

鹿児島県山川町および大根占町付近の砂鉄鉱床の鉱物組成について

原田 久光*

On the Mineralogical Composition of Iron Sand
Ores in Yamakawa and Onejime,
Southernmost Kagoshima Prefecture

by
Hisamitsu Harada

Abstract

Workable iron sand ores occur in the beach, strand and diluvial terrace on both sides of the entrance of Kagoshima bay. The ores of each district differ largely in mineral composition, its ratio, grain size distribution, abrasion of grains, and the chemical composition of magnetite. The diluvial terrace ore shows considerable different features. The constituent minerals of all kinds of ores, however, may have been derived from the volcanic and pyroclastic rocks of basic to intermediate composition.

Common features of the ores are that magnetites are concentrated most abundantly in 40 to 60 mesh range, and gangues are in portions of larger size.

Minute lamellas of ulvospinel (?) are found in magnetite part of the exsolved ilmenite-magnetite grains, while not in the one-phase magnetite grain.

Ilmenite with or without inclusions of gangues makes up to 15 percent of the ores in the Osumi peninsula.

要 旨

鹿児島県山川町および大根占町付近の砂鉄鉱床を概査した。

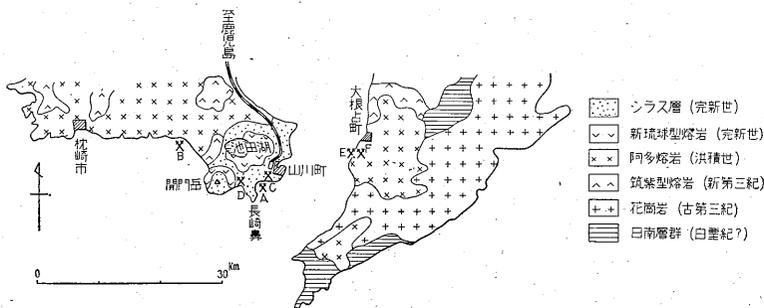
折戸・馬渡・温平・長崎鼻・馬場に分布する洪積世段丘、現世打上げ、旧打上げ砂鉄鉱床は組成鉱物組合せ・量比・粒度分布・磨耗度・磁鉄鉱の性質から3群に分けられる。鉱石鉱物の単体分離は不完全で、磁鉄鉱-チタン鉄鉱、赤鉄鉱-金紅石などの離溶とともに紫蘇輝石・

橄欖石・長石・岩石片を包有する。磁鉄鉱-チタン鉄鉱組織中にウルボスピネルが認められる。

砂鉄供給源岩は塩基性ないし中性の火山噴出岩であろう。また磁鉄鉱の一部はマグヘマイトに酸化している。

1. 緒 言

筆者は、砂鉄鉱石の鉱物組成の研究の一部として、昭和32年12月、鹿児島県揖宿郡山川町を中心とする砂鉄鉱床と、同県肝属郡大根占町の砂鉄鉱床を、現地1週



第1図 試料採取箇所分布図

* 元所員

間にわたって概査した(第1図参照)。この際採取した試料について室内作業を行なったので、その結果を報告する。

室内作業に供した試料は、薩摩半島側では、指宿線終点の山川町から約3km南下したところにある温平から、海岸線に沿って馬渡川に至る約28kmの間で採取した。大隅半島側では大根占町馬場海岸のものを採取した。

2. 鉱床の概要

薩摩・大隅両半島の地質一般の詳細は他の文献²⁾³⁾⁵⁾にゆずり、ここではその概要に止める。

山川町から馬渡川に至る間：赤水鼻・長崎鼻・開門岳には、輝石安山岩質熔岩および集塊岩が露出し、開門岳では海拔924mのコニーデ型火山を形成している。噴出時代は中新世末―上部鮮新世といわれる。洪積層は長崎鼻から川尻間の海岸に露出し、長崎鼻では主として安山岩質円礫・黄白色細粒砂・粘土質火山灰・凝灰質砂岩等からなる。それらの上をいわゆるシラス層が広く覆い、岩質としては白色凝灰質砂岩およびその砂層、灰白色～灰褐色粗鬆火山灰、時に層状泥熔岩等からなる。

