

本邦砂鉄の構成鉱物と粒度分布について

—本邦の含チタン砂鉄資源補遺—

服部 富雄*

On the Iron Sand Forming Minerals and Distribution of their Grain Sizes in Japan

(A Supplement of the Titaniferous Iron Sand Resources in Japan)

by

Tomio Hattori

Abstract

Iron sand deposits are composed of many sorts of minerals and rocks, and association of these minerals and rocks shows variation according to the property of their original rocks.

In this paper, occurrences, distributions and associations of iron sand forming minerals, especially FeO-Fe₂O₃-TiO₂ minerals (i. e. magnetite, ilmenite, hematite etc.), essential, non-metallic minerals (i. e. pyroxene, quartz, feldspar etc.) and other characteristic minerals (i. e. chromite, placer gold, zircon etc.) are described.

Relations between grain size and mineral composition or chemical composition, and the mode of mechanical composition of iron sand are considered from sedimentological point of view.

1. 砂鉄構成鉱物の分布と産状

砂鉄は、元来、諸種の火成岩（二次的には諸種の堆積岩）が風化分解・運搬・淘汰されて、原岩中の鉄鉱物——磁鉄鉱・チタン鉄鉱・赤鉄鉱などが濃集したものであるから、砂鉄構成粒子も上記の鉄鉱物以外にあらゆる種類の鉱物・岩石が含まれ、その組合せは原岩の性質によつて種々の変化を示す。

これまで比較的良好に調査研究されている各地の砂鉄の鉱物組成を一覧表にして示せば第1表のとおりである。

1.1 金属鉱物

砂鉄を構成する主要金属鉱物、とくにFeO-Fe₂O₃-TiO₂系鉱物についての概要はすでに述べた²⁾。ここにはこれら鉱物の産状について述べる。

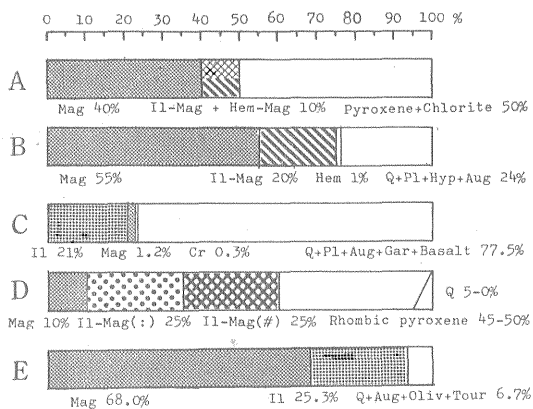
磁鉄鉱単体 単体をなす磁鉄鉱は各地の砂鉄中に広く含まれ、量的にも主成分をなすところが大部分である。とくに中国山地の花崗岩類の風化による原地残留砂鉄は真砂といわれ、きわめて良質で磁鉄鉱単体の含有率が高い。他の各種粒子との含有比率を調べた例は比較的少ないが、2、3の例を第1図に示す。天満鉱山（青森県）の自然によく淘汰された鉱石では単体磁鉄鉱が90%以上を占め、また北海道尻岸内地区でも60~80%を占めている。磁選精鉱は当然その大部分が磁鉄鉱単体からなる例が多い。青森県大畑地区の段丘砂鉄の強磁性砂と弱磁性砂の構成鉱物の量比を第2図に示す。また同地区小目名沢の砂鉄はその強磁性部の70%が磁鉄鉱単体からなる。

含チタン磁鉄鉱 格子状構造も異方性もなく全部均質の磁鉄鉱で、化学分析により数%のTiO₂を検出するのは含チタン磁鉄鉱である。このようなチタノマグネタイトとして確認されているものは比較的少ないが、北海道噴火湾沿岸の山越一石倉地区(?)や高知県幡多鉱山の浜砂鉄・北海道芦別川流域の中生代砂鉄あるいは岩手県宮守鉱山の古生代砂鉄(?)などの例が報告されている。

チタン鉄鉱—磁鉄鉱および磁鉄鉱—チタン鉄鉱 磁鉄鉱中にチタン鉄鉱を格子状あるいは葉片状（幅0.01mm内外）に含む粒子は各地にしばしば認められるが、一般に磁鉄鉱単体粒子や赤鉄鉱と磁鉄鉱との共生粒子に

註1) チタン鉄鉱と共生する磁鉄鉱（主体をなすもの）の意。以下同じ。

* 鉱床部

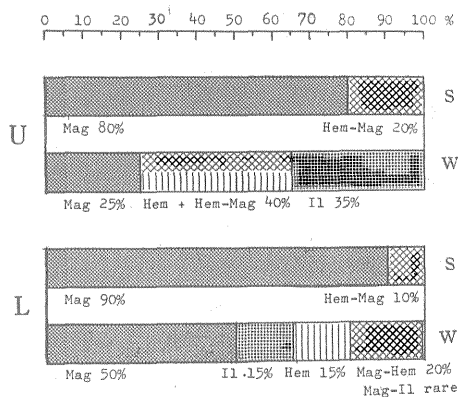


第1図 砂鉄構成鉱物の量比

- A. 北海道長万部鉱山 (地質調査所北海道支所探鉱課: 地質調報, No. 165, p. 23 から作製した)
- B. 北海道鹿部地区の洪積世砂鉄 (沢俊明・中川忠夫: 未利用鉄資源, 4巻, 5頁の附註から作製した)
- C. 北海道沙留地区の浜砂鉄 (金森祥一・寺谷茂雄: 未利用鉄資源, 3巻, 43頁から作製した)
- D. 北海道雄武町 (地質調査所北海道支所探鉱課: 地質調報, No. 165, p. 21 から作製した)
- E. 山形県吹浦地区の打上砂鉄 (大泉製次・清水貞雄: 未利用鉄資源, 1巻, 187頁から作製した)

Mag: 磁鉄鉱単体
 Il: チタン鉄鉱単体
 Hem: 赤鉄鉱単体
 Il-Mag: チタン鉄鉱と磁鉄鉱との共生するもの
 Hem-Mag: 赤鉄鉱と磁鉄鉱との共生するもの
 (:): 態滴状 (#): 格子状
 Cr: クロム鉄鉱単体 Pl: 斜長石
 Q: 石英 Aug: 普通輝石
 Hyp: 紫蘇輝石 Gar: 榴石
 Oliv: 橄欖石 Tour: 電氣石

較べて量的に少ない。北海道噴火湾沿岸では、おこんしべー長万部一黒岩一中ノ沢一国縫にいたる地域に比較的多量に認められ、とくにおこんしべ地区では鉄石鉄物の主体をなす。また長万部一黒岩地区や尻岸内地区ではしばしばチタン鉄鉱の格子が太く、チタン鉄鉱中に磁鉄鉱の格子を含む粒子が認められる。第1図に2, 3の産地における量比を示した。第2図にみるように青森県大畑地区(段丘砂鉄)では少ないが、淋代地区では比較的多い。原田久光によれば、大畑町の砂鉄では磁鉄鉱中に格子状離溶組織をなすチタン鉄鉱は、格子間隔は広くて約0.2mm±であるが、格子の幅は細くて0.01mm以下である。また格子状離溶組織を示す粒子の量的比率は、粒度が大きいうちは磁鉄鉱粒子の1/2程度であるが、粒度が小さくなるにつれて少なくなり200 mesh では5%以下となる。また天満・五戸などの洪積世砂鉄や山梨県猿橋・富士などの中新世砂鉄にははなはだ少ないが、青森県戸来の中新世砂鉄には多い。山口県黄波戸の古第三紀砂鉄中にも少なくない程度に含まれており、高知県土佐田の中生代砂鉄中にも報告されている。



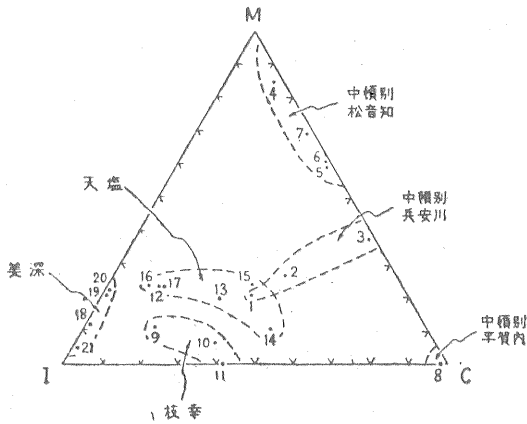
第2図 青森県大畑地区の段丘砂鉄の鉄石鉄物

U: 上位段丘 S: 強磁性部 W: 弱磁性部
 L: 下位段丘

Mag: 磁鉄鉱単体
 Il: チタン鉄鉱単体
 Hem: 赤鉄鉱単体
 Hem-Mag: 赤鉄鉱と磁鉄鉱との共生するもの
 Mag-Hem: 磁鉄鉱と赤鉄鉱との共生するもの
 Mag-Il: 磁鉄鉱とチタン鉄鉱との共生するもの
 (丸山修司・高橋兵一: 未利用鉄資源, 2巻, 72頁から作製した)

