

○是永逸夫（北九州産業学術推進機構／元日立金属），石原安興（山口大／日立金属）

金属素形材は古代から人々の暮らしや社会を支えて来た、欠くことの出来ない材料である。その種類と生産規模を表-1に示す。

表-1 金属素形材の種類と生産規模（2000年）（単位：兆円）

| | 種類 | 内訳 | 生産高 | 比率(%) |
|--------------|--------|----------------------------------|-----|-------|
| 素形材 (3.9) | 鋳造品 | ねずみ鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄、グライスト、軽合金鋳物、鋳鋼品、精鋳品 | 1.9 | 48.7 |
| | 鍛造品 | | 0.7 | 16.9 |
| | 金属プレス品 | | 1.0 | 26.7 |
| | 粉末冶金品 | | 0.3 | 7.7 |

鋳造品は鋳物と称され生産規模も最も多く約半分を占めているが、昔は直接建築、住宅の柱や外壁に使われた事はない様である。最近ではビルの外壁や鉄骨の繋ぎの部分、オフィスの床、一般住宅の門扉等に鋳物が使われるようになった。

以下、建築物や住宅そのものだけでなく、周辺あるいは内部にある付属機器も含めて、過去からの鋳物の使用例・保有特性・長寿命化の課題を記す。

1. 建築及びその周辺に使われてきた鋳物

古代からメソポタミヤや中国で青銅製武器や鋳造鉄器、鉄製農具が使用されたが、建築や住宅の部材としては生産されたものはないようである。

我が国では弥生時代から青銅器の国産が始まり、銅鐸や銅剣等が鋳造され、同時に鉄の鋳造も行われるようになった。鉄は酸化してぼろぼろになり形がなくなるのに対して青銅は表面に緻密な酸化膜が出来内部まで酸化されずに現在までに発掘されている。その後仏像、寺院の装飾具等が生産されるようになり、奈良の大仏が建立され今なお現存している。

江戸時代になると鉄鋳物で作られた灯籠、梵鐘等が残っている。

明治になると西洋文化が入り、シャンデリア、暖炉、門扉等装飾的な鉄鋳物が多く使われるようになり現存している。これらは100年の寿命があることになる。

現在になると建築そのもの及び付属機器に多くの鋳物を使用されるようになった。

2. 素形材としての鋳物の特性

現在、鋳物が建築及び付属機器に多く使用される理由を以下に列記する。

- ① 機械的性質が優れており、コンパクトに出来る、又高温強度が強い。
（マンホールやガラス壁の留め具、オフィスの床板、ガスコンロのバーナー）
- ② 雨水、土壌中等の環境下で長寿命、耐食性に優れる。
（門扉、水道・ガス用鋳鉄管、ステンレス材、黒錆、メッキ、ホーロー仕上げ）

- ③ 転写精度が良く、種々の模様を鋳出しが可能、金属イメージ
(カーテンウォール、柵、景観鋳物、ドアクローザー、水道金具)
- ④ 他の金属工法より形状の自由度大、中空品、大型品の製造が可能
(鉄骨のジョイント・ベース、ノード、構成柱、木材建築用留め金具、トンネル側壁セグメント、水道・ガス用大口径パイプ、継手、バルブ、水道栓)
- ⑤ 他の金属工法より低コスト、エコマテリアルである。
(溶接接合品、削り出し、鍛造品、リサイクル、製造エネルギー低減)

3. 建築用部材としての問題点

金属は木材やコンクリートに比べて機械的性質は優れているが、建物や住宅に使用する場合、錆や腐食による劣化や有害金属の混入による健康阻害の問題、又高重量の問題がある。

(1) 錆及び腐食の問題

一般に金属は自然界では酸化物の状態が存在していたものを還元して金属として利用している為、大気中では酸素と化合し、安定な状態になろうとする。

これを一番身近に見られるのが錆である。鉄の場合水分があると鉄が2価の鉄イオンとなって溶け出し、水酸化物が出来、これが空気中の酸素で酸化され赤錆となる。これらはポーラスであり隙間に水又はSO₂が水に溶けることで錆が内部に進行しぼろぼろに朽ち果てて行く。

