

黒い砂

原田 種成

た。これに刺激された島津藩も藩内数ヵ所に製鉄用炉を置き砂鉄を原料にしてかなりの鉄製品を製作したのである。天文12年(1543年)ポルトガルからの鉄砲伝来は種子島であり鉄砲製造には好適地であったことはおもしろい。

種子島鉄砲にまつわるエピソード

天文12年種子島信基の子孫時堯が種子島の島主であったころ島の南にある西之村の海岸に一隻

の大船が漂着した。この船には多くの異人が乗っていた。当時西之村には西村織部丞という学識豊かな主宰がいた。彼は船宿に五峰と称する明国人がいることを知り筆談でこの船は商船であることを知った。

商人の中に牟良叔舎 喜利支多佐孟太という二人のものがいて彼らは手に奇妙な形をした管状の重い物をもっていた。ところがこれに鉛の玉と妙薬を入れ火を点するとたちまち号音を発し鉛の玉は人間家畜を殺すほどの珍品であった。これを知った時堯は莫大な報酬を与え二つ買い求めたのである。そうして一方時堯は剣工匠八板金兵衛清定に命じ製法を習得させた。しかし異人たちは容易に製法を教えようとしなかった。

清定にはそのころ「若狭」という種子島第一の美人といわれた娘があったのでこの娘をつれて船にゆき「鉄砲の製法を教えてくださいればこの娘を差上げよう」と申し出た。娘の美しさに魅せられた船長はついにその製法を伝授し娘をつれて出帆した。

清定はついに第一号の鉄砲を作ったが鉄砲の底をふさぐ方法がどうしてもわからずとうとう第一号は形だけのものになった。一方異国にあった若狭は独り望郷の念に堪えず

月日も大和の方ぞ なつかしき

わが両親のあると思へば

と和歌を作った。船長はこの様子をふびんに思い再び来朝した。時堯は非常によこび清定に再び製法を学ばしその後一年余りの間に数十丁の鉄砲を製造することができたのである。これが当時新兵器としてもてはやされた「たねがしま」である。

南浦文二……鉄砲記

西村時彦……鉄砲伝来録

より摘録した

鹿児島県は砂鉄鉱業発生の地であり現在もなお九州砂鉄の大半を生産している。当時の製鉄所(たたらぶき法)と原料採取地は次のように記録されている。

製鉄所	原料採取地
知覧 加世田	鹿児島県下加世田周辺
木原 桜山 津貫	喜入 中名 前之浜 矢越の浜
帳 佐	今和泉 喜入 高須
大 村	始良郡久野重富の浜
根 占	大根占 根占の海岸
始 良	高須
志 布 志	志布志の海岸
吉 松	宮崎県真幸地方

まえがき

——彼はそのときルーベを出し腰をかがめて静かに黒い砂に手をさしのべた——推理小説のようですが一般に地下資源を開発するというは推理小説のように早急に結論を出すことはきわめて困難なことが多いです。「黒い砂」それは「砂鉄」です。幼い頃一度はやったことがあるでしょう——砂場で集めた黒い砂……この砂鉄が日本の文明をささえる鉄鋼原料なのです。

私は未熟な専門の調査研究から集めた資料をつぎ合わせ九州管内の砂鉄資源について解説をこころみました。じつはこの文の元本は5年ほど前に一応まとめましたが一部の人々からプリントにしてほしいとのご希望がありますので「地質ニュース」をかりてあまり学術的にはならないようにまとめました。なにかのご参考になればたいへんうれしく思います。

I 砂鉄鉱業の歴史と沿革

わが国における金属利用の起源は遠く有史以前の先住民族のときから発達していたといわれている。

九州では筑紫 糸島 早良および三養基にある古墳の中から鉄滓が発見され分析の結果砂鉄を原料とした鍬(からみ)であることが判明している。

歴史的には土御門天皇の建仁年間(1201~1203年)に種子島家の祖先である信基が種子島の海岸で砂鉄を発見し島に鉄匠を招へいして製鉄製鑄の技術を導入し

明治時代の砂鉄採取許可書

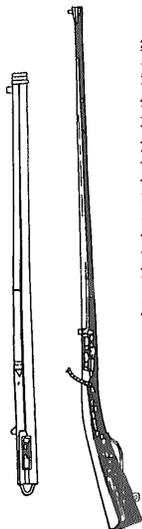


明治時代の砂鉄採取許可書(東雲堅之助所蔵)

第 1 表 地方別砂鉄鉱量一覽表 (未利鉄第 6 輯 1954)

地方委員会名	埋藏鉱量		含有鉄量		含チタン量
	量 (t)	全国比 (%)	鉄量 (t)	全国比 (%)	量 (t)
北海道	43,069,500	6.5	5,916,900	9.9	1,207,300
東北	254,107,900	38.6	36,242,470	60.8	6,516,540
東京	64,808,114	6.8	6,661,612	11.2	1,475,291
名古屋	5,422,332	0.8	527,982	0.8	45,255
大阪	2,139,026	0.3	65,040	0.1	50,471
広島	136,911,000	20.8	5,886,100	9.8	149,923
四国	1,646,739	0.2	80,691	0.1	33,757
九州	150,214,882	22.8	4,131,924	6.9	814,765
全国計	658,319,493		59,512,719		10,296,384

是レ時堯ノ始テ術人ヨリ獲シ銃身ナリ明治二十四年辱クモ天麗ヲ賜ハリタリ銃身式尺三寸九分



是レ八板金兵衛尉清定ガ命ヲ奉シテ始テ鑄造セシ小銃ナリ銃身式尺三寸六分半台共三尺三寸四分

種子島大平記より (鉄砲記)

明治 大正年間のおもな砂鉄生産地は 鹿児島県下の種子島 屋久島 志布志 鹿児島湾周辺 大分県下の国東半島周辺 熊本県下の菊池川水系周辺 福岡県下の和白 津屋崎 糸島 今津周辺であった。昭和10年代になると宮崎県下の大淀川河口でも生産された。

第二次大戦に入り鉄鋼原料統制株式会社が発足し 同社の手を経た砂鉄は八幡製鉄所 熊本製鉄人吉工場 日立製作小林工場などに納入された。このころの砂鉄採掘法は大部分が通称「ネコ流し」とよばれる水選比重選鉱法をとり生産をあげていた。

戦後は一時全く休止の状態であったが 昭和23年頃から製鉄業界の好況に伴って 鹿児島県下 大分県下の海浜打上砂鉄を対象に乾式手廻磁選機 (中島式 村山式) を使用して採掘が盛んになった (この頃福岡県和白海岸では砂鉄とともにチタンの採取も和白鉱山の手で行なわれた)。当時の生産量は九州全体で月産 1,500 t 前後である。31年頃から砂丘鉱床の開発が始められ サンドポンプ使用の大量生産が盛んになった。

話は前後するが 29年に5ヵ年計画で製鉄原料の自給

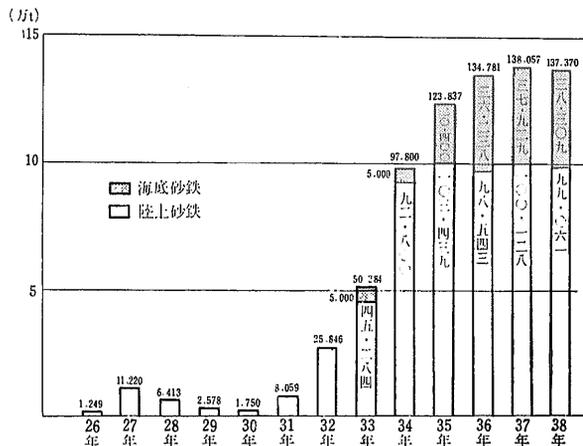
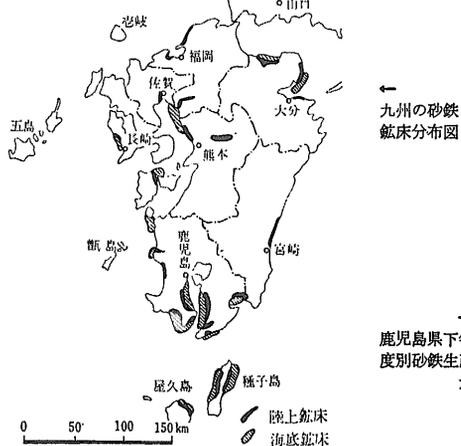
度向上を目的とした未利用鉄資源開発調査が発足し 九州砂鉄鉱業の発展に大きな推進力をあたえた。