大根占付近：ここではシラス層の基盤として時代未詳の中生界の砂岩・頁岩の互層と、黒雲母花崗岩の露出が所々にみられる。

これら両地域では古くから砂鉄鉱の存在が知られていたが、採掘が本格的に行なわれ始めたのは、4、5年前からである。優勢な砂鉄層は薩摩半島側にあり、折戸・馬渡・温平・長崎鼻に分布する。大隅半島側では馬場・神川に砂鉄鉱床が点在するが、いずれも規模は小さい。その他最近になって、開門温泉の沖合で舟による海底砂鉄鉱の採掘が始められた。

薩摩半島側では汀線に堆積する打上げ砂鉄鉱床と、汀

線より若干陸地に入っている旧打上げ砂鉄鉱床、および洪積段丘砂鉄鉱床の3つに分類される。

打上げ砂鉄は、台風期に集中的に堆積され、折戸・馬渡海岸では1回の打上げで厚さ10cm、幅員5m、延長200mの範囲に濃集することがある。このような砂鉄鉱は打上げのたびごとに採取され、また打上げ砂鉄となる以前にすでに海中において砂鉄の採掘が行なわれているため、近年では量的にも質的にも貧弱となりつつある。折戸海岸では砂鉄鉱は層状に濃集するが、馬渡海岸では層状をなさずに砂の中に均質に混在する。実験用試料として、折戸海岸・馬渡海岸の採掘中のものを採取した。

旧打上げ砂鉄の多くは海水面より3m前後の高所の平坦地で畑地となっているか、あるいは砂丘で防風林となっている場所にある。この型の砂鉄はかなりまとまった鉱量がある。温平では長径約100m、短径約70m、最大深さ5mの盆地地形に堆積しており、砂鉄は砂の中に均質に混在する。実験用試料として、採掘中のものを採取した。

洪積段丘砂鉄鉱床は長崎鼻でみられる。汀線より陸地側に約10m入ったところに、高さ約6mの段丘があり、台地面より約7m下部に厚さ60cmを越す砂鉄層が存在する。ここでは砂鉄層は、大豆～小豆大の細礫からなる礫層に直接に挟まれており、随伴する砂層は認められない。また試掘程度でその規模は確かめられていないが、洪積層段丘下に広範囲にわたり砂鉄層が期待される。

大隅半島側には打上げ砂鉄鉱床と旧打上げ砂鉄鉱床とがあり、その両方がみられる馬場で試料を採取した。

上記の実験用試料の採取箇所における産状を要約すれば、第1表のとおりである。

第1表 実験用試料の砂鉄の産状

採取箇所	産状	砂鉄層厚 (採取層厚)		色	外観	見粒掛度	着磁分	
		cm	cm				磨耗度	重量比(%)
薩摩半島	折戸 打上げ	25 9 15	1 1 1 } 計 49	帯黄灰黑色	砂状	小	中	46
	馬渡 打上げ		10	〃	〃	中	中	40
	温平 旧打上げ		300	汚黄灰色	〃	大	中	22
薩摩半島	長崎鼻 洪積段丘	5 15 +60	1 1 1 } 計 80	帯黄灰黑色	礫混り	大	大	56
	大隅半島	馬場 打上げ	2 15	2 1 } 計 4	〃	砂状	小	小
馬場 旧打上げ		6 10	1 1 } 計 31	〃	礫混り	大	小	36

