

長崎の浜砂に含まれる砂鉄と鉄を取り出す実験

近藤 寛[※]・森下浩史^{※※}・辻健太郎[※]

※長崎大学教育学部数理情報講座

※※長崎大学教育学部初等教育講座

(平成 18 年 3 月 17 日受理)

1. はじめに

長崎市の海浜における砂鉄を調査するとともに、砂鉄という子どもたちにとって身近にある材料を使って、子どもたちが簡単にできるテルミット反応について実験を行った。

砂浜の砂には、黒色の砂鉄が含まれている。この砂鉄は、磁鉄鉱(Fe_3O_4)という鉱物を主としている。磁鉄鉱は強い磁性があるために磁石を使って、砂浜の砂から砂鉄を容易に集めることができる。長崎市地域において、砂浜の砂に含まれる砂鉄の分布について調査を行った。

鉄は、昔は砂鉄と木炭を「たたら」という炉の中で長い時間燃焼させて作られていた。ここでは砂鉄から鉄の塊を作る簡単な実験を、テルミット反応により行った。砂鉄から鉄をとりだすこの簡単な実験は、教育学部がとりくんでいるサイエンス・ワールドや長崎科学館でおこなわれる科学の祭典などにおいて出展してきた。その際にアンケートを行った。そのアンケート結果についても報告する。さらに砂鉄を教材として利用することについて検討した。

2. 砂鉄とは

砂鉄は、「各種岩石中の副成分鉱物である磁鉄鉱・含チタン磁鉄鉱・イルメナイトなどが岩石の風化によって分離、水流や風に運ばれ淘汰・集積したもの。安山岩質火山岩源、花崗岩質岩源など。含チタン砂鉄は重要なチタン原料であり、日本でも製鉄原料・チタン原料として採掘された。」また、磁鉄鉱は「硬度 6、比重 5.2、金属光沢、黒色、フェリ磁性強、良伝導体」である(地学団体研究会、1996)。

木下編（1961）によると砂鉄は、磁鉄鉱・チタン鉄鉱・赤鉄鉱を主な鉱物成分とし、輝石・角閃石・かんらん石など種々の火成岩の造岩鉱物をも伴う。このうち磁鉄鉱は八面体またはこれに近い粒状で磁性が強い。

3. 長崎地域の地質と調査した砂浜

長崎市地域の地質は、古い岩石の順から長崎変成岩類、古第三紀層の堆積岩類、長崎火山岩類から主に構成されている（鎌田、1987；長崎県自然保護協会、1996）。長崎変成岩類は西彼杵半島と長崎半島に広く分布し、変成岩の大部分は結晶片岩である。古第三紀層は、伊王島、沖ノ島、香焼、高島、端島などに分布している。以前は、高島炭田として石炭が採掘されていた。長崎火山岩類は、長崎市地域に広く分布している。岩石は、輝石安山岩と同質の火山砕屑物から構成されている。

長崎市地域において規模が大きい砂浜は、野母崎町の高浜、脇岬にある。これらは海水浴場となっている。規模が小さな砂浜（ポケットビーチ）は、各地の海岸に見られる。

砂浜の後背地が長崎変成岩類、古第三紀層の堆積岩類、長崎火山岩類からなる砂浜について、砂に含まれる砂鉄の含有量を調査した。なお、潮が満ちてくると海の中に沈んでしまう砂浜の部分は前浜という。嵐などがない限り海に沈むことのない砂浜の部分は後浜（ストームビーチ）という。最近では砂浜を整備する際に、他所から砂を入れることがあるので、砂の観察には注意を要する。

長崎変成岩地域の砂浜

1. 三和町蚊焼漁港

比較的広い漁港であるが、砂浜は小さい。砂は淡灰色～淡緑色であった。

2. 野母崎町高浜

規模が大きな砂浜である。前浜から後浜までの長さは50mほどである。砂浜の南に川が流れているが、堤防により砂浜と隔てられている。砂浜の砂は他所から持ち込まれた砂が混入した様子がうかがえる。砂は中～細粒であった。夏場は高浜海水浴場として賑わう。

3. 野母崎町脇岬

規模が多きい砂浜である。砂浜には小川がながれこんでいる。砂は淡緑色であった。脇岬海水浴場と呼ばれている。

古第三紀層地域の砂浜

1. 香焼町堀切

小さな漁港である。周囲は敷石などで取り囲まれ小さな砂浜ができています。周辺の堆積岩は砂岩が優勢である。この砂は、他所から持ち込まれた様子がある。

2. 香焼町辰ノ口（雀ヶ浜）

湾には防波堤があり、潮の流れは緩やかである。湾奥の砂浜はコンクリートの階段で囲まれている。周囲は堆積岩である。砂浜の砂は雲母片が多く、灰色の細粒砂である。

長崎火山岩地域の砂浜

1. 飯香浦町飯香ノ浦（3ヶ所の砂浜を調査）

飯香ノ浦の最も湾奥にある砂浜である（調査地1）。砂浜の後浜に防波堤がある。周囲の地質は火山角礫岩である。後浜の砂に砂鉄が濃集している。その地点の砂浜の傾斜角は 9° であった。

最初の調査地1から西にある岩石海岸を南に行くと海老の養殖場跡がある。そのすぐ南に小さな砂浜がある（調査地2）。ここの砂は火山岩の礫を混じえている。砂の表層の一部に砂鉄が濃集している。

調査地2からさらに南に比較的大きな砂浜がある。その南にあるやや小さな砂浜が調査地3である。ここの砂には砂鉄が最も濃集している。砂鉄はラミナとして産出する。砂鉄が多い砂浜の傾斜角は 9° である。砂鉄が少ない砂浜は傾斜角が 4° であった。

2. 小浦町福田港

福田港奥の西にある小さな砂浜である。後背地は輝石安山岩と安山岩質火山角礫岩である。この砂浜の近くに川はない。

4. 砂浜の砂鉄の含有量

調査した砂浜において砂鉄は、後浜に分布することが多い。これは海が荒れたときに後浜の砂に砂鉄がラミナ状に砂の中に濃集した後、そのまま残存したものと思われる。長崎市地域の砂浜から採取した砂 250 g にふくまれる砂鉄の含有量（%）は表1、表2に示した。含有量の実験方法は次のとおりである。

