藁口層の大半を覆っている。

西側鉱床帯は次年子から北西方向の松橋を経て、沢内まで約7 km 間に発達している。それは富田向斜構造の西側にあたる地域である。したがって走向は北西系で、傾斜は北東に10~25°である。

鉱床の露出の大きいところは次年子部落で、規模は3層のうち上部層が極度に大きく、ついで下部層、中部層となっている。しかし次年子から松橋に至る間の、標高200~300 m 以上は火山砕屑岩が広く覆っている。

4.3 各論

珪砂鉱床として稼行の対象となるものは、珪砂の品位が SiO_2 90~95% で、火山砕屑岩のかぶりがなく、ある程度の拡がりをもち、鉱量の確保が見込まれるところである。さらに鉱石搬出が可能などなくてはならない。

これらの諸条件を考慮した結果、対象地として次の7地区があげられる。

1) 大石田町次年子荒小屋西地区

- 2) 大石田町十八坂地区
- 3) 大石田町次年子一大鳥居間地区
- 4) 大石田町大沢地区
- 5) 大石田町大鳥居地区
- 6) 大石田町大石小学校裏地区
- 7) 大石田町黒滝地区

以上、各地区の概要は次のとおりである。

1) 大石田町次年子荒小屋西地区

第2図にある次年子の台小屋部落から南西に延びた沢により露出がみられ、沢から10m高所の両側では火山砕屑岩が覆っている。

珪砂層としては藁口層の上部層・中部層・下部層が露出し、厚さは上部層・中部層それぞれ100m、下部層30mである。走向は、NS、傾斜は10~20°Eで、露頭は南西に1.5kmの延長を持ち幅約100mである。

2) 十八坂地区

富並高倉山背斜の両翼にあたるところで藁口層の上部層、中部層が露出している。とくに中部層は厚さ約50mを有し、西にゆるく傾斜し、南北に延びる道路ぞいに広く露出している。採掘、運搬の点で好条件をそなえているところである。

上部層は中部層の西側に発達しているが、一帯は火山砕屑岩が著しく発達し、また品質も中部層のものに比べると悪い。

3) 次年子一大鳥居間地区

荒小屋(サンプルNo.59)から大鳥居にいたる峠までの約1.5kmの地域である。道路の西側は水田となっており、珪砂の露頭は東側の斜面に連続して認められるが、藁口層のどの層準のものであるか明らかでない。道路面から20~30m高所は火山砕屑岩が覆っているため採掘上の障害になるが、珪砂の品位が最上最も重要なところである。地区では最高の値を示しており(サンプルNo.89~93)

4) 大沢地区

第3図に示したサンプルNo.94から98にかけての地域で、藁口層の上部層・中部層・下部層、および大石層が露出している。

各層の厚さは上部層20m、中部層30m、下部層50mで、南西に延びる沢の両壁により露出があり、その高所は火山砕屑岩が覆っている。

珪砂の品質が良く、鉍石搬出路がととのっているところである。

5) 大鳥居地区

大鳥居部落北側の崖(サンプル99, 100)にみられる露頭で、高さ約5mを有し、珪砂層はほぼ水平に発達し、

鉍床としての延長は東西に約250mがみこまれる。この鉍床は藁口層の中部層(=大鳥居層中層)にあたり、厚さは5~10mですぐ下位には凝灰質岩層が発達し、上位は厚さ5m前後の火山砕屑岩が覆っている。珪砂としての品位はサンプルNo.99付近がすぐれており、それよりはと低下の傾向にある。

6) 大石小学校裏地区

第3図に示した大石部落の北方で、道路沿いに好露出がみられ、大鳥居層の下部・中部・上部の3部層が発達している。道路沿い以外は雑木の繁茂が著しく、鉍床の東西延長を確認することは困難であるが、小範囲で消滅することは考えられない。珪砂の品位は最上地区で2番目に良質で、採掘、鉍石搬出の点で恵まれたところである。

7) 黒滝地区

最上川に沿う地区で大石田駅から約3kmのところである。

道路の堀割では、高さ3m余、幅15m余の珪砂層の好露出がみられるが、藁口層のどの層準であるか明らかでない。

鉍床延長として、サンプルNo.87と88の間約300mが推定されているが、厚さは明らかでない。サンプルNo.87付近で約10mの厚さが認められるが、それよりさらに肥大することが予想される。

5. 鉍石

5.1 外観

原鉍は白色ないし灰白色を呈し、塊状で、石英砂90%、その粒間を約10%の粘土鉍物が膠結している。全体にルーズで、水中に放置すると速やかに崩壊して石英粒と粘土が分離する。しかし、石英粒の表面には被膜状に粘土が付着しているため、それをとるには機械的作業を必要とする。

