

技術報告

UDC 621.783 : 669.18

省エネルギー型回転炉床式加熱炉*

山 嶋 一 剛**・津 村 一 雄**

林 真 一**・佐々木 隆 雄**

The Rotary Hearth Furnace Designed for Saving Energy

Kazuyoshi YAMASHIMA, Kazuo TSUMURA,

Shin-ichi HAYASHI, and Takao SASAKI

Synopsis:

A Rotary Hearth Heating Furnace has been designed and installed for both saving energy and reducing NO_x emission. The characteristic of this furnace is as follows.

- (1) The ceramic fiber lining is used.
- (2) The Low-NO_x Burner with high efficient combustion is developed.
- (3) The combustion control with O₂% is adopted.

As a result of those improvement of the efficiency, the amount of town-gas consumption was reduced to 70% and that of NO_x emission to 40% of that by the conventional type furnace.

This paper refers to the outline of this new furnace.

1. 緒 言

当所では、1976年に鉄道車輛用タイヤなどの環状圧延品の素材加熱用設備の改修を計画した。

一方、省エネルギーおよび環境保全是、世界的趨勢であり、当計画においても、これらに対応する諸施策を検討し実施した。

当炉における主な改善項目を次に示す。

- (1) 蓄熱損失ならびに放散損失の低減
- (2) 低空気比燃焼による燃焼効率の向上
- (3) 浸入空気防止による排ガス損失の低減ならびにレキュペレータの効率向上
- (4) 低 NO_x、高効率燃焼機器の開発による、燃焼効率向上

上記の改善の結果、従来型炉に比べて、燃料原単位で約 30%、NO_x 発生量で約 60% の低減をはかることができた。

以下にその概要を紹介する。

2. 設 備 概 要

当炉は、環状圧延品の素材である丸型鋼塊（以下ワー

クと記す）の加熱炉であり、予熱帯（1, 2 ゾーン）、加熱帯（3, 4 ゾーン）、均熱帯（5 ゾーン）よりなっている。

当炉の諸元を表1に、その概略図を図1に示す。

予熱帯、加熱帯には、自社開発の低 NO_x、高効率なトンネル型ガスバーナを配置している。また、炉巾方向の温度差を解消するため、均熱帯天井にはフラットフレーム型のバーナを配置し、均一加熱を行なっている。

表1 炉 諸 元

項 目	内 容
炉 型 式	回転炉床式連続加熱炉
加熱能力	max. 30 t/h
主要寸法	炉 中 心 径 : 12 000 mm 台車有効幅 : 3 640 mm
燃 料	都市ガス (4 500kcal/Nm ³)
燃焼機器	予熱帯・加熱帯 : トンネル型ガスバーナ 44 本 均熱帯 : フラットフレームガスバーナ 18 本
加 熱 材	圧延タイヤ、環状品用丸型鋼塊

* 昭和 53 年 3 月 24 日受付 (Received Mar. 24, 1978)

