

ークル活動は、あまりにも有名である。これは常時陸地海洋をとわず生産されて、絶えず補給されているわけである。また pH 8 の海水中において P は析出沈殿を行なうが、常に一部の磷は海水中に可溶性磷として溶存していることも地球化学で明らかである。海底には特に生物が死亡推積して、分解されるため、これに比例して海底にはかなりの可溶性磷があるものと思われる。

5. 結 言

- 1) 現在までの実験研究によつて、海底砂鉄の表面には、顕微鏡でも確認することのできない程、きわめて薄く、磷が燐酸カルシウムとして吸着していることがわかった。
- 2) その化合物は稀薄な酸によつても、砂鉄の表面から剝離することができる。
- 3) 磷分を剝離した砂鉄精鉄の表面に人工的に再び燐酸カルシウムを吸着させることもできた。
- 4) 以上の実験を基礎に、合理的な剝離法と、剝離された燐酸カルシウムを肥料源としての回収法などについて、さらに研究を進める予定である。

文 献

- 1) 坂田, 八木, 鉄と鋼 50 (1964) 5, p. 830

622.341.1-492:622.998

(31) 砂鉄の熱磁選に関する基礎研究

八幡製鉄, 技術研究所

工博 石光章利・菅原欣一・〇仲田泰三

Studies on Thermo-Magnetic Separation for Iron Sand.

Dr. Toshiaki ISHIMITSU, Kinichi SUGAWARA and Taizō NAKATA.

1. 緒 言

国内鉄資源に乏しい本邦で、約7億トンの資源量を有するといわれる砂鉄の有効利用を図ることの重要さは論を俟たないが、そのためには原料予備処理の段階で Ti 含量を下げるのが前提として必要であり、古くからその処理法に関していろいろ報告されている。

しかし砂鉄のチタンは、Ti 鉱物の形で鉄鉱物とは別に存在する例は少く、ヘマタイト、あるいはマグネタイト中に固溶もしくは複雑な形で存在し、たとえ極度の破碎を行なつて、機械的に単体分離を試みても、ほとんど不可能に近いため、現在なおこれといった決定的な方法は開発されていない。

しかし砂鉄の強磁性鉱物は、magnetite を母体とする鉱物のみに限らず、hematite 系の鉱物としても存在

するという報告<sup>1)</sup>は、砂鉄の Ti 分離に活路を開いた。

砂鉄中の Ti 分の大部分が、鉄鉱物中に、固溶または共析していることは前述の通りであるが、上記の両強磁性体中へのチタン分の固溶はきわめて選択的である。すなわち、magnetite 系への TiO<sub>2</sub> の固溶は 8~10% であるが、hematite 系へは 35~40% 固溶している。したがつて何らかの方法で、Ti 分の高い hematite 系砂鉄を分離できれば、TiO<sub>2</sub> 含有量をかなり低めることができるはずである。

その分離には、両鉱物のキューリー点の差を利用できるのではないかという予測が成立する。magnetite 系砂鉄のキューリー点は約 580°C、hematite 系砂鉄のキューリー点が 150~200°C である。したがつて後者のキューリー点付近の温度に熱せられた砂鉄を磁選すれば、磁着物として magnetite 系砂鉄を、非磁着物として、hematite 系砂鉄をそれぞれ分離できる。

最近八幡製鉄技術研究所では、熱磁選に関して、東邦金属KKと共同で、pilot plant 規模の操業試験を行なつた。

本報告では、上記操業の結果の概要と、その試験の選別産物について行なつた基礎試験の結果を述べる。

2. パイロットプラント操業試験

パイロットプラント試験は、東邦金属KK所有の設備を使用して行なつた。設備の概要は Fig. 1 に示す通りで、原料装入用バケットコンベアー、ロータリーキルン本体および磁選機よりなつている。

原料には Table 1 に示す化学成分の九州地方4銘柄砂鉄を使用し、まず原料を①に示すバケットコンベアーに装入する。②に示すキルン本体に入つた砂鉄は 100~300°C の所定の温度に加熱され、③に示す磁選機中に給鉱され、磁選を受ける。

Fig. 2 に磁選産物の TiO<sub>2</sub> 品位を示すが、使用した

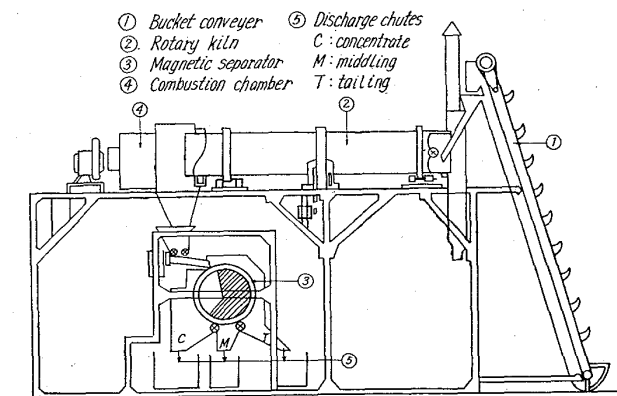


Fig. 1. The Pilot plant in Toho Kinzoku K. K.