5.2 組成鉍物

原鉍は砂および粘土からなり、その比率は地域、層準により異なり一様でないが、平均して10%台の粘土が含まれている(第5表)。

砂は主として石英の集まりであるが、少量のカリ長石と斜長石、およびごく少量のジルコン、ざくろ石、電気石、緑簾石、チタン鉄鉍、磁鉄鉍等を含んでいる。

カリ長石と斜長石の識別は、前者をコバルト亜硝酸ナトリウム、後者をロジソン酸カリウムによって染色を行

第5表 原鉍中の砂と粘土の比

No.	30	31	45	52	57	80	81	106	107	108	平均
砂	90.0	89.0	88.0	93.0	94.0	91.0	92.0	86.0	92.0	95.0	91.0
粘土	10.0	11.0	12.0	7.0	6.0	9.0	8.0	14.0	8.0	5.0	9.0

い、実体顕微鏡下でその比率を算定し、第6表に結果を示した。

第6表 長石類の粒度別比率

粒度(mesh)	20	28	35	48	65	100	150	200
粒度分析値 (%)	3.0	18.6	33.5	30.5	8.5	3.8	1.5	0.6
カリ長石 (%)	3.5	3.7	10.1	11.0	6.5	5.8	10.0	13.1
斜長石 (%)	2.4	4.4	2.8	3.7	2.9	4.6	9.5	11.5

5.3 珪砂の粒度, 粒形

全般に粗粒で48メッシュにピークを示すものが多く、さらに35メッシュの方に移行型で、それより粗粒、および細粒の両サイドに向かって急減する傾向を示している。第7表に粒度分析の結果を示した。

粒形は粒度が大であるほど丸く、ほぼ65メッシュを境として、より小さくなるにしたがって角ばっている。

丸い砂の表面は、小さな傷が生じて全体の色が乳白色を呈し、角ばった石英砂の表面には傷がなく透明である。まれに結晶形が保たれた両錐石英が含まれていることがあり、透明で磨耗のあとがない。

第7表 粒度分析値

No. mesh	50	56	57	58	67	74	81	87	89	94	107
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
20	0.1	3.0	7.5	8.2	5.3	5.5	7.6	0.2	1.0	0.7	2.8
28	1.8	18.6	24.3	19.4	17.8	20.0	23.9	2.3	7.8	6.8	15.3
35	29.1	33.5	30.7	33.1	28.9	26.4	21.8	12.0	24.0	24.4	38.3
48	34.2	30.5	23.6	22.9	18.8	15.9	25.0	23.0	0.3	1.7	25.4
65	14.0	8.5	8.1	9.1	9.0	10.6	12.7	23.6	17.0	16.0	8.5
100	5.7	3.8	4.1	4.7	5.9	7.0	5.7	11.9	9.7	7.7	5.1
150	3.2	1.5	1.5	2.2	3.4	3.8	2.4	4.0	6.6	3.5	3.0
200	1.6	0.6	0.2	0.5	1.9	2.4	0.7	2.8	2.7	1.5	1.5
270		tr	tr	tr			tr		0.2		tr
Pan	10.3	tr	tr	tr	8.0	8.0	tr	18.2	tr	7.6	tr

5.4 粘土

珪砂の原鉱中には10%前後の粘土鉱物が含まれることは前述のとおりで、一般に粘土鉱物は淡褐色ないし淡緑色で、白色ないし灰白色を呈するものは少ない。

原鉱を水篩して得られた上澄を、ガラス板にぬり、X線回折を行った結果を第8表に示した。

粘土鉱物としてはメタハロイサイトが全ての試料中に含まれている。またモンモリロン石と、輝沸石も多くの試料に含まれている。

その他長石類、クリストバライトも含まれているが、その量は少ない。

第8表をみるとモンモリロン石が含まれず、メタハロイサイトが多量に含まれるものはNo. 1, 18, 52, 92,

第8表 粘土のX線回折による鉱物種

No.	Q	F	H	M	C	He
1	○		○		○	
7	○		○	○		
12	○	○	○	○		・?
18	○		○	○		○
24	○		○	○		○
27	○		○	○		○
30	○		○			○
31	○		○	○		・?
45	○		○		○	・?
52	○		○			
57	○		○			
80	○		○			○
81	○		○	○		○
89	○	○	○			・?
92	○		○			
106	○		○			○
107	○		○			・?
108	○		○			○