** 住友金属工業(株)製鋼所 (Osaka Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 5-1-109 Shimaya Konohana-ku, Osaka 554)

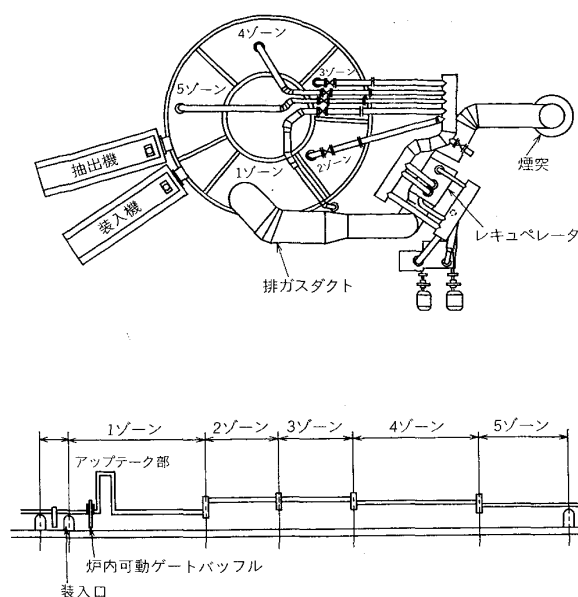


図 1 0 t/h 回転炉床式加熱炉

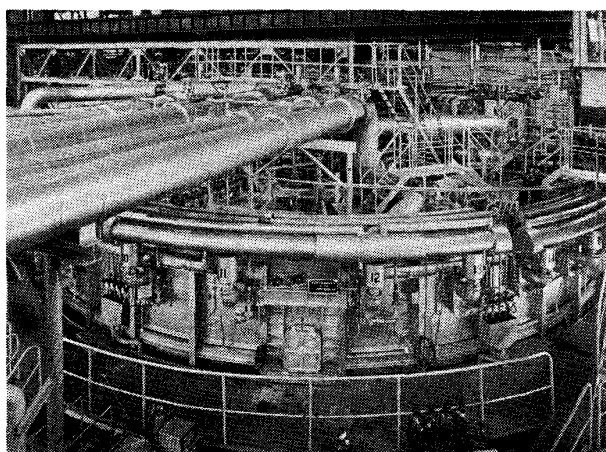


写真 1 30 t/h 回転炉床式加熱炉

燃料排ガスは、1ゾーン装入口近くのアップテーク部より、排ガスダクトを経てレキュペレータに導かれ、燃焼用空気と熱交換されている。

一方、ワークは、装入口より専用マニプレータで径方向に多列で装入され、加熱後、抽出口より抽出用マニプレータで炉外へ抽出される。

制御面においては、残存酸素量のコントロールならびに監視の実施、その他、5ゾーン、1ゾーン間の仕切りバッフルの保護のため、マイクロ波による物体検知器を取りつけ、ワーク追突による破損防止対策を実施している。

当炉の外観を写真1、抽出状況を写真2にレキュペレータを写真3にそれぞれ示す。

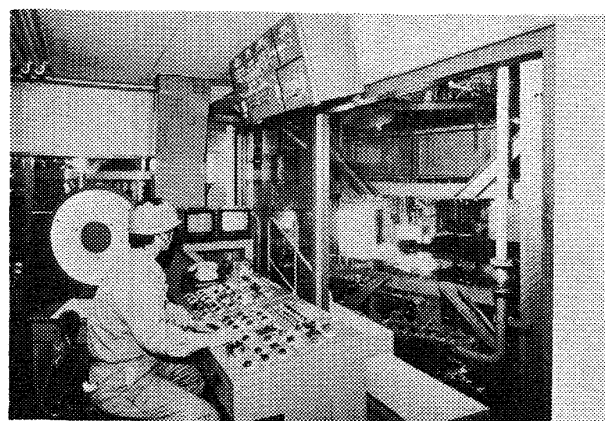


写真 2 抽出状況

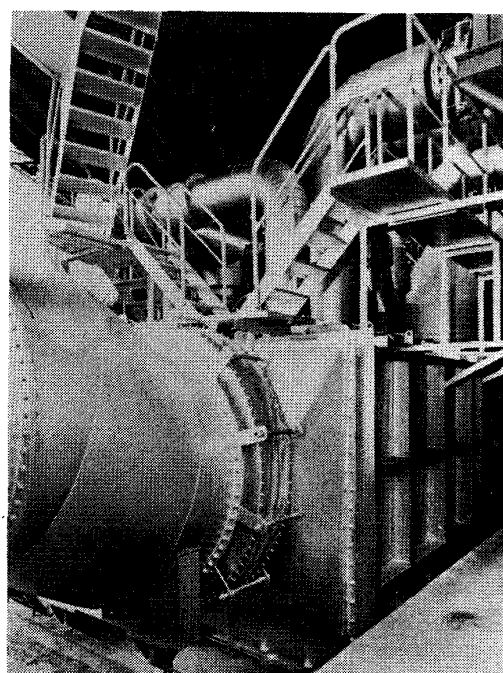


写真 3 レキュペレータ

3. 省エネルギーおよび環境保全対策

前述した省エネルギーおよび環境保全対策について、主な内容を次に示す。

- (1) 放散損失および蓄熱損失の減少を目指した、耐火材のセラミックファイバー化
 - (2) NO_x 発生量の低減と併せて、燃焼効率の向上を目指した新型燃焼機器の採用
 - (3) 炉内残存酸素量コントロールによる空燃比制御の採用
 - (4) 浸入空気防止対策として、炉内可動式ゲートバッフルの採用
 - (5) 5ゾーン、1ゾーン間の仕切りバッフル密閉化のため、マイクロ波物体検知器の採用
- 以下に、その内容を詳しく述べる。