第2表 採掘原砂および着磁分の粒度分布

篩目 (mesh) (JIS)	開孔 間隔 (μ)	A. 折戸打上 げ砂鉄鉱			B. 馬渡打上 げ砂鉄鉱			C. 温平旧打上 げ砂鉄鉱			D. 長崎鼻洪 積段丘砂 鉄鉱			E. 馬場打上 げ砂鉄鉱			F. 馬場旧打上 げ砂鉄鉱		
		I※	II※	III※	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
+20	840	4.3	—	—	4.7	—	—	7.0	—	—	8.3	—	—	—	—	—	2.5	—	—
+30	500	13.6	15.8	2.1	13.6	2.2	0.9	17.1	6.4	0.9	19.3	14.2	2.7	5.5	10.9	0.6	17.7	6.8	1.2
+40	350	22.3	36.6	8.2	27.2	13.5	5.4	31.4	13.7	4.3	40.1	60.4	24.2	25.7	20.1	5.1	40.2	20.6	8.3
+60	210	50.4	75.3	29.3	33.9	45.7	18.4	30.1	38.3	11.6	32.3	90.0	29.1	67.6	50.0	33.6	39.1	66.2	25.8
+80	177	5.0	70.0	3.5	15.6	28.4	11.4	11.8	66.0	3.9	—	—	—	1.2	57.8	0.7	0.5	55.5	0.3
+100	149	4.1	69.3	2.9	2.4	4.9	2.0	1.3	68.3	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+120	125	0.3	90.0	0.1	1.6	3.4	1.4	0.6	64.3	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+150	105	—	—	—	0.8	1.7	0.7	0.4	53.0	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+200	74	—	—	—	0.1	0.1	0.05	—	25.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-200	—	—	—	—	0.1	0.1	0.03	0.3	7.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	—	100	—	46.1	100	—	40.24	100	—	22.3	100	—	56.0	100	—	40.0	100	—	35.6

※ I: 原砂粒度別重量比
II: 粒度別着磁分重量比
III: 原砂全量に対する着磁分重量比

3. 鉱石

第1表に各産地の砂鉄鉱石の肉眼観察結果を比較したが、双眼顕微鏡でさらにおのおのを検討した。

折戸・馬渡打上げ砂鉄鉱、温平旧打上げ砂鉄鉱では磁鉄鉱は稜角は磨耗して丸くなっているが、結晶面は保存されている。多くの微細な岩石破片(多くはハリ質破片)や長石が附着しているが、水洗すれば簡単に取り除かれる。たゞ温平産のものは附着物が粘土質であるため、容易に取り除けない。紫蘇輝石は淡褐色ないし紫灰色を呈し、柱状結晶で稜角は磨耗して丸くなっているが、柱面に平行の劈開が認められる。長石は透明~乳白色を呈し、不定形で角ばっている註1)。

長崎鼻洪積段丘砂鉄鉱では磁鉄鉱は粒度が大きく完全に磨耗され球形に近い。紫蘇輝石も稜角がとれ、丸味を帯びた短柱状となる。橄欖石は淡褐色で短柱状で粒も大きい。

馬場打上げ、旧打上げ砂鉄鉱では磁鉄鉱・チタン鉄鉱は原形に近く稜角も比較的明瞭である。磨耗度が少ないので、両者の区別は容易である註2)。附着物は1回の水洗で除かれる。紫蘇輝石・橄欖石も原形に近い。

3.1 粒度分布

採掘原砂を乾燥したのち、200~300gをとり、JIS標準篩を用いて篩分け、粒度分布範囲を試みた。層状をな

す砂鉄鉱は、層別に試料採取し、そのおのおのについても傾向をみた。着磁分の分離には600 Gaussの永久磁石を使用した(第2表)。

第2表の結果を図示比較すれば、第2図のようになり、着磁分は-40~+60 meshの範囲に圧倒的に濃集することがわかる。薩摩半島の打上げ、旧打上げの着磁分は-40~+60 meshをピークとして粗粒部分と細粒部分の両方へ対称的な粒度分布を示すが、洪積段丘砂鉄と大隅半島の砂鉄は-60 meshの着磁分は皆無に近く左右非対称的な粒度分布を示す。原砂の-40~+60 meshに濃集する割合と、着磁分の濃集する割合との関係は、各産地によって異なり、温平旧打上げ砂鉄のように低いものから(38%)、長崎鼻洪積段丘砂鉄のように高いもの(90%)までである。

第3図は層状に胚胎する砂鉄の各層別の粒度分布を示したもので、一般に+30 mesh以上の粗い砂粒の洪積層では砂鉄を伴わない。例えば折戸打上げ砂鉄の2層や、馬場打上げ砂鉄の6層のような粒度分布を示す砂層は、砂鉄を伴わず、折戸打上げ砂鉄の4層や、馬場打上げ砂鉄の7層のように原砂の-40~+60 meshの範囲が大きいほど砂鉄も多く濃集する。