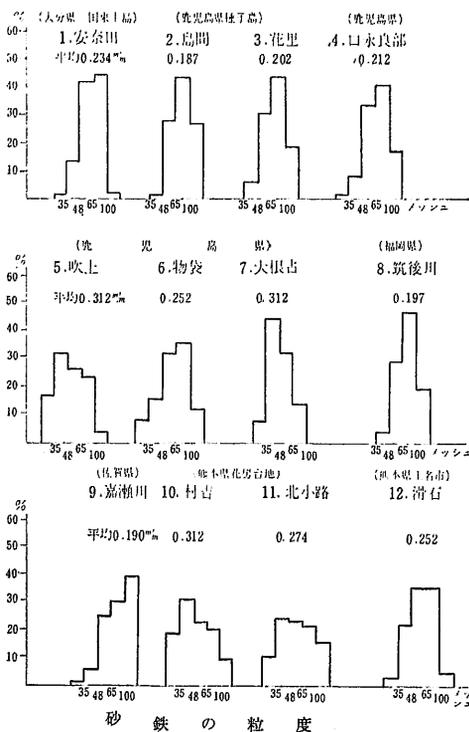
砂丘鉱床の開発により生産量も増大し 大分県の中津 鉱山 鹿児島県の温平鉱山 顔娃鉱山がそれぞれ月産 1,500 t の生産量をあげ 九州の砂鉄生産量は 31年度 16,697 t 32年度 25,072 t となり $\frac{1}{3}$ は大分県下 $\frac{2}{3}$ は鹿児島県下からの産出である。32年鹿児島県山川町において新海鉱山が 日本で最初の海底砂鉄鉱床に船を利用して採掘したことは特記すべきことである。

現在 (昭和39年) 九州の生産量は 陸上砂鉄の月産量約 8,000 t 海底砂鉄の 5,000 t で 鉱石は八幡製鉄所に大部分を納め 一部を神戸製鋼所 有明製鉄所に送っている。また砂鉄の廃砂を主原料にして 中津と種子島でチタン砂を月産 500 t 位生産している。今後研究すべき問題点は低着磁率原鉱 (3%以下のもの) 高チタン砂鉄鉱の採掘 含礫層 含粘土層の原鉱処理法を目的とした選鉱法の研究が必要である。一方採掘にあたり土地補償問題 防風林内の開発 海底砂鉄と漁業補償問題などがあり 鉱業者と管理者間の相互理解にじゅうぶん力を注ぐべきことがある。

II 九州各県下の砂鉄鉱山概況

(1) 福岡県





福岡県下の砂鉄生産地は 宗像郡 粕屋郡および糸島郡の海岸線に分布する海浜鉄床と筑後川水系の河床鉄床にわけられる。海浜鉄床は昭和21年から数年間ごく小規模な採掘が津屋崎 和白 今宿周辺で行なわれたが鉄量が少なく現在はほとんど稼行中止の状態である。

これらの地区の砂鉄は 一般に粒子が微細で精鉱品位 Fe 55~60% であるが 和白では TiO₂ 20~35% 津屋崎で20~27%と高チタンがあり 和白では昭和27年から約2年間 大阪チタニウムKKの手によりチタン砂を採掘した。当時の生産量は

期 間	生 産 量			労務者数
	鉱 種	品 位	チタン精鉱量	
昭和27年8月~ 昭和29年9月	含チタン 砂 鉄	Fe 40%± TiO ₂ 36%±	2,500 t	10名

筑後川流域に河床鉄床があることは かなり以前から知られていたが 海浜鉄床と異なり流水のため河床の移動が多いので 鉄床の確認が困難であること 礫の多いことなどがあり採掘困難であるとされている。

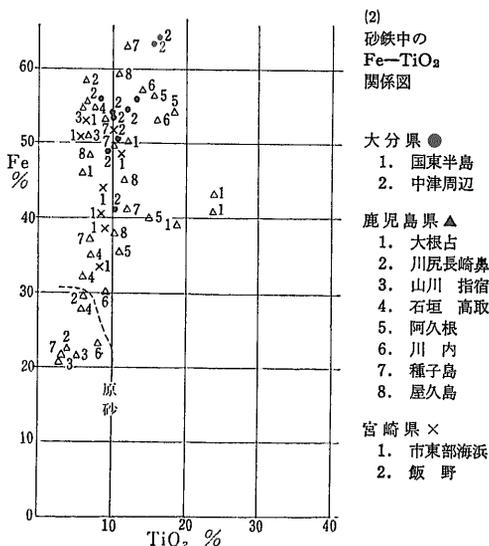
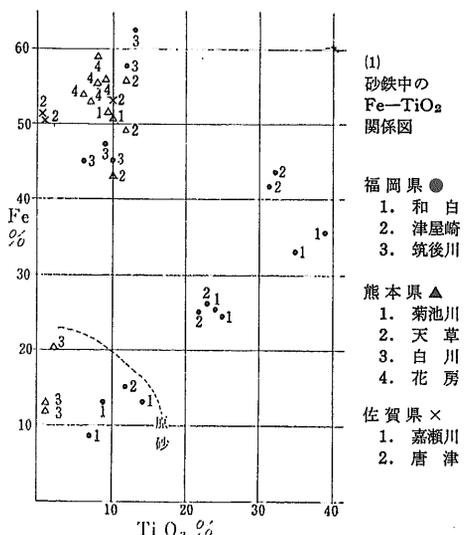
昭和31年の調査によると 杷木町から久留米市の40kmの間に推定鉄量約400,000tが算出された。これは量的にじゅうぶんであるが採掘技術上の問題があり 現在手をつけられていない。

(2) 佐賀 県

佐賀県下の砂鉄鉄床については ほとんど資料がなかったが 福岡県筑後川水系の調査により 鳥栖 諸富間に着磁5%位のものがあり 推定鉄量225,000tが算出された。品位は Fe 57~58% TiO₂ 10%以下とされている。一方嘉瀬川には27,500tの鉄量が推定され着磁率4.5%で開発可能とされている。唐津海岸の玉島川河口には 着磁率4%前後のものが 12,000t 算出されているが開発困難とされている。

(3) 長崎 県

長崎県下の砂鉄に注目するものは発見されていない。西彼杵半島周辺に結晶片岩が分布し 熱水変質により緑泥石化された地域に磁鉄鉱が濃集していることから 長年月の間に風化分解したものが流出し 海底に堆積しているのではないかと考えられる。南松浦郡嵯峨島には凝灰岩中にチタニウム鉄鉱が産し TiO₂ 12.03~30.04% 報告されている。西彼杵郡塚堂海浜の砂鉄品位は Fe



62.89% TiO_2 1.50%と報告されている。

(4) 熊本県

本県の鉱床は菊池川水系 白川水系 緑川水系 長洲玉名周辺 菊池段丘周辺 天草北東部周辺(海底を含む)および有明海底などがある。河床鉱床では菊池川水系(合志川を含む)で約21,000 tが報告され 同河川では昭和17~19年の間に熊本製鉄所により約1,600 tが生産されたが 現在は各河川とも操業されていない。玉名の滑石では 三光鉱業の手により月産2,000 t前後が採掘され 主として有明製鉄所に納入されていたが 現在中止されている。天草佐伊津沖海底では 月産2,000 t目標の生産が進められている。ここは船による採掘でなく 沖合数100 mからサンドポンプにより 陸上まで送り選鉱しているものである。一方有明海底には 数1,000万tの鉱量があり 採掘可能と有明製鉄所調査部から発表されているが いまだ操業の段階にきていない。菊池段丘(花房台地)は昭和37年の調査により九州最大の段丘鉱床であることが判明した。着磁率は 最高30%余り 品位平均 T. Fe 55.91% TiO_2 9.65% P 0.077% と報告され 昭和40年度 県および鉱山により開発のために必要な精査を実施する。

(5) 大分県

本県の砂鉄開発は国東半島が最も古く 大正8年ごろから操業されていた。海浜鉱床が主であるが 最近の調査により 半島東部海底にかなりの量があることが判明している。この周辺の品位は Fe 57%± TiO_2 10~20% で一般にチタンが高いようである。

大分平野 別府市周辺は海浜鉱床 大野川流域の段丘鉱床などがあり 段丘は昭和33年 県の調査により約10万tの推定鉱量が報告されている。中津市周辺の海浜鉱床は 国東半島に次ぎ古くから知られ 操業された地域もかなりある。昭和31年今津町田尻部落に砂丘鉱床が発見され 鉱量約10,000 tが報告されて一部操業された。品位は Fe 56% TiO_2 14% である。さらに山国川 犬丸川に囲まれたデルタ地区に730,000 tの鉱量が報告されている。

(6) 宮崎県

本県の砂鉄は大淀川周辺と海浜鉱床および砂丘鉱床がある。いずれも大々的に操業されたことはない。

砂丘鉱床の品位は Fe 32~43.10% TiO_2 6.40~9.25% で Fe の品位が悪い。

(7) 鹿児島県

本県の砂鉄生産量は全九州の $\frac{2}{3}$ をしめている。しかもかなり古くから操業されている。

(a) 薩摩半島

谷山~指宿~山川~頰娃の海岸線は九州の砂鉄生産地の中心をなしていたところである。鉱床は海浜鉱床 砂丘鉱床と一部海底鉱床があり 現在も山川 頰娃地区では操業されている。本地区における生産の最盛期(昭和34年前後)には 月産5,000 t以上であった。

(b) 大隅半島

垂水~大根占~佐多~志布志地区が鉱床分布地区で 根占周辺が中心地であった。現在は根占 大根占の海底砂鉄の操業が盛んである。一般にチタンが高いので 大根占ではチタンを採取したことがある。

(c) 種子島

この地区は九州砂鉄鉱業の発祥の地である。本島は離島であるため電力 輸送などに不便をきたすところである。昭和32年の調査により約200万t以上の鉱量が算出されたが 離島なるがため開発がおくれていたが 昭和38年に東邦金属KKにより 石寺において砂丘鉱床の開発が行なわれ 約70,000 tの生産をあげた。その後竹ノ川 伊関と開発され 現在は鹿児島第一の生産をあげている。品位は Fe 57~59% TiO_2 11~14% チタンが高いので廃砂からチタンを採取している。

