

## 完全無予熱タンディッシュ・ホット回転技術の開発

Repeating Operation of Hot Tundish without Preheating in the Process of Continuous Casting

新日本製鐵(株)広畑製鐵所

白井登喜也\*・磯野 潔・平岡照祥

笠原 始・大黒隆彦・藤井浩二

大野唯義

広畑技術研究部

大貫一雄

## 1. 緒言

広畑製鐵所では、連鑄の取鍋交換部位を主とする非定常鑄片の品質向上、製鋼の抜本コスト改善及びタンディッシュ(以下、TDと略す)の整備作業改善を目的に、鑄片品質向上対策設備を1992年10月に設置した。非定常部鑄片品質向上には取鍋スラグ・空気・TD保温材による溶鋼酸化を防止し一定速度・一定温度で鑄造し、TDでのスラグの巻き込みを防止することが必要である。そのために完全無予熱TDホット回転、シールドTD化、TDの容量拡大、3相交流プラズマを利用したスラグ完全改質(Plasma Ladle Furnace以下PLFと略す)等を実施した。また、TDホット回転により耐火物及びエネルギーコストの低減及びTD整備時の3K作業の廃絶を図った。本報では鑄片品質向上対策の主要技術である完全無予熱TDホット回転について述べる。

## 2. TDホット回転の概要

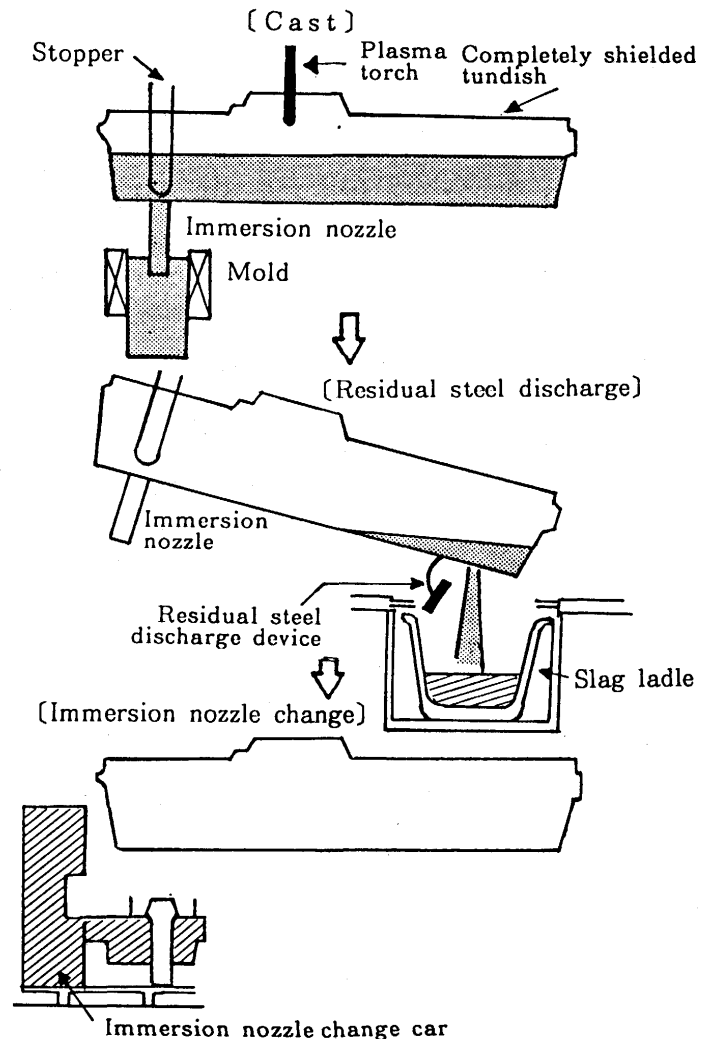
TDホット回転設備を連鑄機東ストランドに設置した。製造鋼種は熱延鋼板・冷延鋼板・ブリキ等である。TDは14tより25tまで容量を拡大した。また同ストランドには溶鋼加熱を目的に、TD直流プラズマ加熱設備が設置してある。

Fig. 1にTDホット回転の作業フローを示す。鑄造終了後、直ちに残湯排出を開始する。残湯排出はTD底部に設備したフラッパー方式の排出装置で行い、排滓鍋で残湯を受ける。排出完了後、鑄造に使用したモールド内浸漬ノズル(イマージョンノズル:以下INと略す)を同じく鑄造に使用したストッパーで押し抜き、IN交換装置で回収する。続いて同一のIN交換装置で羽口清掃を実施、予熱が完了した新しいINを挿入して、TD整備が完了する<sup>1)</sup>。尚INは分割タイプで発生する接合面のエアリークによる溶鋼酸化を防止するために一体型を採用した<sup>2)</sup>。