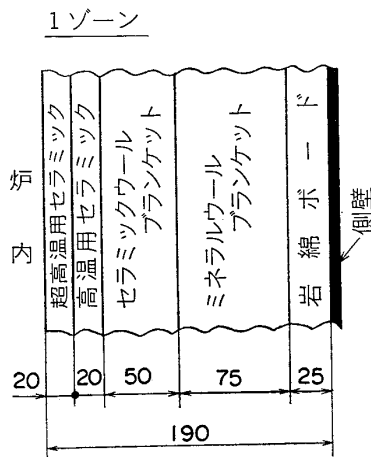


図 2 炉 壁 構 成

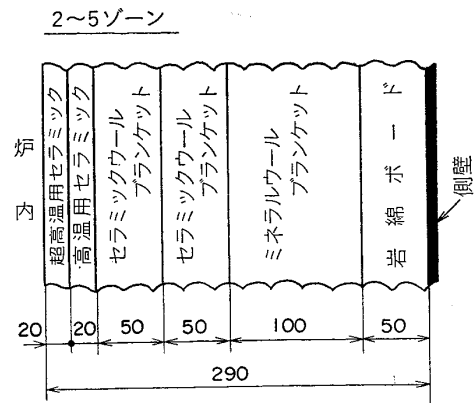


図 3 炉 壁 構 成

3.1 セラミックファイバーの採用

最近の省エネルギー対策の手段として注目されているセラミックファイバーは、従来の耐火物にくらべて下記の特長をもっている。

- (1) 比重が従来比約 8/100 と小さい。(炉体の軽量化)
- (2) 熱伝導率が従来比 1/10 と小さい。(断熱性が良い)

しかしながら高温炉における、施工法、材質などに問題があり、炉内ライニング材として、本格的な連続式加熱炉への導入例を見なかつたが、超高温用ファイバーの利用と施工法の確立をはかり、当炉への採用を試みた。

3.1.1 炉壁構成

予熱帯における構成を図2、加熱帯、均熱帯における構成を図3に示す。なお、セラミックファイバーの施工(固定)法は、スタッドライニング方式であり、その状況を写真4に示す。

