

669.18.013.5: 621.240.53  
: 658.571

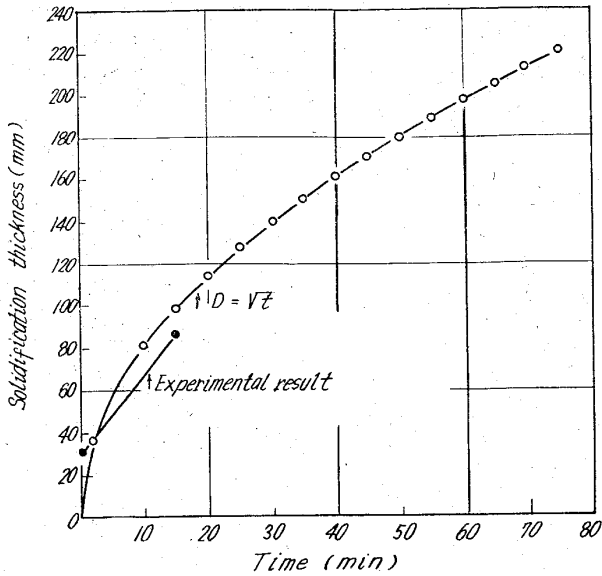


Fig. 4. Comparison between experimental result and solidification curve by  $D = \sqrt{t}$  equation.

経過時間  $t$  (min) に対して  $D = Kt + a$  の 1 次式で表すべきであることが判明した。

引き続き経過時間が延長した場合および大型鋼塊での凝固速度の検討を行ないたい。

### (120) 製鋼工場における造塊作業管理の一例

(製鋼工場におけるシステムシミュレーション—V)

八幡製鉄所, 製鋼部 中川 一・西村 悦郎  
高木清八郎・工藤 和也  
新地 一樹・上田 秀男

#### Operation Control of Teeming Yard in Steel Making Plant.

(System simulation of steelmaking plant—V)

Hazime NAKAGAWA, Etsuo NISHIMURA,  
Seihachiro TAKAGI, Kazuya KUDO,  
Kazuki SHINCHI and Hideo UEDA.

#### 1. 緒 言

製鋼工場の造塊ヤードは一般に複数の設備が並行して稼働しているために相互の干渉現象を起こし、工程能力を一意的に把握することは困難である。過去に行なわれ

てきた造塊能力の推定は、平均によつて大きづばに計算したにすぎない。それはあまりに実際作業が単純化され理想化された状態の推定であつて前提条件が変ればたちまち使えないものとなつてしまう。われわれはこれまで原料入荷から鋼塊送付までの製鋼工場の大きな流れをいくつかのサブシステムに分割してそれぞれについてモデル化を試みてきた。今回は平炉の出鋼, 受鋼, 注入, 静置, 型抜, 型据を含むかなり大きなシステムで鑄型処理場についても検討を加えた。用いた手法はモンテカルロシミュレーションで待合せ問題として扱つた。検討の結果, いろいろの条件に応じた造塊能力をつかむことができた。この結果に基づいて, 鋼塊原価の安い大形平炉工場へ, できるだけ鋼塊配分を行なうことによつて, 副次的なコスト切下げをはかることができた。さらにこの問題に用いたモデルはそのままプロセスオートメーションに利用できるであろう。以下報告するのはK工場の例である。

### 2. 現場作業の実態とモデル化

#### 2.1 K工場の平炉造塊関係の設備

注入方式はすべて台車注入方式で, 上注下注ともに行なわれる。型抜型据は造塊ヤードに隣接した鑄型処理場で行なわれる。Table 1 に主要な設備を列記する。

K工場の造塊場のレイアウトを Fig. 1 に示す。注入線は, 平炉と向いつて並行に一直線に配置されているため, 起重機の差合や注入線そのものの差合が生じる可能性がある。

#### 2.2 シミュレーションモデル

シミュレーションに用いたラフ・フローチャートの一部を Fig. 2 に示す。この図ではチェックポイントは3つとなつているが実際には 13 のチェックポイントをもつ, かなり大がかりなモデルとなつている。現場作業をうまく再現するようにモデルはかなり細部にわたつて実態作業をシミュレートしている。とくに起重機の位置, 型処理場における鑄型と台車の位置など位置の関係をモ

Table 1. main facilities.

open hearth	120 t (fixed type) × 7 (nominal capacity 139 t)
teeming yard	teeming ladle crane 175 t × 3 teeming line 1 ch × 5
stripping yard	stripper crane 45 t × 1 20 t × 1 15 t × 1