(d) 屋久島

本島は種子島とともに古くから開発されたところである。大正8年から昭和7年頃までが全盛期であった。その後中断され昭和25年頃からふたたび操業された。本島の砂鉄は多孔質で Fe 品位が48%位しかない。そこで東邦金属KKでは 原鉱の破砕設備をもうけ Fe を55~56%まであげることに成功し 月産600 tを出したが昭和33年に鉱量不足になり中止した。本島はまだ未開発の鉱床(砂丘 海底)があるので 今後の調査がまたれる。

(e) その他

阿久根周辺 川内川流域 始良郡国分周辺 串良周辺などに鉱床があるが 鉱量の関係で2年位で中止されている。

III 砂鉄とは何か

砂鉄の主要成分は鉄とチタンである。これはともに地殻構成成分元素であることはご存知のとおりである。

第2表 Fe₂O₃—FeO—TiO₂ 系鉱物の共生関係 (服部富雄原因より)

鉱物の組み合わせ (溶媒鉱物—溶質鉱物)	共生の組織		
	懸濁による格子状・葉片状	交代作用による格子・擬共晶・文象など	同時晶出による擬共晶・相互境界など
磁鉄鉱—赤鉄鉱	○	○	○
磁鉄鉱—チタン鉄鉱	○		○
チタン鉄鉱—磁鉄鉱	○		
赤鉄鉱—チタン鉄鉱	○		
赤鉄鉱—金紅石	○		○
赤鉄鉱—チタン鉄鉱—金紅石	○		
磁鉄鉱—マグヘマイト		○	
磁鉄鉱—ワルグオスピネル—チタン鉄鉱	○		

火成岩が風化作用を受けると表面から分解しやすい軟質の状態になる。さらに分解がすすめば流水の力で比重の小さな鉱物は遠くまで移動し、比重の大きな鉱物は適当な位置に残る。この残って濃集堆積したものが砂鉄層となり鉱床を形成するのである。

このような作用は古い地質時代から今日まで繰り返され、また今後も引続き行なわれるものである。

1. 砂鉄の構成

砂鉄で鉄資源、チタン資源として重要なものは主として磁鉄鉱、赤鉄鉱、チタン鉄鉱、金紅石などからなる Fe₂O₃—FeO—TiO₂ 系の鉱物類である。

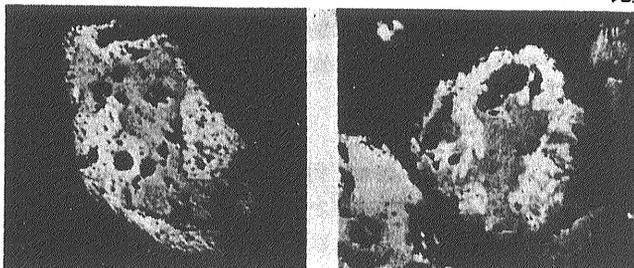
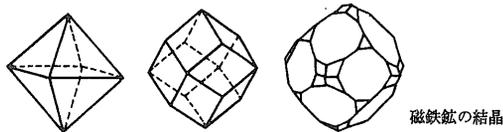
砂鉄における Fe₂O₃—FeO—TiO₂ 系鉱物の共生関係は第2表のとおりで、また磁鉄鉱は第3表のように自然酸化をうけて、ついには褐鉄鉱化するものである。

(1) 磁鉄鉱 Magnetite Fe₃O₄

金属光沢を有し等軸晶系で八面体、斜十二面体が多いが塊状粒状でも産する。磁性が強く磁石に引きつく。純粋なものは Fe₃O₄ で Fe 72.4%、O 27.6% になるが、常にいくらかのチタンを含んでいる。

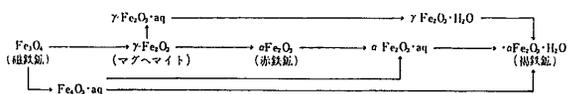
(2) 赤鉄鉱 Hematite Fe₂O₃

暗赤色六方晶系でチタン鉄鉱に似た結晶である。熱塩酸に溶解しやすいのでチタン鉄鉱と区別される。選



共生金属鉱物 (竹内彦彦原因より)

第3表 磁鉄鉱の酸化過程



元焰で強熱すると磁性をおびる。純粋なものは Fe₂O₃ で Fe 70.0%、O 30.0% である。

(3) チタン鉄鉱 Ilmenite FeTiO₃

黒色不透明六方晶系菱形平面像で強い金属光沢を有している。純粋なものは FeTiO₃ で Fe 36.8%、Ti 31.6%、O₃ である。この鉱物は砂鉄の経済的処理に冶金学上色々な問題がある。

2 砂鉄中の共生金属鉱物

砂鉄は一般に単独粒子として産するものであるが、2種以上の鉱物が相互境界をなしているもの、あるいは微細な不規則鉱物を包含することもしばしばある。このような砂鉄は選鉱、製錬に色々な技術が必要とする。

砂鉄中の一般的共生鉱物はチタン鉄鉱、赤鉄鉱が多い。

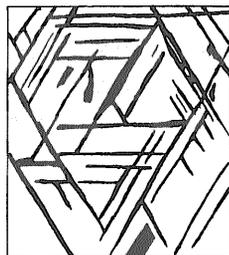
3 磁着率

化学分析によらず、砂鉄中の鉄分を推定するのに着磁率を用いる。この場合全鉄分の品位を知ることはできないが、およその見込み程度を知ることはできる。着磁率は原砂全量中にある着磁性鉱物の割合で、容量%と重量%があり、一般では重量%で表現することが多い。磁石に付着した砂鉄粒は、磁鉄鉱単体の場合と、これに片刃としてはいる弱磁性鉱物、非磁性鉱物およびこれを被膜している褐鉄鉱なども同時に付着するので、着磁率がそのまま鉄分としてみられないのである。着磁率が100%の磁鉄鉱(砂鉄)には通常鉄分は71.95%含まれているといわれている。

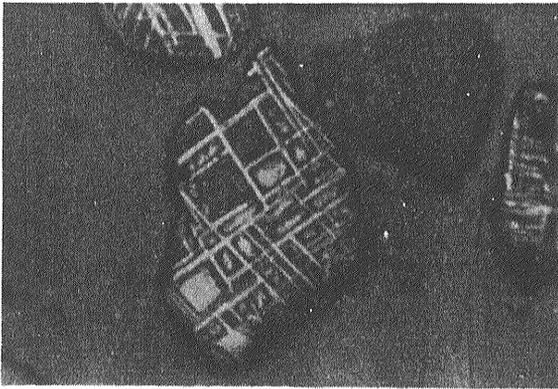
4 比重

砂鉄には数種の鉱物や岩石粒が共生混入しているから、比重は当然これらの混合した状態により差異がある。したがって精鉱品の比重を知るとき以外には、便宜上見掛比重で鉱量を算出している。多くの場合 Fe 30~60%

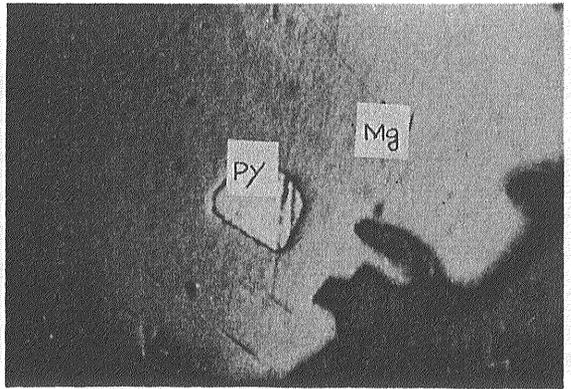
くらいのもので、見掛比重 1.8~2.5 の間にある。



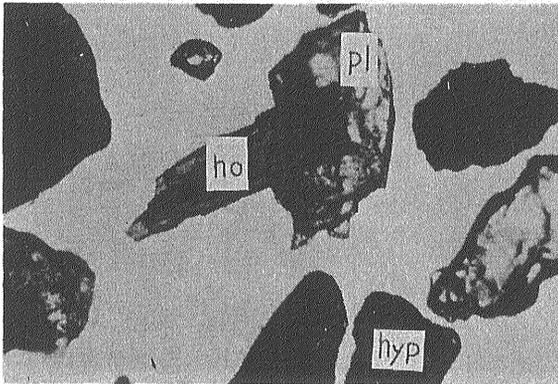
磁鉄鉱とチタン鉄鉱との離溶構造×2E0
黒●チタン鉄鉱



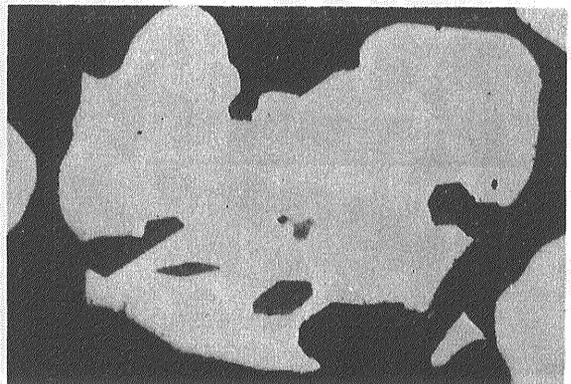
磁鉄鉱中のチタン鉄鉱(白)×100 反射
濃塩酸で2分間腐蝕(鹿児島県国永良部島産)