同じ鉄でも鉄瓶等は黒錆が表面を覆っている。これはFe₃O₄が主成分で緻密な酸化膜であり鉄の表面を覆い保護膜となって酸素を内部に通さない為錆が進展しない。この他にもステンレスやアルミニウム合金も薄くて緻密な酸化膜が表面を覆っている為通常的环境下では錆は進展しない。

銅の場合も表面に塩基性炭酸塩が保護膜となり酸化の進展を防いでいる。その為に古代の銅鐸や仏像等も朽ちずに現在まで残っている。

錆の発生を防止する為にはこのような錆に強い材質を用いるか、製品の表面を塗装やメッキのような表面処理を施す事が必要である。

錆の他に問題となる腐食は酸素又はそれ以外のものと化学変化を起こし劣化するものである。近年地球環境悪化の影響で、酸性雨や硫酸化物により腐食速度が著しく加速される例が増えている。

その他に電氣的な問題で腐食する電食もある。これは異なる金属が接触することにより電池が出来て、陽極となる金属が溶け出すもので、異種金属の組合せの場合には注意を要する。

(2) 有害金属

鉛は人体に有害で、過去水道管に鉛の管が使われていたが現在は使用されていない。しかし、最近までは代替品がない為に、Pbを含む青銅が水道金具に使われていた。最近では鉛なし銅合金鋳物が研究され熱心な開発が行われている。

その他に金属あるいはその化合物の中には有害であり、発癌性物質と考えられるものもある。今後の住宅、建築及びその付帯部品では注意が必要である。

表-2に最近の廃棄物処理法における判定基準を示す。表中の金属は有害であるとして規制された物でありその使用には考慮が必要である。又使用中に有害

表 15・23 廃棄物処理法における判定基準値(特記のない単位は%)

| No. | 分析項目 | 産業廃棄物 判定基準 (埋立処分) | 横浜市埋立地 受入れ基準値 1998.4.1 | No. | 分析項目 | 産業廃棄物 判定基準 (埋立処分) | 横浜市埋立 受入れ基準 1998.4.1 |
|-----|------------|-------------------------|------------------------------|-----|----------------|-------------------------|----------------------------|
| 1 | アルキル水銀 | 不検出 | 不検出 | 19 | バナジウム | — | <1.5 |
| 2 | 鉛 | <0.005 | <0.005 | 20 | ジクロロメタン | — | <0.2 |
| 3 | カドミウム | <0.3 | <0.1 | 21 | 四塩化炭素 | — | <0.02 |
| 4 | 鉛 | <0.3 | <0.1 | 22 | 1,2-ジクロロエタン | — | <0.04 |
| 5 | 有機りん | <1 | <1 | 23 | 1,1-ジクロロエチレン | — | <0.2 |
| 6 | 六価クロム | <1.5 | <1.5 | 24 | シス1,2-ジクロロエチレン | — | <0.4 |
| 7 | ヒ素 | <0.3 | <0.1 | 25 | 1,1,1-トリクロロエタン | — | <3 |
| 8 | シアン | <1 | <1 | 26 | 1,1,2-トリクロロエタン | — | <0.06 |
| 9 | PCB | <0.003 | <0.003 | 27 | 1,3-ジクロロプロペン | — | <0.02 |
| 10 | 有機塩素化合物 | — | <40 | 28 | チウラム | — | <0.06 |
| 11 | 銅 | — | <3 | 29 | シフジン | — | <0.03 |
| 12 | 亜鉛 | — | <5 | 30 | チオベンカルブ | — | <0.2 |
| 13 | ふっ化物 | — | <15 | 31 | ベンゼン | — | <0.1 |
| 14 | トリクロロエチレン | <0.3 | <0.2 | 32 | セレン | — | <0.1 |
| 15 | テトラクロロエチレン | <0.1 | <0.1 | 33 | 水素の含有濃度試験 | — | <25 ppm |
| 16 | ベリリウム | — | <2.5 | 34 | PCB | — | <10 ppm |
| 17 | クロム | — | <2 | 35 | 油分 | — | — |
| 18 | ニッケル | — | <1.2 | | | 処分時に視認できる油膜が 生じないこと | |

であるだけでなく、寿命が来て廃棄する時の処理方法まで考えるとこれらの金属は使用すべきでないと言える。

(3) 金属は重い、熱伝導率、電気伝導率が高い

金属の特徴であり、木材や樹脂と比較すると密度は高いが、単位体積当りの強度も高い為、同一強度を保つ為には軽薄短小が図れる。更に最近ではアルミニウム合金やマグネシウム合金等の軽金属が多く使われるようになり、重量は適用技術により解決できる方向に進んでいる。