1. 現地調査で採集した砂は水で洗浄した後、乾燥させる
2. 砂 250 g を紙の上に薄く敷き、磁石を砂につけて砂鉄を集める。これを3回繰り返す。
3. 上記により集めた砂鉄をひろげ、磁石を砂鉄から離して再び砂鉄を集める。
4. 集めた砂鉄の重さをはかる。

調査した砂浜の砂から集めた砂鉄の含有量（%）は、長崎変成岩地域では少ない。古第三紀層地域でも少ないが、香焼町堀切では4.6%であった（表1）。長崎火山岩地域では、飯香ノ浦の調査地3の砂は砂鉄が濃集していて砂鉄の含有量（%）は最大で57.8%であった。

長崎変成岩地域の脇岬海岸で採集した砂は淡緑色であった。これは海岸の後背地に分布する野母変はんれい岩に含まれる緑色角閃石によるものと思われる。古

表1 浜砂から集めた砂鉄の含有量 (%)

調査地	長崎変成岩地域			古第三紀層地域				長崎火山岩地域
	蚊焼漁港	高浜	脇岬	堀切		辰ノ口		福田港
				A	B	A	B	
砂鉄 (g)	2.61	1.19	0.33	1.73	11.54	0.09	0.21	2.45
含有量 (%)	1.0	0.5	0.13	0.7	4.6	0.04	0.08	1.0

表2 飯香ノ浦の浜砂から集めた砂鉄の含有量 (%)

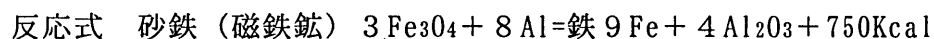
調査地	1			2	3		
	A	B	C	A	A	B	C
砂鉄 (g)	29.4	14.3	1.8	6.8	144.6	9.6	21.0
含有量 (%)	11.8	5.7	0.7	2.7	57.8	3.83	8.4

第三紀層地域では、香焼町辰ノ口の砂は雲母が多い。しかし雲母の起源については今後の検討課題である。

長崎火山岩地域の砂浜の砂は、砂鉄以外の有色鉱物として安山岩に由来する輝石や角閃石が観察される。磁鉄鉱と輝石や角閃石が結びついている場合は、磁石による砂鉄の回収の際に輝石や角閃石が混ざるために、磁鉄鉱だけを選別することが難しくなる。

5. テルミット反応

鉄の原料である鉄鉱石は、自然界において酸化鉄として存在している。この酸化鉄から鉄と化合している酸素を取り除くには鉄鉱石をコークスと溶鉱炉の中で反応させて（還元して）銑鉄とする。銑鉄は、炭素分が多く含まれているので脆い。銑鉄は、炭素を少なくする行程を経て鋼となる（志賀、2003）。テルミット反応はアルミニウムの粉が燃えるときの高熱を利用して、砂鉄(Fe₃O₄)から鉄を取り出す。この反応は「テルミット反応」と呼ばれている。



鉄とアルミニウムの割合は、695g : 216g であるので、約 3 : 1 の重量の割合となる。アルミニウムに燃焼するとき、強い発光とともに高温となる。砂鉄は融解されてアルミニウムによって還元される。このようにして鉄の塊ができる。

実験材料は次のとおりである。

1. 砂鉄（砂浜の砂から採取したもので、純度が高いもの。）
2. アルミニウム粉末：シグマ・アルドリッチ・ジャパン（株）Code No. 01-2570-5
500 g 1,972 円
3. 花火：ニュースターパークラー S、井上玩具煙火（株）
4. 紙ルツボ（封筒の角を約 5 cm に斜めに切ったもの。）
5. アルミ製皿（砂を入れる。砂は細粒のものがよい。）
6. その他：ピンセット、磁石、金づち、着火マン、ステンレス容器（水を入れる。）

実験方法は次のとおりである。

1. 砂鉄 18 g とアルミニウム粉末 6 g をビニール袋の中で混ぜる。よく混ぜたものを紙ルツボに移す。
2. 砂鉄とアルミニウム粉末を入れた紙ルツボをアルミ製皿の砂の中にいれて安定させる。
3. 1 cm ほどの花火の破片を砂鉄とアルミニウム粉末の中央部に立てる。また花火の破片を少量入れる。
4. 中央部に立てた花火に着火マンで点火する。
5. 花火が燃えてアルミニウムに着火する。アルミニウムは激しく燃えて高熱となり、青白く輝いて燃える（写真 1）。
6. 燃え終わってしばらくして、燃えた後の塊をピンセット等でつまみ、ステンレス容器の水に入れて冷やす。
7. 燃えた後の塊を水中から取り出して金づちで割り、鉄の塊を取り出す。直径 5~15mm の鉄の塊ができる（写真 2）。

実験上の注意は、アルミニウムが燃える際に激しく反応して高温になるので実験は室外で実施すること、燃えている間は紙ルツボから離れること、火の扱いに注意してヤケドが無いようにすること、反応中は青白く輝く炎を見ないことなどである。

できた鉄の塊は割れにくいために、金づちでたたいても割れないで塊として残る。また、金属であるのでヤスリ等で磨くと金属光沢がある。鉄板の上で金づちで叩くと金属音がする。磁石に近づけるとくっつく。鉄は大きな塊のほかに、いくつかの小さな鉄の塊ができる。

6. テルミット反応による鉄の回収

鉄とアルミニウムの反応式では、それらの重量は約 3 : 1 の割合である。その割合を変えた場合のテルミット反応による鉄の回収率 (%) を求めた（表 3、表 4、図 1）。実験の値は、それぞれ 2 回の実験の平均値である。回収率 (%) = 回収さ

表3 テルミット反応による鉄の回収率 (%)