磁鉄鉱中の黄鉄鉱 Py:黄鉄鉱 mg:磁鉄鉱×400反射
(大分県国東奈多産)



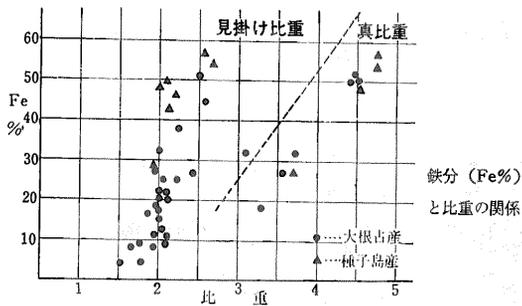
脈石鉱物 ho:角閃石 pl:斜長石 hyp:シソ輝石 ×40 透過
(福岡県筑後川産)



磁鉄鉱中の燐灰石小結晶(灰)×100 反射 (熊本県花房台地産)

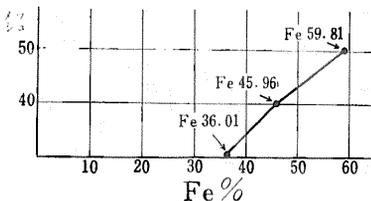
5 砂鉄の品位 FeとTiO₂について

砂鉄は花崗岩類に由来するものを酸性砂鉄といい 一般にチタンの含有が少なく 安山岩 玄武岩 斑岩類に由来するものを塩基性砂鉄とよび 一般にチタンの含有が多い。九州の砂鉄には両者ともあり Fe:TiO₂=5:1比のものが多数をしめている。



砂鉄を粉砕して Fe をあげた実例

鹿児島県指宿郡頰娃の砂鉄を実験したものの

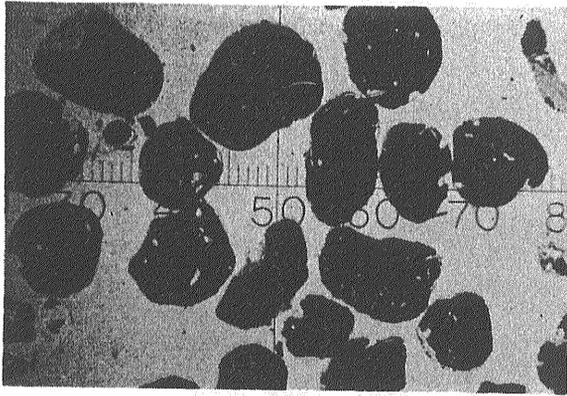


砂鉄原砂を磁力選鉱したとき 廃砂中にチタンが多く出るときは 一般に単体のチタン鉱と磁鉄鉱が多く 少ないときは磁鉄鉱中にチタンが離溶共生状態にあることを物語っていることがある。すなわち磁鉄鉱の単体が多いと比較的鉄分(Fe)が高く 非磁性鉱物の片刃または抱込鉱物が多いと鉄分は低くなる。

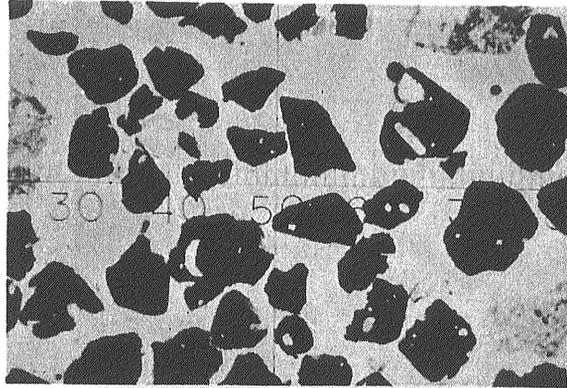
(1) チタン含有の限度とFeの上昇

砂鉄から鉄を製錬するとき問題になることは含チタン分である。この理由は主として高炉製錬過程の技術的問題で Fe が高くてもチタンが高ければよろこばれない。平炉 電気炉の場合とはくに問題は起こらないようである。一般に高炉でのチタン限度は Fe 50%として TiO₂ 10%以下 平炉 電気炉で TiO₂ 15%前後のものが商品として納入されている。Fe の低い砂鉄は粉砕することによって かなり Fe を上昇させることができる。ただしこの方法では 磁鉄鉱 チタン鉄鉱が単体の原砂である場合に適用される。

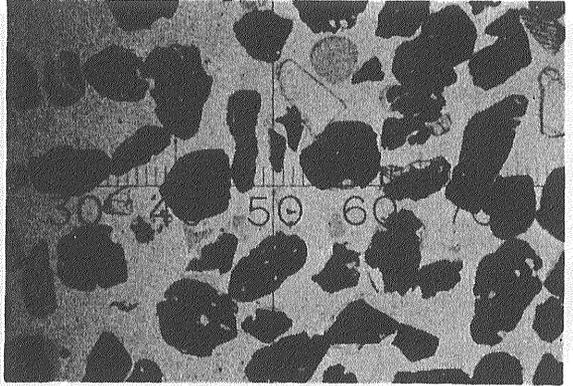
九州の砂鉄着磁精鉱品の品位は Fe で一般に55~59%のものであるが 屋久島では48~52% 中津では53%前



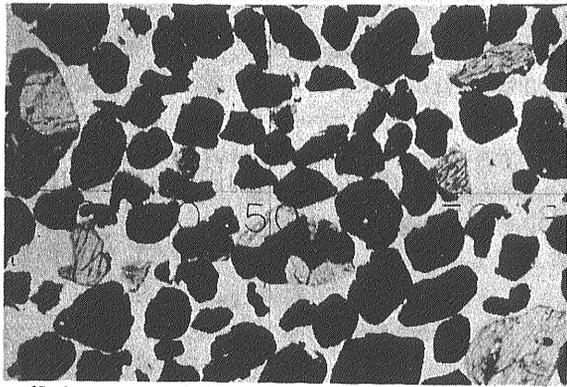
(Scale : micrometer) 鹿児島県指宿郡長崎鼻 (洪積層) 産



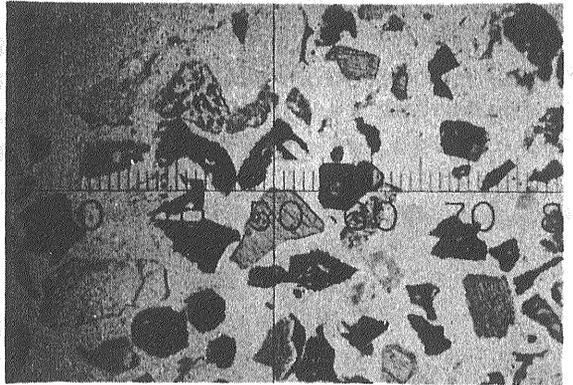
(Scale : micrometer) 福岡県筑後川産



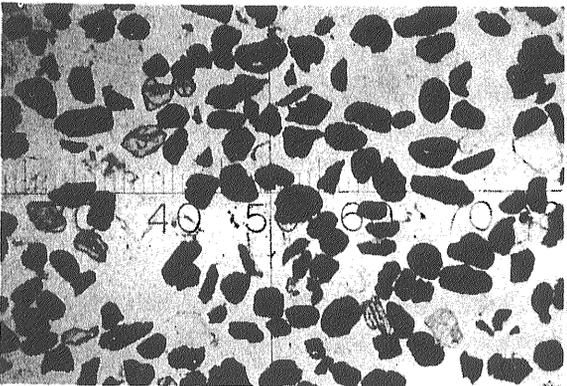
(Scale : micrometer) 鹿児島県大根占産



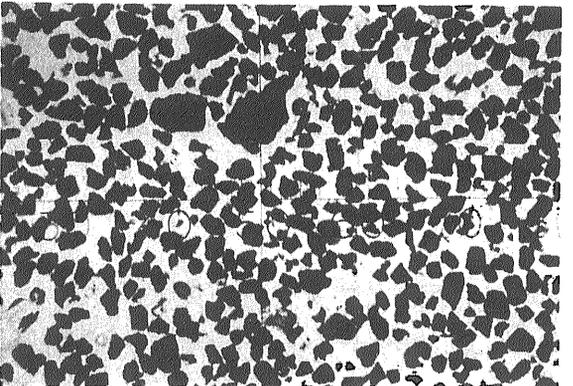
(Scale : micrometer) 宮崎県大淀川産



(Scale : micrometer) 熊本県白井産



(Scale : micrometer) 福岡県和白産



(Scale : micrometer) 参考品 マレー産

後 熊本の白川では53%と比較的低品位である。一方福岡県には60%をこえるものもある。

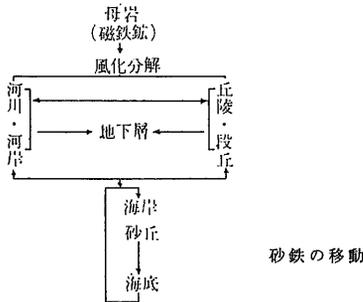
チタン (TiO_2) は一般に7~12%であるが 種子島で10~14% 国東半島で10~16% 川内川で14~16% 和白で15~30% 中津で12~15% 阿久根で14~20%と報告され 筑後川では10%以下となっている。