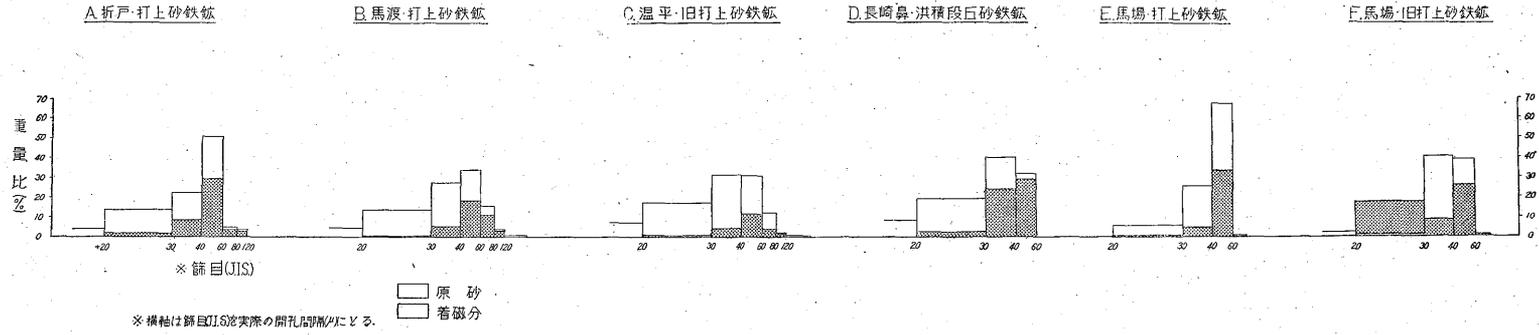
3.2 原砂の鉱物組成

原砂中の鉱石鉱物には多いものから、磁鉄鉱・チタン鉄鉱・赤鉄鉱・金紅石があり、これらの間には離溶組織註3)を示すものが少なくない。脈石鉱物としては輝石類が最も多く、長石・橄欖石・火山ハリの順で、石英は

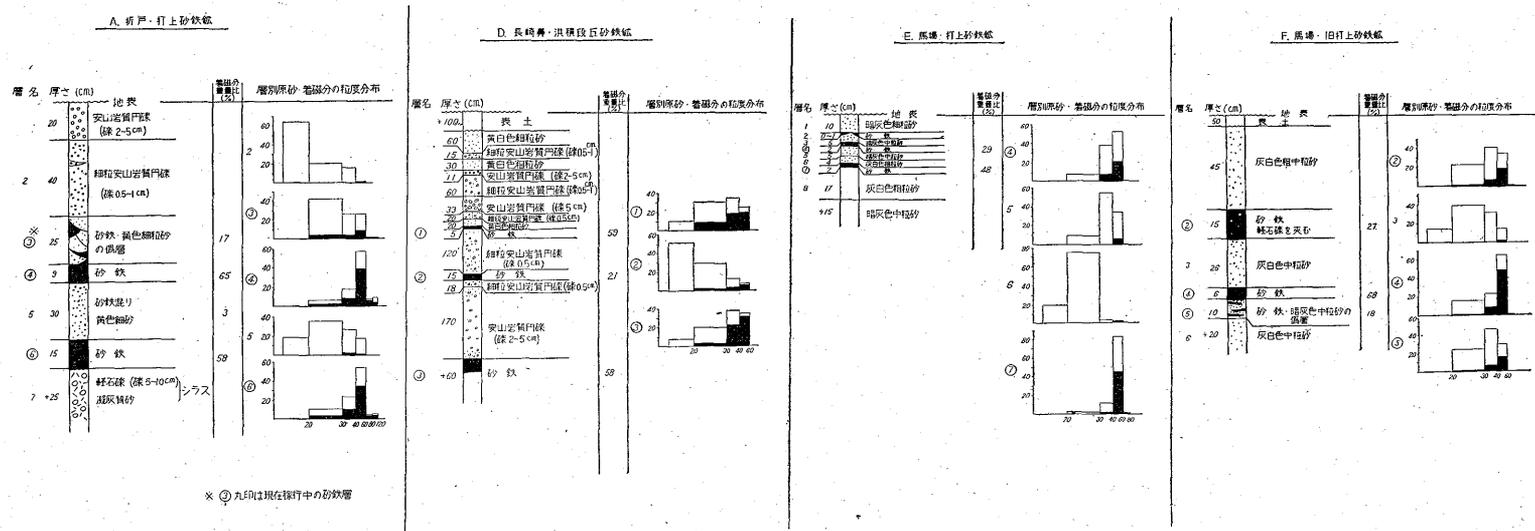
註1) 長石は磨耗よりむしろ劈開にそい破砕される。

註2) 双眼顕微鏡下では、磁鉄鉱は表面が粗く鮫肌状で灰黒色を呈し、チタン鉄鉱は表面は平滑で漆黒色である。磁鉄鉱は等方形にちかく、チタン鉄鉱には扁平な面がしばしば発達している。