砂鉄 (g)	9	9	9	18	18	18	27	27	27
アルミニウム (g)	3	6	9	3	6	9	3	6	9
鉄の塊 (g)	3.39	1.77	0.74	3.09	7.28	6.93	0	9.22	11.0
回収率 (%)	37.7	19.7	8.2	17.2	40.4	38.5	0	34.1	40.6

表4 鉄とアルミニウムの重さの割合と鉄の回収率 (%)

鉄/アルミニウム	9	6	4.5	3	3	3	2	1.5	1
砂鉄 (g)	27	18	27	27	18	9	18	9	9
アルミニウム (g)	3	3	6	9	6	3	9	6	9
鉄の塊 (g)	0	3.09	9.22	11.0	7.28	3.39	6.93	1.77	0.74
回収率 (%)	0	17.2	34.1	40.6	40.4	37.7	38.5	19.7	8.2

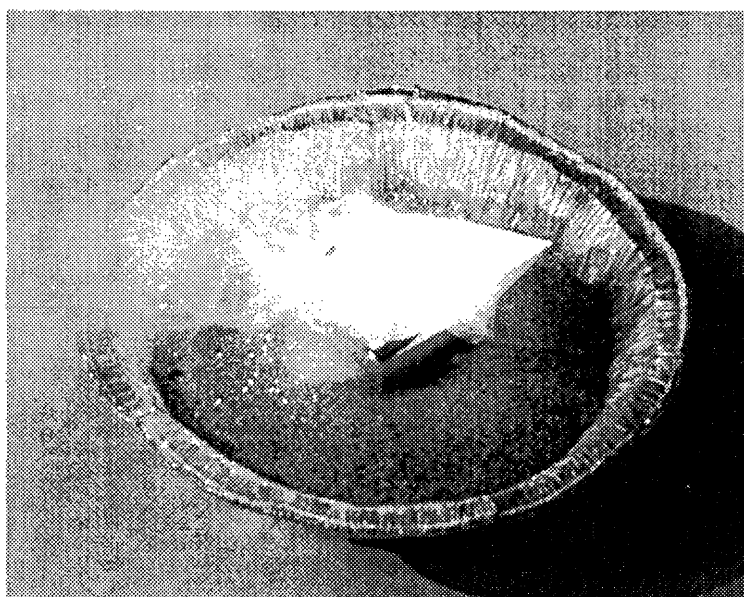


写真1. テルミット反応の様子

れた鉄の塊 (g) / 砂鉄 (g) × 100 である。砂鉄 27 g とアルミニウム 3 g の場合は、アルミニウムはほとんど燃焼しないために、鉄の塊ができなかった。砂鉄 18 g とアルミニウム 3 g の場合も、アルミニウムはほとんど燃焼しなかった。しかし花火の量を増やすことにより鉄の塊を得ることができた。

砂鉄とアルミニウムの量にはほとんど関係なく、砂鉄とアルミニウムの割合が 3 に近いものは、鉄の回収率 (%) が高くなっている (表3、表4、図1)。砂鉄とアルミニウムの割合が 3 に近いものは、鉄の塊が大きい。砂鉄に対してアルミ