砂鉄の粒状 (透過平行ニコル)

VI 砂鉄鉱床にはどのようなものがあるか

1. 鉱床の生いたち

岩石より脱落した砂鉄粒は 自然淘汰をうけ散在集積して鉱床を形成するのである。 その鉱床は地質時代としては新しいものが多い(九州では)。 大部分は第四紀沖積層 洪積層の堆積層に胚胎している。



2. 鉱床の分類

砂鉄鉱床の分類は数名の研究者によって試みられている。 鉱床は生成地質時代 集積の位置などを地質学的に分類するのであるが 調査研究者により多少の差異がある。 筆者は九州の鉱床を次のように分類した。

九州の砂鉄鉱床分類 (原田)

鉱床		時代	沖積期			洪積期	第三紀～
型 成 態	陸	海浜砂鉄	A型	B型	C型		
		砂丘 "	A型	B型			
		河床 "	A型	B型			
	成	段丘 "		A型	B型		
		山地 "				原地残留型	山岳型
海成	海底 "	A型	B型	C型			

3. 鉱床の特徴

砂鉄鉱床分類表によりそれぞれの形態 特徴などについて述べる。

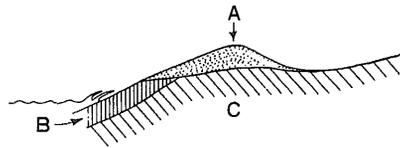
(1) 海浜鉱床

海浜鉱床は 波浪 海流 気象など自然の力によって海浜に淘汰堆積された鉱床である。 この鉱床は次の3型態に分けられる。

A型 台風(強風) 高潮 津波などによって 短時間のうちに大量の砂(含砂鉄)が打ち上げられたもので 砂鉄の混入は海底の砂鉄の有無によってその着磁率がきまる。 したがって砂ばかりの場合もある。

B型 風向 海流 地形(海底も含む)などにより汀線地形に変化の起こりやすい海浜にでき この種の地域に堆積する砂鉄鉱床は鉱量に変化が多い。

C型 風向 海流などによる変化の少ない海浜にでき砂鉄鉱床は安定している。 この種の鉱床は現在の海岸からかなり内陸側に賦存していることがある。 これは海岸線の変化(海退・隆起)によって生じたものである。



A...A型鉱床位置 不定期性砂層
B...B型鉱床位置 移動性砂層 海浜鉱床
C...C型鉱床位置 安定性砂層 模式図

(2) 砂丘鉱床

砂丘は地形的に明らかに判別できる場合(A型)と平坦化され沖積平地 洪積平地と連続し 判別しがたい場合(B型)がある。

A型 砂丘は丘阜地形をなし 一般に無層理砂層であるが 時に偽層構造をなしていることもある。 砂鉄は 混合または偽層をなしている。

B型 砂丘が長年月の間に浸蝕または人工的に整理され 地形的には丘阜形でないものである。 一般に古い砂丘に多くみられ 大部分が村落 田畑となっている場合が多い。



A.....A型鉱床(現砂丘) B.....B型鉱床(旧砂丘)
砂丘鉱床模式図

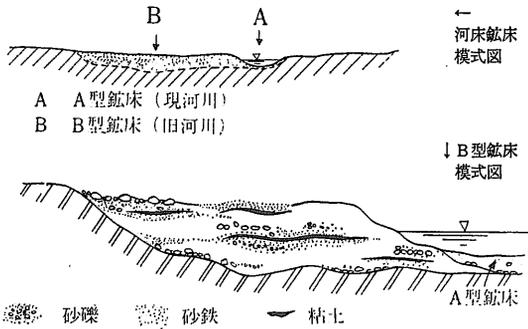
(3) 河床鉱床

河床は流水の変化で 河床堆積および周辺地形は変化しやすい状態におかれている。 したがって砂鉄の堆積は比較的不安定である。 A型は流水部周辺 B型は旧河床跡にあるものである。

A型 河川の曲線部とくに蛇行性の川に発達し かな

り良好な砂鉄鉱床を形成することがある。しかし流量の変化により鉱床の移動や崩壊などがある。

B 型 旧河床跡で現在は陸化されているところで 鉱床は比較的安定している。

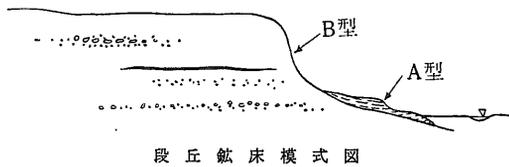


(4) 段丘鉱床

九州でみられる段丘鉱床は 洪積期と沖積期のものである。

A 型 主として河川流域に発達し大きなものはない。河床鉱床B型に類似している。

B 型 洪積期段丘でA型より分布位置が高く かなり大きなものがある。AB両型とも砂 礫 粘土からなり とくにB型には安定した鉱量を広く分布していることがある。



(5) 山地鉱床 (原地残留鉱床)

いわゆる山砂鉄といわれるもので 山地に産する鉱床で 地質時代の新しいものからかなり古い (砂岩など) のまでである。一般に地形的に山地域に分布している鉱床をいう場合が多い。

(6) 海底鉱床

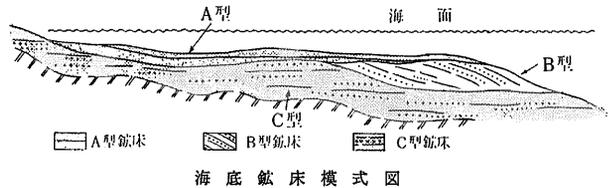
海底に分布する鉱床で 陸上の河床 砂丘 段丘の各鉱床に類似しているところがある。

A 型 海底の表面に堆積分布している鉱床で 海流

(主として沿岸流) 風浪などの運動によって 集堆積するものであるが 長期間同じ場所に位置しているとは限らない。しかし堆積環境がよければ 採取しても再び集積する可能性があるため 鉱床として重要なものである。

B 型 この鉱床は浅海堆積台地 (一種の段丘地形) に分布しているもので 一般に河口をひかえた海底に発達するものである 一般に沖に向って傾斜 (層理などが) しA型と斜交 (不整合) していることが多いから判別できる。

C 型 この鉱床は陸上の段丘鉱床が海中に延長分布しているもので 地質状況は段丘鉱床B型と同様なものである。A B型より地質は古い。



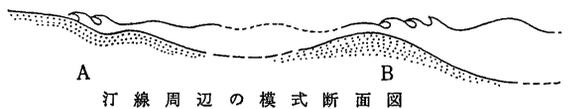
V 砂鉄はどこに堆積するか

いわゆる堆積環境ということであるが この問題はなかなか複雑で困難な研究である。砂鉄鉱床を大別すると「陸成鉱床」と「海成鉱床」にわけられさらに成因別に風成 風化 水成にわけられる。またどのような場所にどんな形で堆積するか 筆者があつめた資料にもとづいて解説してみよう。

1. 陸成 鉱床

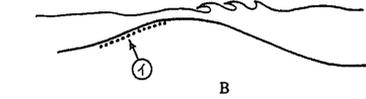
(A) 海浜 鉱床について

海浜鉱床は過去現在を通じて潮干帯 (汀線) に形成されるものである。砂層からなる海浜周辺は下図のような地形が一般的である。



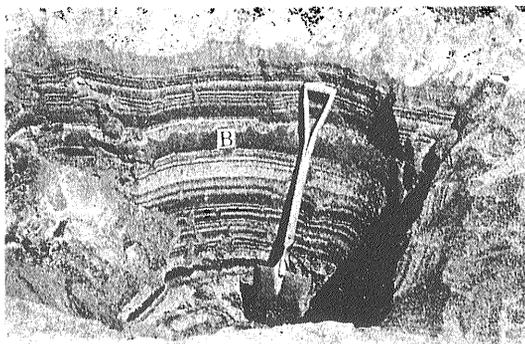
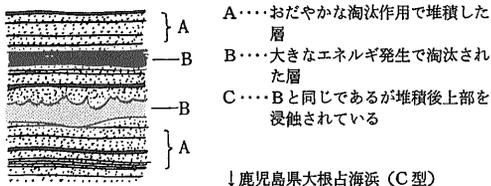
A点周辺は海の波浪と陸の岩石 (砂) とが相対し常に死闘をくり返しているところである。このため海岸線は常に大きく小さく移動 (変形) を繰り返している。A点から沖合に数10mはなれたところに砂からできた丘阜 (B点) がある。この丘阜はA点に向ってくる波浪 (うねり) の最終地点で これからA点に向っては 大きな「ウネリ」はなくなる。海浜鉱床は海水による水選鉱床であるから波の無い場所には形成されない。通常A点に堆積する砂鉄層は 厚さ数 cm のものである。そうして砂層と互層になっている。

この比較的やすい互層は主としてA, B間において淘汰された砂鉄と砂で 砂の層ができるの互層はA, B間の表面部(深度数cm)の砂鉄がA周辺に堆積するとA, B間の表面は砂が多くなるから 波で砂が運ばれ 砂鉄層の次に砂層ができるものと考えられる。 B点丘阜にも砂鉄は堆積する。すなわち④の周辺である。これは海底鉱床の分野になるので そのとき述べることにする。



