

# 出土鉄製品の腐食と 埋蔵土壌の化学的性質

有 田 彩 子

## 1. はじめに

遺跡から出土する鉄製品は金属製遺物のなかでもっとも出土数が多い。ほとんどの出土鉄製品は腐食によるさびに覆われて出土し、その腐食状態はそれぞれ大きく異なる。原因はさまざま考えられるが、腐食は出土後も進行し、遺物の形状を損なうことも頻繁に見られる。出土鉄製品は腐食による影響を受けやすいので、迅速かつ適切な保存処理が必要である。

鉄製品の腐食状態が、それまで埋蔵されていた環境によって異なることは、発掘現場の担当者は経験的に知っている。しかし、その経験には個人差があり、腐食状態の判断基準も曖昧である。もし、遺物の状態を適切に、かつ容易に推定することができれば、応急的かつ遺物に即した適切な保存処理の実現が可能であろう。

鉄製遺物の状態を把握する方法には、埋蔵環境の調査や腐食生成物の同定、そして、腐食促進因子の分析などが考えられる。腐食生成物の同定や腐食促進因子の分析に関しては数は少ないが研究が行われている。しかし、鉄製品の埋蔵環境に関する研究、あるいは科学的保存処理・保存処理後の保管環境と関連づけた研究はほとんどないのが現状である。

出土鉄製品の状態を把握するために、埋蔵環境の性質を理解することは非常に意味がある。それが出土鉄製品の適切な保存処理につながると考えられる。出土鉄製品が一つでも多く、より良い状態で、後世に伝えられるために、基礎的知見を得ることを目的とする。

## 2. 研究の目的

鉄製遺物の埋蔵土壌を科学的に分析・調査することによって埋蔵環境を明らかにするとともに、そこから出土する鉄製品の腐食状態を観察し、遺物が埋蔵されていた土壌の性質と、腐食の進行状態との関係を明らかにすることを目的とする。

## 3. 土壌の分析

### 1 分析・調査対象

宮城県多賀城市市川橋遺跡の遺跡土壌18点、鉄製品出土場所の土壌21点、遺跡内の地下水、市川橋遺跡出土の鉄製品32点について分析、調査した。

### 2 分析・調査方法

#### (1) 土壌の通気性 (有孔度)

土壌の孔隙率を調べることにした。土は、①有機無機複合粒子と、その②すき間、そして③すき間に保持された水から構成されている。有機無機粒子をまとめて固相と呼ぶ。土粒子のすき間のうち水で満たされたすき間は液相である。残りのすき間には空気が入り込んでおり、これを気相という。液相と気相を保持する土粒子のすき間を孔隙あるいは間隙という。つまり孔隙率とは液相の多さ、すなわち土壌水分の多少を表す水分率と、気相の多さ、すなわち土壌空気が占めている割合である空気率の合計である。

孔隙率は次のように求められる。

孔隙率 =  $1 - \text{乾燥密度} / \text{土粒子の密度}$

$$n = 1 - \gamma_d / \gamma_s$$

乾燥密度は110℃で24時間乾燥した土の質量を体積で割ったものである。土粒子の密度とは、土の固相部分の単位体積あたりの質量である。

#### (2) 土壌の水分含有量

土の含水比は土を構成している土粒子・水・空気の三要素のうち、水と

土粒子の質量比を百分率で表したものである。ここでは、110℃の炉乾燥によって失われる質量と残留する炉乾燥質量をそれぞれの水の質量、土粒子の質量と考えている。

採取した土と彩土円筒の質量を、WW、110℃で24時間乾燥した後の土と採土円筒の質量をDW、採土円筒の質量をTW、体積をVとすると、含水比は次のように求められる。

$$\text{含水比 } \omega = (WW - DW) / (DW - TW)$$

### (3) 溶解塩

土壌の水浸出溶液に含まれる陰イオンの種類と量をイオンクロマトグラフィーによって測定する。乾燥させた土1に対して、水が3～5になるように加え、1～2分間手で激しく振る。その後、約10分間攪拌器で攪拌する。試料液を濾過し、陰イオン (F, Cl, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>) をイオンクロマトグラフィーで測定した。土壌の水溶性陰イオンの分析には、HITACHI D-7000形 HPLC (ガードカラム GL-IC-A15G 陰イオン分析用 分析カラム GL-IC-A25 溶離液 4 mmol/l Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) を用いた。

### (4) 土壌の pH

pH とは、水素イオン [H<sup>+</sup>] の濃度を示す指標で、本来、水溶液の酸性、アルカリ性の度合いを示す尺度である。一般に土壌の pH とは、土壌の懸濁液の pH で、土壌に対する水の比率は日本では、1:2.5 が採用されている。分析試料は未風乾新鮮土または風乾細土について測定するが、なるべく未風乾新鮮土について細土後速やかに測定するのが望ましい。測定には pH 計を用いる。今回の pH の測定には、ガラス電極を直接土壌に押し込んで測定することのできる pH 計 (HORIBA カスタニー ACT pH メーター D-25) を用いた。

### (5) 微生物による腐食

微生物の腐食を直接調べることは難しいため、pH、溶解塩を調べる。土壌の pH、酸化還元電位を調べることによって微生物が生息・活動しや

すい環境であるかがわかる。鉄細菌は中性領域で活性高く生息する好気性細菌、鉄酸化細菌、硫黄酸化細菌はおもに酸性領域で活性高く生息する好気性細菌、硫酸塩還元菌とメタン生成菌は中性領域で活性高く生息する嫌気性細菌である。

### 3 結果・考察

- ①遺構土壌の物理性（孔隙率・水分含水比）については、大きな差が見られなかった。
- ②腐食の進んでいない遺物周辺の土壌に硫酸イオンは少ない。つまり、硫酸イオン濃度の低い土壌中では微生物による腐食がおこっていないと推定できる。
- ③pHが中性に近く、溶存酸素がほとんどない状態では、鉄の腐食速度は遅い。
- ④大気接触面（露出面）に近いほど、pHは低くなり、酸性雰囲気になる。