ニウム（Al）の割合が大きいと、取り出された鉄の塊は、白味を帯びてくる。砂鉄（Fe）の割合が大きいつき、鉄の塊は黒味を帯びてくる。

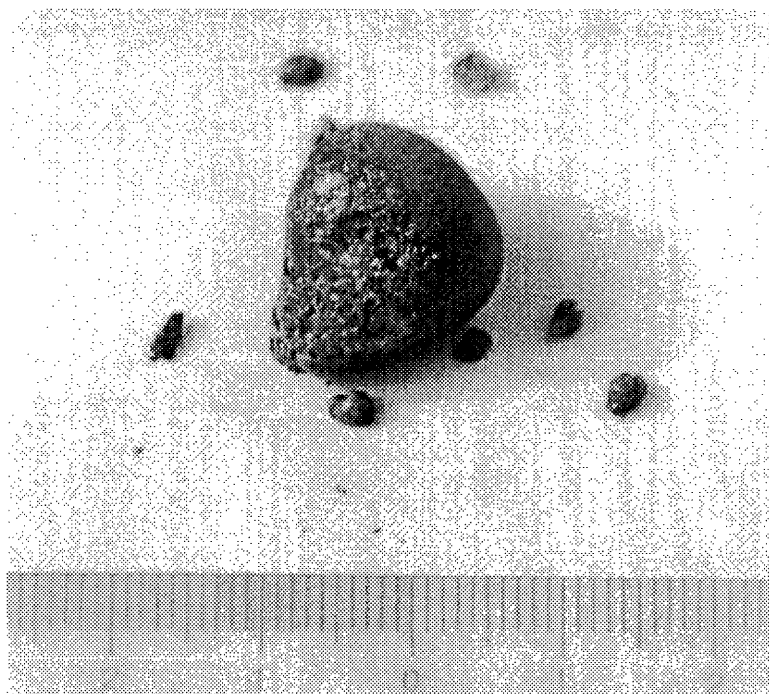


写真2. 取り出した鉄の塊

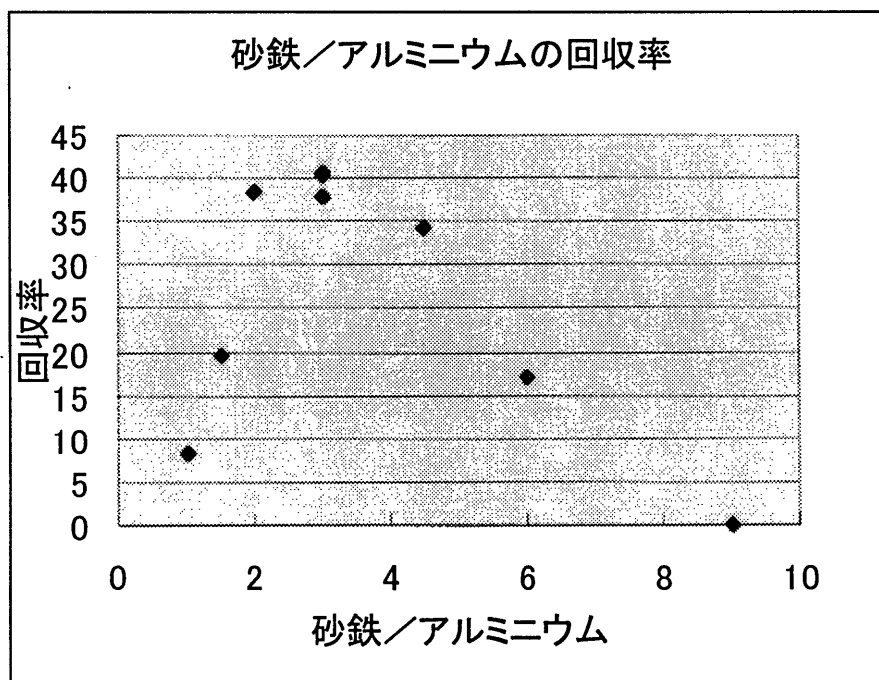


図1 砂鉄／アルミニウムの割合と鉄の回収率 (%) の関係

7. テルミット反応により鉄砂から鉄を取り出す展示実験

この実験は、これまでに科学の祭典などに出展してきた。展示実験の題目は「砂鉄から鉄を作ろう」とした。出展した日時と行事名は、次の通りである。

平成 17 年 10 月 22 日（土）～23 日（日）科学の祭典（長崎市科学館）

平成 17 年 10 月 30 日（日）サイエンスワールド イン 有馬 有馬小学校

平成 17 年 11 月 18 日（金）～19 日（土）サイエンス広場 教育学部祭

平成 17 年 12 月 19 日（月）出張サイエンス イン 時津中学校

平成 18 年 3 月 4 日（土）第 4 回池島小学校 科学まつり 池島小学校

平成 18 年 3 月 11 日（土）瀬戸っ子共育塾 科学祭り 瀬戸小学校

展示実験を終了したあとに、実験をおこなった子どもを対象として、アンケートを実施した。アンケートの内容は、時津中学校におけるアンケートの例を次に示している。

砂鉄から鉄を取り出そう！！（出張サイエンス イン 時津中学校）

1. 中学何年生？

1 年 2 年 3 年 男 女

2. 砂鉄を集めたことはある？ ある ない

3. 砂鉄はどこで取れると思う？ 山の土 工場 海岸の砂浜 学校の砂場
ほかの所

4. 砂鉄って何だと思う？ 鉄からできた小さな粒
鉄が入った黒いかたまり
磁石にくっつく黒い砂

5. 鉄からできたものは何がある？ ☆知っているだけ書いて下さい☆

6. 砂鉄から鉄を作った感想・気づき

*実験が終わってから書いて下さい！

次の展示実験において、アンケートを実施した。回収できた数は（ ）に示した。回収総数は、111 である。

平成 17 年 10 月 30 日（日）サイエンスワールド イン 有馬 有馬小学校
（59）

平成 17 年 11 月 18 日（金）～19 日（土）教育学部祭 サイエンス広場 長崎
大学教育学部（27）

平成 17 年 12 月 19 日（月）出張サイエンス イン 時津中学校（25）

アンケートの結果と考察については、次の通りである。

1. 参加した小学生、中学生の構成（図 2）

（小学校低学年（1、2 年生）、小学校中学年（3、4 年生）、小学校高学年（5、6 年生）、中学生（1～3 年生））

項目1 学年

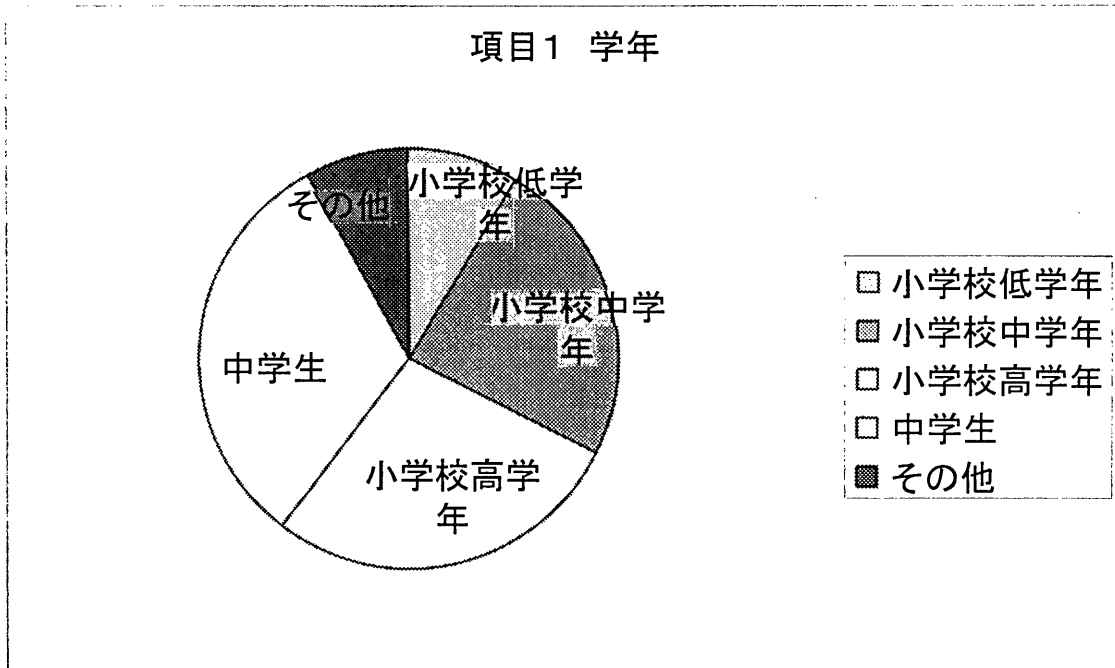


図2 アンケートに答えた子どもの学年

図2で中学生の割合が高いのは、「出張サイエンス イン 時津中学校」で中学3年生が多かったためである。

科学の祭典などは、小学校中学年～高学年の子どもたちの参加が多かった。この年代の子どもたちは、実験に対して積極的であり、なかにはこの実験を3回も行う子どももいた。小学校中学年～高学年の子どもたちは、科学に対して関心が高いように思われる。