波浪(風浪)が強くなるとB点丘阜が変形し この部分に堆積していた砂鉄はA点(汀線)に向かって運ばれる。この時(場合)は通常の状態時より厚い砂鉄層が形成される(10数cm以上)。さらに強風(台風 高潮など)が発生し大きなエネルギーがともなうとA点(海浜)には大量の含砂鉄砂が打ち上げられ 一種の砂丘状を呈する砂層ができる……(不定期性砂層 A型鉱床)。

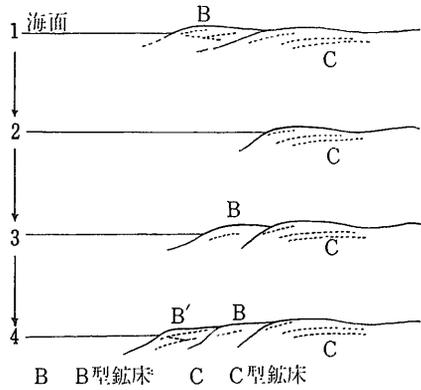
海浜鉱床の断面(柱状)を観察すると その海岸で起きた自然現象を推定することができることがある。砂鉄層の薄層はおだやかな汀線を示し 厚い層は大きな気象の変化をあらわし 偽層は沿岸線の海流の変化を物語っていることを推定することができるのである。



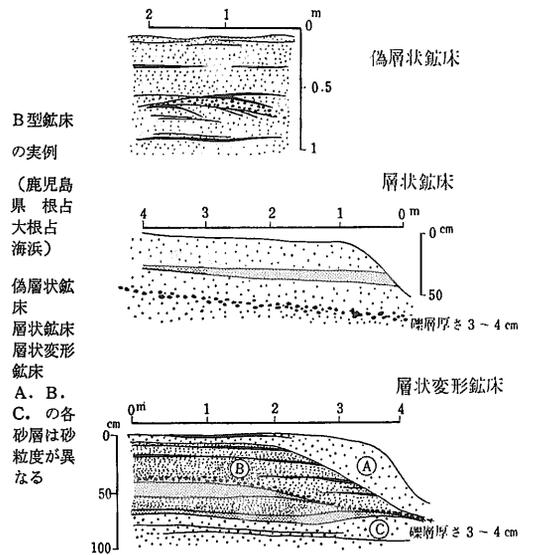
(1) B型鉱床は移動変化する

B型鉱床は移動性砂層に胚胎しているから鉱床も安定していない。移動性砂層は海水に直接しているので海流の変化を受け汀線部はたやすく移動(地形の変化)を

繰り返している。したがって鉱床も不安定である。



B型鉱床の変化を模式的に表わした図
B...B型鉱床
C...C型鉱床

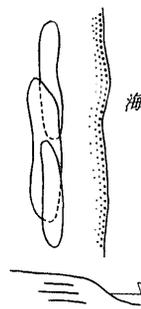


(2) C型鉱床は安定している

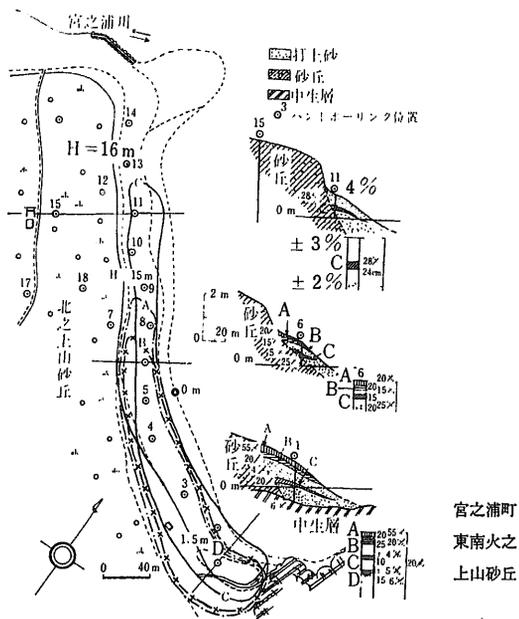
C型鉱床は一般にA, B型鉱床より古い場合が多く安定している。



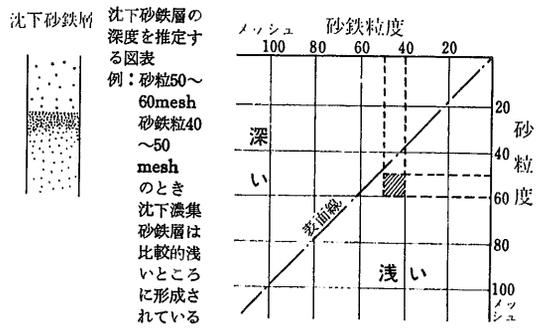
鹿児島県屋久島宮之浦におけるC型鉱床例



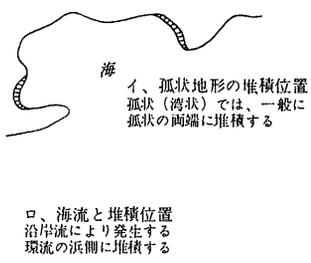
C型鉱床の例



また砂丘中の砂鉄粒は長年月の間に ある深度まで沈下(沈降)することがある。この沈下深度は砂の粒度と砂鉄の粒度 砂の種類(構成鉱物)および砂丘自体の風化度に関係がある。沈下濃集された砂鉄層は 層の上部は比較的平面であるが 下部は次第に薄くぼけている。現在までの考察によると下図のような表で およその深度(深いか浅いかの程度)が推定できる。

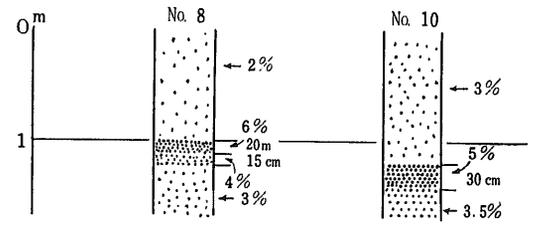


(B) 海浜 鉄床 の 位置

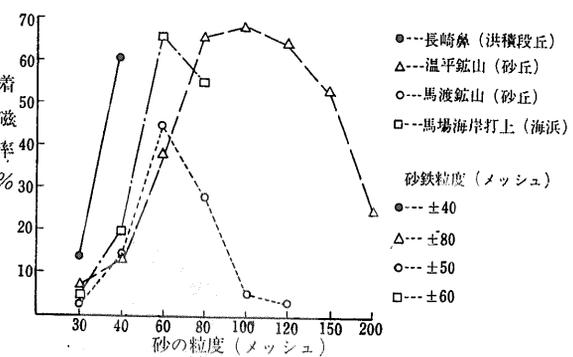


砂丘鉄床について
砂丘の中には一般に層状鉄床はない。しかし一見層状鉄床と思われるものがある。

沈下砂鉄層をすすめるものは流水 雨水の滲透する過程においてできるもので とくに旧砂丘(B型鉄床)に多く見られる。



大分県国東半島富来浦の旧砂丘(B型鉄床)

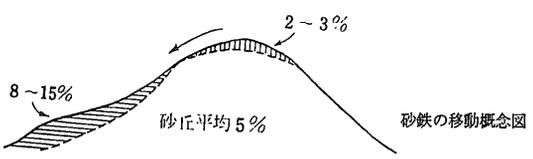


砂鉄・砂の粒度と着磁率の変化

(1) 砂鉄は移動し また沈下もする 砂丘は風力 流水 などのため浸蝕され 砂中の砂鉄が移動する。この現象はおもに砂丘表面付近で発生する。たとえば砂丘全体の平均着磁率が5%であるとき 砂丘の頂上周辺は深度数 cm ~数m

の間は2~3%であるが 砂丘の斜面から谷にかけて深度数 cm ~数mの間10数%の濃集層(部分)ができる。

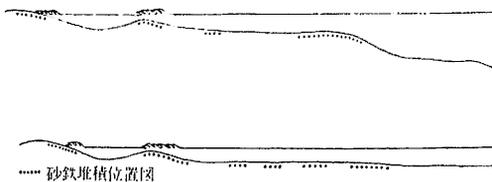
この現象はおもにA型鉄床によく見られる。



(2) 河床鉄床について
河川に砂鉄が堆積するには 河川流域に砂鉄を含有している母岩 母層が賦存分布していなくてはならない。砂鉄の堆積する位置(場所)は 水路の形状 流速 河床の形および砂礫の状態などに関係がある。

一般によい鉄床のできる河川は蛇行性のものである。
蛇行した河川は流速に変化があり洲ができやすい。

河川の移動によってできた旧河床(川)跡にかなりよい鉄床が賦存することがある。

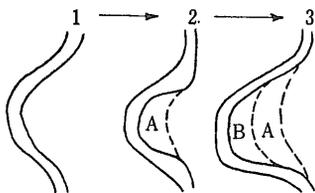
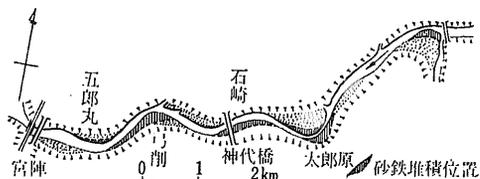


