

## 鉄さびの教材化の基礎研究—第一報

### Basic Study of Teaching Materials of Rusty Irons — Part1

小野寺美佳\*・矢野 慎\*・栃木 優宏\*・長南 幸安\*

Mika ONODERA\*・Makoto YANO\*・Masahiro TOCHIGI\*・Yukiyasu CHOUNAN\*

#### 要 旨

「さび」は生活の中に存在する化学現象を如実に体现しているものでありながら、それを正しく説明することは難しい。この現象を理解するためには、中学校段階における酸化の学習を通して、水酸化鉄（さび）と酸化鉄（べんがら）を区別する力をつけることが必要であると考えた。そこで、まず「さび」についてその現象を深く追究したのち、学校現場での取り扱いを考察し、子どもたちの理解を調査するためにアンケートを実施した。その結果、「さび」を知らない中学生はいないということがわかった。また「さび」の生成には「酸素」の他に、「水」が必要であるが、それを知っている生徒は過半数以上であった。しかし中学校3学年になると、酸化の学習において酸素が鉄と穏やかに反応するという概念を身につけているため、生徒の一部は「さび」の成因に「水」は関与しないと考えるようになっていった。

キーワード：鉄さび・中学校理科・酸素・水・酸化還元・電池

#### はじめに

鉄鋼業は、日本の産業を支えてきた産業の一つである。また、「さび」を知らない人はいないであろう。しかし、「さび」と聞かれて正しく説明することは難しい。さびの生成には「酸素」と「水」が必要であるが、酸化鉄とは異なるため、「酸化」という現象だけでは充分ではない。よって中学校段階において水酸化鉄（さび）と酸化鉄（べんがら）を区別する力が必要だと考える。ここではまず「さび」の原因について述べていく。

#### 1) Evans 実験<sup>1-3)</sup>

「さび」が生じる時、本当に水と酸素が必要なのか、イギリスの腐食学者 Evans が提案した実験を行い、明らかにした。

【実験方法】ペトリ皿に2%食塩水（10 mL）を垂らし、そこに  $K_3Fe(CN)_6$  を極少量溶かし、フェノールフタレイン水溶液を2滴垂らす。そこに、N65釘（鉄丸釘）を5本置く。

#### 2) Evans 実験の結果

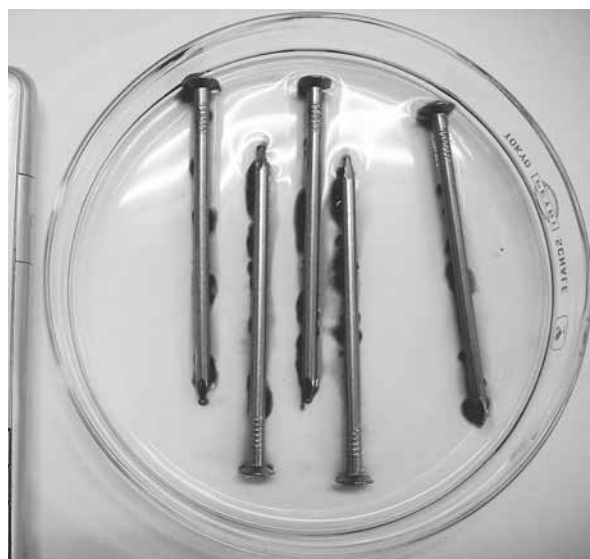


図1 釘を置いてから10分経過

鉄釘の中心部や先端が点々と青く染まり、次第に液体との接触面から、赤色に染まっていく。反応時間は、極めて速い。よく青く染まっている部分は、両端である。加工の際に傷がつきやすいので、ピンホール、ステップ等の釘表面の不均一が生じやすく、その