高知県幡多鉱山の打上げ砂鉄中には磁鉄鉱-チタン鉄鉱の微細なウイドマンステツテン構造を示す粒子と、チタン鉄鉱中に磁鉄鉱が斑晶状に共生する粒子とがある。

赤鉄鉱-磁鉄鉱および磁鉄鉱-赤鉄鉱 赤鉄鉱と磁鉄鉱との共生関係は各地の砂鉄中にしばしば観察される。さきにも述べたように²⁾ 磁鉄鉱の{111}または{100}に沿って酸化作用が進行して赤鉄鉱を生じた場合には、離溶組織との区別が困難である。この共生関係を示す粒子は、一般に噴火湾沿岸地区では比較的多く、下北半島・天満・戸来、鹿島灘や千葉県飯岡海岸、あるいは山梨県富士鉱山などでは比較的多い。磁鉄鉱中に格子状あるいは葉片状をなす赤鉄鉱の幅は太細各様で、一般には0.01~0.05mmのものが多い。青森県天満鉱山では普通幅0.01mm以下, 最大幅0.05mm, 八戸では0.05~0.1mm, 千葉県千倉一丸山地区では0.03mm位, 山梨県富士鉱山の第三紀砂鉄では0.05mm内外である。青森県五戸地区では強磁性部に含まれるものは幅平均0.02mmで、弱磁性部では0.03mmと太くなっている。大畑地区の段丘砂鉄では弱磁性部に含まれるものの量比が強磁性部中に含まれるものの量比よりも大きく、下位段丘では2倍に達する(第2図)。茨城県赤塚地区では赤鉄鉱の幅0.1mmに達するものがあり、鹿島灘では1粒中50%以上が赤鉄鉱からなるものもある。さらに富士鉱山の弱磁性部中には赤鉄鉱80, 磁鉄鉱20以上の粒子もある。格子状あるいは葉片状共生体や複合双晶をなすものなどのほか、磁鉄鉱粒子の表面や割れ目に沿って酸化作用が進み、赤鉄鉱化した

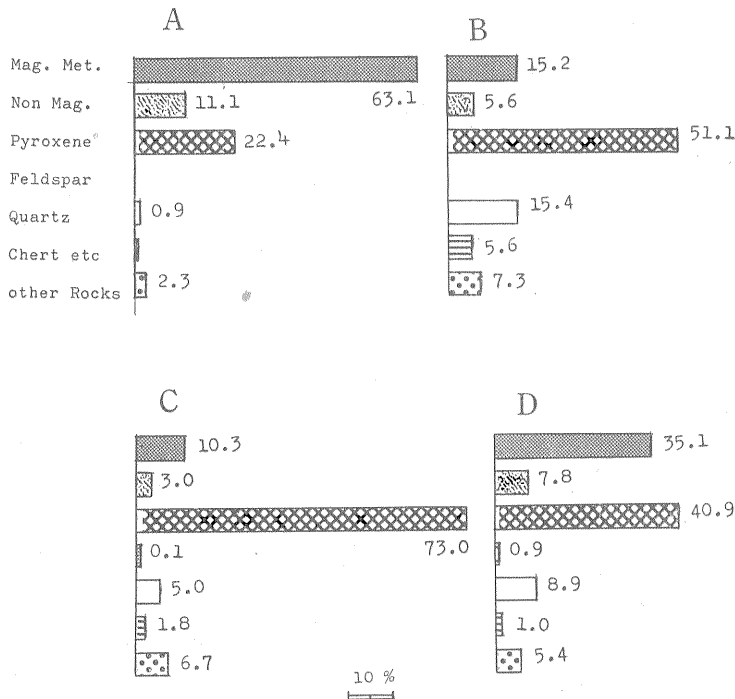


第3図 北海道北見一天塩地方の砂鉄の有価鉱物成分比
 M: 磁鉄鉱
 I: チタン鉄鉱
 C: クロム鉄鉱
 (梅本悟・渡辺芳次: 未利用鉄資源, 2巻, 58頁, 第6図)

ものは比較的少量ながらも各地にみられる。北海道雄武地区では砂鉄粒子の10%は表面が赤鉄鉱化している。著しい例としては、青森県天満鉱山栗木沢の第三紀砂鉄では実に全粒子の90%が赤鉄鉱化をうけている。

チタン鉄鉱単体 各地の砂鉄中、北海道おこんしべ地区のようにチタン鉄鉱単体を全く認めない地区もあるが、一般には多少のチタン鉄鉱単体を伴う例が多い。チタン鉄鉱単体は弱磁性部に集中する。奈良県生駒・三重県名張・高知県足摺岬などの原地残留砂鉄はきわめてチタン鉄鉱に富み^{註2)}、足摺岬では精鉄中88%はチタン鉄鉱単体からなる。北海道栄丘地区の段丘砂鉄、北見一天塩の川砂鉄(第3図)、常呂一枝幸地区・沙留地区(第1図)の浜砂鉄、瀬戸内地区の波方、岩黒島などの浜砂鉄、あるいは北海道徳別の中生代砂鉄、宮城県大沢地区の第三紀砂鉄、島根県宍道湖の湖岸砂鉄などはチタン鉄鉱単体を主体とするチタン砂鉄ないし砂チタン鉄床で、穂別では鮮明な異方性をもつチタン鉄鉱単体が80%を占める。また波方では精鉄中90%がチタン鉄鉱単体であり、岩黒島の鉱石中、強磁性粒はわずか0.9%にすぎず、99.1%はチタン鉄鉱単体を主とする弱磁性粒子からなる。北海道噴火湾沿岸地区や青森県五戸・八戸地区、千葉県南三原海岸あるいは群馬県新治や山口県黄波戸の第三紀砂鉄では、チタン鉄鉱単体は比較的少なく、北海道鹿部・青

註2) 服部: 本邦の含チタン砂鉄資源, 第18表



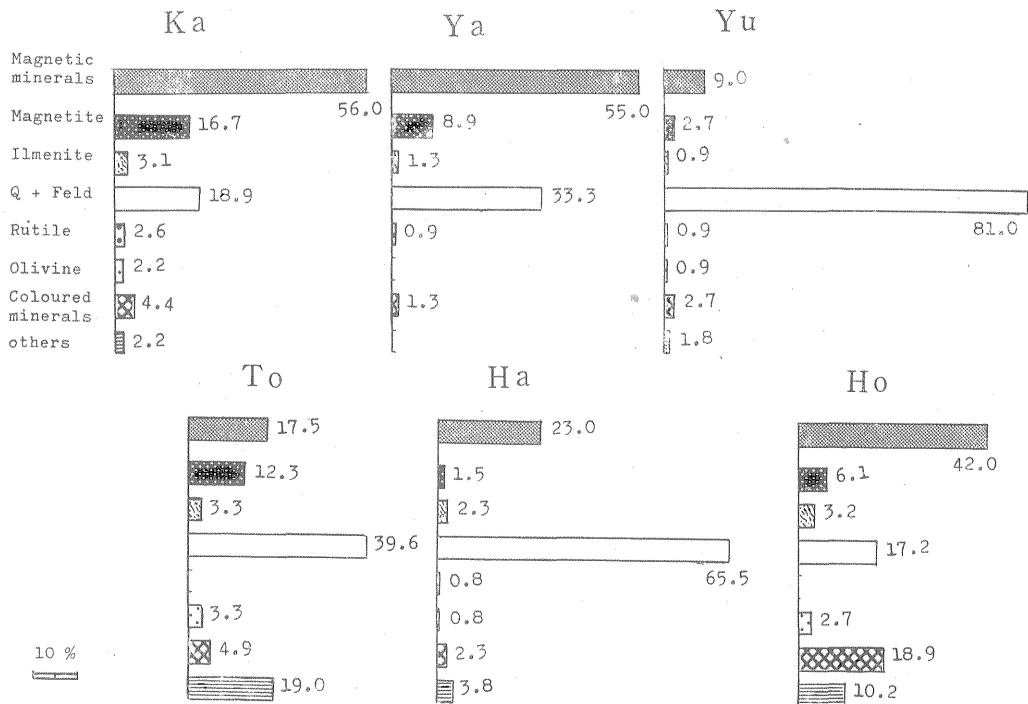
第4図 北海道道南地区浜砂鉄の構成物質量比
 A: 尻岸内 B: 女那川
 C: 日浦 D: 浜町
 Mag. Met: 磁性金属鉱物
 Non Mag: 非磁性金属鉱物
 (道家欽・笹木敏: 未利用鉄資源, 4巻, 19頁, 第1表から作製した)

森県天満・千葉県千倉一丸山あるいは山梨県猿橋などではきわめて少ない。茨城県鹿島灘・千葉県飯岡海岸・神奈川県野比海岸などでは比較的多量ないし相当量のチタン鉄鉱単体が含まれる。一般にチタン鉄鉱単体を主とする地区あるいは、比較的多量に含む地区では磁鉄鉱と共生するチタン鉄鉱は少ない。またチタン鉄鉱は磁鉄鉱に較べて粒度の小さい場合が多く、風化に対する抵抗も強いようである。

赤鉄鉱単体 すでに述べたように磁鉄鉱がマルタイト化作用をうけて大部分が赤鉄鉱と化し、さらに進んで赤鉄鉱単体となることは容易に考えられるところであるが、各地の砂鉄中の赤鉄鉱単体が二次的に磁鉄鉱から変化したものか、あるいは一次的な赤鉄鉱単体なのかは、必ずしも簡単には決められない。鹿児島県種子島では赤鉄鉱は大部分が単体で、磁鉄鉱と共生するものはきわめて少ないといわれるが、一般に砂鉄中の赤鉄鉱単体は、磁鉄鉱と共生するものに較べて比較的少なく、ときにはきわめて少ないか、ほとんど無い。青森県大畑地区の段丘砂鉄中の量比は第2図に示すとおりで、大間地区では比較