Table 1. Chemical component and sieve analysis of sandy iron ores.

The place of production	Chemical component (%)					Sieve analysis (%)			
	Fe	SiO <sub>2</sub>	P	FeO	TiO <sub>2</sub>	+48#	48~65#	65~100#	-100#
Tanegasima	56.05	4.11	0.168	31.51	11.48	20	38	32	10
Onejime	53.80	6.99	0.168	28.29	8.56	16	11	43	30
Ariake	54.80	3.74	0.255	29.19	10.46	46	29	21	4
Kunisaki	53.05	2.01	0.120	30.22	18.22	76	13	10	1

Table 2. Chemical analysis of products separated.

The place of production	Concentrate					Tailing				
	No.	T. Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	No.	T. Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
Tanegasima	1	57.7	30.6	48.5	8.9	1'	33.3	18.2	27.3	23.7
Onejime	2	57.3	32.1	45.3	8.5	2'	20.6	13.1	14.9	8.9
Ariake	3	57.4	30.8	47.8	8.3	3'	25.9	16.5	18.8	21.7
Kunisaki	4	59.1	31.9	49.1	8.5	4'	40.4	25.2	29.7	35.0

4 銘柄については、原料 Ti 含量の多寡に無関係に、熱磁選精鉱のチタン含有率は9%程度に一致し、1) 原鉱のチタン含有率の高い程、磁選効果は期待できること。2) 熱磁選精鉱のチタン含有率は9%以下に期待できないという結論を得た。

上述のごく熱磁選の効果が、精鉱チタンの含有率を9

%に低下せしめるにあることはほぼ断定し得ると思うが、鉱物学的性質のいかんにかかわらずこの結果が期待できるか否かに関しては、さらに基礎的な考察が必要であると考えられるので、本試験の結果産出された磁選産物の性状を検討することによってその考察を試みた。

3. 基礎試験結果

3.1 試料

試料は前記九州地方4 銘柄砂鉄の熱磁選分離産物のうちの 200°C で磁選したもので、各精鉱、尾鉱の分析値を Table 2 に、TiO<sub>2</sub>-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3 成分平衡図上における成分位置を Fig. 3 に示す。

すなわち、精鉱は Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-FeO·TiO<sub>2</sub> または Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-2FeO·TiO<sub>2</sub> 固溶系列中の Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 側の組成を示し、尾鉱は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO·TiO<sub>2</sub> 固溶系列中の中間よりやや FeO·TiO<sub>2</sub> 側の組成を示すが、銘柄によつては幾分相違するようである。

3.2 磁気分析

200°C で熱磁選した精鉱、および尾鉱の温度-磁化量の関係を磁気天秤で測定したが、その内、種子島、大根占に関する測定結果を Fig. 4 に示す。いずれの銘柄でも精鉱は凸型 2 次曲線を描きながら、450~500°C のキューリー点に向つて磁化量を減じ、尾鉱は反比例曲線に類似の曲線を描きながら、150~200°C のキューリー点に向かつて磁化量を減じる。この両曲線の磁気特性の差は、100~300°C の広い温度範囲に渡る磁選分離の可能性を示すと同時に、両試料が鉱物学的に異質のものを裏付けており、磁選分離機構に関する有益な手掛を提供してくれる。

3.3 X線解析

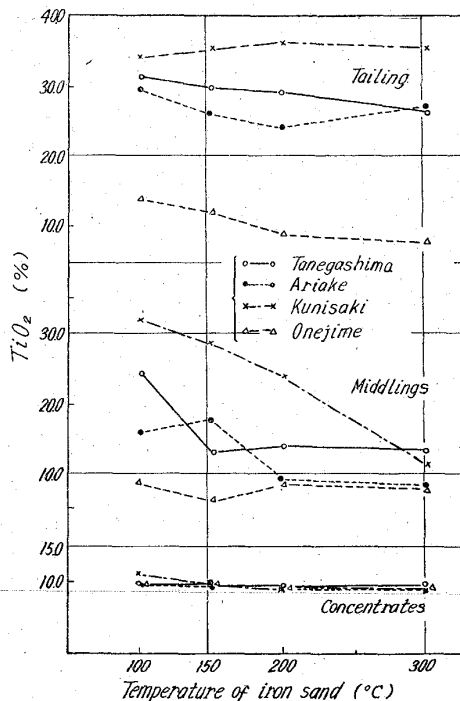


Fig. 2. TiO<sub>2</sub> content in thermo-magnetic products.