3.1.2 省エネルギー効果

従来の耐火材のライニングに比べて、約 15% の省エネルギー効果が得られ、その主なものについて、次に示す。

- (1) 炉体軽量化に伴う蓄熱損失の減少
- (2) 昇温時間の短縮に伴う作業性の向上
- (3) 断熱性向上に伴う放散損失の減少

その他、施工、ならびにメンテナンス上の簡素化などでも、その効果が特筆される。

3.2 低 NO_x 、高効率燃焼バーナ

当炉においては、省エネルギーばかりでなく、環境面においても改善対策を実施した。

その対策について次に示す。

- (1) 都市ガスを利用することにより、 SO_x ならび

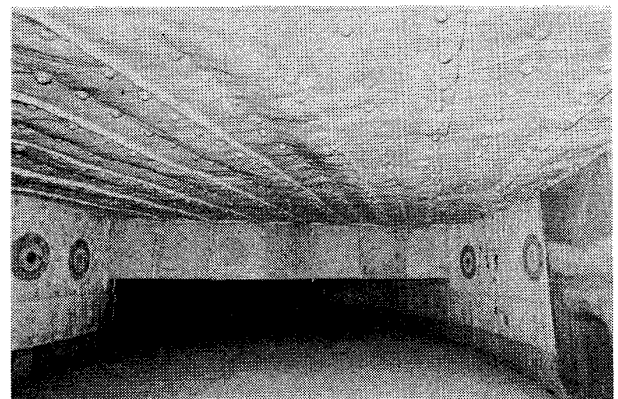


写真 4 炉内セラミックファイバライニング状況

に都フェューエル NO_x の防止をはかつた。

- (2) 低 NO_x 、高効率燃焼バーナを開発し、サーマル NO_x の低減をはかるとともに、低酸素燃焼を可能にした。

3.2.1 バーナの構造

開発したバーナは、強制通風式ノズルミックスバーナであり、エアーレジスター部とナロータイル部より構成されている。

燃料ガスはレジスターの中心部を通つて、ガスノズルより低速で噴出される。一方、燃焼用空気はレジスター内の整流筒を通り、旋回羽根で急速旋回運動を与えられエアーノズルよりナロータイル部に噴出し、燃料と混合される混合ガスはタイル出口で着火燃焼をする。

すなわち、ナロータイルの採用により、内部流速を増加させ、タイル内燃焼をなくし局所的な高温部の発生をおさえサーマル NO_x の低減をはかっている。また、燃焼エアーの強旋回により、タイル出口に燃焼ガスの再循環領域が発生(ボルテックス効果)する。これにより、フレームの安定化と温度の均一化がはかられ、さらに空気と燃料の混合が促進され、低空気比での燃焼を可能としている。当炉で開発したバーナの諸元を表2、構造を

表2 バーナ諸元

バーナ容量 (kcal/h)	バーナタイプ	燃 焼 空 気			備 考
		温 度 (°C)	空気比 (m)	圧 力 (mmAg)	
10×10 ⁴	フラット・フレイム	450～	1.1	500	均 熱 帯
25×10 ⁴	ト ン ネ ル 型	450～	1.1	500	加 熱 帯
45×10 ⁴	ト ン ネ ル 型	450～	1.1	500	加 予 熱 熱 帯