的多いといわれている。山口県黄波戸の古第三紀砂鉄中には磁鉄鉱粒30に対して1の割合で赤鉄鉱単体の存在する例が報告されている。

金紅石および金紅石-赤鉄鉱 砂鉄中の金紅石の産状としては、金紅石単体として産する場合、金紅石-赤鉄鉱の共生関係を示す場合、金紅石-チタン鉄鉱-赤鉄鉱の共生関係を示す場合、磁鉄鉱中に金紅石を共生する場合などがある。金紅石が赤鉄鉱などと共生する場合には、一般に顕微鏡下でも油浸法で辛うじて見られる程度であるので、報告例も少ない。鳥取県米子地区の内浜砂鉄中には金紅石-赤鉄鉱の連晶組織が認められ、一部には亜文象構造を示すものがある。皆生海岸の打上砂鉄中にも比較的多量の金紅石が報告されており、皆生をはじめ鳥取県下海岸の各地で非着磁砂中に3~6%の金紅石を含むことが知られている(第5図)。また青森県大間地区の砂鉄中にも金紅石-赤鉄鉱と思われるものがわずかにみられる。金紅石-チタン鉄鉱-赤鉄鉱としては福島県新地鉱山産砂鉄中からX線粉末写真により検出されている。このほか、北海道鶴川-白老地区の浜砂鉄や群馬県新治



第5図 鳥取県下浜砂鉄の鉱物組成

Ka:皆生 Ya:八橋 Yu:由良
To:泊 Ha:浜村 Ho:宝木

網目部は着磁砂, その他の模様は非着磁砂, Qは石英, Feldは長石, 小数字は含有率を示す。
(小松隆・高島清・土井啓司:未利用鉄資源, 5巻, 140頁, 第5表から作製した)

の第三紀砂鉄中にも金紅石の産出が知られている。

原田久光によれば、青森県大畑産の砂鉄において、金紅石—赤鉄鉱の離溶組織を示す粒子ははなはだ多く、鉄石鉱物の10%に達することもあり、むしろ単体の赤鉄鉱はきわめて稀であるという。今後調査研究が進むにつれて金紅石—赤鉄鉱の共生関係がかなり普遍的であることが明らかとなるであろう。

その他の Fe_2O_3 - FeO - TiO_2 系鉱物 砂鉄中に含まれるマグヘマイト、マグイルメナイト、ウルヴオスピネル等の Fe_2O_3 - FeO - TiO_2 系鉱物については、すでに述べたように、一般に研究が進んでいないため、きわめて断片的な資料しかない。竹内常彦は青森県下北地区および宮城県蒲沢産のマグヘマイトを報告している。また北海道中ノ沢—国縫地区・青森県大畑地区でもマグヘマイトの産出が報ぜられているが、さきに述べたようにマグヘマイトは磁鉄鉱の自然酸化過程で生成するものであるから、今後調査が進めばさらに各地で発見されるであろう。マグイルメナイトは平社敬之助ら(1955)が北海道能取産の砂鉄中から記載したものであるが、その後、竹内は福岡県和白産の砂鉄中に産することを報告した。斉藤洋彦も青森県戸来第三紀砂鉄中にマグイルメナイトらしきものを認めている。また竹内は福島県新地産の砂鉄中に強磁性をもつイルメナイトのあることを述べている。最近原田久光は青森県大畑産砂鉄中にウルヴオスピネルを固溶する磁鉄鉱の存在を報じたが、一般に、砂鉄中にウルヴオスピネルを産する例はあまり報告されていない。ウルヴオスピネルはチタン鉄鉱とともに磁鉄鉱中に固溶体として含まれ、あるいは顕微鏡的に磁鉄鉱と共生するから、微量であつてもやや普遍的に分布すると考えられる。これもマグヘマイトその他の Fe_2O_3 - FeO - TiO_2 系鉱物と同様に、今後の調査研究が進めば各地の砂鉄中にみいだされるものと思われる。

褐鉄鉱 海岸の打上砂鉄中に褐鉄鉱を含む例はほとんどないが、内陸に入ると多少にかかわらず砂鉄は褐鉄鉱によつて黄褐色～赤褐色を呈する。洪積世の段丘砂鉄や丘陵砂鉄あるいは第三紀砂鉄の一部などの地下水面上にあるものはときに著しい褐鉄鉱化を示すことがある。青森県下北地区の段丘砂鉄の一部と田名部層中の砂鉄層は褐鉄鉱質物により各砂粒が被覆・充填膠結されているため赤褐色を呈している。したがつて磁選により回収される鉄分は粗鉄中の含鉄量よりも著しく低く、湿式磁選による実収率ははなはだ低い。八戸地区などでも指摘されているように、一般に浜→低位段丘→高位段丘というように内陸に入るほど褐鉄鉱化が著しくなる傾向がある。砂鉄中の磁鉄鉱や赤鉄鉱が自然酸化作用をうけて褐鉄鉱

化するのによく知られているところであるが、磁鉄層の砂鉄鉱化の大きな要因の1つは、これら鉄鉱物類の酸化によるよりもむしろ砂鉄に常に伴なわれる紫蘇輝石・普通輝石・橄欖石などの鉄苦土鉱物、ときに菱鉄鉱質炭酸塩鉱物の酸化による褐鉄鉱化が重要である。

クロム鉄鉱 砂鉄層に伴なわれるクロム鉄鉱のもつとも多い地域は、北海道北見—天塩地区で、中頓別・枝幸・天塩などでは砂鉄というよりむしろ砂クロム鉄床というべきである(第3図)。砂鉄に伴なう Cr_2O_3 成分はすべてクロム鉄鉱によるものであるが、宮本弘道によれば、北海道沙留・雄武などの浜砂鉄中には最高 Cr_2O_3 2%程度のクロム鉄鉱が含まれ(第1図参照)、高知県幡多地区の浜砂鉄中にも最高3%程度の Cr_2O_3 が認められている。そのほか北海道穂別の中生代砂鉄($<0.5\%Cr_2O_3$)、北海道志文・山梨県猿橋の第三紀砂鉄、青森県桜沢の洪積世砂鉄あるいは山陰海岸の浜砂鉄(以上、 $<0.2\sim0.3\%Cr_2O_3$)など各地の砂鉄中にクロム分が検出されている。 Cr_2O_3 が微量に($<0.1\%$)検出されている例はきわめて多い。また大分県国東半島・和歌山県新宮海岸などの浜砂鉄や、高知県足摺岬の原地残留砂鉄、山梨県富士鉱山の第三紀砂鉄中には Cr_2O_3 は検出されていない。

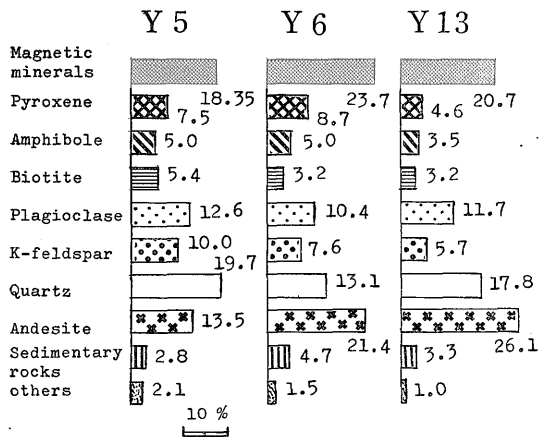
自然金：各地の砂鉄中には稀に砂金粒を含むことがある。秋田県鹿渡の段丘砂鉄に伴なう金はよく知られており、5 g/t以上含有すると思われる箇所が処々にみられるが、ここではかつて砂金を採取したといわれる。近年の調査によれば、Fe13.1%の砂鉄中にAu3.3g/t、Ag4g/tの分析値が報告されている。その他噴火湾沿岸豊津の浜砂鉄、北海道室蘭・青森県桜沢・岩手県久慈の洪積世砂鉄、茨城県波崎海岸の浜砂鉄中にも産金が知られている。最近、筆者は千葉県飯岡地区の浜砂鉄および茨城県友部地区の洪積世砂鉄中に金粒を発見した。

硫化鉄物類 砂鉄に伴なわれる硫化鉄物としては黄鉄鉱がもつとも多く、黄銅鉱がこれに次ぐ。このほか、地区によつては磁硫鉄鉱や斑銅鉱が伴なわれることがある。これらの硫化鉄物は、しばしばまたは稀に、磁鉄鉱あるいはチタン鉄鉱中に径0.01mm程度の微粒をなして包有され、ときには径0.1mm程度の砂粒として砂鉄中に含まれる。竹田英夫は山口県黄波戸産の第三紀砂鉄に含まれる硫化鉄物には、磁鉄鉱中に包有される黄鉄鉱・黄銅鉱・斑銅鉱のほかに、コソフォルム構造をなして砂粒間を填め、ときに黄銅鉱とともに細脈をなし、また成層面に平行に配列する黄鉄鉱の産状を報告している。青森県鹿橋鉱山の洪積世砂鉄中には磁鉄鉱や角閃石の周辺に沿つて黄鉄鉱化したものも知られている。岩手県雲上鉱山でも黄鉄鉱・黄銅鉱・磁硫鉄鉱等の硫化鉄物を比較的

第2表 青森県八戸地区の砂鉄中の非磁性鉱物

産地	鉱物 その他	非磁性鉱物									礫の種類			二次変化	
		橄欖石	紫蘇輝石	単斜輝石	角閃石	雲母	斜長石	石英	ジルコン	柘榴石	角閃花崗岩	古生層	安山岩類	褐鉄鉱化	石灰質ヒルムを被るもの
高位段丘砂鉄	是川	○	○	○	△	△	△	○	○	△	×			○	
	島守	○	○	○	△	△	△	○	○	△	×			○	
	天狗沢		○	○	△	△	△	○	△					○	
	北山の沢	◎	◎	○	△		△	△	—					◎	
低位段丘砂鉄	筋違		○	○	○	○	○	◎	○						
	二ツ家		○	○				◎	○						×
	尻内		○	○	○			○						△	
	平野場		○	○	○	○	○	◎	◎	○					×
海浜砂鉄	松館		○	○				◎	○						
	金沢北沼		○	○	○	○	○	◎	◎	○					

◎—○—△ 多量—少量 ×概当 —なし
(北卓治・五十嵐俊雄: 未利用鉄資源, 第2輯, 115頁, 1956)