科学の祭典などでは、小学生は親に連れられてくることが多いが、中学生は友達同士で来ることが多く見られた。

2. 砂鉄を集めたことはあるか？ (図3) (ある、ない)

小学校3年生までは砂鉄集めをした子どもと砂鉄集めをしたことがない子どもの割合は、ほぼ同数である。小学校4年生以上の子どもたちになると、その多くは砂鉄集めをしたことがある。

小学校3年生の教科書に「土や石をしらべよう」、「じしゃくにつけてみよう」という単元がある。この単元の授業の中で、子どもたちは砂鉄集めをしていると思われる。小学校3年生の時に砂鉄集めをすとしても、子どもの約半数は、3年生になる前に、砂鉄集めをしていたこととなる。これは砂鉄が子どもたちの身近にあるためと思われる。

3. 砂鉄はどこで取れると思う？ (図4)

(山の土、 工場、 海岸の砂浜、 学校の砂場、 ほかの所)

子どもたちの多くは、砂鉄が学校の砂場や海岸の砂浜で取れると答えている。

項目2 砂鉄を集めたことはあるか？

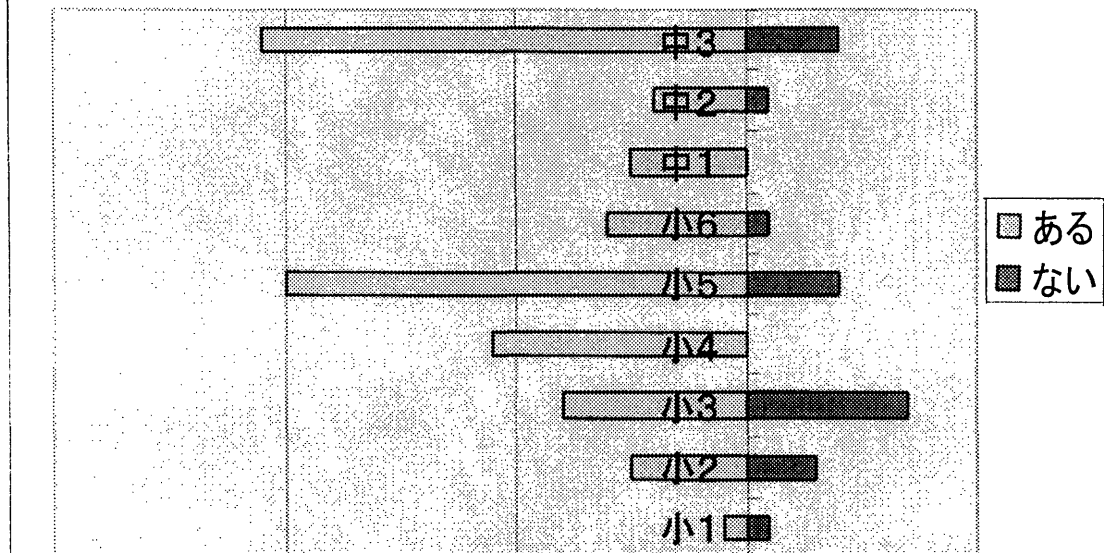


図3 各学年での「砂鉄を集めたことがあるか？」の回答（横軸は人数で1目盛は10名）

アンケートの項目2で砂鉄集めをしたことがあると答えた子どもたちのほとんどは、砂鉄が学校の砂場や海岸の砂浜で取れると答えている。これは授業で学校の砂場で砂鉄集めをしたことがあるためと考えられる。

項目3 どこで砂鉄はとれるか？

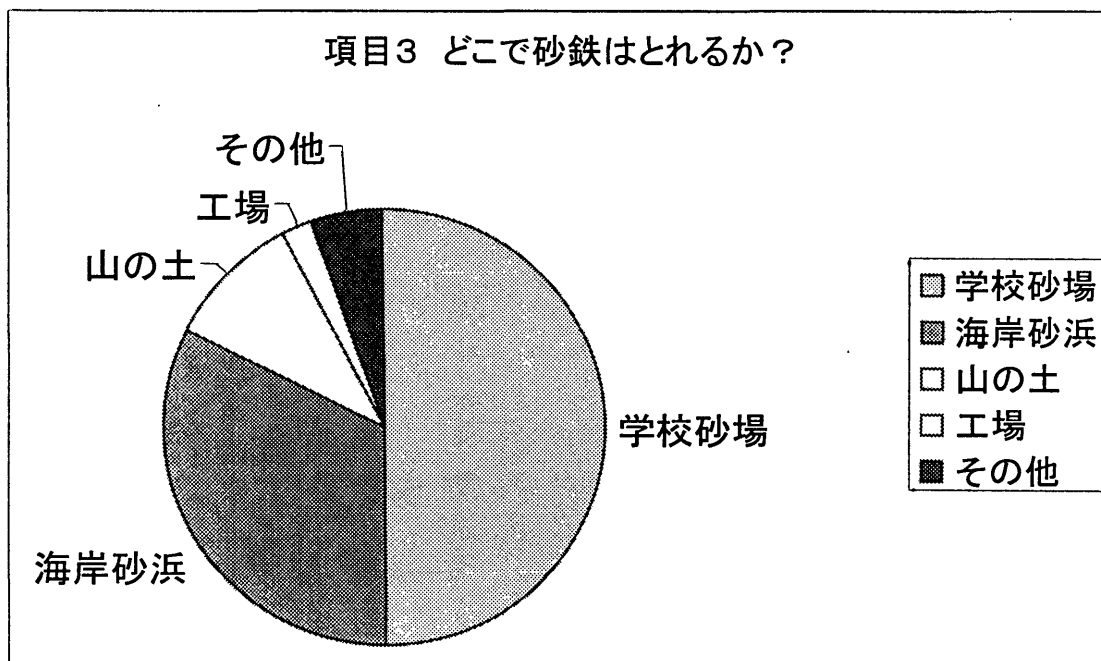


図4 「砂鉄はどこでとれるか？」に対する回答

小学生は、学校の砂場とだけ答えている子どもが多かった。しかし、中学生は学校の砂場と海岸の砂浜の両方を選ぶことが多かった。中学生は授業での体験に加えて、授業以外の体験や学習した知識により回答したものと思われる。