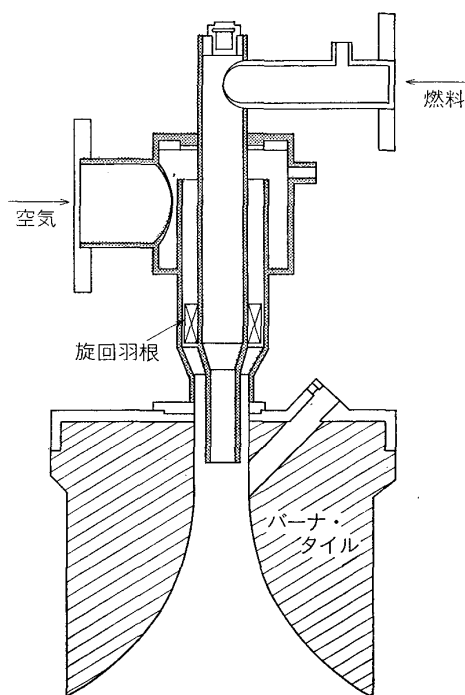


図4 フラットフレイム型バーナ

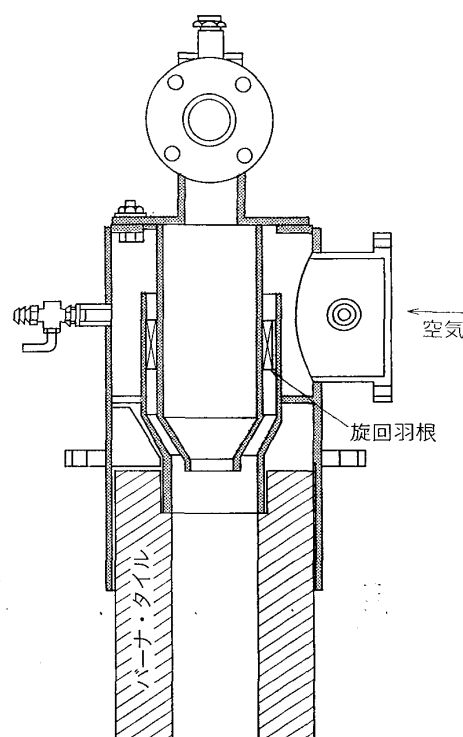


図5 トンネル型バーナ

図4, 図5にそれぞれ示す。

3.2.2 バーナの特長

本バーナの主な特長を次に示す。

(1) 通常バーナに比べて NO_x の発生量が 40～60% 低減し、予熱空気を利用してもほとんど増加が見られない。

(2) 低酸素燃焼が可能で、空気比 1.05～1.1 で未燃ガスの発生がない。

(3) 燃焼範囲が広く、気体燃料で 10:1 以上のターndダウンが可能である。

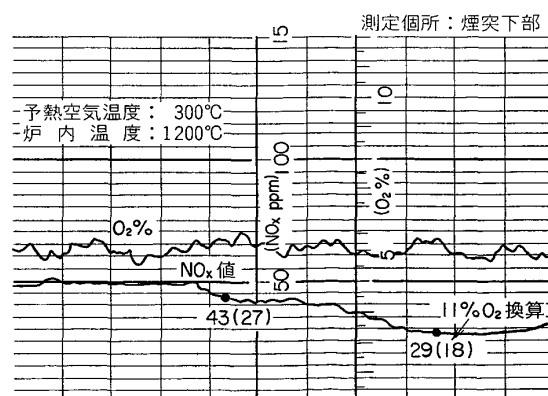
(4) バーナの構造が簡素化されている。

(5) 燃焼空気として、熱風、冷風いずれも使用可能である。

(6) 低 NO_x 化による、燃焼効率の悪化がない。

3.2.3 NO_x 測定結果

本炉における NO_x 発生量の実測チャートを図6に示

図6 NO_x 発生量

す。 NO_x 発生量は 11% O_2 換算で 30 ppm 以内であり良好な結果を示している。

3.3 炉内残存酸素量制御の実施

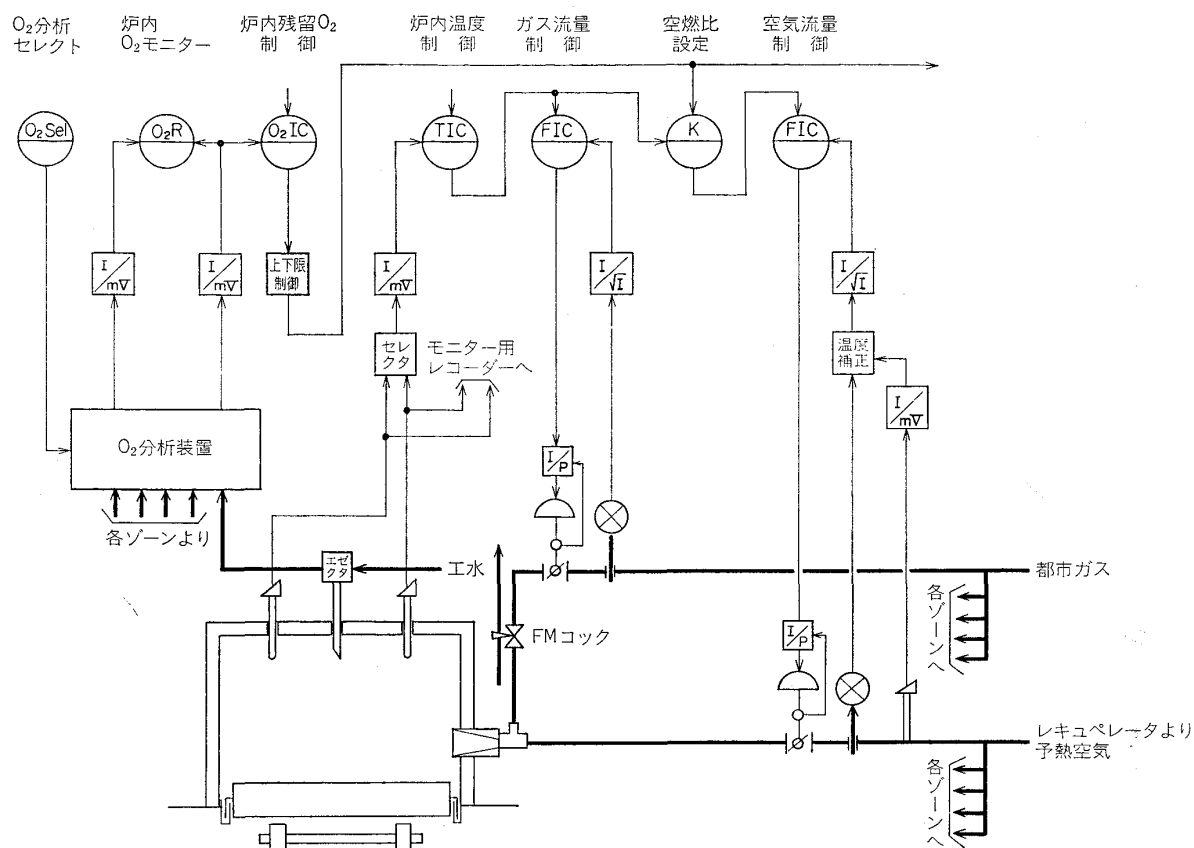


図 7 計 装 フ ロ ー シ ー ト

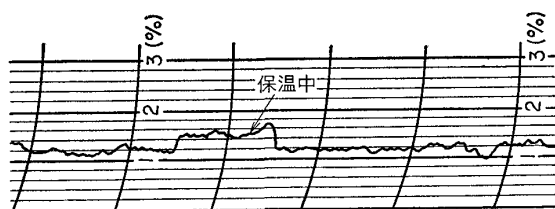
