

耐火物のかほり（1）

はじめに

人類は土を焼くことを覚え、土器づくりを始めた。これが科学技術の第一歩となった。やがて、造形活動の発見とともに、高熱への欲求が高まってきた。ここから耐火物の歴史が始まった。

古代土器が進化して耐火物になった。中世までは耐火物れんがと云えば粘土質であった。しかし、18世紀から19世紀にかけての産業革命を契機とした高熱産業の興隆にともなって、新しい耐火れんがが開発され、近代耐火物の歴史の幕が開かれた。耐火物の歷程を顧みると、陰影の中で光り輝き今もなお香気を放っている断片を垣間見ることができる。

この機会に、記憶として後世に伝えておきたい歷程の断片を“耐火物のかほり”としてまとめてみたい。

1. 神の賜物

地球は太陽系第三惑星である。水と空気と生物の惑星ともいわれ、他の惑星とは大きく異なった姿をしている。これが神からのかけがえのない恵みである。

第一の賜物は粘土である。粘土は可塑性が最大の特徴で、適量の水で練ると自由に形を作ることができ、保形性もあるので造形活動に最適の素材である。岩石が物理的、化学的風化作用を受けて粘土に生れ変わる。物理的風化作用で岩石は岩屑や砂粒になり、空気中のCO₂を溶解した酸性の雨水などに浸されるとCa、Mg、Na、K原子がイオンとして溶出する。溶出量が増えてくるとアルカリ性の水に変わり、Si原子を溶解する。また、土中の動植物の遺体が分解する際に生成するフミン酸などの有機酸が溶解した水にはAl原子が溶出する。これらの作用を溶脱という。溶脱したイオンが互に結合していろいろな粘土鉱物が誕生する。この作用を集積という。地表近くでは今も溶脱、集積によって粘土鉱物が誕生し、生れ変っている¹⁾。

第二の賜物は火である。火の発見は熱エネルギー源を獲得したことに大きな意義がある。人類は150万年前に火を使い始めたと言われているが、ものづくりに利用するまでには膨大な時の経過を待たねばならなかった。世界最古の土器は13,000年前の縄文土器である。粘土を加熱すると吸着水や結晶水を失って収縮する。さらに加熱していくと再結晶化が起り、気孔が減って強度が増してくる。この土器づくりが科学技術、芸術活動の第一歩

となって、文明が始まった。

第三の賜物は木炭である。木炭は熱エネルギー源にもなるが、還元剤としての価値が大きい。人は鉱石と木炭を加熱して鉱石から金属を取り出すことを覚えた。ここから金属精錬技術が発展して、石器時代を脱し、青銅器時代を経て、現在の鉄の時代に至ったのである。

このように、神の三つの賜物、粘土と火と木炭が文明の始まりと発展の基となった。文明の発展とともに、耐火物を必要とする産業が興隆して耐火物も育てられてきた。

2. 長寿命の粘土質耐火物

古代土器が進化して粘土質耐火物になった。古代土器は野焼きでつくられていたので、焼成温度も700℃程度までと推定されている。紀元前4000～3000年ころに穴窯や原始的な壁つき窯が考案されて1000℃程度までの焼成が可能となった。焼成温度が800℃を超えたときに耐火物的な材料が必要になった。やがて、横炎式、昇炎式の窯炉が設計されて1000℃を超える焼成が可能となり、窯炉材に耐火物技術が必要となってきた²⁾。

粘土の最大の課題は、加熱による大きな収縮に起因する亀裂や変形の制御であった。そのため、亀裂を防ぐつなぎとして切り藁など寸蒾の利用、さらには真砂土（石英粒）や木炭粉を加えて耐火性をも高める工夫がなされてきた。飛躍的進化は、16～17世紀ころ登場したシャモットである。耐火粘土を仮焼（シャモット）して原料として用いる技術で、今日でも粘土質をシャモットれんがと呼称されている。

ここで粘土質耐火物を使用した窯炉の変遷を概観する。**写真1**は紀元1世紀ころの古代製鉄遺跡である。復元炉は直径40～50cm、高さ1m前後のシャフト炉（筒型炉）で、不定形耐火物で構築されている³⁾。**写真2**は1768年築造の初期形態を残した高炉（炉下部の高さ5.9m、煙突部7m）である³⁾。窯炉の設計技術の進展にともなって、炉材が不定形から定形耐火物（れんが）に移行してきている。

日本では、窯炉の技術的発展が無いまま10,000年以上経過して、5～6世紀ころになって朝鮮半島経由で先進的な技術が導入され、穴窯系の炉の築造が始まった。その後独自の発展を遂げてきた。**写真3**は1832年に築造された備前の登窯で、築造当時は不定形材で、昭和初期の

改窯では耐火れんがで焼成室が構築されている。また、たたら製鉄は古来からの日本独自の製鉄法で、明治初期までの国内鉄鋼全量を供給してきた。写真4は唯一現存する「菅谷高殿」の内部で、図1にたたら炉の断面図を示す。炉床構造は保温、断熱、断湿が工夫されており、地上部は数日間の製鉄操業終了後に壊して鉬、銑を取り出す使い捨て炉になっている⁴⁾。粘土質炉材は砂鉄と反応して低融点鉬滓をつくる作用も担っている。江戸幕末

の反射炉建設で耐火れんがが使用されるまで、窯炉はすべて不定形材で築造されてきた。

粘土質耐火物は約5,000年の寿命を誇っており、現在も主要耐火れんがとして使用されている。2014年の統計でも、定型耐火物319,101トン販売のうちシャモットれんがは25.3%を占めている。用途は鉄鋼分野77.7%、機械11.1%、焼却炉2.1%、ガラス1.9%となっている。



復元炉

写真1 古代製鉄遺跡（ポーランド、ノワルスピア博物館）



スラグ（鉬滓）群



写真2 モジツグラーベンの高炉（1768年築造）



築造時（1832年）

写真3 備前の天保窯（備前市教育委員会提供）



昭和初期改窯



写真4 唯一現存する菅谷高殿の内部（2016年1月20日 産経新聞）

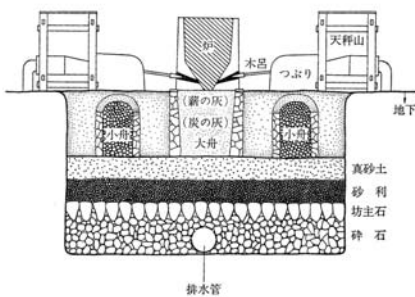


図1 たたら炉の断面図

（参考）

- 1) 白水晴雄, "粘土のはなし", 技報堂(1990)
- 2) 杉田清, "炉の歴史物語", 成山堂(2007)
- 3) 大橋周治, "鉄の文明", 岩波書店(1983)
- 4) 山内登貴夫, "和鋼風土記", 角川書店(1975)

（研究所長 高長 茂幸）