\*弘前大学教育学部理科教育講座

Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University

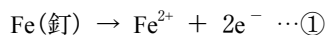
ため鉄(Ⅲ)イオンが生じやすい傾向にある。

### 3) Evans 実験の考察

実験結果を化学式 i ~ iii 式で表すことができる。

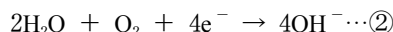
i. 釘の周りに青い点が現れた。

【 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ が赤→青】

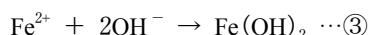


ii. 釘のまわりがピンク色になった。

【フェノールフタレインの反応】



iii. 反応 i と ii が隣り合っている。【 $\textcircled{1} + \textcircled{2}$ 】



このように、常温で反応が進み加熱を行わなくても錆が生じる。

この  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  (2価の水酸化鉄) は緑色をしている。また反応性が強く、しばらくすると酸素と結合し褐色等に変色する。 $\textcircled{1}$ 式は電子が離れるアノード反応であり、 $\textcircled{2}$ 式は電子を受け取るカソード反応である。 $\textcircled{3}$ は、 $\textcircled{1} + \textcircled{2}$ 式の電気的中和である。「さび」の反応では、必ずアノードとカソードが一組となっておくる<sup>4)</sup>。つまり、「さび」の形成には水と酸素の両方が必要で、電池を形成することで生じる。

### 学校現場での取り扱い

#### 1. 学習指導要領

中学校課程で「さび」が酸化と還元の中なかでどのように取り扱われているかを調査するため、平成20年9月に発行された『中学校学習指導要領解説-理科編-』<sup>5)</sup>と『中学校学習指導要領解説-理科編- (平成10年12月)』<sup>6)</sup>を参考にした。

#### 1) 『中学校学習指導要領解説-理科編-』

(平成20年9月)

#### (4)化学変化と原子・分子

化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事物・現象を原子や分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。

解説

小学校第6学年では、植物体が燃える時には、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができることを学習している。

ここでは、物質の酸化や還元の実験を行い、酸化や還元が酸素の関係する反応であることを見いださせることがねらいである。

— 中 略 —

また、日常生活や社会と関連した例として、酸化では金属がさびることなど、還元では鉄鉱石から鉄を取り出して利用していることなどを扱うことが考えられる。

なお、酸化や還元の反応については、簡単なものとして、構成する原子の数が少ないものを取り扱う。

#### 2) 『中学校学習指導要領解説-理科編-』

(平成10年12月)

#### (6)物質と化学変化の利用

物質と化学変化に関する事象の観察、実験を通して、物質と化学反応の利用について理解させるとともに、これらの事象を日常生活と関連づけて科学的にみる見方や考え方を養う。

解説

ここでは、酸化と還元を関連付けて学習し、酸化や還元が酸素の関係する反応であることを実験から見いださせることがねらいである。

— 中 略 —

その際、例えば、日常生活と関連した還元の例として、鉄の酸化物から鉄を取り出して利用するなどの例をあげて理解させる。なお、取り上げる酸化や還元の例は必要最小限のものとする。

#### 3) 学習指導要領の比較

平成10年の学習指導要領では、「さび」についての記述が無かった。また、「取り上げる酸化や還元は必要最小限のものとする」と記載されている。しかし、平成20年の学習指導要領では「日常生活や社会と関連した例として、酸化では金属がさびること」と記載され具体例として、さびを扱うことが明記されている。この点から、さびを学ぶことの必要性が高まっていると言える。

## 2. 教科書での「さび」の取り扱い

### 1) 検定済み教科書の調査

平成20年2月に発行された5社の文部科学省検定済み中学校教科書では「さび」をどのように取り扱っているかを比較した(表1)<sup>7-11)</sup>。

### 2) 調査結果の詳細

- ・①、③「さび」と画像はどの教科書にも掲載されている。



図2 大日本図書 P.87<sup>7)</sup>

- ・⑦水が必要と書かれているものは一社に留まる。
- ・⑧水が必要と書かれている教科書でも水は酸素を補うものとし、酸素だけでなく、水もさびに必要ということを述べている教科書は一社も無かった。
- ・⑨鉄釘のさびを酸化鉄と断言している教科書もある。

### 3) 調査結果の考察

現在、鉄さびの画像を用いて、これは「鉄が酸化」したものと扱っている。具体的に、釘のさびた様子を用いて、酸化鉄としている。

確かに、鉄さびは鉄が酸化したものであるが、水との化学変化が無くてはさびとは言えない。実際に、鉄さびと酸化鉄とは色は似ているが比べてみると、この2つは明らかに異なる。また、成因も水があるか、高熱であるかという点で大きく異なる。