その他の回答は、家の庭で砂鉄を集めたとの回答が多い。砂鉄集めをしたことがある子どもは、この回答が多くなっている。これは家の庭で砂鉄をとった経験が多いことを示している。

4. 砂鉄って何だと思う？ (図5)

(鉄からできた小さな粒、鉄が入った黒いかたまり、磁石にくっつく黒い砂)

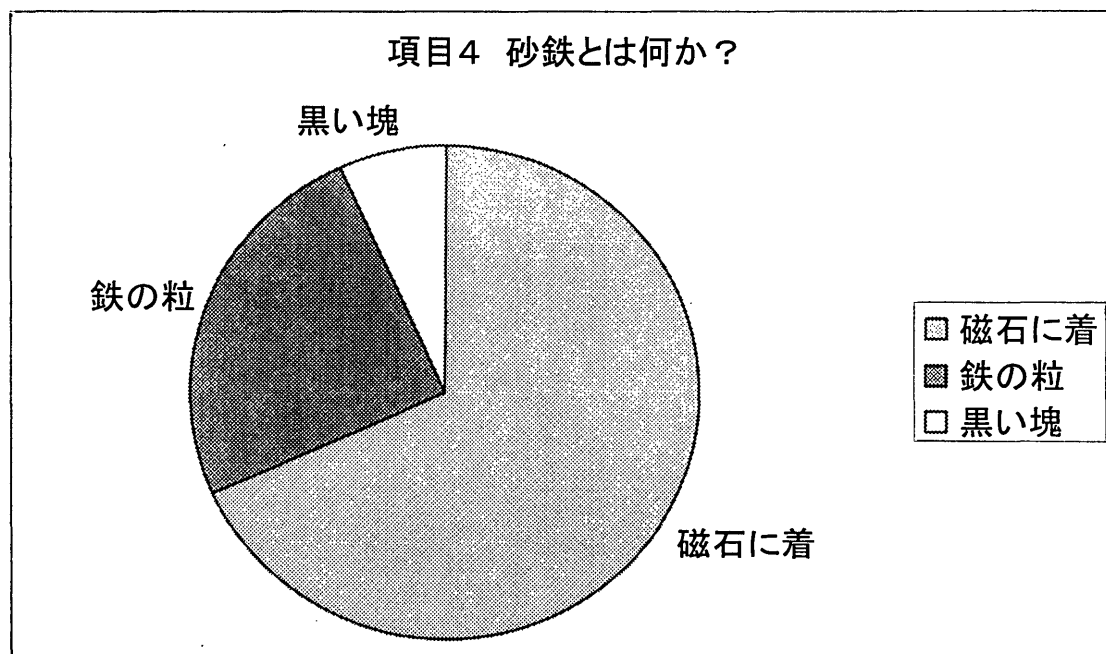


図5 「砂鉄とは何か？」に対する回答

子どもたちは、砂鉄と鉄の粒を区別して考えているかの回答を期待した。砂鉄は磁石につくということで鉄の粒と同じ性質を持っているので、砂鉄と鉄の粒は違うと考えているかを尋ねるアンケートである。

このグラフからわかる様に、子どもたちの多くは砂鉄を「磁石につく黒い砂」と考えている。また、子どもたちの約1/4は、砂鉄を鉄の粒と答えている。この項目の回答は、学年による差があまり見られなかった。砂鉄についての考え方は、小学校低学年から中学生においてあまり変化がないことが分かる。

中学生は、酸化・還元を含めた化学変化、火成岩に鉱物として含まれる磁鉄鉱について学習する。テルミット反応により鉄砂から鉄を取り出す実験を授業に取り入れることにより、化学変化、火成岩をつくる鉱物に関して、新たな知識を得る教材になると思われる。

5. 鉄からできたものは何がある？ (図6) (☆知っているだけ書いて下さい☆)

子どもたちが書いた鉄でできたものの数は、1個が最も多かった。わからないと回答した子どもも多かった。従って身の回りにあるものの多くには、鉄が使われていることに気づかない子どもが多いと思われる。

子どもたちが回答した鉄でできたものは、鉄棒や金づちなどであり鉄の塊がよく分かるものが多い。手裏剣や「まきびし」と書いた子もいた。鉄板を使った自動車、冷蔵庫といった回答は少なかった。