- 多
- 小
- ・ 極少
- ? 不確実
- Q Quartz
- F feldspar
- H halloysite
- M montmorillonite
- C Cristobalita
- He heulandite

107の5試料で、全体の28%にあたる。

モンモリロン石を含まず、メタハロイサイトのみからなる地域は、次年度部落荒小屋の西(サンプルNo. 52付近)・大石小学校裏(サンプルNo. 107)の2地域で、珪砂を回収した後の粘土もその利用を考えるべきであろう。

6. 化学成分

化学分析にあたっては、SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃の3成分についてのみ検討した。

各地点における珪砂の分析値を第9表にあげ、地区別の平均化学成分を第10表に示した。

以上の結果から大石小学校裏のものがSiO₂ 95.5%, Al₂O₃ 2.5%で最も良質で、他の6地区の値はそれをやや下まわっている。

分析に供した試料は、原鉱を水篩して粘土を除去した後の200メッシュ以下の微砂を含んだものである。なお重鉱物類、とくにチタン鉄鉱・磁鉄鉱等は重液を使用して除去した。

珪砂の粒度ごとのSiO₂値, Al₂O₃値, Fe₂O₃値を第11表に示したが、SiO₂値は細粒ほど低下し、Al₂O₃値は逆に細粒ほど高い値となっている。Fe₂O₃値は150メッシュ、

第9表 珪砂の化

No.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	産地	No.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	産地
1	82.6	8.4	0.22	沢内	28	86.6	7.3	0.24	実栗屋沢
2	90.5	4.3	0.12	西又	29	86.9	6.8	0.27	実栗屋沢
3	89.1	4.9	0.15	西又	30	93.5	3.1	0.24	大平山
4	88.8	5.7	0.22	西又	31	95.5	2.0	0.07	大平山
5	91.7	4.4	0.12	松橋	32	75.8	12.9	1.00	大平山
6	88.2	6.4	0.13	内子	33	88.4	5.7	0.36	実栗屋沢
7	91.2	5.2	0.11	内子	34	89.7	5.6	0.12	実栗屋沢
8	92.3	4.0	0.11	内子	35	90.7	5.5	0.11	実栗屋沢
9	91.7	5.4	0.15	内子	36	86.1	6.8	0.18	藁口
10	91.2	5.0	0.19	松橋	37	84.8	7.5	0.14	実栗屋
11	91.2	4.7	0.14	松橋	38	92.02	5.23	0.13	藁口
12	90.8	4.5	0.20	松橋	39	88.14	7.79	0.20	藁口
13	92.2	4.5	0.12	松橋	40	87.6	7.4	0.31	藁口
14	89.4	7.0	0.20	松橋	41	66.8	13.1	2.38	大里林
15	95.3	3.0	0.09	松橋	42	93.5	3.7	0.12	大里林
16	90.7	5.0	0.13	松橋	43	91.9	4.2	0.13	大外橋
17	87.7	6.5	0.16	実栗屋	44	90.6	5.1	0.27	台小屋
18	85.5	7.8	0.42	実栗屋沢	45	93.0	4.1	0.14	台小屋
19	89.1	4.9	0.33	実栗屋沢	46	93.5	4.0	0.22	台小屋
20	88.7	6.8	0.19	実栗屋沢	47	88.3	5.2	0.26	台小屋
21	91.2	5.4	0.22	実栗屋沢	48	88.3	6.2	0.20	台小屋
22	90.2	5.1	0.17	実栗屋沢	49	94.5	4.5	0.18	台小屋
23	91.0	5.8	0.13	実栗屋沢	50	91.2	5.1	0.19	台小屋
24	93.7	3.4	0.09	実栗屋沢	51	95.8	3.1	0.09	台小屋
25	94.3	3.4	0.42	実栗屋沢	52	94.8	3.6	0.11	台小屋
26	93.2	3.5	0.10	実栗屋沢	53	94.5	2.9	0.14	台小屋
27	94.2	2.6	0.10	実栗屋沢	54	92.2	4.8	0.18	台小屋

第10表 鉱床の地区別平均品位

地区名	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	分析数
荒小屋西地区	94.3	3.7	0.14	8
十八坂地区	91.9	4.5	0.18	14
次年子・大鳥居間	94.3	3.7	0.11	5
大沢地区	94.0	3.7	0.12	5
大鳥居地区	93.3	3.6	0.14	2
大石小学校裏地区	95.5	2.5	0.07	2
黒滝地区	90.0	5.7	0.15	2