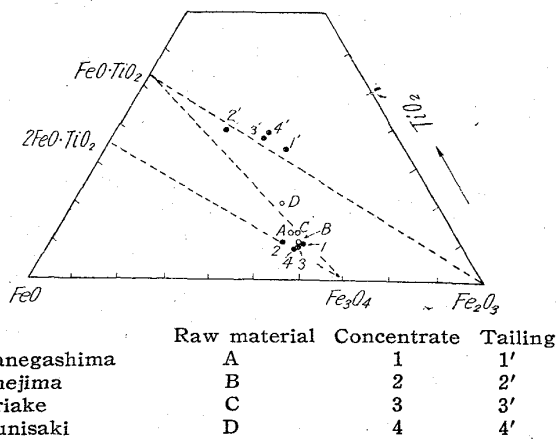


Fig. 3. Thermo-magnetic products plotted on the TiO<sub>2</sub>-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram.

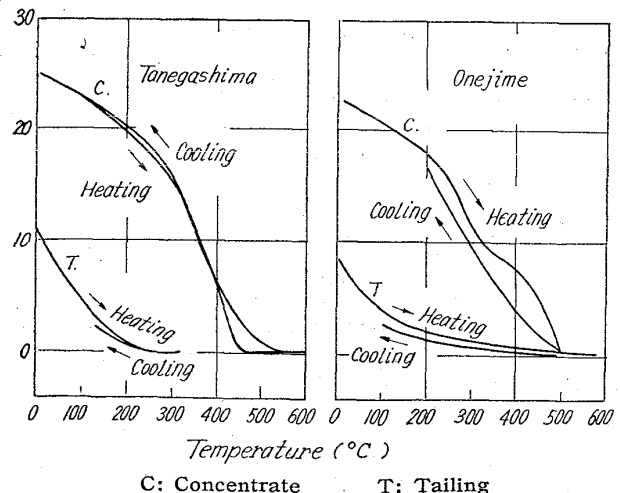


Fig. 4. Results of measurement by magnetic balance method.

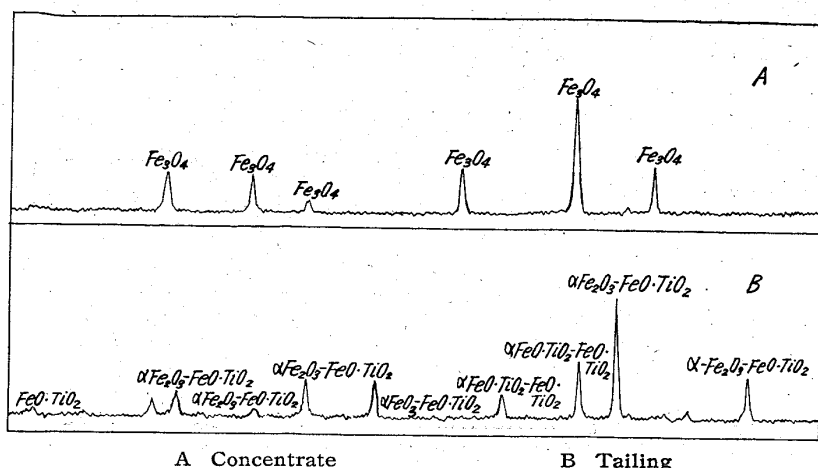


Fig. 5. Results of X-ray diffraction analysis for sandy iron ore from Tanegashima.

前記 4 銘柄砂鉄の精鉱。尾鉱を X 線解析し、それぞれを構成する砂鉄の鉱物性状を検討した。Fig. 5 は種子島産砂鉄に関する解析の結果を示しているが、精鉱の回折線は磁鉄鉱の回折線と近似している。尾鉱の回折線は、hematite, ilmenite の中間の波長を示すが、この結果は、尾鉱を構成する鉱物が、hematite と ilmenite の中間的な固溶体であることを示すものと思われる。

#### 3.4 顕微鏡観察

前記 4 銘柄砂鉄の熱磁選精鉱は、大部分均一な磁鉄鉱粒子として識別される。一部に認められる格子状共析組織は、magnetite のマトリックス中に析出するイルミナイトである。この精鉱粒子を酸素雰囲気中で熱処理すると、magnetite の {111}, {100} に微細な赤鉄鉱の格子状組織が析出する。