第6図 鳥取弓ヶ浜地区の内浜砂鉄の砂粒構成物質組成比 (小数字は含有率を示す)
(竹田英夫・服部富雄: 未利用鉄資源, 第4輯, 191頁) 第2表および第5図から作製した)

多量に産するが、これはよく知られているように、砂鉄層堆積後の火成鉱化作用によるものである。

1.2 非金属鉱物

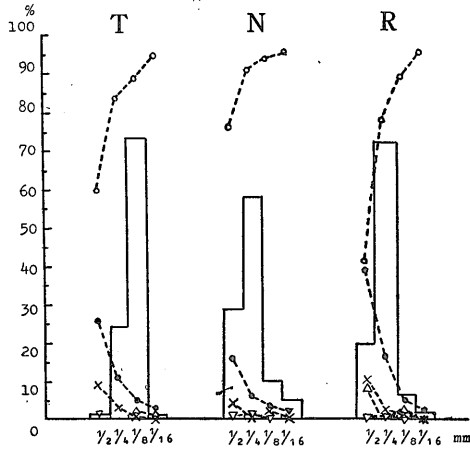
すでに述べたように砂鉄に伴う非金属鉱物粒には紫蘇輝石・普通輝石・角閃石・橄欖石・黒雲母・緑簾石・

緑泥石や斜長石・正長石・石英・白雲母・燐灰石・ジルコンなど、多種多様の鉄苦土鉱物(ないし有色鉱物)および無色鉱物がある。これらの諸鉱物の組合せは、金属鉱物類の組合せの変化と同様に、砂鉄鉱床の賦存する地区により、あるいは同じ地区でも試料を採取する箇所により異なる。青森県八戸地区の砂鉄についての例を第2表に示した。

輝石類および石英 輝石類(紫蘇輝石および普通輝石)と石英とは、第1表および第2表にもみられるように、きわめて普遍的に砂鉄に伴って、しばしば主要構成粒子となる。たとえば、北海道道南地区では輝石類が非常に多く、とくに紫蘇輝石が圧倒的に多い(第4図)。これに反して長石類は0~1%という低率である。鳥取県下の山陰海岸では第5図に示すように、石英+長石類が非常に多い。

第6図は鳥取県米子地区の内浜砂鉄の構成物を示したものであるが、これと第5図Kaに示された皆生海岸打上砂鉄の構成物とを較べると、同じ地区でも両者はかなり構成物の種類および量比に差があることがわかる。また第7図は千葉県銚子半島の打上砂鉄の粒度組成と重鉱物組成との関係を示したものであるが、鉄鉱物を除

本邦砂鉄の構成鉱物と粒度分布について (服部富雄)



第7図 千葉県銚子半島における打上砂鉄の粒度組成と重鉱物組成

T:外川 N:名洗 R:通蓮洞

○:鉄鉱物 △:角閃石

●:紫蘇輝石 △:橄欖石

×:普通輝石

(近藤精造:千葉大文理, 銚子臨海分室研究報告, No. 2, p. 32, 1960, 第1, 2表から作製した)

いては紫蘇輝石が最も多く、ついで普通輝石・橄欖石・角閃石などの順に多い。この順序は粒子の細粗とは無関係であることがわかる。比較的稀な例であるが、北海道

芦別川の中生代砂鉄に伴なう非金属鉱物はほとんど石英のみからなり、緑泥石様物質を随伴する。紫蘇輝石は普通磨耗した長柱状自形を呈し、青森県五戸地区では長径6mmに達する例が、また茨城県鹿島灘拾町歩では長径4mmに達する例が報告されている。普通輝石は磨滅した短柱状自形が多く、紫蘇輝石より小粒で、たとえば鹿島灘拾町歩では長径0.2mmであり、千葉県安房郡下では3mmに達するが、一般に1mmを超える例は少ない。石英は普通角ばった破片状のものが大部分で、自形～半自形を呈するものは稀である。

角閃石・橄欖石・雲母類・緑泥石および長石類 これらの鉱物類はしばしば砂鉄層に伴ない、なかでも斜長石および角閃石は、さきに述べた輝石類および石英について、含有頻度が高い。斜長石はほとんどが破片状をなしまれに卓状自形ないし、半自形を呈する。角閃石・橄欖石は円磨した柱状自形が多く、雲母類は葉片状をなす。正長石は稀で、高知県土佐山田の中生代砂鉄中の正長石はソーシユル石化している。

緑泥石および緑泥石様物質 砂鉄に伴なう緑泥石は、そのほとんどが輝石・角閃石類の緑泥石化したもので、しばしば変質前の輝石あるいは角閃石の外形を残しているものがある。第三紀あるいはそれ以前の地質時代の砂

第3表 砂礫の粒度と粒径

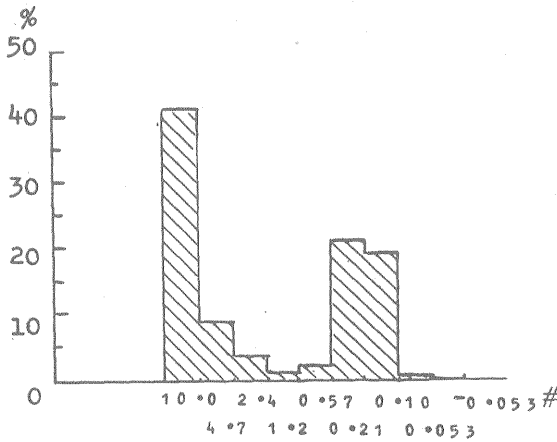
呼称	篩目の開き (mm)	篩のメッシュ			呼称	篩目の開き (mm)	篩のメッシュ		
		JIS	U.S.	TYLER			JIS	U.S.	TYLER
礫	2.380	8	8	8	細砂	0.250	65	60	60
	2.362								
粗砂	1.410	12	14	13		0.210			
	1.397								
	1.190								
	1.168								
	1.168								
中砂	1.000	16	20	16	0.208	120	120	115	
	0.991								
	0.840								
	0.833								
	0.710								
	0.701								
砂	0.590	24	30	24	0.177	170	170	170	
	0.590								
	0.589								
	0.589								
小砂	0.500	32	35	32	0.175	200	200	200	
	0.495								
	0.420								
	0.417								
	0.351								
	0.350								
	0.297								
	0.295								
粘泥および粘土	0.295	42	50	48	0.149	250	250	325	
	0.295								
	0.295								
	0.295								

(星野通平:堆積学研究, No.2, p.7 をもとに作製した。)

鉄に伴う緑色鉱物については須藤俊男の研究によりレンジャーントと仮称され、輝石類が砂鉄鉱床形成の末期に鉱液の作用をうけて緑色鉱物に変化したとしているが、最近竹田英夫は、輝石から一たん褐色鉱物に変わり、さらに緑色鉱物に変化してゆく過程を鏡下で観察し、緑色鉱物は、鉱液の作用により生成されたとするよりは、砂鉄層堆積後の沈積変質作用(いわゆる続成作用)に関係して生成したと考える方が妥当であると述べている註³⁾。

柘榴石・ジルコン・燐灰石など 砂鉄には上記諸鉱物のほか、ときに柘榴石・ジルコン・燐灰石あるいは柘榴石・褐簾石・電気石・炭酸塩鉱物などを伴うことがある。柘榴石は第16表に示す地区のほか、北海道中ノ沢・下川・鵜川一白老の各地区や千葉県大貫地区などに知られて

註³⁾ 未利用鉄資源, 5 輯, 165頁, 1959



第8図 北海道鹿部地区の砂鉄原砂の粒度分布 (金森祥一・寺谷茂雄・白銀幹夫: 未利用鉄資源, 4 輯, 7 頁, 第2表から作製した)

いる。また燐灰石は北海道出来潤崎地区、ジルコンは茨城県日立周辺・愛知県渥美半島などの砂鉄中にもみだされている。群馬県新治の第三紀砂鉄に伴うジルコン・褐簾石は比較的量が多く、戦時中に希元素資源の対象として調査されたことがある。長島乙吉によれば、この砂鉄層の下位にあたる緑色凝灰岩中に0.1%程度のジルコンが含まれているとのことであり、新治の砂鉄の起源を暗示している。

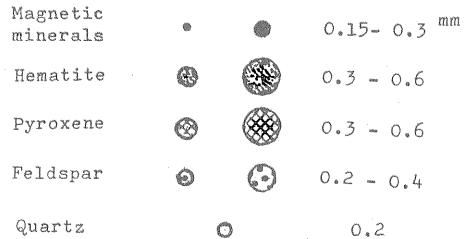
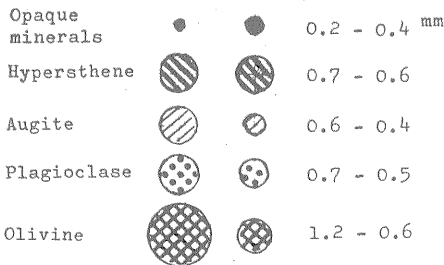
このように砂鉄に伴う諸鉱物粒——とくに橄欖石・柘榴石・燐灰石あるいはジルコン・砂金・クロム鉄鉱・金紅石など——の種類と量比は、砂鉄に伴う諸岩石類のそれとともに、砂鉄層の起源について考察するとき大きな手がかりを与える。

第4表 砂鉄鉱物の比重

鉱物	比重	鉱物	比重
金	磁鉄鉱 5.17—5.2	有色	橄欖石 3.2—3.4
	チタン鉄鉱 4.3—5.5		黒雲母 2.8—3.4
	赤鉄鉱 4.9—5.3		緑簾石 3.3—3.5
属	金紅石 4.2—4.3	無色	緑泥石
	クロム鉄鉱 4.3—4.6		正長石 2.5—2.6
物	自然金 15.6—19.5	有色	斜長石 2.61—2.76
	黄鉄鉱 4.9—5.2		石英 2.56—2.62
	褐鉄鉱 3.7—4.3		白雲母 2.8
	紫蘇輝石 3.3—3.5		柘榴石 3.4—4.3
有色	普通輝石 3.2—3.6	物	燐灰石 3.1—3.2
	角閃石 3.1—3.5		ジルコン 4.68—4.7