註3) 離溶組織は、磁鉄鉱-チタン鉄鉱に多く、これに次いで赤鉄鉱-金紅石、磁鉄鉱-赤鉄鉱間にもみられる。



第2図 探掘原砂および着磁分の粒度分布図



第3図 砂鉄床柱状図とその粒度分布

第3表 鉱物粒の種類と比重

片刃状鉱物	平均比重	片刃状鉱物	平均比重
不透明鉱物を包有する紫蘇輝石	4.0	離溶組織を示す磁鉄鉱—チタン鉄鉱	5.1
不透明鉱物を包有する普通輝石	4.0	離溶組織を示す赤鉄鉱—金紅石	4.9
輝石を包有する不透明鉱物	5.0	一部赤鉄鉱化した磁鉄鉱	5.2
安山岩質岩石破片	2.9	一部マグヘマイト化した磁鉄鉱	5.2
不透明鉱物を包有する安山岩質岩石破片	3.2	透明鉱物を包有する磁鉄鉱	5.0
不透明鉱物を包有する火山ハリ	3.0	透明鉱物を包有するチタン鉄鉱	4.5
不透明鉱物を包有する橄欖石	4.3	磁鉄鉱を包有する透明鉱物	3.9
不透明鉱物を包有する長石	3.0	チタン鉄鉱を包有する透明鉱物	3.7
長石を包有する不透明鉱物	4.7	磁鉄鉱とチタン鉄鉱の両方を包有する透明鉱物	3.8
		硫化鉱物を包有する磁鉄鉱	5.1

きわめて少ない。単体分離は 60 mesh でもかなり不完全である。

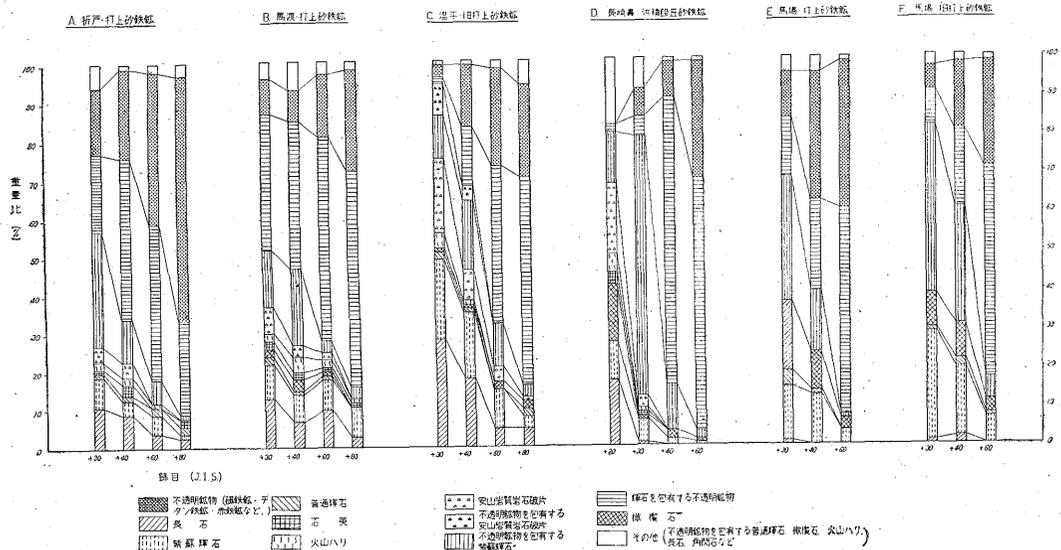
砂鉄を篩分けると、ある種の鉱物は特定の mesh の間に集中的に濃集する性質がある。この粒度別鉱物組成の変化を知るため、採掘原砂の各 mesh における粒度別重量比が原砂全量の 5% を超えるものについて、粒度別に原砂の薄片、研磨片をつくり、岩石顕微鏡・鉱石顕微鏡下で、1 試料につき約 500 の個体数を鑑定した。粒度の大きい部分は鉱物の種類の数も多く、組合せも複雑で最大 28 種類もあるが、粒度が小さくなるにつれ鉱物の種類も少なくなり、鉱物の組合せも単純となる。しかしながら、当地方の鉱物種類や組合せは、他の砂鉄産地(例えば青森県大畑町など)と比較すればかなり簡単である。