金属の熱伝導率、電気伝導率は高いのが特徴であり、長所にも短所にもなる。この特徴をよく理解した上で適用分野を考慮する必要がある。

4. 今後、金属鋳物を長寿命部材として使用するための課題

長寿命を持ち、しかもエコマテリアルで「地球にやさしい」等望ましい建築部材として金属、特に鋳物を使う為には現在の技術に加えて、前述の問題点を改善しなければならない。

(1) 錆びない工夫

錆や腐食防止の為にステンレス等の材料選定やメッキ・塗装等の表面処理により長寿命を達成出来るがメンテナンスフリーを考慮すると最近の酸性雨に強い塗装やメッキ技術の開発が必要である。又電食防止の為に腐食電池を形成させないような電気化学的な方法の開発が必要になると考える。

(2) 軽い工夫、壊れない工夫

単位重量あたりの強度は木材やコンクリートと比較して高いので設計等の工夫で軽くする可能性がある、又鋳物の特徴として中空や複雑形状の一体式等で軽量化が図れる。最近使用用途が広がっているマグネシウム合金の使用も考えられる。

(3) 電磁波遮断の工夫

最近コンピュータや種々の通信機器が外部からの電磁波によるノイズで問題が発生している。又健康上の問題があると言われている。電磁波には磁気と電界と

に分けられ、白血病とかに問題とされる磁気をシールドするのは簡単ではなく、厚い鉄板での遮蔽が必要である。携帯電話に代表される電界はガラスに Cu メッキをすとかアルミニウム合金のカーテンウォール等で殆ど遮蔽できる。

長寿命材を予測するにあたって将来の電磁波対策が健康な環境を考慮する上で更に重要になって来ると考える。

(4) 安価、建築工数、メンテナンスフリー

永遠の課題であり、材料の価格から設計製造の工数、使用中のメンテナンス費用、廃却時の最終処理費用まで LCA の観点での検討が必要である。この面から考えると前述のごとく鋳造品は非常に有利ということが出来る。

(5) エコマテリアルであること

「地球にやさしく」を実行する為に製造での地球汚染を少なくし、資源・エネルギーの節約が必要である。

リサイクルの面から見ると鋳物は木材やコンクリート等と比較して非常に有利である。プラスチックも分別等技術的な問題があり採算性で問題である。その点、鋳物は元々原料に鋳物屑を使用するものでリサイクル率が高い。

表-3 新地金と再生地金の製造エネルギー

| 金属材料 | 製造エネルギー(10 ⁶ kcal/t) | | |
|---------|---------------------------------|------|-------|
| | 新地金 | 再生地金 | 比率(%) |
| スポンジチタン | 103.3 | 79.6 | 77.1 |
| マグネシウム | 90.2 | 3.0 | 3.3 |
| アルミニウム | 61.5 | 3.0 | 4.9 |
| ニッケル | 36.3 | 3.8 | 10.5 |
| 銅 | 28.2 | 4.5 | 16.0 |
| 亜鉛 | 16.4 | 4.2 | 25.6 |
| 鋼 | 8.1 | 3.3 | 40.7 |
| 鉛 | 6.8 | 3.3 | 48.5 |

又表-3 2) に示す様に新地金に比較して再生地金の製造エネルギーは非常に少ない。鋳物の中でもマグネシウムやアルミニウムは1桁台である。更に CO₂ の発生量も鋳物の場合著しく低く地球環境に有利なエコマテリアルと言える。

5. まとめ

長寿命型金属素材として鋳物の例を記したが、総じて言うと鋳物自身が保有する優れた特性に周辺技術を付加することによって、長寿命に耐える技術は確立していると判断出来る。

地球環境の面からも上述の如くエコマテリアルと言える特性を有している。

今後、長期間使用における環境変化に対して、酸性雨や硫黄酸化物による腐食や電磁波障害等新しい課題に対応出来る技術を構築して、鋳物本来の特性を発揮出来る建築部材に仕上げる事を期待する。

参考文献

- 1) 日本鋳造工学会編：鋳造工学便覧、丸紅(2001)664
- 2) 大西忠一：軽金属 46 (1996)、525