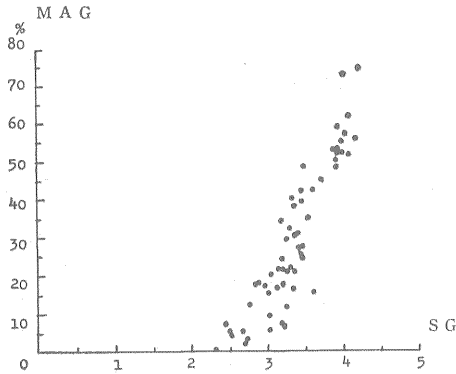
A

B

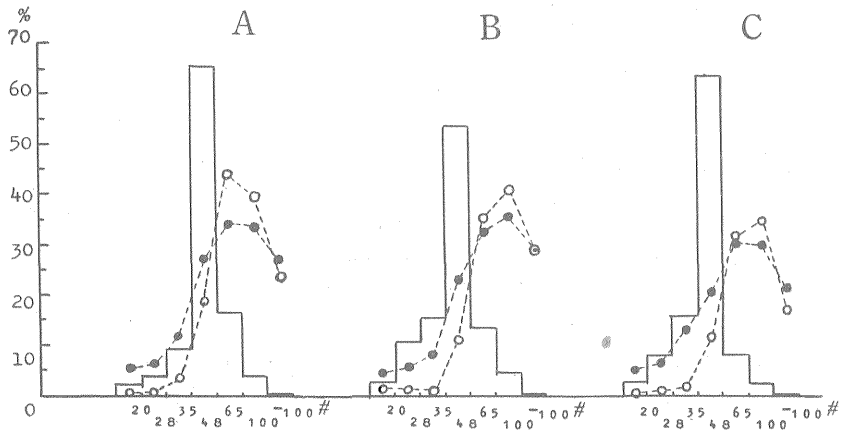


第9図 砂鉄構成鉱物の粒径

A. 北海道幌別一鵜川地区の浜砂鉄 (鈴木醇・鈴木淑夫・大町北一郎・早川彰: 未利用鉄資源, 1 輯, 83頁から作製した)
 B. 北海道鹿部地区の洪積世砂鉄 (沢俊明・中川忠夫: 未利用鉄資源, 4 輯, 4 頁から作製した)



第10図 北海道産砂鉄の真比重と着磁率との関係
(番場猛夫・五十嵐昭明・橋本知昌：未利用鉄資源，1巻，17頁，第2表および番場・五十嵐：未利用鉄資源，1巻，70~71頁の表から作製した)



第11図 北海道沙留地区浜砂鉄の粒度分布と Fe, TiO₂ 含有率の変化
A. total Fe 26.29%, TiO₂ 20.90%
B. " 20.28%, " 12.79%
C. " 18.93%, " 10.99%
(金森祥一・寺谷茂雄：未利用鉄資源，3巻，43頁，第2表から作製した)

2. 砂鉄の粒度組成

2.1 粒度組成と構成成分の変化

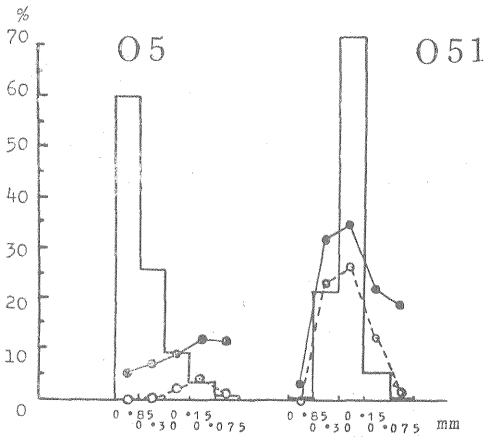
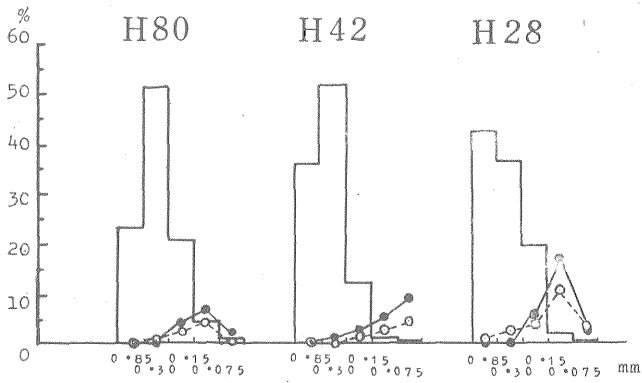
星野通平によれば、機械的堆積物の粒度とその呼称は第3表に示すとおりである。

第8図は北海道鹿部地区の砂鉄の粒度分布であるが、原砂は径10mm以上の礫と0.6~0.06mmの砂とに比較的是つきりと分かれており、砂粒の内容についてみると、有用鉱物粒子は径0.3~0.06mmで0.15mm以下になるとほとんど単体分離する。また、珪酸塩鉱物粒子は径0.6~0.06mmで0.3mm位から単体分離している。0.05mm以下にはほとんど有用鉱物粒子は存在しない。

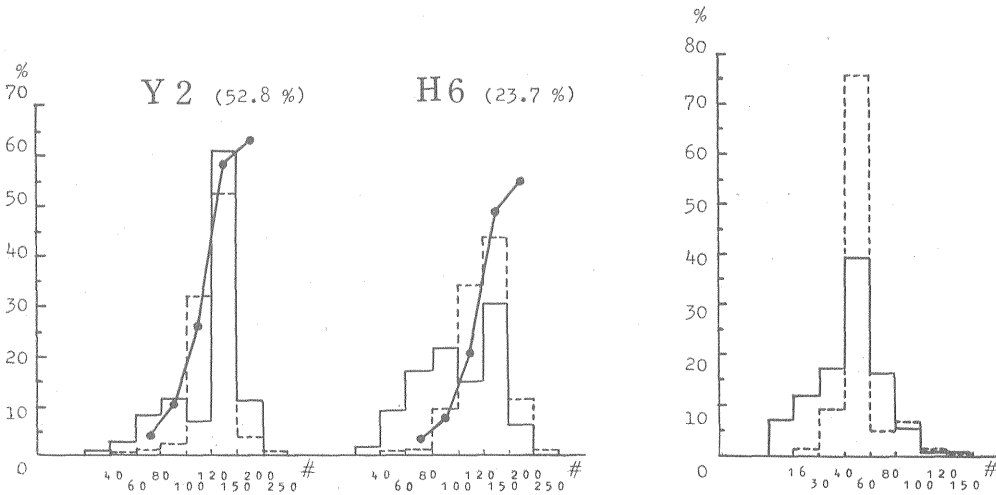
第9図は北海道幌別一鵜川地区の浜砂鉄および鹿部地区の洪積世砂鉄について、砂鉄構成鉱物粒子の粒径を比較図示したものである。

一般に鉱石鉱物粒子は他の珪酸塩鉱物粒子に較べて細かく、 $\frac{3}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ の粒径をもつ例が多い。これらの大小さまざまな粒子が砂鉄層を構成している場合に、理論的には各鉱物粒子の比重は、その粒子の半径の三乗に反比例する。

第1表にあげた各種の砂鉄構成鉱物の比重は第4表に示すとおりである。磁鉄鉱の比重は約5.2であるが、砂鉄鉱は一般に2.5~4.2の値を示し、鉱石鉱物粒子の含有

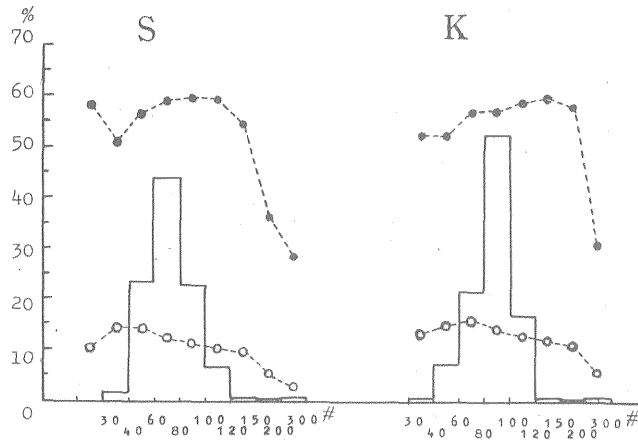


第12図 瀬戸内海の浜砂鉄の粒度分布と品位変化
 ●: Fe%, ○: Ti (上), TiO₂ (下) %
 上段: 愛媛県波方地区, H80は第1の浜, H42は第2の浜, H28は第3の浜。
 (江見正太郎・横井務・水原義美・柳田茂和: 未利用鉄資源, 3巻, 168頁, 第3表から作製した)
 下段: 愛媛県大三島下坂地区, 代表的な2つの型を示す (内田義信・数馬千里・横井務・水原義美・脇田威次郎: 未利用鉄資源, 4巻, 207頁, 第5表から作製した)