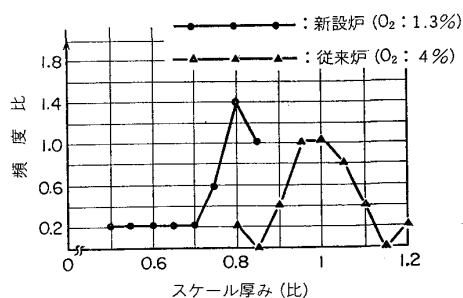
図 8 操 炉 中 の $O_2\%$ 

図 9 スケール発生量変化

炉内酸素量を測定し、空気量にカスケードすることにより、安定した低酸素燃焼を実施している。なお、制御ゾーンは切替により選択可能である。また、サンプリング系を時系列的に切替えることにより、全ゾーンの酸素量を監視している。

当炉の計装フローシートを図7に、操炉中の酸素量推移を図8に示す。

また、2次の省エネルギー効果としてスケール生成量を最小限にすることができた。従来ロータリ炉とのスケール厚みの比較を図9に示す。

3.4 炉内可動式ゲートバッフルの採用

従来、ロータリ炉においては、ワークの装入、抽出時に扉口より冷風が炉内に浸入し、炉内温度ならびに排ガス温度を低下させた。当炉においては、炉内可動式ゲートバッフ

トバッフルを、装入抽出扉の開閉に同調して上下に駆動させることにより、冷風の侵入を防止した。

3.5 マイクロ波物体検知器

均熱帯と予熱帯間の仕切りバッフルを密閉化し、炉圧制御性の向上、熱流れの正常化をはかった。そのため、ワーク取り残しによるバッフル追突破損保護対策としてマイクロ波を利用した物体検知器を採用し、炉の円滑稼動をはかった。

その他、当炉においては、天井フラットフレームバーナを採用することにより、均一加熱精度の向上（ワーク表面温度で $\pm 10^\circ\text{C}$ ）ならびに均熱時間の短縮をはかっている。また、省エネルギー対策として、高効率なレキ