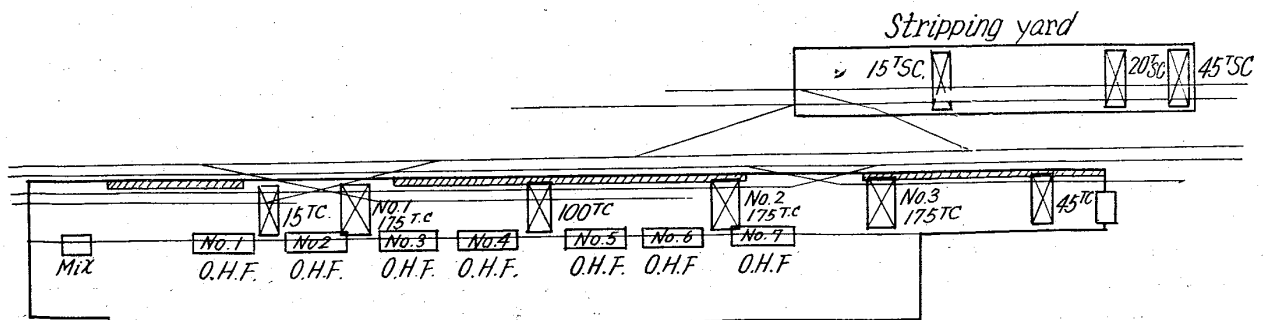


Fig. 1. Layout of K plant.

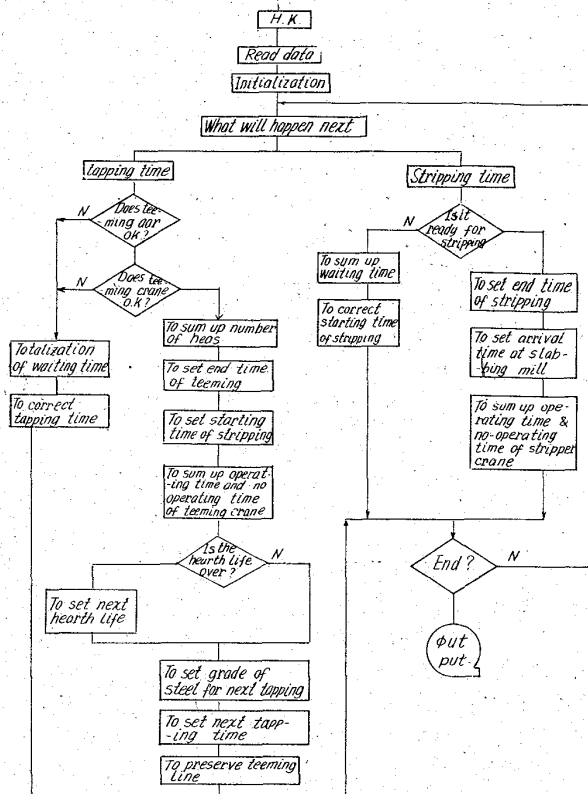


Fig. 2. Rough flow chart.

デルに組み入れてあるがこのシミュレーションモデルの特徴である。以下簡単に制約条件を説明する。

- 1) 炉号別に注入線を指定する。
- 2) 注入線とそこで注入可能な鋼種の間には完全な対応をつける。例えば
  - 1号注入線→C, B型普通鋼 (注) C型: 角型
  - 2 " →C, B " B型: 偏平型
  - 4 " →下注キルド, B型普通鋼, 上注ぎキルド
- 3) 注入クレーンと注入線の関係も対応をつける。
  - No. 1注入クレーン→1, 2号注入線
  - No. 2 " →2, 3 "
  - No. 3 " →3, 4, 5 "
- 4) 鋳型処理場には4編成の台車が入ることができ、大型台車, 小型台車, それぞれ2編成が入れるものとする。処理可能はそれぞれ1編成とする。
- 5) ストリップクレーンと処理可能鋳型の間にも完全な対応をつける。
- 6) 型据された注入台車は注入線に入ってから 30 min 後に使用可能とする。
- 7) 製鋼時間は正規分布に近似させ -26 以下をカットする。
- 8) クレーンの修繕も加味する。
- 9) 出鋼々種は出鋼比率より求める。

