

(4) 高炉の熱的振動現象について

住友金属 和歌山製鉄所 工博 中谷文忠 狩野拓夫

中央技術研究所 ○的場祥行 戸倉誠太郎 下田輝久

I. 緒言

高炉データ解析の過程において、観測値及び計算値の間に、高炉現象を理解する上で、重要と思われる3~4 Hr 周期の振動の対応関係が認められた。ここでは、その熱的振動現象の概要について述べ、そのメカニズムにつき考察したので報告を行い、高炉現象を統一的に説明するための一助としたい。

II. 熱的振動現象の観察

振動の観察される加工データグラフ(1 Hr 移動平均)の一例を図1に、その対応関係を図2に示す。これによれば、炉頂N₂%、圧損指数Pz、荷下り速度v、直接還元量DR、炉熱TSの間に相互に若干のズレはあるが、明白な3~4 Hr 周期の振動が認められる。

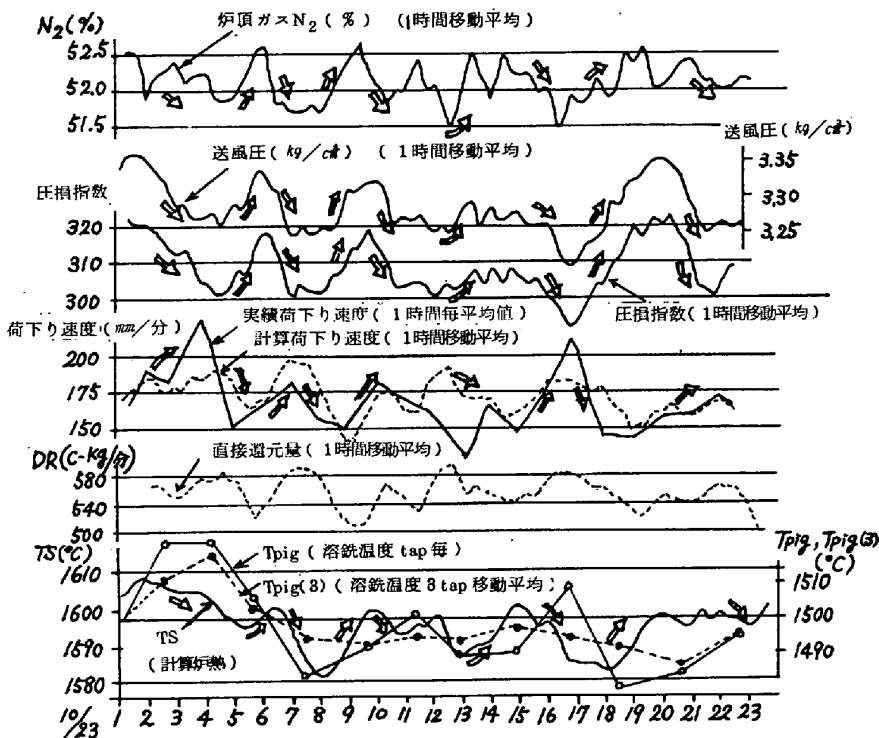


図1. 熱的振動の観察される実績データの一例

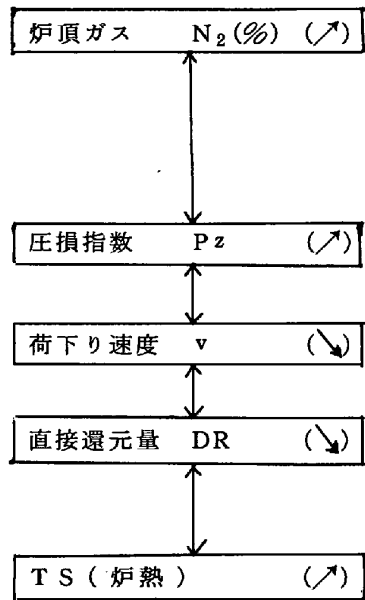


図2. 振動の対応関係

III. 高炉の熱的振動の対応と因果関係

(1) 炉頂ガスN₂%と荷下り速度v、TS(炉熱)の関係(図3.)

① N₂%の減少は、逆に(CO+CO₂)ガス量の増加、即ち反応量(コークス消費、溶銑の生成)の増加に帰着される。

従って炉下部固体体積減少が増大し、荷下りが速くなる。

② このとき炉下部では、荷下り及び反応量(直接還元)増大による吸熱のため操作量一定(一定入熱)のもとではTS(炉熱)は下る。即ち炉内現象により熱の蓄積、消費の過程が生じる。

(2) 圧損指数と反応量、TS(炉熱)の関係(図4.)

① 上述の議論から、反応量の減少時荷下りが遅くTSが上昇する。

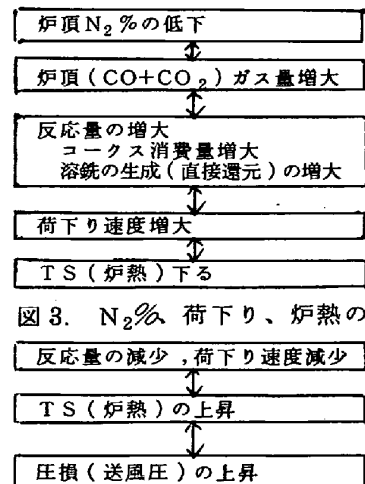


図3. N₂% 荷下り、炉熱の関係

図4. 圧損、荷下り、炉熱の関係

その結果、次のようなことが生じ、圧損が高くなると考えられる。

- a. 荷下り速度の減少→粒子のすべりの減少→炉下部粒子間空間の減少
 - b. TSの上昇(炉下部蓄熱傾向)→熔融帯の増大(固液共存領域の増大)
- 通気抵抗の増大