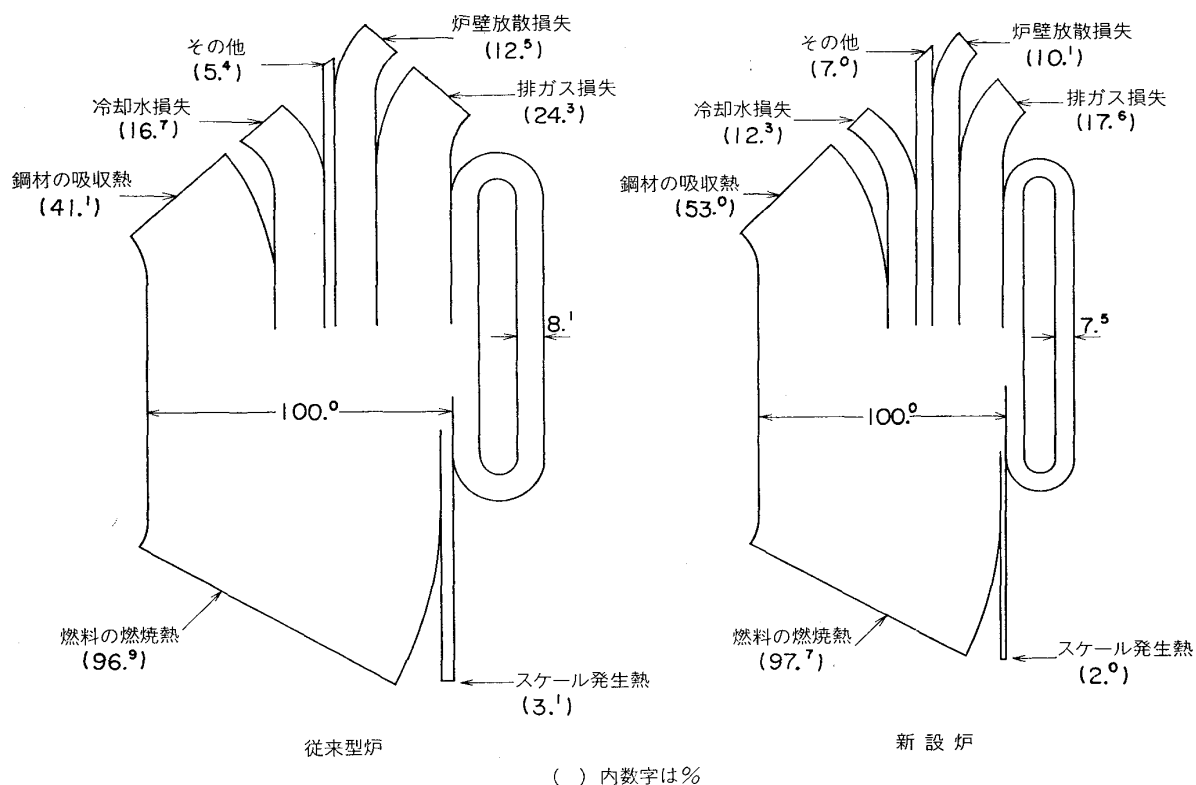


図 10 熱収支比較

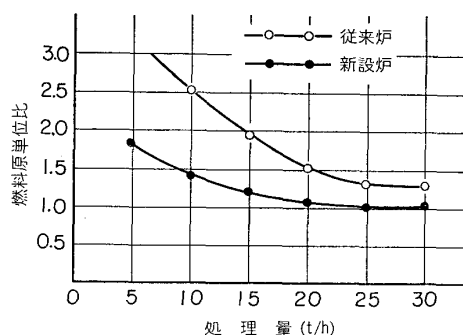


図 11 新設炉の原単位特性

ユペレータをも採用し、排ガスの回収を実施している。

4. 結 果

従来炉と比較して、約 30% の省エネルギーが可能と

なった。間欠操業においては、炉体のセラミックファイバー化がより一層の効果をもたらした。

従来炉との熱収支比較を図 10 に、原単位特性を図 11 に示す。

5. 結 言

回転炉床式の加熱炉として、省エネルギー、低 NO_x 化、均一加熱などで良好な結果が得られた。

今後、操炉方法の検討、セラミックファイバーの耐久度、トレースなどを実施し、より改善を重ね一層の省エネルギーをはかりたい。

文 献

- 1) 川本良正, 鍋木勝彦: 金属, 697 (1978) 4, p. 136