第11表 珪砂の粒度と化学成分の変化

化学成分		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
粒度分析値				
Mesh	%	%	%	%
20	5.5	97.0	1.8	0.15
28	17.8	96.4	1.9	0.16
35	28.9	94.3	2.9	0.18
48	18.8	89.3	5.8	0.23
65	9.0	82.5	9.0	0.40
100	5.9	78.0	10.5	0.99
150	3.4	76.9	10.7	0.91
200	1.9	75.6	11.9	0.84
-200	8.0	69.4	14.5	1.66

(サンプル No. 74)

第12表 珪砂原鉱の化学成分とノルム

成分	No.				
	2	11	66	87	99
SiO ₂	86.00	86.67	89.20	85.43	89.59
TiO ₂	0.21	0.06	0.02	0.12	0.11
Al ₂ O ₃	7.46	5.43	5.61	9.13	5.92
Fe ₂ O ₃	0.31	0.19	0.53	0.25	0.21
FeO	0.41	0.08	0.23	0.11	0.09
MgO	0.05	0.06	0.28	0.14	0.01
CaO	1.06	0.80	0.54	0.77	0.63
Na ₂ O	1.50	0.92	1.02	1.08	0.89
K ₂ O	1.02	0.69	0.65	1.24	0.89
Ig. loss	2.20	2.09	1.93	2.88	1.64
Q	67.89	76.96	76.55	66.94	76.82
or	6.01	4.06	3.84	7.24	5.23
ab	12.85	7.76	8.65	9.12	7.55
an	2.17	0.61	1.39	3.76	3.12
Wo	1.30	1.40	0.53		
en	0.12	0.15	0.69	0.34	0.02
mt	0.18	0.07	0.67	0.12	0.07
hm	0.13	0.14			0.16
il	0.12	0.12	0.05	0.16	0.15
hu	0.12			0.04	
mh	9.06	8.53	7.85	11.59	6.68

(mh…メタハロイサイト)

学 分 析 値

No.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	産 地	No.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	産 地
55	91.7	4.9	0.25	台 小 屋	82	89.3	5.8	0.30	山 形 炭 鉱
56	95.8	2.7	0.09	台 小 屋	83	93.2	3.6	0.11	日 本 炭 鉱
57	95.8	2.5	0.10	台 小 屋	84	89.5	5.6	0.30	鍋 倉 炭 鉱 西
58	91.5	5.1	0.16	荒 小 屋	85	86.8	5.8	0.16	三 和 炭 鉱 東
59	84.4	8.8	0.40	荒 小 屋	86	90.0	4.9	0.21	三 和 炭 鉱 東
60	67.4	15.1	1.63	大 里 林	87	89.7	6.1	0.18	黒 滝
61	86.4	6.7	0.25	十 八 坂	88	90.3	5.4	0.12	黒 滝
62	83.4	8.2	0.27	十 八 坂	89	94.2	4.0	0.11	大 沢 北
63	91.7	6.6	0.12	十 八 坂	90	95.4	3.6	0.09	大 沢 北
64	91.0	4.9	0.10	十 八 坂	91	95.4	3.2	0.13	大 沢 北
65	92.3	4.6	0.12	十 八 坂	92	93.9	3.2	0.10	大 沢 北
66	91.7	5.0	0.18	十 八 坂	93	92.7	4.4	0.12	大 沢 北
67	90.7	4.9	0.13	十 八 坂	94	92.7	4.5	0.13	大 沢 北
68	89.7	5.5	0.19	十 八 坂	95	95.4	3.0	0.09	大 沢 北
69	92.2	4.4	0.19	十 八 坂	96	95.4	2.6	0.11	大 沢 北
70	93.7	3.0	0.12	十 八 坂	97	95.4	6.2	0.18	大 沢 北
71	93.0	4.1	0.28	十 八 坂	98	96.7	2.4	0.09	大 沢 北
72	93.2	3.9	0.11	十 八 坂	99	95.5	2.2	0.11	大 鳥 居
73	92.8	3.4	0.44	十 八 坂	100	91.2	5.1	0.12	大 鳥 居
74	92.7	3.5	0.28	十 八 坂	101	90.3	6.6	0.35	大 鳥 居
75	87.9	6.2	0.44	十 八 坂	102	93.0	3.9	0.50	大 鳥 居
76	93.7	3.1	0.10	十 八 坂	103	86.9	7.1	0.35	大 鳥 居
77	85.8	6.5	0.15	大 浦 北	104	88.4	6.2	0.59	大 鳥 居
78	93.5	4.0	0.15	亀 井 炭 鉱	105	92.2	4.7	0.24	大 鳥 居
79	90.8	4.1	0.18	亀 井 炭 鉱 南	106	88.7	5.8	0.15	大 石 小 裏
80	83.2	8.2	0.63	山 形 炭 鉱	107	96.4	2.0	0.06	大 石 小 裏
81	91.0	4.9	0.15	山 形 炭 鉱	108	94.7	2.9	0.09	大 石 小 裏