2.3 主なインプットとアウトプット  
 主要なインプットは次のようなものである。

- 1) 稼働基数
- 2) 製鋼時間の分布
- 3) 注入台車編成
- 4) 製鋼処理時間の分布

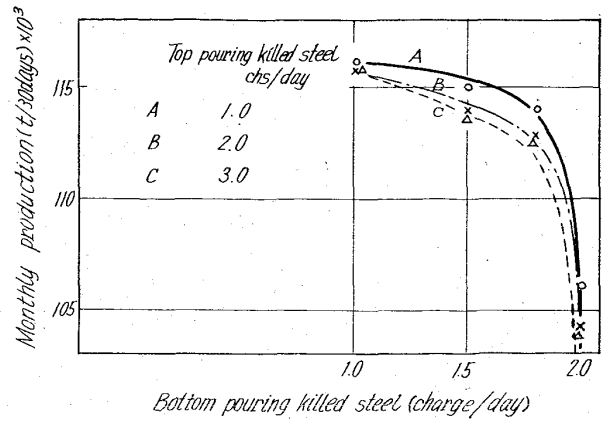


Fig. 3. Relation between charge/day of killed steel and monthly production (number of operating furnace=7).

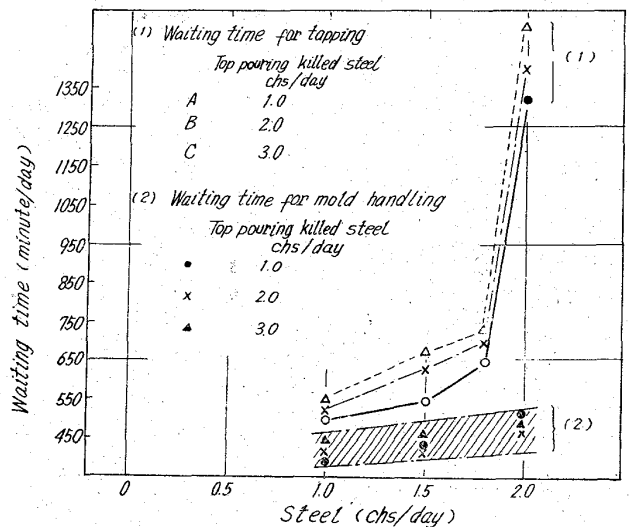


Fig. 4. Relation between charge/day of killed steel and waiting time.

- 5) 出鋼々種比率
- 主なアウトプットは次のようなものである。

- 1) 炉別鋼種別注入線別出鋼杯数
- 2) 出鋼杯数合計
- 3) 平炉の出鋼待回数
- 4) 理由別出鋼待時間の分布
- 5) クレーンの稼働不稼働時間の分布
- 6) 型処理待時間の分布

### 3. 計算結果とその考察

計算結果は Fig. 3, 4, 5 に示す。Fig. 3 には下注キルドの chs/day と月産能力 (30 日分) の関係を示している。実線は上注キルド鋼が 1 ch/day, 破線は 2 chs/day, 点線は 3 chs/day のときの計算結果である。キルド鋼の出鋼杯数が増えると注入線の占拠時間が増加するので生産量は減少する。下注ぎキルドが 1.8 ch/day までは月産量の減少は割合なめらかであるがそれ以上になると急激に減少している。上注ぎキルド出鋼杯数の影響は下注ぎキルド鋼ほど大きくない。この図から造塊能力はキルド鋼の関係として表現できる。生産量を減少させる原因は Fig. 4, 5 から読みとることができる。Fig. 4 の ① はキルド鋼と待時間の関係を示す。Fig. 3

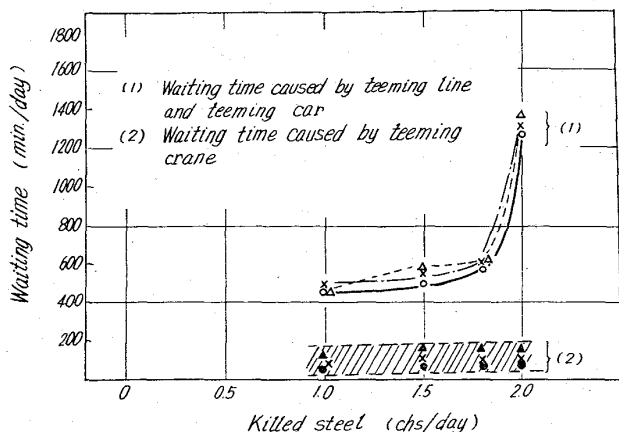


Fig. 5. Classification of waiting time for tapping.