次に、各粒度別鉱物の重量比を吟味する。鏡下でみら

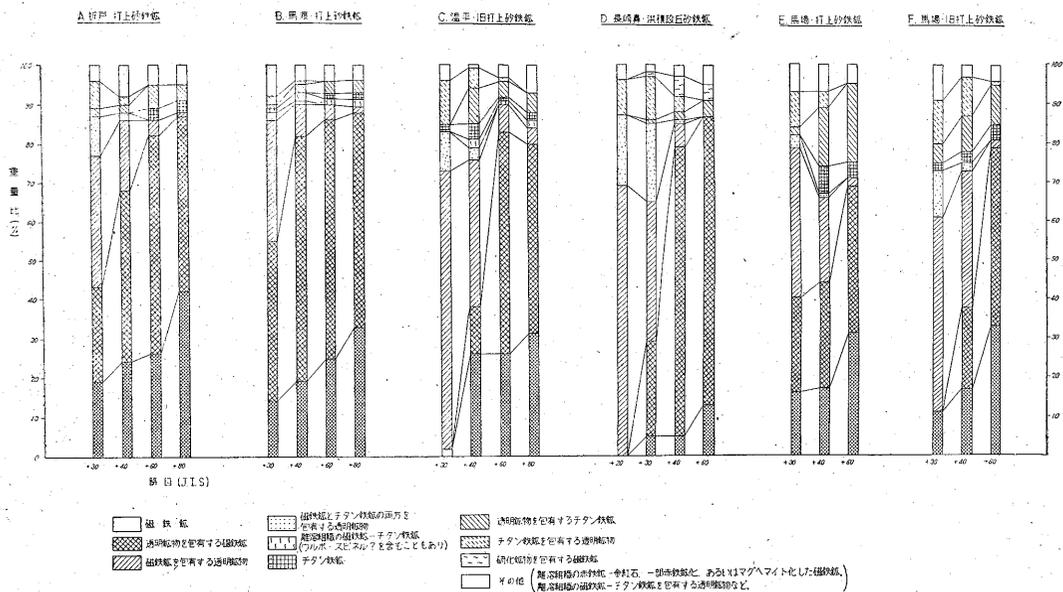
れる組成鉱物には、包有物、あるいは離溶鉱物を含むものが多いので、そのような鉱物粒では両者の量を面積比から求めて、鉱物粒の平均比重を算出した。

第 4, 5 図に、これらの比重を用いて計算した粒度別組成鉱物重量比を図示する。

第 4 図を通覧すると、まず、折戸・馬渡打上げ砂鉄鉱は、馬渡の方が若干橄欖石が多い点を除いては、相互によく似た傾向を有している。温平旧打上げ砂鉄鉱は、折戸・馬渡のものに比較して安山岩質岩石の破片と紫蘇輝石が増しているけれども、本質的な差異は認められない。大隅半島の馬場打上げ、旧打上げ砂鉄では橄欖石が比較的に多くなり、長石は少なく、岩石破片や火山ハリは認められず、上記のものとは全く別の型の組成を示す。長崎鼻洪積段丘砂鉄は、同半島の打上げ、旧打上げ砂鉄に比較して橄欖石が多く、組成鉱物のみからでは、