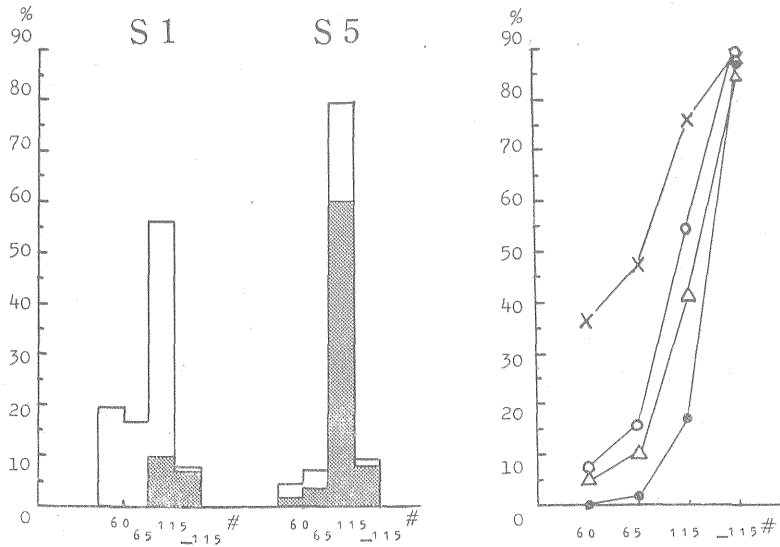


第13図 鳥取県米子地区の内浜砂鉄と打上砂鉄の粒度分布
 左図 (Y2, Y6) は弓ヶ浜の内浜砂鉄, 右図は皆生海岸の打上砂鉄 (1957年9月)
 実線は原砂, 点線は着磁砂, () 内の数字は着磁率, ○は原砂中の各粒度ごとのFe品位を示す
 (竹田英夫・服部富雄: 未利用鉄資源, 4巻, 191~192頁, 第3表および第5図から作製した)

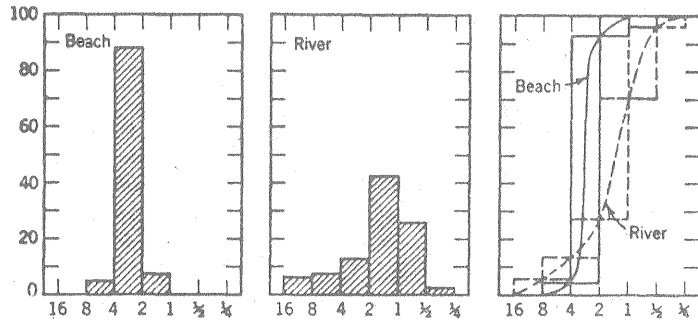
本邦砂鉄の構成鉱物と粒度分布について (服部富雄)



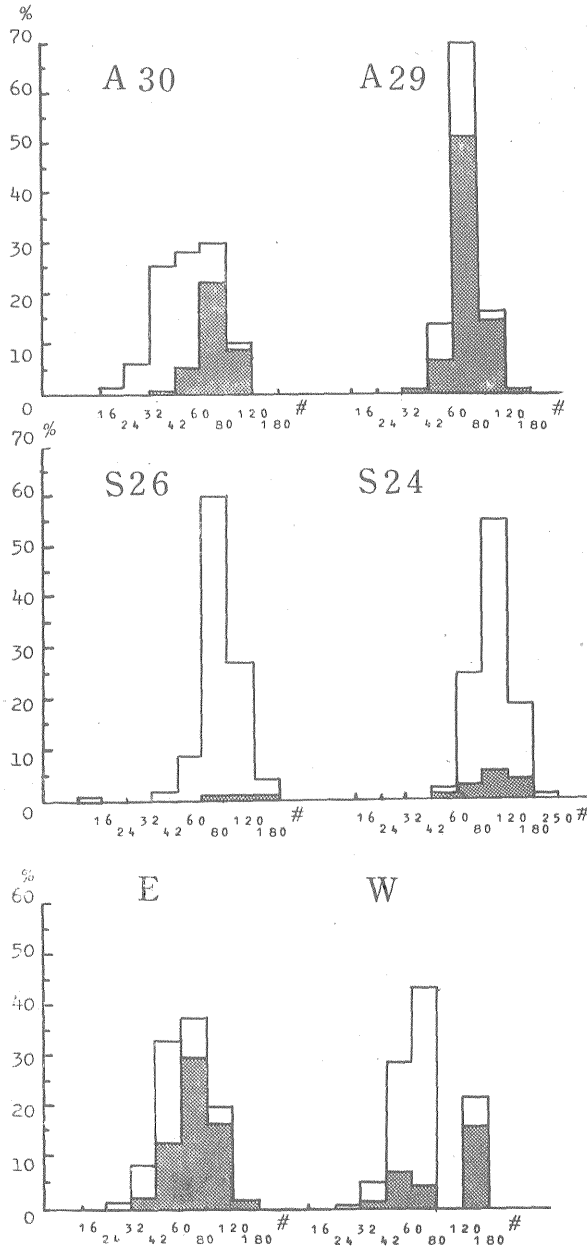
第 14 図 青森県天満鉱山の鮮新世砂鉄の粒度分布と Fe, TiO₂ 含有率との関係
 S : 底田坑—45m 地並 No. 6 T, Fe 63.96%, TiO₂ 12.45%
 K : 古利備露頭 No. 11 T, Fe 57.00%, TiO₂ 14.58%
 ● : total Fe, ○ : TiO₂
 (宮本弘道・小村幸二郎: 未利用鉄資源, 1 輯, 128 頁, 第 2 表から作製した)



第 15 図 北海道斜里—島戸狩地区の海岸砂鉄の粒度分布 (左) および粒度と着磁率との関係 (右)
 左 図: 黒色部は着磁砂
 右 図: ● S-1 着磁率14%, ○ S-4 着磁率62%, × S-5 着磁率76%, △ S-6 着磁率47%
 (杉本良也・長谷川潔・土居繁雄・松井公平: 未利用鉄資源, 2 輯, 53~54 頁, 第 1 表および第 5 図から作製した)



第 16 図 海岸の砂礫と川の砂礫との淘汰のちがい
 (Kuenen: Marine Geology, 1950, 283 頁から, 井尻正二: 古生物学, 215 頁にも掲載されている)