200メッシュの値を除いては、粗粒から細粒にかけての増加の傾向がみられる。第12表は原鉱の化学組成を示したもので、それによってノルム鉱物を計算し表示した。

珪砂を扱う場合、鉱物組成と、各組成鉱物の比率を知ることが重要なことであり、とくに長石類の含有率は利用上の重要な要素となる。それには化学分析値から、ノルム鉱物を計算するのが簡便であり、またわかりやすい。

粘土鉱物はメタハロイサイト (Al₂O₃2SiO₂4H₂O) を想定し、Ig. loss は H₂O(+) と見做して算定した。第12表に示したメタハロイサイトの値は、第5表の粘土の値と近似的な値を示している。

7. 結 論

山形県最上地区の珪砂鉱床は新庄層群の藁口層 (=大鳥居層) 中であって、その規模はきわめて大きい。品質は現在わが国で使用されている珪砂より SiO₂ 値が低く、Al₂O₃ 値が高いという難点がある。

板ガラス用に供する場合は、Al₂O₃ 2.5~3.5%、Fe₂O₃ 0.08%、粒度28メッシュ以上0%、100メッシュ以下20%

以下であること、これに該当するものは全試料中1.2(2%)の試料にすぎずきわめて少ない。分析結果のみから見れば Al₂O₃ 3.5%、Fe₂O₃ 0.1%前後を有するものは全試料中21コ(20%)あり、これを処理し品質を向上させ、板ガラス用に供することは可能であろう。珪砂中の Al₂O₃ は長石類に起因することは周知のことであり、それは一般には粗粒部より細粒ないし、微粒部に多く含まれてくる。したがって微細な部分をカットすることによって、Al₂O₃ を低下させることは可能である。また長石類には一般に石英に比べて酸化鉄の付着も多いことから、微粒のカットは、Al₂O₃、Fe₂O₃成分を低下させ、SiO₂ を高めることにもなる。

またビンガラスの成分上の規定は、1号珪砂 SiO₂ 94.5%以上、Al₂O₃ 2.5~3.5%、Fe₂O₃ 0.045%、2号珪砂 SiO₂ 94.0%以上、Al₂O₃ 3.4%、Fe₂O₃ 0.08~0.2%であることから、本地域のものはとくに2号珪砂に適するものが多い。

珪砂に供する場合は、原鉱中には約10%の粘土を含んでいるために、これを無処理で生型に供するのの一策である。また、粒度が35~48メッシュピーク、SiO₂ 92~

93%であるから鑄鉄用に供するのが適当と考えられる。

その他珪酸ソーダ用、水道用炉過砂、セメント製品の骨材として利用も考えられる。

最上珪砂が未だに開発されないのは、とくにガラス原料に供する場合、品質が最低限界線近くにあること、豪雪地帯であること、珪砂の利用産業が周辺にないことなどが大きな原因である。

わが国で使用されている珪砂資源も近年不足気味で、遠くない将来枯渇することはほぼ明らかである。また国外資源の確保にも種々の問題があることから、最上地方の珪砂鉱床の開発が強く望まれるところである。珪砂の品質の調整ができれば、鉱量的にわが国随一であるので、将来の珪砂資源の安定供給地になることが予想される。

文 献

安斉俊男 (1963) : 山形県新庄付近のけい砂。東北の工業用鉱物資源, 第3輯。

井上秀雄・徳永重元・山田正春 (1972) : 山形県飯豊町遅谷の珪砂鉱床。地質調月, vol. 23, p. 697~719.

石井清彦 (1922) : 山形県最上郡大蔵村赤松及堀ノ内村実栗屋の石英砂。地学雑誌, vol. 34, p. 373-382.

—— (1922) : 山形県最上郡大蔵村赤松及堀ノ内村実栗屋石英砂調査報文。地質調査所工業原料鉱物調査報告, no. 8.

鯨岡 明 (1954) : 最近の探鉱成果 (山形地区)。石油技術協会誌, vol. 18, no. 4, p. 157~163.

竹原平一・河野迪也 : 山形県最上炭田大高根地区調査速報。炭田速報, no. 35.

徳永重元・河野迪也 (1951) : 山形県最上炭田松橋・亀井田地区調査概報。地質調月, vol. 2, no. 8, p. 36-42.

徳永重元 (1958) : 5万分の1「尾花沢」図幅および同説明書。32p., 地質調査所。