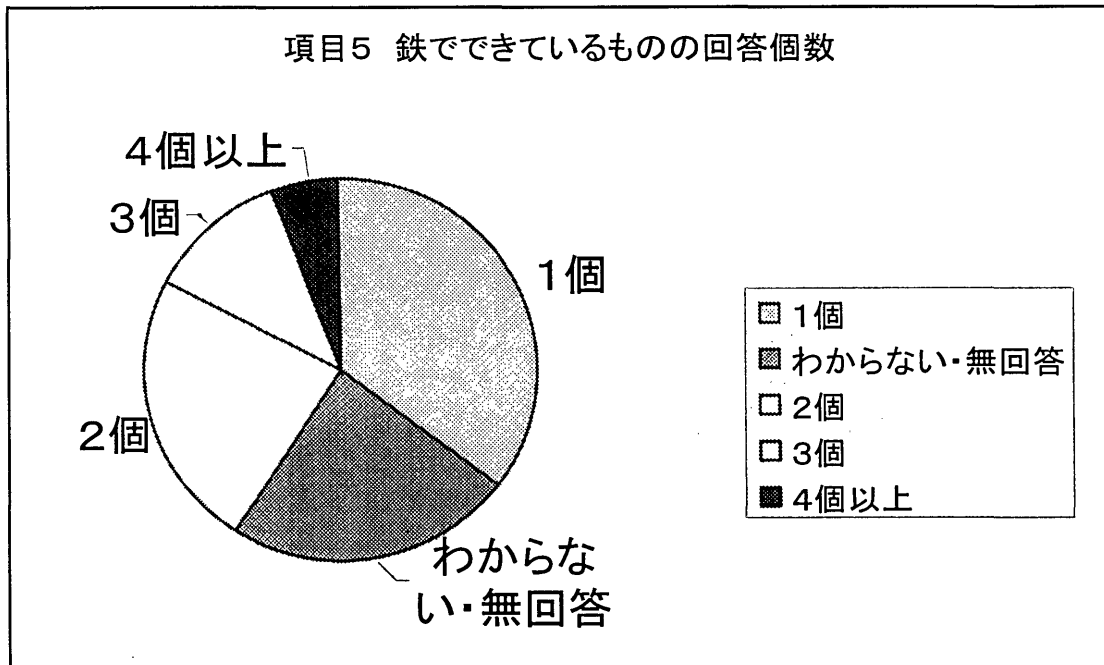


図6 子どもたちが回答した鉄でできているものの数

6. 砂鉄から鉄を作った感想・気づき (実験が終わってからの回答 (図7))

多い感想は、「楽しかった」、「鉄ができるなんてという驚き」、「難しかった」である。実験のどの部分に興味を持ったかについては、小学生は「ハンマーで鉄を叩きだすところ」が多く、中学生は「花火に火をつけてからのところ」が多かった。いずれも視覚的・感覚的なものに関心を強く持つことがわかる。小学生は、「たのしかった」、「すごかった」といった感想が多い。中学生の中には、化学変化や酸化・還元と関連付けて感想を書いた生徒がいた。

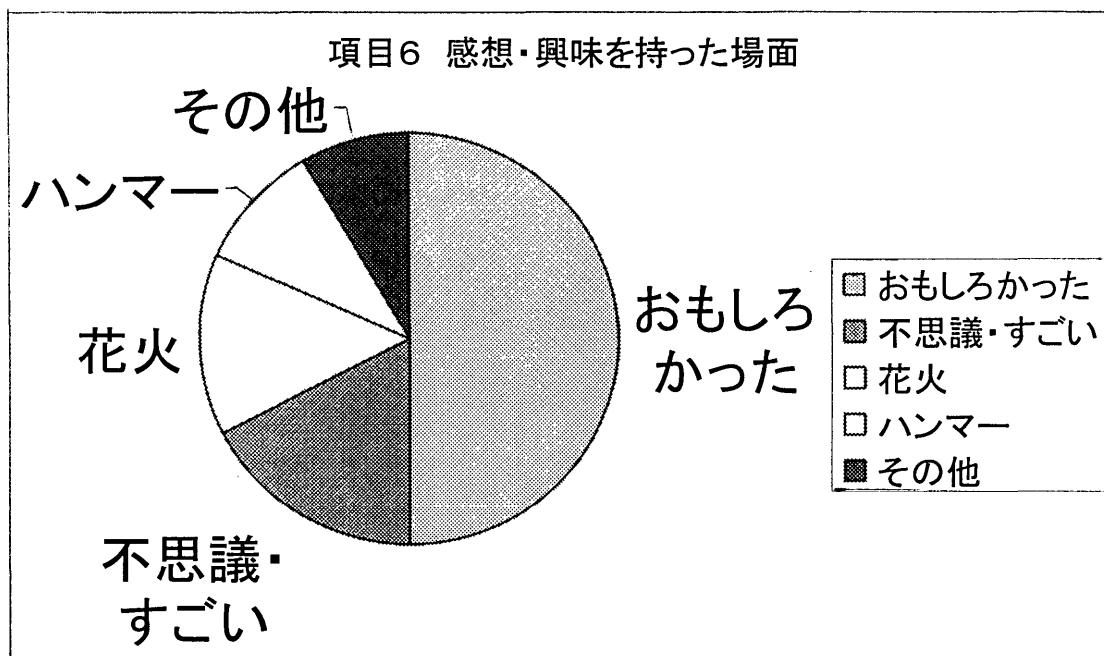


図7 子どもたちの感想・興味を持った場面

8. 砂鉄に関連する教科書の単元

砂鉄に関連する単元または砂鉄が教材として利用されているのかについて、小学校教科書（大日本図書、「新訂たのしい理科」）と中学校教科書（東京書籍、「新しい科学」）を調べた。

生活科（砂鉄遊び・砂あそび）

砂場で磁石を使って砂鉄を集める。磁石につく砂鉄や磁石を紙の下から動かして砂鉄の動きなどを観察する。

小学校3年（単元2 土や石をしらべよう）

土を集めてきて、虫眼鏡を使ってその大きさを比べたり、色や手触りを調べたりする。土のほかにも、石で同様の観察を行う。

小学校3年（単元9 じしゃくにつけてみよう）

どんなものが磁石につくか調べ、その中で砂鉄も取り上げられている。この単元は、磁石の極についても学習する。砂鉄は磁石から引き離した鉄釘が持っている弱い磁性を調べることにも使われる。

小学校4年上（単元5 流れる水のはたらき）

ここでは、水の流れの変化とはたらきについて学習する。その中で砂や粘土がたまる所と流れによって、砂などがけずられる所があることを学ぶ。また、川の流れは速い所と遅い所があることを学習する。

小学校5年

砂鉄と関連付けて学習する単元はない。

小学校6年下（単元6 大地のつくり）

地層について調べ、そのでき方について考える。堆積岩や火成岩などの粒の大きさや形、色などを調べる。

小学校6年下（単元9 電流のはたらき）

コイルを使い電磁石を使って、電流と磁性の関係について調べる。電磁石と磁石の似ている点や異なる点をまとめる。そのほかに電流を利用してモーターや電熱線を作る。

中学校1分野上（単元3 電流）

ここでは、回路について学習して直列回路・並列回路について学ぶ。電流の強さや電圧の強さを測る単位としてアンペア・ボルトを学習し、オウムの法則を使った計算をする。その後、電流がつくる磁界を学習する。ここでは、磁界の向きや磁界のでき方を示すために、磁石や砂鉄が使われる。