海底表層周辺の砂鉄堆積位置

現在九州で最も大きな段丘鉄床とされている熊本県菊池段丘花房台地の鉄床についてふれてみよう。花房台地は熊本市から北へ約12kmにあり東西約9km南北平均2.5kmの台地である。地質は砂礫粘土層からなり上 中 下の3層に分けられる。下層はきわめて偽層の多い層 中層は凝灰質粘土の多い層 上層は砂礫の多い層からなっている。3層とも砂鉄を含有しているが中でも上層はきわめてよい鉄床である

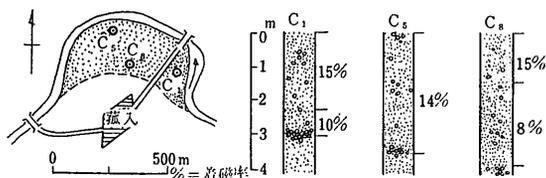
(3) 段丘鉄床について

地形が段丘状であっても成因が水成のものでなければならぬ。崖錐による段丘地形には まず砂鉄鉄床としてよいものはない。河岸に小さく発達する段丘中の鉄床は着磁率が高くて鉄量の点で開発できるものはきわめて少ない。段丘鉄床は洪積期時代のものに大きな鉄床がある。段丘の地質はほとんど砂 礫 粘土層からなり場所により礫および粘土の多いところがある。砂鉄の濃集する所は比較的礫の多いところである。



蛇行性河川と鉄床位置 (A型鉄床) (福岡県筑後川)

A・Bは河床の移動によってできた洲(鉄床)である



熊本県菊池川壺入 B型鉄床

河床の砂礫粒度と鉄床堆積形態		
砂礫の粒度	鉄床模式図 (砂鉄)	状 態
礫 1cm(+)	→ 流水 断面	礫の背後に濃集する
粗大～粗粒 2～0.5mm	断面	レンズ状偽層状に積む
中粒 0.5～0.25mm	断面	扇状堆積多い
細粒 0.25～0.10mm	断面	澱波状堆積
泥(粘度) 0.10mm以下	断面 泥粘土層	泥粘土周囲 泥粘土の中

流速 50～80cm/秒 砂鉄濃度 70メッシュ前後
現実には数種の形が組み合っている

(4) 山地鉄床について

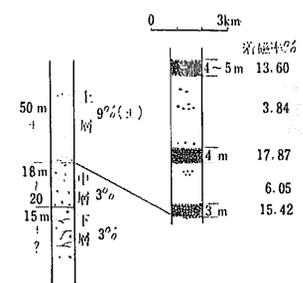
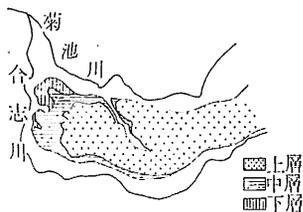
九州ではまだ山地鉄床とよばれるものは発見されていない。いわゆる原地残留鉄床が宮崎県 鹿児島県下のシラス層地域にある。これはシラス層が風化されて砂鉄が流出し堆積したもので 稼行できるものでない。

2. 海成鉄床について

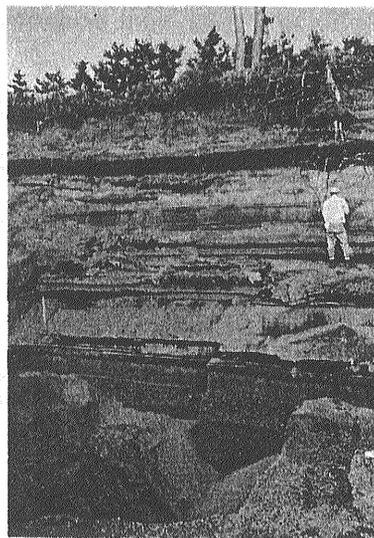
ここでのべる海成鉄床は海底鉄床である。海底鉄床の堆積環境はきわめて複雑である。海中から海底にかけ 地形の変化 海流 波浪の大小や方向 海水の営力運動などの関係で 陸上ではみられない型の鉄床が発達する。

地形と海流

海水には海流が伴う このために砂鉄堆積位置がある一定の場所に集中される。集中堆積する位置は地形にも深い関係がある。次に例をあげてみる。

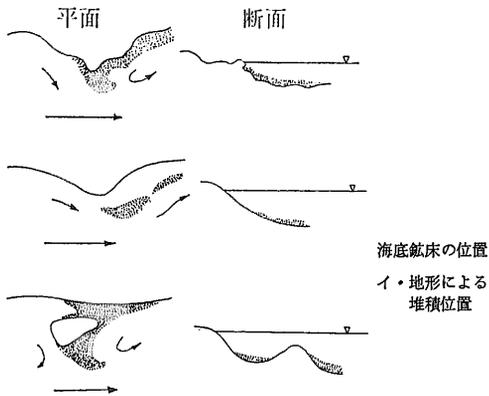


花房台地地質柱状図



段丘鉄床 黒い部分が砂鉄層(鹿児島県頰柱町)

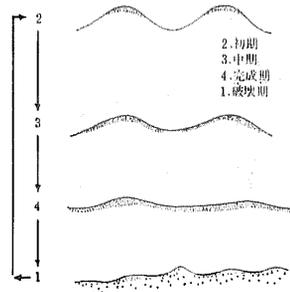
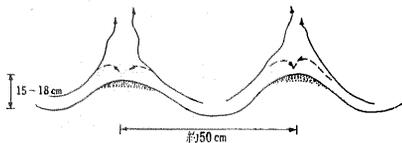
海底鉱床の位置



海底鉱床の位置
イ・地形による
堆積位置

以上は主として海浜または 海浜に近いところの堆積であるが 沖合の海底ではどのような堆積をしているだろうか。 筆者は鹿児島県山川町村石海岸の沖合約350m 水深10~18mの海底に潜水し観察することができたので これについて述べてみる。 村石海岸は汀線周辺に岩礁があり沖合30m位から先は砂層である。 この砂層には海岸にほぼ平行な漣痕が発達している。 この漣痕は山と山の距離が約50cm 山の高さが15~18cm位のもので この山は沖にゆくにしたがい大型化している。 砂鉄混入の砂層(海底表面砂層)の分布しているところで漣痕が発生するのは 海の大きな営力運動によるもので海浜(汀線)に発生する漣痕とはかなり性状が異なっている。 すなわち海底の漣痕は型が左右同型である。 これは海水の力が一方向から強く作用していないことがものがたっている。 海中において砂(砂鉄混入の砂)を谷の上に落下すると ある時間の周期(約5秒位と思う)で 落下した砂は谷から左右の山へ舞い上がり 砂鉄のような重い鉱物は山頂へ落下堆積していることがわかる。

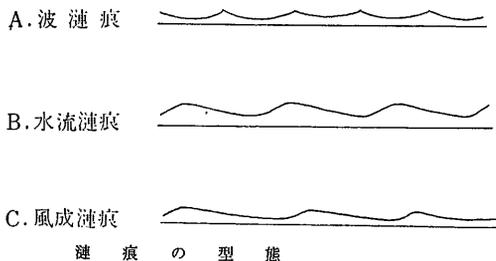
このことから このような営力の働く海底では 次の模式図のようなことが考えられる。



海の営力運動によって生じる 砂層表面の変化と砂鉄堆積状態を(模式図)に示す

漣痕と砂鉄

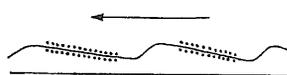
漣痕とは 漣痕は砂粒よりなる地層の表面に配列する波状の印跡で 一定の強さを有する波 水流および風的作用(運動)によってできるものである。 漣痕は地質時代の古いものは固結しているが 現世の海岸 砂丘などのものはたえずその形を変えている。 ここで漣痕と砂鉄についてのべてみよう。 漣痕には大略次のような型態がある。



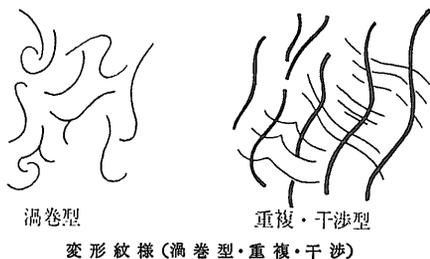
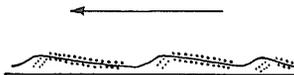
A 波漣痕 波浪運動によって形成されるもので潮干帯に多く印せられ 峯の両斜面はほぼ対称的に傾斜し峯の頂上は比較的とがっている。 これは波の前後運動により谷を侵蝕した砂粒が峯に押し上げられたためである。 この漣痕に堆積する砂鉄は谷のほうに集まる。



B 水流漣痕 流水作用によって形成されたものである。 河川 海浜 湖岸および海流 環流のある比較的浅い海底に印せられる。 波形は下流にむかって急傾斜面となり非対象形である。 これに堆積する砂鉄は 緩傾斜に集まる。



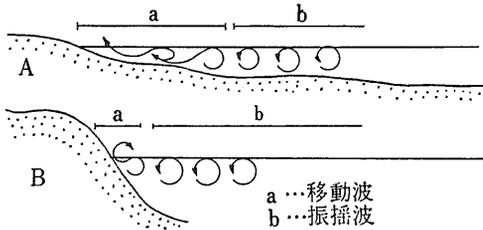
C 風成漣痕 前記Bのものが風力作用にかわったもので乾燥した海浜 砂丘などに形成される。 波形は水流のものとはほぼ同形であるが 厚さが薄くまるみが少ない。 このほか地形の変化複雑な流れがあれば 変形(渦巻重複・干渉)紋様が印せられる。