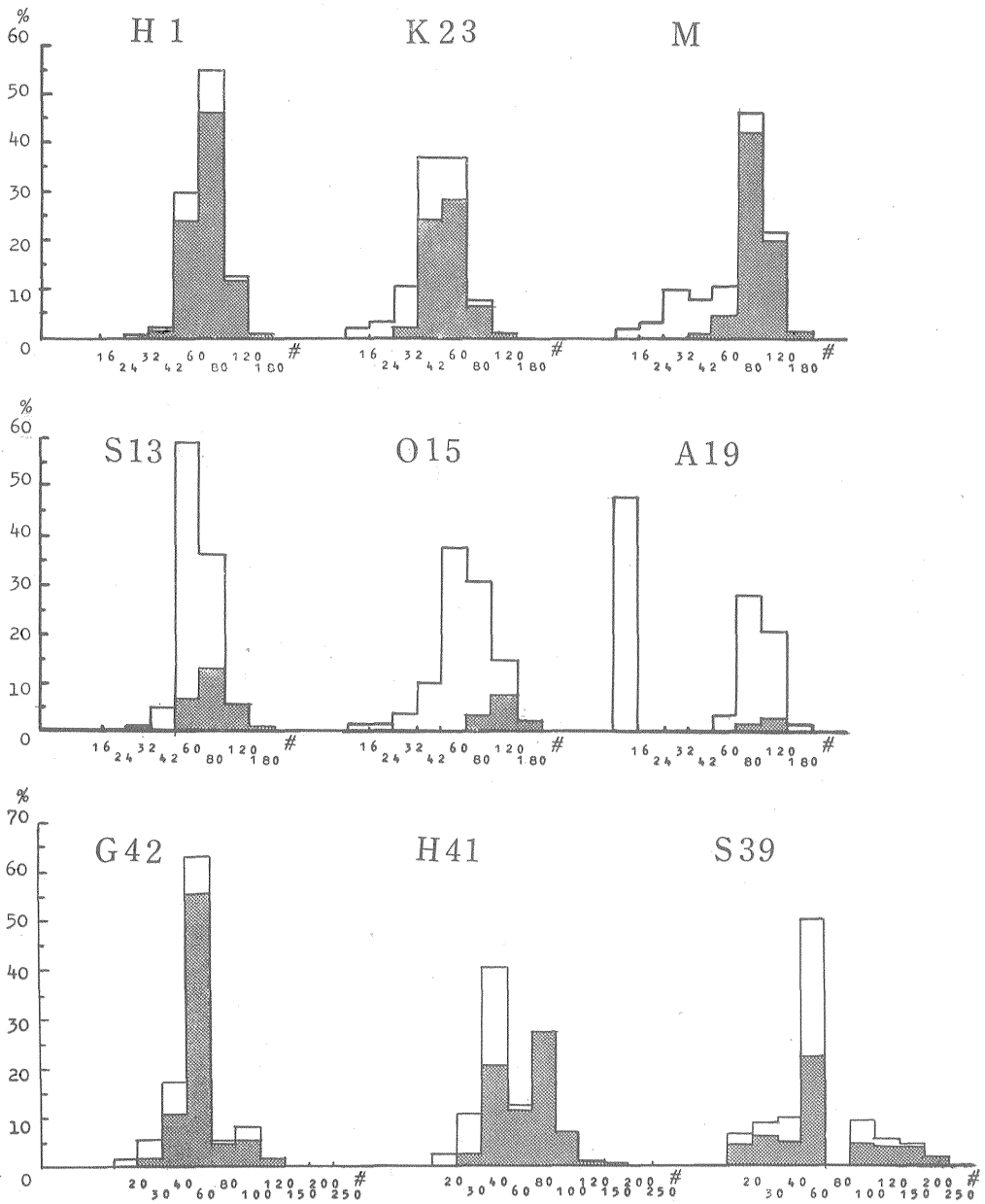
第17図 山陰海岸打上砂鉄の粒度分布(1) 黒色部は着磁砂を示す

上段：島根県浅利海岸，A30-原砂，A29-水洗精鉱

中段：島根県下遠田海岸(危地嶺山) S26-原砂，S24-淘汰盤精鉱

下段：島根県折居海岸，E-東浜，W-西浜

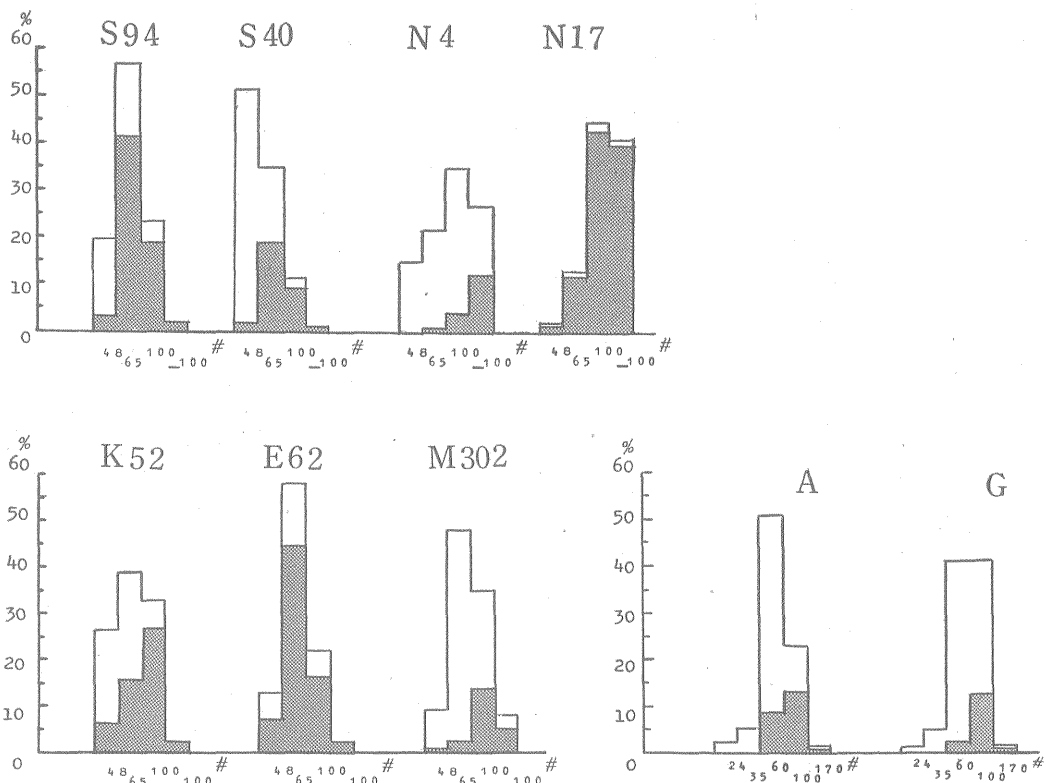
(服部富雄原図)



第 18 図 山陰海岸打上砂鉄の粒度分布 (2) 黒色部は着磁砂を示す

- | | |
|----------------------------|----------------|
| H 1 : 鳥取県宝木海岸 | A19 : 島根県秋鹿湖岸 |
| K 23 : 鳥取県曾生海岸 (1958年 8 月) | G 42 : 島根県江津海岸 |
| M 16 : 島根県向原海岸 | H 41 : 島根県日脚海岸 |
| S 13 : 鳥取県下木料海岸 | S 39 : 島根県三度海岸 |
| O 15 : 島根県大池海岸 | |

(服部富雄原図)



第19図 北海道の粒度分布
 黒色部は着磁砂(S, N, K, E, M)または鉄石粒子(A, G)
 噴火湾沿岸一道南地区の砂鉄

S: 尻岸内地区浜砂鉄
 E: 恵山地区洪積世砂鉄
 (牛沢信人・笹木敏・江口伸・笹川豊八・竹林陽一・塩田昭三・服部一三: 未利用鉄資源, 2巻, 41頁, 第3表から作製した)

標津-風蓮地区の砂鉄

A: 標津の浜砂鉄
 G: 床円の浜砂鉄

(長谷川潔・土居繁雄: 未利用鉄資源, 3巻, 41頁, 第3図から作製した)

率が高くなるにつれて比重も大きくなる(第10図)。

比重と粒度との関係を、各粒度別の鉄成分変化についてみると、第7図のように、粒度が細くなるにつれて鉄鉱物の含有率が増大し、これと反対に紫蘇輝石その他の鉄苦土鉱物・珪酸塩鉱物の含有率が減少する。また各粒度別のFeおよびTiO₂含有率の変化についてみると、第11~13(左)図に示したように、中砂→小砂→細砂と細粒になるにしたがってFe、TiO₂の含有率が増し、微砂→淤泥とさらに粒子が細くなると急激に含有率が減少する。第14図に示した鮮新世砂鉄においても、微砂→淤泥でFe、TiO₂含有率は急激に減少するが、細砂の部分で細くなるにつれてFe品位が漸増し、TiO₂品位が漸減するのは、磁鉄鉱粒子が増えるにつれてチタン鉄鉱が減少することを示すものであろう。