中学校1分野下（単元4 化学変化と原子・分子）

物質の最小単位が原子であることを学び、鉄を含めたいくつかの元素記号を覚える。1種類の物質が2種類以上の別の物質に分かれることを分解といい、逆に2種類以上の物質が結びついて別の新しい物質ができる化学変化が化合ということ学習する。また化学式も取り上げられている。

中学校1分野下（単元7 科学技術と人間）

酸化・還元について学習し、この教科書（新しい科学 東京書籍）では、その説明に、鉄鉱石の製鉄や砂鉄と木炭を使う「たたら製鉄」を取り上げている。そのほかにも、エネルギー資源について学習する。

中学校2分野上（単元2 大地の変化）

ここでは、火成岩と鉱物について学習する。その中で磁鉄鉱については、写真付きで紹介してある。また、火成岩のつくりの違いから、等粒状組織・斑状組織に分類することや結晶のでき方について学習する。そのほかに大地や岩石の風化や浸食について学習する。

9. 砂鉄の教材化

鉄は鉱物資源としていろいろなものに使われている。それらの鉄は、砂場などで集めた砂鉄などから作ることができることを、この実験を通して理解させることができる。

砂鉄と関連する内容は、小学校の生活科「砂鉄遊び・砂あそび」、小学校3年「土や石をしらべよう」・「じしゃくにつけてみよう」、小学校4年「流れる水のはたらき」、小学校6年「大地のつくり」・「電流のはたらき」、中学校「電流」・「化学変

化と原子・分子」・「科学技術と人間」・「大地の変化」がある。これらの単元では、磁石、磁性、砂、磁鉄鉱、酸化と還元などを学習する。

砂鉄と鉄の粒はともに磁石につくために、砂鉄と鉄の粒の違いを小学生は理解できないと思われる。

中学生は「化学変化と原子・分子」で、酸化と還元、化合物を学習するので、砂鉄と鉄の粒の違いが理解できるであろう。砂鉄と鉄の粒の違いについて疑問を持たせた上で、砂鉄から鉄を取り出す実験は効果的であろう。磁鉄鉱(Fe_3O_4)が炭素によって還元されて鉄ができるということが理解されても、磁鉄鉱(Fe_3O_4)がアルミニウムによって還元されることが理解されないこともある。

子どもたちの身近にある砂鉄から鉄を容易に取り出すことは、子どもたちの興味を強く引きつける。テルミット反応を使った実験は、子どもたちにとって砂鉄との新しい出会いになると思われる。ただ、小学生に「砂鉄＝鉄の粒」といった間違っただことは、何らかの注意をする必要があると思われる。

中学生の向けの教材として、鉄の酸化物である使用済みの「使い捨てカイロ」や「鉄さび」を使って鉄を取り出す実験が考えられる。「使い捨てカイロ」は、そのままアルミニウムと混ぜてもアルミニウムは燃焼しなかった。篩により 0.5mm 以下のカイロの粉末を取り出して水で洗浄して乾燥した後に実験すると、カイロの粉末とアルミニウムの量が 3 : 1 では、アルミニウムは燃焼しなかった。アルミニウムと花火の割合を増やすと、アルミニウムは燃焼して鉄の塊が得られた。

鉄さびについては、金づちで砕いて篩により 0.5mm 以下の大きさの粉末をつかった。鉄さび粉末：アルミニウムが 3 : 1 では、アルミニウムは燃焼して、カイロの粉末のときよりも大きい鉄の塊が得られた。

10. まとめ

長崎市地域では、後背地が長崎火山岩類である砂浜の砂に砂鉄が多く含まれている。飯香ノ浦の浜砂からの砂鉄は、最大で 57.8% の砂鉄含有量 (%) であった。

砂鉄から鉄の塊を取り出すテルミット反応による鉄の回収率 (%) は、砂鉄とアルミニウムの量にはほとんど関係がなく、砂鉄とアルミニウムの重量の割合が 3 に近いものは鉄の回収率 (%) が高い。反応式によるそれらの割合 3 : 1 とよく合致している。

砂鉄を用いた展示実験を科学の祭典、サイエンス・ワールドなどで実施した。参加者した小学生と中学生の 111 名からアンケートをとって、その結果について考察した。

小学校 3 年生までは、砂鉄集めをした子どもと砂鉄集めをしていない子どもの割合がほぼ同数であった。小学校 4 年生以上では、多くの子どもたちが砂鉄集め

を経験している。砂鉄集めをしたことがある子どものほとんどは、学校の砂場や海岸の砂浜で砂鉄集めをしていた。

子どもたちの多くは、砂鉄は磁石につくものであり、「砂鉄＝鉄の粉」として理解しているように思われる。砂鉄と鉄の粒との違いは、中学生になって、化学変化や酸化・還元学習によって理解されるものと考えられる。

砂鉄から鉄を取り出すテルミット反応について子供たちの感想は、「楽しかった」、「鉄が取り出せるという驚き」、「難しかった」などが多い。実験で興味を持った点は、小学生は「金づちで鉄を叩きだすところ」が多く、中学生は「花火に火をつけてからのところ」など、視覚的・感覚的なものである。

砂鉄に関連する小学校と中学校の教科書の単元を調べた。砂鉄から鉄を取り出すテルミット反応は、中学校で「化学変化と原子・分子」で、酸化と還元、化合物の学習と関連づけることができる。その上で砂鉄と鉄の粒の違いが理解できると思われる。砂鉄以外の鉄の酸化物をテルミット反応の教材化の例として、使用済みの「使い捨てカイロ」と「鉄さび」から、鉄の塊を得ることができた。

参考文献

大日本図書（1998）：たのしい理科。

鎌田泰彦（1987）：長崎県の地質の特性と地すべり、長崎県林業コンサルタント。

木下亀城編（1961）：日本鉱床誌9 九州地方、朝倉書店。

長崎県自然保護協会（1996）：大地は語る 長崎県自然保護協会。

志賀美英（2003）：鉱物資源論、九州大学出版会。

地学団体研究会（1996）：地学事典 平凡社。

東京書籍（2002）：新しい科学。