の傾向はそのままこのグラフにも現われている。Fig. 4 の ② は型処理待時間を示しているが下注キルドの増加によつても、ほとんど待ちは増えないと見ることが出来る。従つて、生産量を減少させる原因としては型処理場の能力は関与していないことになる。

Fig. 5 はさらにこの待時間を分類してグラフ化したものである。①は注入線が満員のためか、注入台車の遅れによつて生じた待時間で、全待時間はこれによつて大きく左右されていることを示している。②は注入用クレーンによる待時間でこれは無視しうる程度に小さいとみることができる。当工場で今まで経験的に言われてきたことは、型処理場の能力および受鋼クレーンがネックとなるだろうということであつたが、それは単なる推測に過ぎず人間の勘というものの不確かさを示してくる好例である。

実際には注入線と注入台車がネックとなるので、注入台車の編成を変えるなど、キルド鋼の出鋼杯数に応じて標準作業を変化させる必要がある。

#### 4. 結 言

- 1) 平炉-造塊間のモデル化はほとんど完全にできる。
- 2) K工場の造塊ヤードの能力は、キルド鋼の出鋼杯数に応じて Table 2 のように決めることができる。
- 3) 増産のときのネックは従来から型処理場の能力と考えられていたが、型処理場はやや余裕があり、注入線、注入台車がネックとなることがわかつた。
- 4) 解析結果から、生産鋼種比率、生産ベースに応じた台車編成および鑄型構成の標準をつくつた。
- 5) またこの検討に用いたモデルはプロセスオートメーションに利用できる。

Table 2. Monthly production. (during 30 days)

A \ B	1.0	1.5	1.8
1	116000	115000	114000
2	116000	114000	113000
3	116000	114000	113000

A: bottom pouring killed steel (chs/day)  
 B: top pouring killed steel (chs/day)

6) 過去行なわれてきた造塊ヤードの能力推定値と計算結果からの推定値の差は約2万tあり、従つて、台車編成の改善出鋼差合の防止などによつて、K工場の造塊能力は現在の推定能力を約2万t上回つても処理可能であることがわかつた。

### (121) 上注ぎ造塊に関する模型実験

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 田上 豊助・○平岡 文章・二本柳学而  
 Medel Experiment on Top Pouring at  
 Ingot Making.

Dr. Toyosuke TANOUÉ, Bunsho HIRAOKA  
 and Gakuji NIHONYANAGI.

#### 1. 緒 言

上注ぎによる造塊法において、鑄込状況は、スプラッシュ、二重肌、湯皺、気泡などの発生に関係し、鋼塊の品質におよぼす影響は非常に大きい。これらの欠陥を防止減少させるために、スプラッシュ・カン、クッション・ボード、鑄型塗料などいろいろの工夫がなされたり、また模型実験によりノズル形状が鑄込流におよぼす影響が調べられたりしている。ここではこれらの欠陥と鑄型の形状はどのような関係があるかを調べたのでその概略を述べる。

#### 2. 模型実験

##### 2.1 実験の相似

取鍋からノズルを経て鑄型内へ溶鋼が移動するという運動を考える場合、ここに働く力は重力、慣性力、摩擦力である。今回の実験では、スプラッシュや波打を観測することにしてしているので、この場合主として考えるべき力は重力と慣性力であり、これは Fr 数、Re 数の相似則により模型実験における相似が満足されると考えられる。幾何学的に相似させた模型実験装置(縮尺 1/5)において、系全体の Fr 数が一致する条件に定め、かつノズル部における Re 数は乱流域に入るようにした。

##### 2.2 実験装置

現場における取鍋、鑄型の一例について幾何学的に相似な模型を使用し、鑄型は内部が観測できるように透明なアクリルライト樹脂で作成し体積が等しくコーナーおよび扁平度の異なる 12 種の鑄型模型を使用した。

##### 2.3 実験条件

取鍋の head は 480mm に保ち、スプラッシュおよび湯踊りについて調べた。スプラッシュについては鑄込初期の 2.5, 5.0 sec の 2 段階について実験した。なお鑄型の形状は次の通りである。

コーナー R: <R, 10<sup>R</sup>, 20<sup>R</sup>, 30<sup>R</sup>, 40<sup>R</sup>, 60<sup>R</sup>, 160<sup>φ</sup>  
 扁平度: 1/1, 1.5/1, 2/1, 2.5/1, 3/1, 3.5/1, 4/1

##### 2.4 実験方法

スプラッシュについては、着色した水によりスプラッシュを紙面に記録し、湯踊りについては、水にアルミ粉末を懸濁させそれを追跡した。

#### 3. 実験結果

##### 3.1 プラッシュ量について

##### 3.1.1 各鑄型におけるスプラッシュの飛散状況