### アンケート

中学生と小学校5、6年生の「さび」に関する意識調査を通じて考察を行った。

#### 1) アンケートの実施

弘前市の小学校5・6年生(103名)、青森市の中学校全学年(538名)の2校を対象に「さび」に関する意識調査を行った。

内容は以下の4つで、学習状況を考慮して12月中旬に行った。

表1 中学校検定済み教科書の「さび」の取り扱い

	東京書籍 <sup>8)</sup>	啓林館 <sup>9)</sup>	学校図書 <sup>10)</sup>	教育出版 <sup>11)</sup>	大日本図書 <sup>7)</sup>
①「さび」	+	+	+	+	+
②「さび」の項目	+	—	—	—	—
③「さび」の画像	+	+	+	+	+
④「rust」として	+	+	—	—	+
⑤「rusting」として	+	—	+	+	+
⑥酸素が必要	+	+	+	+	+
⑦水が必要	—	—	+	—	—
⑧水と酸素が必要	—	—	—	—	—
⑨酸化鉄として扱う	—	—	+	+	+※
⑩おだやかな酸化	+	—	—	+	+
⑪防ぐ方法を記載	+	+	—	—	+

あったもの：+ なかったもの：— で表す

※主な成分として記述している。

1. さびたものを見たことがありますか？
2. さびる原因は何だと思いますか？
3. さびを防ぐ方法は何があると思いますか？（中学生のみ）
4. 鉄さびの元素は鉄の他に何があると思いますか？（中学3年生のみ）

## 2) アンケートの集計結果

アンケート2～4では、回答数の多かったものを示した。パーセンテージで表す際は、学年ごとに記述の数に差があったため、被験者の記載数と無記入を全体の数として、計算するものとする。アンケート4は元素でなく、分子で書いているものは除外する。（例：○水素、×水）

## 3) アンケート結果と考察

### ●「1. さびたものを見たことがありますか？」

（表2 アンケート1 「さび」の理解）

さびたものを見たことがあるかないかという視点では、ほぼ小学校5・6年から、正しく「さび」を理解していることが分かった。

具体的に多かった記述として、「自転車」が小学校5年生を除いて多かった。また、小学校5年生では「遊具」が多かった。これは、そのときによく触れて

いるものを挙げていると考えられる。また、発達段階が上がるにつれて、具体的な記述内容になること、抽象的な言葉での記述になっていることも分かった。

次に、正しく理解していないと分類したものを述べる。中学校1年生では、「人と物」中学校2年生では、「パン」「より戻し」「人の心」「歌で盛り上がる場所」「今、この世界」「忘れた」中学校3年生では、「像」「アクリルのもの」小学校では、「学校の土」「木」の以上である。これを分類すると、大きく3つに分かれると考える。①「さび」の文字の印象から心が錆びるという意味に置き換えたもの ②「腐る」という生物学的な意味での腐食 ③本当にアンケートを行ったときに忘れてしまったものの以上の3つである。

これからいえるのは、本当に理解していない児童・生徒はかなり稀である。また、アンケートの前置きがなかったため自由に意味を捉えたことも考えられる。「腐る」といった視点で記述した生徒は他にも記述していたが、それは正しく金属の腐食の意味で書いていた。今回のアンケートが自由記述でたくさん思いつくままに書いてほしいということで、このように深く考えなかったために間違ったと推測した。

### ●「2. さびる原因は何だと思いますか？」

（図3 アンケート2 さびる原因 学年別比較）

表2 アンケート1 「さび」の理解

	中学校1年	中学校2年	中学校3年	小学校5年	小学校6年
有	99.3%	94.4%	99.5%	98.5%	98.3%
無	0.70%	5.6%	0.50%	0.15%	0.17%