第4図 粒度別原砂の鉱物組成



第5図 粒度別磁石鉱物の鉱物組成

いままでのいずれとも若干ずつ異なる型に属している。次に、粒度ごとの組成鉱物の増減関係をみると、長石・紫蘇輝石・岩石破片・火山ハリ等の脈石鉱物は粒度が小さくなるにつれ減少する。1例をあげると、温平旧打上げ砂鉄で、30 mesh で単体の脈石鉱物が 76% であったものが、80 mesh で 18% にまで減少する。不透明鉱物（おもに磁鉄鉱・チタン鉄鉱・赤鉄鉱およびそれらの組合わさったもの）を含有する脈石鉱物は、当然のことながら粒度が小さくなるに従い減少する。ただし、不透明鉱物を含有する紫蘇輝石は、必ずしもこの傾向に従わない場合もある註4)（長崎鼻段丘砂鉄の 30 mesh など）。

3.3 磁石鉱物の組成

第5図から各産地の磁石鉱物の組成を通覧すると、折戸打上げ・馬渡打上げ砂鉄は非常によく似た性質を有している。温平旧打上げ砂鉄も +30, +40 mesh で、磁鉄鉱と脈石鉱物との共生の様相が異なる点を除いては、折戸・馬渡の打上げ砂鉄と同一の型の鉱物組成となっている。長崎鼻洪積段丘砂鉄は、硫化鉱物（磁硫鉄鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱）を含有する磁鉄鉱が5% 近くもあり、チタン鉄鉱が比較的少ないことと合わせて、こゝの大きな特徴となっている。馬場打上げ・旧打上げ砂鉄は以上とは全く別の型で、チタン鉄鉱ならびにそれを含有する鉱物が 15~20% に達する。

註4) 紫蘇輝石が最も濃集するのは 30 mesh であることと、縦軸は粒度別の組成鉱物比であるため、原砂全量に対する比率が表現されていないことの2つのためと思われる。

いずれの産地も単体分離が不完全で、精鉱品位が最高 total Fe 55% 前後である理由もこゝにある。

磁鉄鉱は磁石鉱物の大部分を占めるが、単体分離が悪いのでいずれの産地でも、単体の磁鉄鉱よりも透明鉱物（主として輝石）を含有する磁鉄鉱の方が多い。透明鉱物に包有される磁鉄鉱は、40 mesh までは多くみられるが、60 mesh では急激に減少し少数%以下となる。磁鉄鉱中には、きわめてまれに羽毛状赤鉄鉱、あるいは格子状赤鉄鉱がみられる場合があるが、微細で、かつ不完全なため、離溶によって生じたものか、風化による赤鉄鉱化により生じたものか区別は困難であり、おそらくその両方があるであろう。また、磁鉄鉱粒の周囲が皮殻状にマグヘマイト ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) に変わっている例が、磁鉄鉱 500 個体中約 5 粒ぐらいみられる。磁鉄鉱とチタン鉄鉱が離溶によって格子状組織をつくることは古くから知られているが、当地方の磁鉄鉱では他の砂鉄産地（例えば大分県国東半島など）に較べて異例に属するほど少なく、また離溶をなすものでも、チタン鉄鉱の格子と格子の間隔は広く、格子の幅も細く数 μ である。この磁鉄鉱—チタン鉄鉱の離溶組織で注意を要するのは、まれにウルボスピネルと推定されるものが、基地をつくっている磁鉄鉱の中に高倍率油浸系で認められる。鏡下ではウルボスピネルはチタン鉄鉱とは明らかに異なり、磁鉄鉱より若干硬く(?)、暗灰色、等方性で、磁鉄鉱と布目状あるいは聚片状に離溶している。格子状チタン鉄鉱の中には認

註5) 外国では磁鉄鉱と直接離溶しているウルボスピネルが多く知られている⁴⁾。

められない。ウルボスピネル(?)は離溶組織の磁鉄鉱—チタン鉄鉱の約 1/5 の粒にだけみられるもので、単体の磁鉄鉱にはまだみあたらない註6)。しかも 2 段離溶(まず磁鉄鉱とチタン鉄鉱が離溶し、次に基地の磁鉄鉱とウルボスピネルが離溶)のウルボスピネルは微細なため、磁鉄鉱から分離濃集することができないので、これを含む離溶組織をもつ磁鉄鉱—チタン鉄鉱粒の X 線回折を行なった。しかしながらその回折像には類似回折線が多くて、正確にウルボスピネルの存在を確認しえなかった。よってウルボスピネルに関しては顕微鏡観察の域を脱しえない。