尾鉱粒子は、精鉱のそれとほぼ同一の色調を有し、hematite としての確認は困難であるが、弱い偏光性を有することから、hematite 質または、それに近い鉱物であると推定される。

Pouillard<sup>2)</sup>は  $Fe_2O_3-FeO-TiO_2$  固溶系列中に 2 つの中間鉱物が存在するとし、和田氏<sup>3)</sup>は強磁性体としての砂鉄はイルミナイト側の中間鉱物、 $2(FeO \cdot TiO_2) \cdot Fe_2O_3$  の近傍において発生することを認めているが、もしこの中間鉱物が存在するとすれば、尾鉱を中性雰囲気中で熱処理すると、格子状の共析組織が析出するはずである。熱処理の結果では何ら組織上の変化は認められず、 $FeO \cdot TiO_2-Fe_2O_3$  固溶系列中には、むしろ全面的な固溶系列が存在する可能性が強いように思われる。

#### 4. 結 言

熱磁選に関する一連の試験の結果から、パイロットプラント操業の場合でも、机上実験の結果を十分再現できる見通しを得、基礎試験の結果からは次のような結論を得た。

(1) 精鉱を構成する粒子は磁鉄鉱質鉱物であつて、Ti 分を  $FeO \cdot TiO_2$ ,  $2FeO \cdot TiO_2$  の形で固溶するものである。

精鉱を構成する鉱物は  $Fe_3O_4$  質のものであり、TiO<sub>2</sub> を  $FeO \cdot TiO_2$ ,  $2FeO \cdot TiO_2$  の形で少量含有するものであることが確認されたがこれは従来の報告とも一致して

いる。平社<sup>3)</sup>氏などは  $Fe_3O_4$  (magnetite) と  $2FeO \cdot TiO_2$  (ulvöspinel) のみの全面にわたる均一固溶体を想定しているが、砂鉄鉱物の生成条件などを考慮すれば、 $FeO \cdot TiO_2$  (ilmenite),  $2FeO \cdot TiO_2$  (ulvöspinel) のいずれもが、 $Fe_3O_4$  と均一な固溶体を作るとみるのが自然である。

(2) 尾鉱は、 $Fe_2O_3-FeO \cdot TiO_2$  固溶系列中の鉱物である。

尾鉱は化学分析、X 線回折の結果から、 $Fe_2O_3-FeO \cdot TiO_2$  系列中の固溶体と確認されるが、この種砂鉄鉱物の磁気発生機構は従来、いろいろ論議的となつて

いる。弱磁性体である  $\alpha$ -hematite と ilmenite の中間固溶体中の強磁性発生機構に関しては、和田氏<sup>3)</sup>は Pouillard<sup>2)</sup> のいう中間鉱物が関与するといった考察を進めているが、 $Fe_3O_4 \leftrightarrow \gamma Fe_2O_3 \leftrightarrow \alpha Fe_2O_3$  間の格子の変換が本質的に容易であること、ならびに、顕微鏡観察の結果では偏光性がきわめて弱いことなどから、この種砂鉄の強磁性発生機構は、 $\gamma$ -hematite-ilmenite 間またはそれに類似のものに求め得るとも考えられる。

#### 文 献

- 1) T. NAGATA: Rock magnetism (1953)
- 2) E. POUILLARD: Ann. de. Chimie, 5 (1950)
- 3) 平社敬之助他:  $TiO_2-FeO-Fe_2O_3$  系人工砂鉄に関する研究, 日本鉱業会誌, 847 号
- 4) 和田正美他: 含チタン砂鉄の選鉱学的研究, 第 6 報, 東北大学選研彙報, 13 (1957) 1

### (32) 還元処理ロータリーキルンの改良法について

(ロータリーキルンによる砂鉄予備還元の研究一Ⅷ)

東北電化工業, 大間々工場

○荒川 秀雄

On the Improvement upon the Reduction by Rotary Kiln.

(Study on the pre-reduction of iron sand with a rotary kiln.—Ⅷ)

Hideo ARAKAWA.

#### 1. 結 言

本連報<sup>1)~7)</sup>の前報<sup>7)</sup>で還元キルンの障害現象となるダムリングの粘着防止法を報告したので、本報では還元キルンに関する熱経済上の改善策について検討する。とくに熱効率改善に効果の大きい空気吹込み法の設計方法を述べ、実験結果から本法の効果を検討し、さらに他の改善法の可能性を提示する。

#### 2. 管体途中の空気導入

固体還元剤を鉱石に配合加熱するキルン還元方式は還元反応が実質的に進行する温度帯域で、平衡上 CO が高濃度となり、原則的には直接還元となる<sup>2)</sup>。このとき発