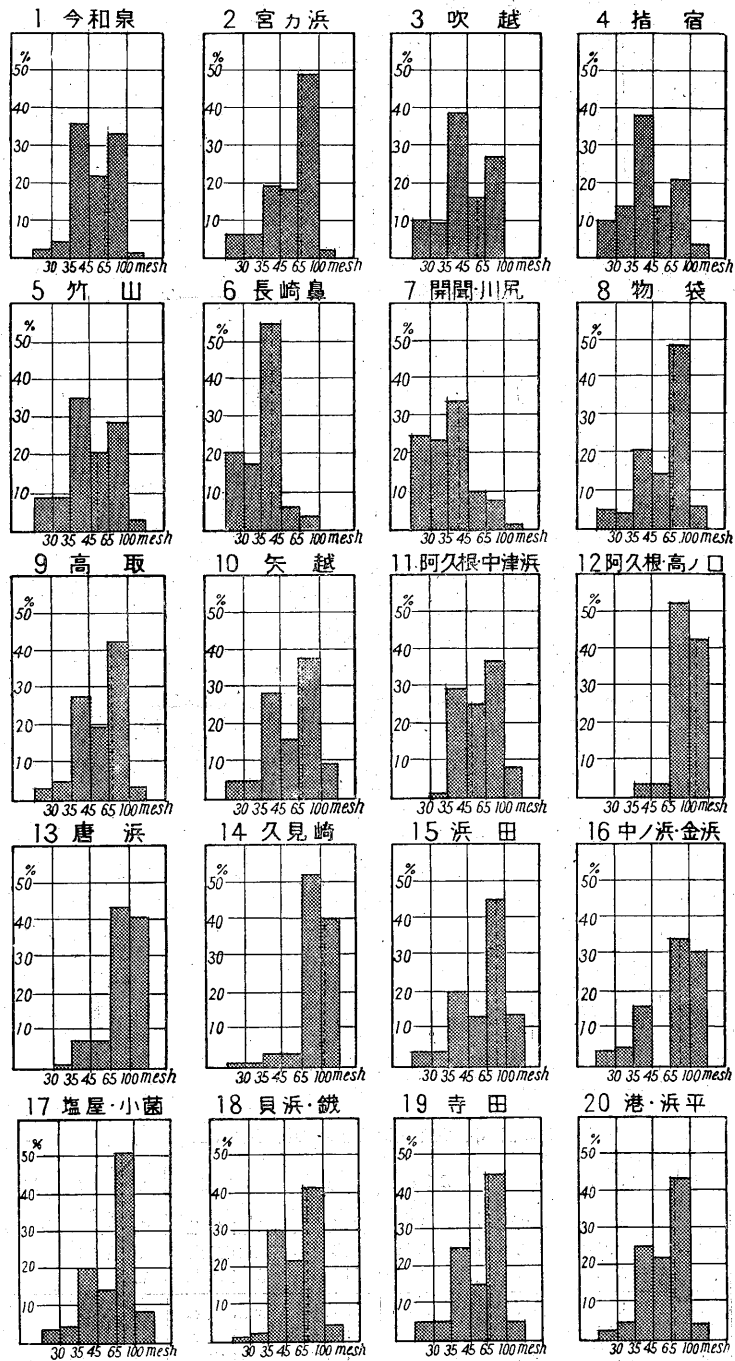
第15図は粒度別着磁率の変化を示したもの(右図)で、

着磁砂の含有率は粒子が細くなるにつれて急増するが、左図と比較すれば量的には径0.21~0.12mmの範囲に鉄石粒子が濃集することがわかる。

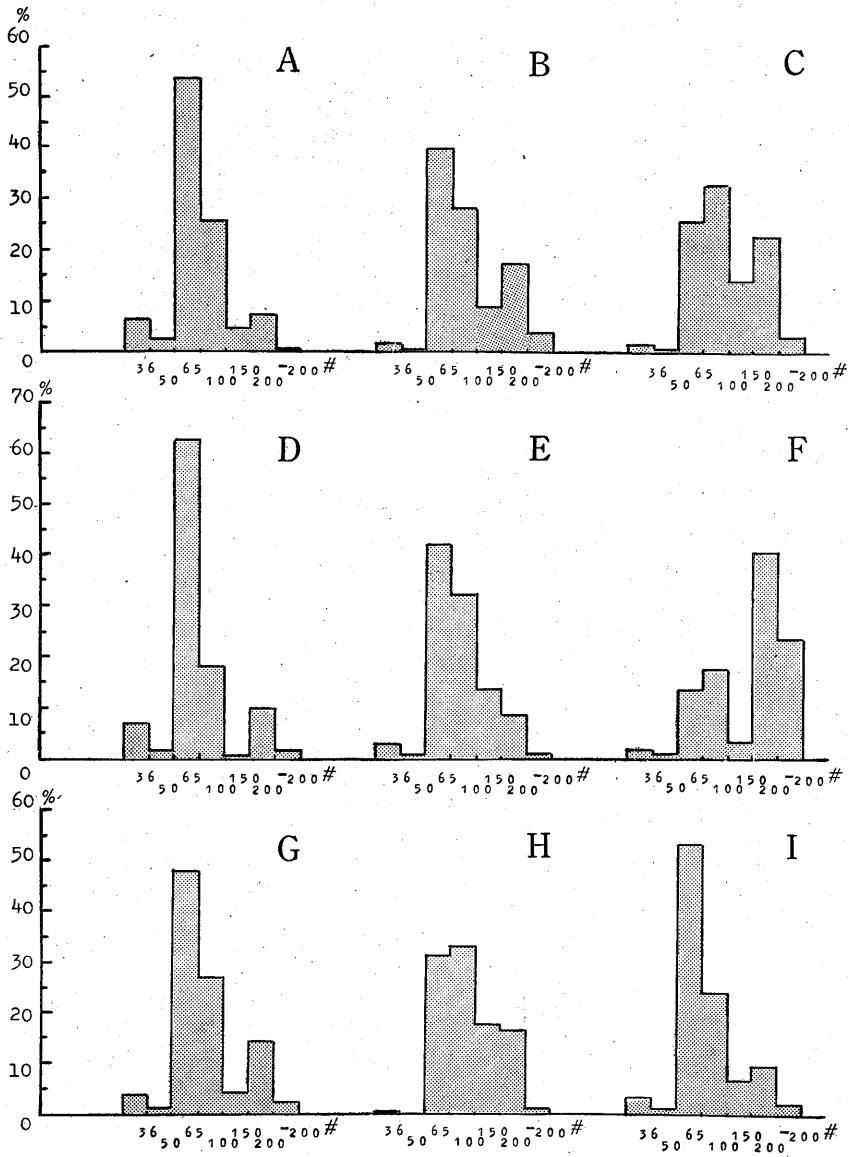
2.2 粒度変化と砂鉄の濃集

第16図は、よく教科書などに引用されている浜の砂礫と川の砂礫との粒度分布の典型である。浜砂は淘汰良好であり、川砂は淘汰不良である。海岸の打上砂鉄も浜砂の一部であり、一般にきわめて、あるいは比較的淘汰良好である。第17図上段および中段に、山陰海岸打上砂鉄の原砂と水洗精鉄との粒度組成を比較して示した。

島根県折居海岸は延長約400mの浜であるが、第17図下段に示したように、同じ浜でも場所によって砂鉄の粒度分布を異にする。また第18図K23(1958年8月採取)と、第13図右図(1959年9月採取)とを比較すると、同じ場所の打上砂鉄でも時期によって粒度分布を異にする



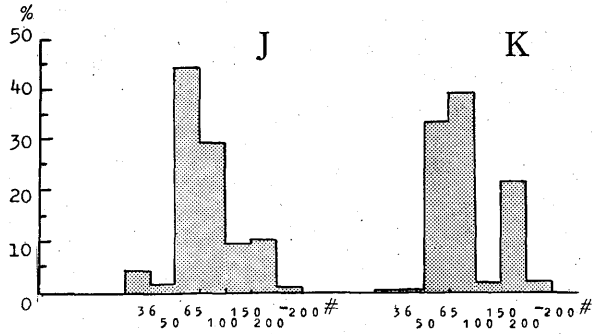
第20図 鹿児島県産砂鉄の粒度分布
(八幡製鉄所原料調査課：未利用鉄資源，1輯，259頁，第3図から)



第21図 中国山地の原地残留砂鉄の粒度組成 (1)

地区		Total Fe (%)	TiO ₂ (%)	SiO ₂ (%)	母岩	産地	鉱石
鳥日 取野 県郡	A	62.57	2.90	6.71	粗粒黒雲母花崗岩	羽内谷	
	B	69.22	0.79	1.41	粗粒角閃石黒雲母花崗岩	下栗	
	C	67.82	0.85	2.48	粗粒黒雲母花崗岩	吉嶺	
鳥仁 多 根 地 区	D	64.65	0.43	3.70	粗粒黒雲母花崗岩	角湯	真砂
	E	62.07	5.11	4.28	中粒塩基性混成岩	原	赤目
	F	62.07	1.32	3.66	細粒塩基性混成岩	乙	赤目
鳥島 上 根 地 区	G	67.15	1.40	1.86	花崗閃緑岩		
	H	68.95	1.04	1.02	粗粒黒雲母花崗岩		
	I	62.97	2.90	4.25	角閃石黒雲母閃緑岩		

(A, B, C は安田満夫・斎下康彦: 未利用鉄資源, 5巻, 148頁, 第4, 5, 7表から, D, E, Fは田
 阪朋一・田島清允・三田村信雄: 未利用鉄資源, 5巻, 154頁, 第3表から, G, H, Iは田中弘藏・
 飯塚勉・三浦清: 未利用鉄資源, 5巻, 159頁, 第3, 4表から, それぞれ作製した)



第22図 中国山地の原地残留砂鉄の粒度組成(2)

	Total Fe (%)	TiO ₂ (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	S (%)	備考
J	66.09	1.47	3.32	0.079	0.025	鉄穴場精鉱
K	68.10	0.88	1.94	0.088	0.029	Jの川砂鉄

島根県仁多地区里田産真砂，母岩は粗粒角閃石黒雲母花崗岩 (田阪朋一・田島清允・三田村信雄：未利用鉄資源，5巻，154頁，第3表から作製した)

ことがわかる。さらにまた第13図の右図と左図とを較べてみると，同じ地区でも砂鉄鉱床のタイプが異なればその粒度分布の傾向も異なることがわかる。第13，17，18図に示す山陰地区浜砂鉄の粒度分布から，さらに次のような一般傾向が指摘できる。高品位の砂鉄では原砂のピークと着磁砂のピークが一致する。比較的品位の低い砂鉄では原砂のピークは着磁砂のピークより粗い。

2.2 砂鉄の粒度分布のタイプ

第18図A19は宍道湖の湖岸砂鉄で，礫と細砂(鉱石=砂チタン)とはつきり分かれている。

山陰海岸の打上砂鉄には，1つのピークを示すものと2つのピークをもつものがあり，後者には，向原の砂鉄(第18図M16)のように。原砂では2つのピークを示すが細かい方のピークのみが着磁砂に属するもの(米子地区の内浜砂鉄もこの例である——第13図)と，隠岐島前や江津海岸など(第18図下段)のように，原砂・着磁砂ともに一致した2つのピークを示すものがある。このような2つのピークをもつことは試料採取箇所の近くに河口がみられることと関係があるように思われるが，その原因・機構については現在のところ明らかでない。

上に指摘したような，山陰海岸の砂鉄についてみられる幾つかの一般傾向は，第19，20図，あるいはすでに掲げた各地の機械的堆積砂鉄の粒度分布図からもうかがうことができる。

第21，22図は中国山地の原地残留砂鉄の粒度組成を示

したものである。大部分の砂鉄は小砂・細砂および微砂の3つのピークをもち，小砂のピークは他の2つのピークに較べて著しく小さく，片双ないし石英などの非金属鉱物粒によるものと考えられる。第22図は鉄穴場精鉱とその川流れ砂鉄とを比較したものである。鉄穴場精鉱では3つのピークを示し，微砂ピークははつきりしない程度であるが，川流れ砂鉄は小砂のピークが消失し，きわめてはつきりと分離された細砂と微砂との2つのピークを示す。この変化は当然河川の淘汰による効果を表わすものと考えられる。

以上述べたように，砂鉄の粒度組成には，砂鉄の生成機構・堆積環境などを反映して，幾つかの特徴と一般的傾向が認められるが，砂鉄は一般の砂礫とは異なつて特殊な重砂であるため，その粒度分布はかなり複雑で，必ずしも第16図のようなモデルのみでは説明できない点が多い。

(昭和36年7月稿)

文献

- 1) 原田久光：青森県大畑町の砂鉄鉱床，とくにその鉱物組成について，地質調査所月報，Vol. 12, No. 1, p. 1~8, 1961
- 2) 服部富雄：本邦の含チタン砂鉄資源，地質調査所報告特別号(E)，p. 1~38, 1960
- 3) 星野通平：日本近海大陸棚上の堆積物について，

地団研専報, No. 7, 1958

- 4) 井尻正二: 古生物学, p. 192~220, 理論社, 1956
- 5) 近藤精造: 銩子半島における浜砂鉄, 千葉大学文学部銩子臨海研究分室研究報告, No. 2, p. 32~35, 1960
- 6) 宮本弘道: 化学成分からみたわが国の砂鉄, 地質調査所報告特別号(E), p. 73~111, 1960
- 7) 長島乙吉・長島弘三: 日本希元素銩物, p. 331~333, 日本銩物趣味之会, 1960
- 8) 中村信夫: 山陰地方産砂鉄に関する研究, 東北大学選銩製錬研究所彙報, Vol. 11, No. 2, p. 225~242, 1955
- 9) 竹内常彦・南部松夫・岡田広吉: 砂鉄の性状に関する研究, 未利用鉄資源研究調査資料, 未利用鉄資源別冊, 1956
- 10) 東北地方含チタン砂鉄調査委員会: 東北のチタン砂鉄資源, 1953
- 11) 通商産業省地下資源開発審議会銩山部会: 未利用鉄資源, 第1~7輯, 1954~1960
- 12) 山本勇次他10名: 含チタン砂鉄の選銩に関する研究, 資源技術試験所報告, No. 40, 1958