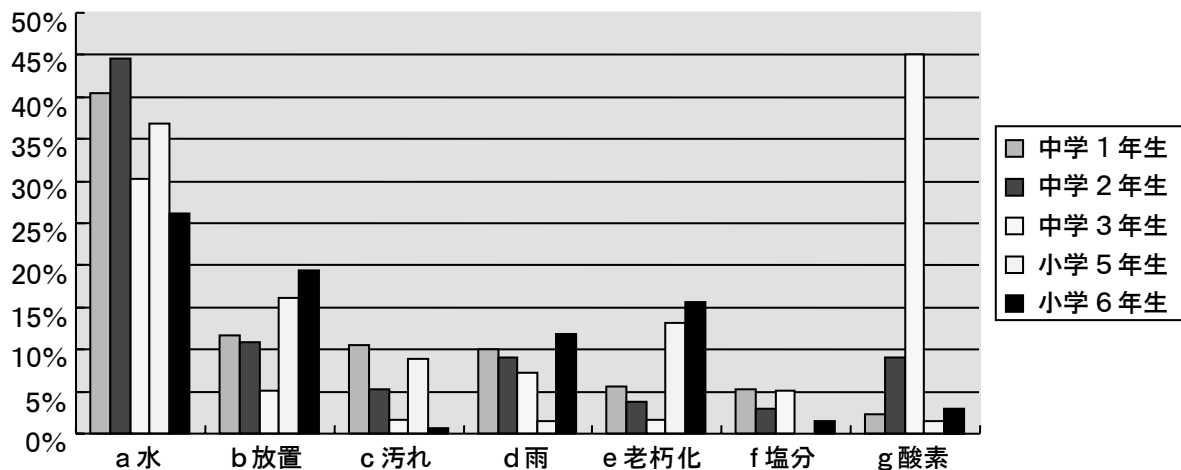


図3 アンケート2 さびる原因 学年別比較

a 水、d 雨：ほとんどの児童・生徒は、水が「さび」の原因に水があると認識している。小学校6年生で、水での回答が少し下がっているのは酸性雨などの勉強をしたばかりで具体的事物の水で記述している。これは、雨のグラフのところから分かる。また、中学3年生で下がっているのは酸化の学習によるものかもしれない。

b 放置、c 汚れ、e 老朽化：中学校段階では、学年毎に下がっている傾向から、学年が上がるごと科学的な見方が可能になり、何か変化するには理由があると思えるのではないかと考えられる。

f 塩分：学年ごとに差があることから、個人差があると考え。

g 酸素：中学校3年生での記述が突出している。これはこの学年で酸化の単元において、さびるのはおだやかな酸化と習うからだと考え。しかし、この事実はa水で述べたように、さびることに水が必要だという概念を忘れていた可能性もある。

●「3. さびを防ぐ方法は何があると思いますか？」  
(中学生のみ)

(図4 アンケート3 学年別比較)

a ぬらさない等：日常的に雨や水に濡れることで自転車などがさびることを知っているの、このように1、2年生では一番多いと考える。しかし、3年生で一番ではなくなっているのは、酸化と還元を学習したことでさびは酸化だと学習し、水の影響を考慮しなくなったと推論する。

b 使用しすぎ：学年ごとに減り、3年生では0になっ

た。200人近くで一人も記述しなかったのは、物質が変化するには理由が必要であること、理科を学んできて科学的な見方が培われてきたことから考える。

c スプレー：1、2年生に比べて3年生で2倍になっている。これは酸化を防ぐにはこのように何かを塗って防ぐということを学習したからと考える。

e カバー、f さびを落とす：どの学年でもそこまで多くない。また、学年差があるのは日常生活の経験や知識が影響するものだと考える。

g 空気を避ける：中学3年の記述が突出している。aで述べたように学習の成果だと考えるが、それが「さび」には水が必要であるという事よりも優先されて思い出させているものと考えられる。

●「4. 鉄さびの元素は鉄の他に何があると思いますか？」  
(図5 アンケート4 記述が多かった元素名等)