変形紋様(渦巻型・重複・干渉)

波（磯波）と砂鉄

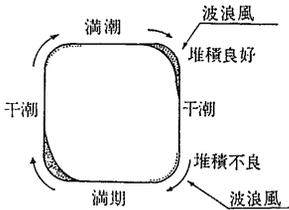
磯波は主として移動波が作用している。この移動波が砂鉄を汀線まで運んでくるのである。したがって下図のBのような地形では砂鉄の打ち上げが悪い。



aの移動波の距離が長いほどよい打上砂鉄鉱床ができる

波痕と砂鉄

海浜砂鉄の堆積には波浪と潮の関係がある。波浪が強くても潮の時間が悪いと良好な砂鉄層はできない。陸に向かって波浪が吹き その時に引き潮であればよい鉱床ができ 満ち潮であればよくない。



波浪風と潮の関係の模式的に図化したもの

VI 砂鉄鉱床の探査

“鉱床とは——有用な金属 非金属鉱物を 含むものをいう……”

鉱床には陸成鉱床と海成鉱床があり それぞれ特徴があるので調査方法もいろいろある。しかし調査の基本は 周辺の地質調査により鉱床賦存の可能性があるか否かの地質構造と どんな型の鉱床が分布することになるかを判断しなければならない。次に砂鉄の含有 すなわち着磁率を多くの地点で測定する（第四紀洪積層および 海底のものは 堆積環境が複雑であるからとくに注意すること）。着磁率が判明すれば化学分析により品位を知ることである。品位はとりあえず 鉄分(Fe, TFe) チタン分(TiO₂) 燐分(P₂O₅)を出し 参考にバナジン分(V₂O₅) クロム分(Cr₂O₃)を出す。これらの資料を採集するには 井戸掘調査 ボーリング調査 磁力探鉱(プロトン)と測量などによらねばならない。いづれにしても時間と人手のいる作業である。

探査の例をあげると

1. 地質調査
2. 着磁率および品位の調査
3. 表層(土)調査
4. 試錐調査
5. 地形および古地理調査
6. 物理探査
7. 潮流調査

などがあり それぞれ重要な調査方法である。

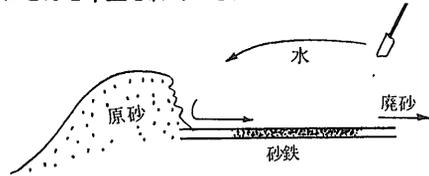
VII 砂鉄鉱床の採掘

1. 採掘の沿革

九州における砂鉄採掘の歴史をみると 次のような方法が取られてきた。

(1) 「ネコ流し」選鉱(古来の選鉱法)

旧式の選鉱方式で 水を使用し鉱物の比重差を利用して砂と砂鉄を選別するものである。この方法は現在ほとんど中止されている。



(2) 磁力選鉱(近年の選鉱法)

イ 手廻式(乾式) 原鉱(砂)を天火または人工的に乾燥し 永久磁石を装置した選鉱機に給鉱するものである。

ロ 動力式(湿式) 動力式は近年次第に大規模になってきた。これは大量生産と低品位の開発に重



かずさ掘り作業

点がおかれているからで 今後さらに極端に低品
 鉱（着磁3%以下）の開発が可能になるか否か
 選鉱機次第である。 動力式には種々の方式があ
 るが 原理は下図のようなものである。

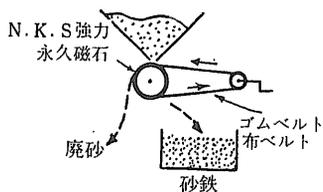
チタン砂鉄となり 同時にチタン精製工場ともなり大き
 な進歩が望まれる次第である（27頁右上図参照）。

砂鉄関連工業（東邦金属種子島中央選鉱場）

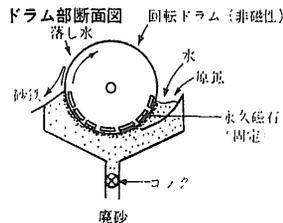
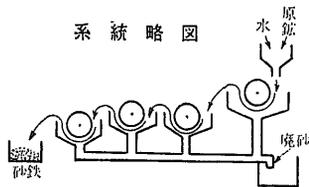
種子島の砂鉄は部分的にチタンが高いため昭和38年か
 ら熱間磁選技術の開発に着手した。 砂鉄を熱間磁選す
 ることにより キューリーポイントにおける磁性の変化
 を求めて TiO_2 分の低下を図る研究は わが国の一部
 において行なわれていたが 学問の域を脱せず実用化ま
 だに至っていなかったが 種子島砂鉄で実験したところ
 熱間磁選による分離度がきわめて高いことが判明したの
 で 東邦金属KKは種子島に中央選鉱場を新設し 昭和
 39年から操業を開始した。 この結果高チタン砂鉄が低

2. 海底砂鉄の採掘

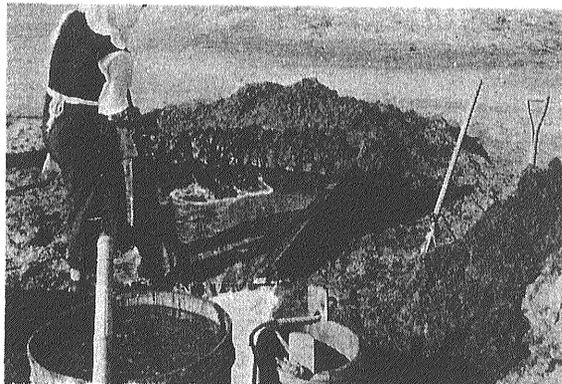
第2次大戦後海底砂鉄を採掘したのは九州鹿児島県に
 おいて実施されたものがわが国最初のものである（昭和
 32年新海鉱山）。 方法はサンドポンプ式 クレーン式
 ドレヅジャ式などがあるが サンドポンプ式が現在盛ん
 である。 すなわちサンドポンプで海底より原鉱を吸い
 上げ船内に装置した磁力選鉱機に給鉱し 廢砂は海中に
 捨てられている。 この方法で問題にされているのは
 海底の給鉱口（サンドポンプの先端）を潜水作業員が操
 作することである。 この給鉱口を自動的にすれば生産量
 は上がり 人件費もかなり少なくすることができる。



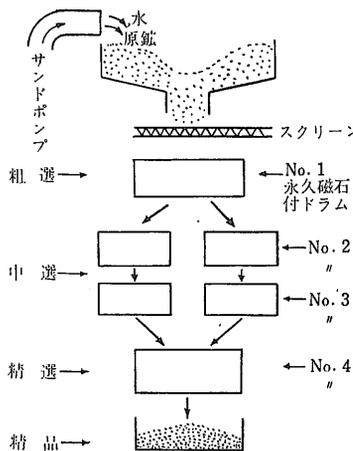
系統略図



村山式簡易砂鉄磁選機略図



初期の選鉱「ねこ流し」昭和25年前後



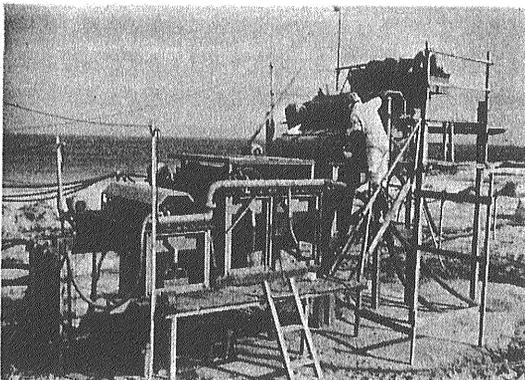
磁力選鉱機複式の略図 (TY型より)



乾式磁選「手廻し選鉱」昭和30年前後



湿式磁選（現在）給鉱サンドポンプにより給鉱する



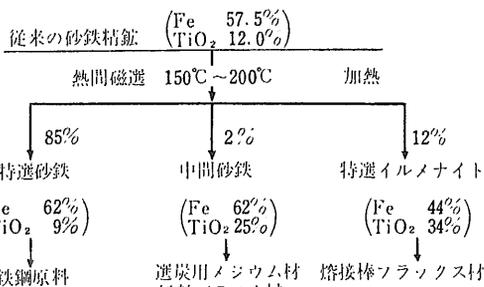
湿式磁力選鉱機

Ⅷ 九州のどこに どんな鉱床があり また予想されるか

1. 海浜 鉱床 (下図参照)
2. 砂丘 鉱床 (")
3. 河床 鉱床 (")
4. 段丘 鉱床 (")
5. 海底 鉱床 (")

あとがき

“鉄は文明の母”である 鉄鋼原料の一つである砂鉄に関する鉱床調査 開発に対する技術の研究は ここ10年余りの間に 他の金属鉱業界ではみられないほどの進歩があった。この喜びのうちには調査者の苦勞 鉱山の血のにじむ研究が多数あったことを忘れることはできない。



熱間磁選略系図

砂鉄鉱業界は発展したが 一方この鉱業界は安定した基盤の上に確立していると断言することができるか。10年余り前に砂鉄採掘は鉱業でない「砂取り」だと笑った人や会社が 現在本気になって砂鉄にとりくんでいる姿を見ると 感無りようになるのは筆者だけではないだろう。

(筆者は福岡駐在員)