火山岩中の磁鉄鉱は純粹の Fe_3O_4 ではなく、普通 10 数%までの TiO_2 および 1% 以下の MgO , V_2O_5 などを固溶していることは周知のとおりであるが、この砂鉄もその可能性がある。

しかも厳密にいうと粒度により磁鉄鉱の成分に若干の差があることが考えられる。例えば馬渡打上げ砂鉄の熱磁気曲線はスムーズな下降をたどらずに、 $540^{\circ}C$ と $555^{\circ}C$ の 2 点でクニックを示し、2 つのキュリー点をもっている。次に篩分けて +30 mesh と +60 mesh の磁鉄鉱を別々に加熱すると前者は $540^{\circ}C$ 、後者は $555^{\circ}C$ の 1 つのキュリー点のみで、明らかに粒度によって磁鉄鉱の成分が若干違っていることがわかる註6)。

赤鉄鉱は単体のものではなく、必ず金紅石と離溶組織を示している。金紅石は反射顕微鏡下で赤鉄鉱に較べて、反射能は弱く灰青色を呈する。直交ニコルで強い異方性をもち、黄褐色の内部反射が認められる。

チタン鉄鉱には単体のものと、磁鉄鉱と離溶するものとあり、単体のものが圧倒的に多い。

4. 結 論

薩摩半島には打上げ、旧打上げおよび洪積段丘砂鉄があり、大隅半島には打上げ、旧打上げ砂鉄がある。組成

鉱物の種類、量比・粒度分布・磨耗度・磁鉄鉱の化学分析値など鉱石に関しては薩摩半島側の折戸・馬渡打上げ、温平旧打上げ砂鉄は同一の型に属する。大隅半島側の馬場打上げ、旧打上げ砂鉄はチタン鉄鉱・橄欖石が多く長石が少なく、全く別の型である。長崎鼻段丘砂鉄は粗粒で、磨耗度が大きく、橄欖石が多く、チタン鉄鉱が少なく、硫化鉱物を包有する磁鉄鉱が数%あり、両者のいずれとも異なった型となっている。

砂鉄中の脈石鉱物は紫蘇輝石・長石・橄欖石が主で、石英はきわめて少ない。鉱石鉱物は磁鉄鉱が大部分で、大隅半島側ではチタン鉄鉱が多い。まれにみられる離溶組織の磁鉄鉱—チタン鉄鉱のなかにウルボスピネルが認められることがある。単体の赤鉄鉱はなく、必ず金紅石と離溶している。

砂鉄の主体をなす単体の磁鉄鉱も、数%のウルボスピネルを固溶していると思われる。

鉱石鉱物の単体分離ははなはだ不完全である。脈石ならびに鉱石鉱物の組成と共生から砂鉄供給原岩石は、塩基性ないし中生の火山岩およびその火山碎屑岩と思われる。(昭和32年11月調査)

文 献

- 1) Akimoto, S.: Magnetic Properties of Ferromagnetic Minerals Contained in Igneous Rocks, Geophysical Notes, Geophysical Inst. Tokyo Univ., Vol. 8, No. 1, 1955
- 2) 有田忠雄: 九州・大隅地方の花崗岩類, 地質学雑誌, Vol. 56, 1950
- 3) 鹿児島県: 鹿児島県地下資源概観, 1953
- 4) Ramdohr, P.: Ulvospinel and its Importance in Titanium Rich Magnetic Iron Deposits, Econ. Geol., Vol. 48, 1953
- 5) Taneda, S.: Geological and Petrological Studies on the "Shirasu" in South Kyushu, Japan, Parts I, II, Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D., Geology, Vol. 6, No. 2, 1957

註6) 砂鉄供給原岩石の違いか、同じ供給原岩石でも斑晶の磁鉄鉱と石基の磁鉄鉱の違いか、あるいは全く別の理由によるものかその点明らかでない。同一産地で粒度の違いで磁鉄鉱の性質が異なることから、大きい粒の磁鉄鉱が磨耗あるいは破碎されて、段々と粒の小さい磁鉄鉱になったのではなく、その起源から違っていたことが明瞭である。このことは最近ウルボスピネルを固溶する火成岩中の磁鉄鉱のキュリー点に関する研究¹⁾からも考えられる。