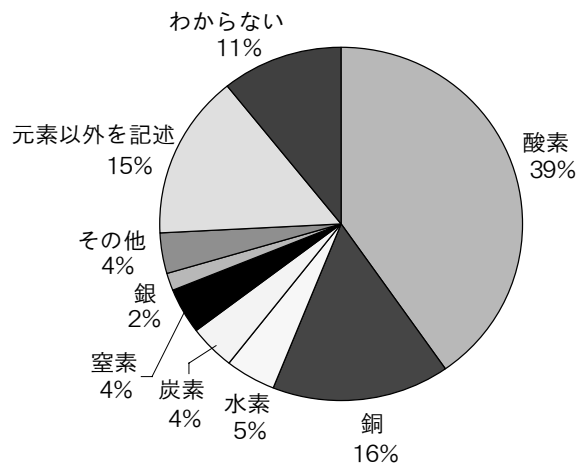


図5 アンケート4 記述が多かった元素名等

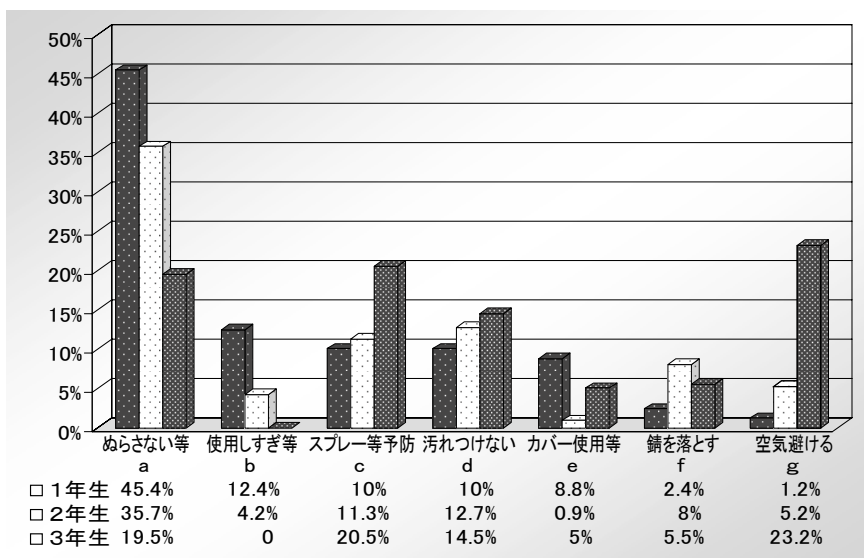


図4 アンケート3 学年別比較

「酸素」が圧倒的に多い。これは、酸化と還元でさびには酸素が必要ということを学習しているからと考える。次に多かったのは銅である。これは、銅がさびた鉄の色に似ているからと考える。それに次いで、水素、炭素、窒素、銀となっている。これは複数を記述している生徒に見られ、単に知っている元素を書いたものだと考えられる。水素と酸素と書いているものは4分の1程度で、水が「さび」に含まれると考えているとは感じなかった。また元素名を書かなかったものでは水が一番多かったが、数字で表すと10%と意外と高い。この数字から、もしかすると何となく水が「さび」に含まれるのではないかと感じている生徒もいる可能性が考えられる。

### 全体の考察

以上の結果から、「さび」を知らない中学生はいないと言える。またその原因は水によるものだと知っている生徒は、過半数以上である。さびる原因とその防ぐ方法は、連続性を持って考えることが多くの生徒は出来ていた。しかし、それに伴った元素という訊き方をする、水に含まれる意味での水素という答えが少なかったのが、日常生活と理科との繋がりをなかなか見出すことが難しいのかと思われた。3学年になると、酸素が鉄と穏やかに酸化するという概念を身につけ、一部の生徒は水がさびの成因ではないと考えるようになることがアンケートの結果よりわかる。さらに、さびの生成には水が必要であることを理解させたい。

### 今後の展望

3学年になると酸素が「さび」が成因であるということを理解する。一方、水は要らないと感じてくる生徒も少なくない。また、学年が上がるごとに科学的な見方が出来るようになることがわかった。日常生活

では酸素が「さび」に影響していることを感じることは難しいため、ここで酸素が関係しているということを知ることは良い学習だと感じる。しかし、日常生活を科学的に見ていくこと、教育と生活をつなげていくべきという近代教育の流れから考えると、やはり「さび」の生成には水が必要であるということは外せない課題である。水が必要でないと感じる生徒がいたことは残念な結果であった。

「さび」は身近な酸化の例であるため、十分な学習の時間はないかもしれない。しかし、演示実験で「やはり水が必要」と思える程度で良いので水が関わることを説明したい。科学的に見る力は充分についているのだから、簡単に比較するだけでも良いので「さび」には酸素だけでなく水も必須であると教えることが必要である。

### 参考文献

- (1) トコトンやさしい錆の本 2002年 松島 巖 日刊工業新聞社
- (2) トコトンやさしい鉄の本 2008年 菅野照造 日刊工業新聞社
- (3) 錆と防食のはなし 1993年 松島 巖 日刊工業新聞社
- (4) さびのおはなし 1997年 増子 昇 日本規格協会
- (5) 学習指導要領解説 平成20年 学校図書 文部科学省
- (6) 学習指導要領解説 平成10年 学校図書 文部省
- (7) 大日本図書 新版中学校理科 ー1分野下ー 平成20年
- (8) 東京書籍 新編新しい科学 ー1分野下ー 平成20年
- (9) 啓林館 未来へ広がるサイエンス ー第1分野下ー 平成20年
- (10) 学校図書 中学校科学 ー1分野下ー物質とエネルギー編 平成20年
- (11) 教育出版 理科1分野～実験から自然の仕組みを見つける～平成20年

(2012. 8. 31受理)