但し、吹きぬけのような場合 N_2 (↗) ↔ 圧損 (↘) となることがある。

IV. 熱的振動の特性及びメカニズムの定性的検討

(1)特性 本振動は上述のように、一定操作量のもとでは、荷下りを介した炉内現象により、熱の消費、蓄積が交互に起こることにより生じた熱的な振動であり、通常3~4 Hr 周期で観察される。

(2)熱的振動のメカニズム

①炉上部(間接還元帯)と炉下部(直接還元帯)の反応の特徴

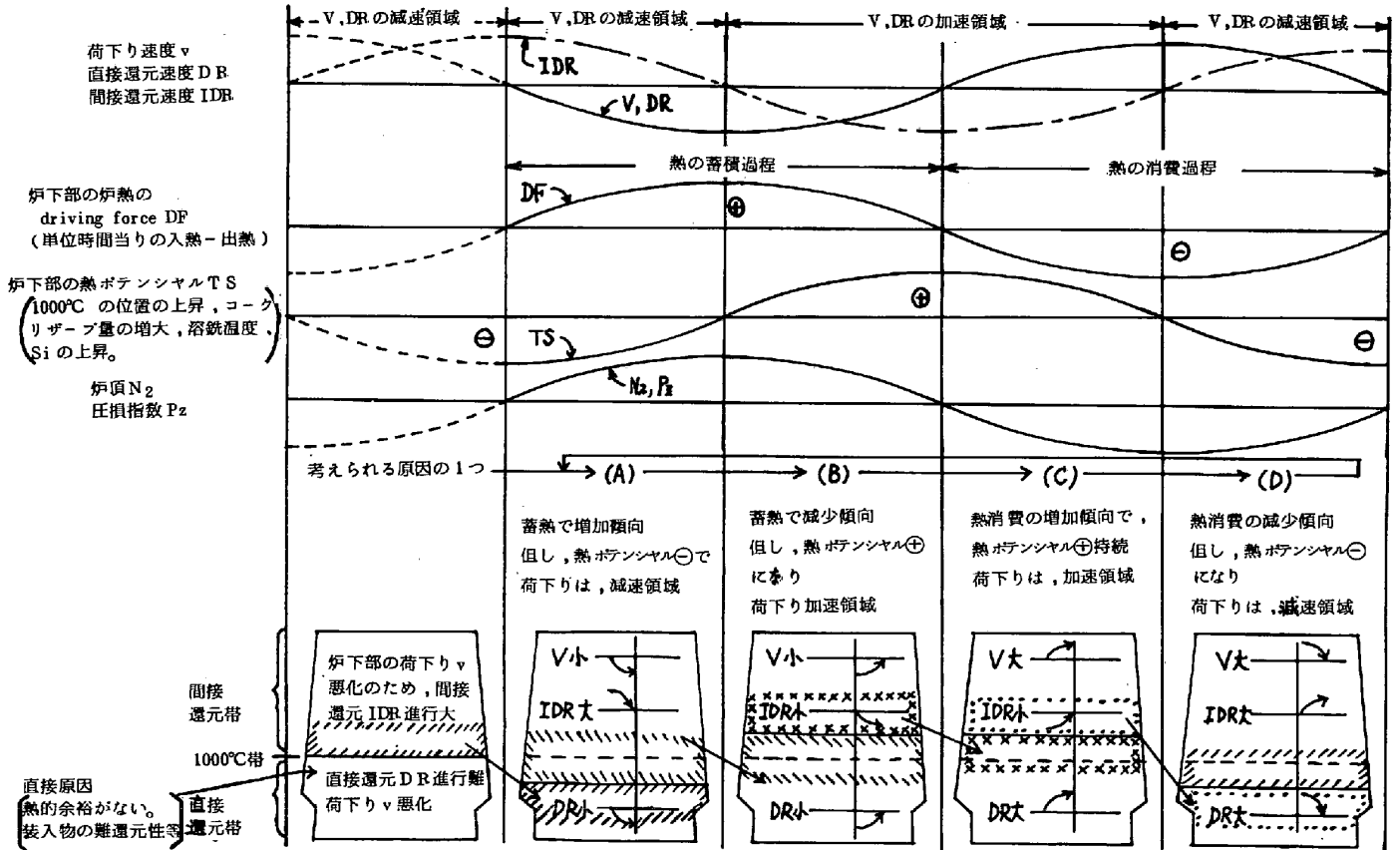
炉上部

炉下部

(I)間接還元 ($3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$ 等、反応熱小)
 (II)反応の効率が悪い(ガス還元で反応時間が長い)
 (III)間接還元率、熱交換による粒子温度の上昇は、鉱石の炉上部での滞留時間に比例(即ち荷下り速度に左右される)→熱のパッファとして炉下部へ影響

(I)直接還元 ($FeO + C \rightarrow Fe + CO$ 大きな吸熱反応)
 (II)反応の効率はよい(熔融スラグ状と固体コークスの反応、反応時間が短い)
 (III)鉱石溶解速度、コークス消費速度による固体体積減少により荷下りが律速される。→炉上部へ影響
 (IV)直接還元が増大するためには、熱的余裕が必要。
 (V)過剰熱量により、熔融帯の増大(1000°Cの位置の上昇)、コークリザーブ量の増大、炉熱上昇等生じる。(熱のパッファ)

②熱の蓄積、消費による2サイクルモデル(模式図)



荷下りを介して直接、間接還元率の時間遅れにより、上述のメカニズムを介して振動が持続すると考えられる。

図5. 熱的振動のメカニズム模式図