

(25) ベルレス高炉の分配シュートにおける装入物の運動

川崎製鉄 技術研究所 ○近藤幹夫 工博 岡部俵児
千葉製鉄所 栗原淳作 奥村和男 富田貞雄

1. 緒言：千葉第2および第6高炉で採用しているPW式ベルレス装入装置は装入物分布制御の自由度が高く、分配シュートの傾斜角を変更することにより、装入物を炉内の任意の位置に装入できる。このように高度な機能を十分活用するためには、装入物の流動特性を的確に把握しておかねばならない。装入物は、一定の角速度で回転する分配シュート上に達すると、回転場を運動することになり、この間の運動はその後の落下軌跡や装入物分布を知るうえで重要な因子である。本報では分配シュート上での装入物を質点とみなして運動方程式をたて、数値計算により得られた結果を報告する。

2. 分配シュート上での質点の運動方程式：質点が回転場を運動するとき、回転系に固定した観測者の目からみると、(1)式のように重力 F のほかに、遠心力（第2項）と回転系に対する質点の相対速度 v に関係するコリオリの力（第3項）という2つの見かけの力が加わる。

$$m a = F - m (\omega \times (\omega \times r)) - 2 m (\omega \times v) \quad (1)$$

ここに、 m ：質点の質量、 a ：回転系からみた質点の加速度、 ω ：回転ベクトル、 r ：回転軸上の原点から質点までの動径ベクトル。なお、(1)式の右辺に摩擦項を加えて運動方程式とした。

3. 運動方程式の数値解析と計算結果：シュートの長手方向を L 方向、 L 方向と垂直なシュート断面内でシュート内面に対する接線方向と法線方向をそれぞれ、 θ 方向と N 方向とし、 L と θ の2方向につき運動方程式をたてた。そして、これらをさらに1階の多元連立微分方程式に分解した後、Runge-Quatta-Gill法により数値積分を行なった。計算上のパラメータは、 $\omega = 8 \text{ r.p.m.}$ 、 $\phi = 40^\circ$ 、 $v_L^0 = 3 \text{ m/s}$ 、 $\mu = 0.4$ とし、千葉第2高炉の分配シュートの計算例を図1に示す。

遠心力とコリオリの力を重力と比較すると、遠心力はシュート先端でさえ重力の約10%に過ぎず、質点の運動に対する影響力は小さい。コリオリの力は L 方向で最大20%であるが、 θ および N 方向では位置によっては重力より大きくなり、とうてい無視できない。回転場に入った質点はまずコリオリの力による仕事を受けて v_θ を持つようになり、さらに v_L や v_θ の増大につれ、コリオリの力の各成分も増大するが、この計算例では、シュートの中間部で θ 方向成分は最大となり、少し遅れて、 v_θ も低下しはじめる。これは θ が大きくなって、コリオリの力による質点を振り上げる力より重力がまさるようになるためである。結局、コリオリの力は、 θ

の小さいときにはシュート面に沿って質点を振り上げる仕事をし、 θ の大きいときには質点をシュート内面に押しつける働きをすることが図1からわかる。

(記号) L ：シュート長手方向距離、 θ ：シュート底部からの質点の振り上げ角、 v 、 v^0 ：速度、初速度、 ϕ ：シュートの傾斜角、 μ ：摩擦係数、 ω ：シュートの回転数

(添字) L 、 θ ：速度成分の方向を示す。

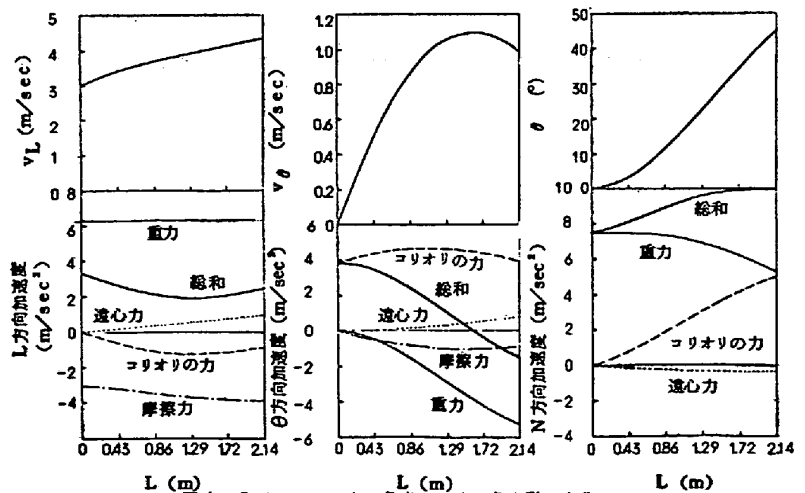


図1 分配シュート上の各点における各変数の変化