## 3. TDホット回転技術の開発

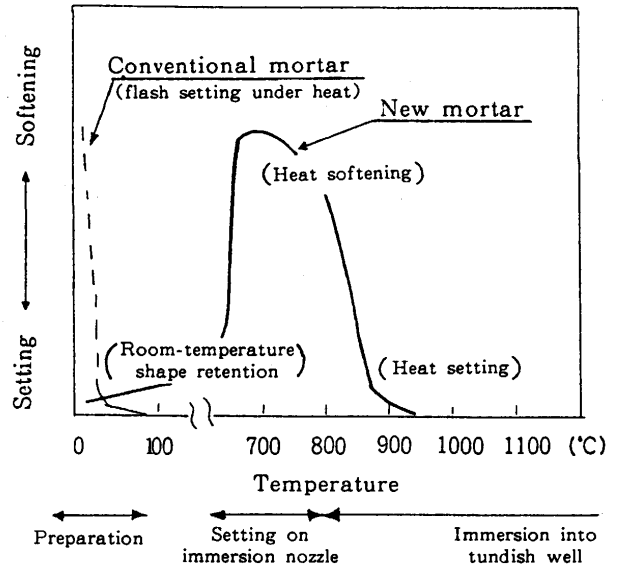
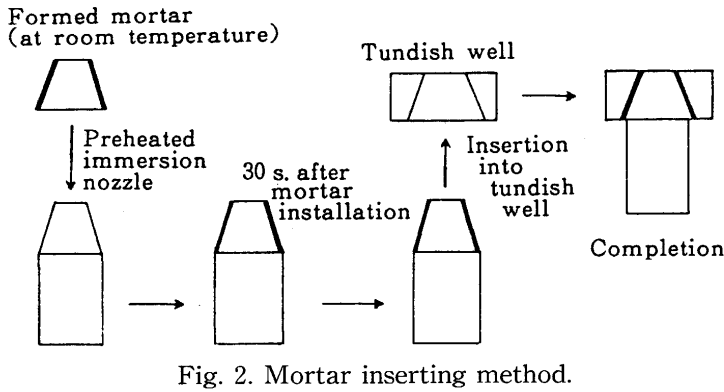
## 3・1 熱間使用可能モルタルの開発

Fig. 2にIN挿入方法を示す。予熱した一体型INを羽口に挿入して鑄造に使用するため、羽口とIN朝顔間の充填に使用するモルタルは従来の冷間セット用モルタルでは不適であり、Fig. 3に示す特性を持たす必要がある。つまり常温では成形体をなし、予熱したIN朝顔部に装着した直後に軟化し羽口に挿入後は硬化して鑄造中は溶鋼の侵入を防止する。この様な熱軟硬化特性を得るために、熱可塑性

Fig. 1. Flow of hot tundish repeating operation<sup>1)</sup>.

平成6年6月9日受付 (Received on June 9, 1994)

\*Tokinari Shirai(Hirohata Works, Nippon Steel Corp.,1 Fuji-cho Hirohata-ku Himeji 671-11)



バインダーと熱硬化性バインダーとを組み合わせた固形のモルタルを開発した。又溶鋼に対する耐蝕性を確保するために、耐火度の高い骨材を使用した。更にIN交換作業を簡便なものとするべく、INを鑄造に使用したストッパーで押し抜くことを考案した。その際、押し抜き力は人力で行うため1t以下が要求され、モルタルの具備条件として良剝離性が需要であり、焼結材をコントロールして対応した。

Fig. 3. Softening and setting characteristics of hot-setting mortar.

3・2 IN交換技術

Fig. 4にIN交換装置の概要を示す。IN交換台車は①使用済INを回収する装置、②羽口内面に残存するモルタル・異物を除去する羽口清掃機、③予熱完了後のINを予熱炉より供給機に搬送し、成形モルタルをIN朝顔部に装着するIN/モルタル移載機、④予熱完了後のINを羽口に挿入するIN供給機からなる。IN交換装置の特徴は、IN回収から予熱したINを装着するまでのIN交換に必要な全ての装置を1台の台車上に配したことであり、これによりIN交換時間の短縮を図った。又、TDの位置ずれ、TDの傾きがあってもINの装着が可能なる様に、IN供給機のメカニカル制御を開発した。

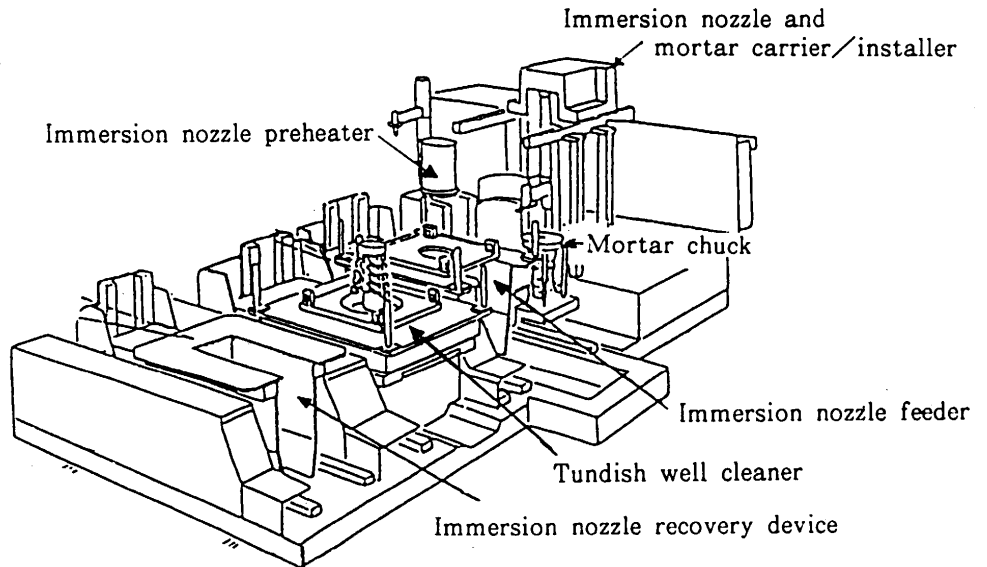


Fig. 4. Immersion nozzle change car.

次に、IN固定装置をFig. 5に示す。IN朝顔部に搭載したベースプレートとTDの底部をウォームジャッキ駆動コッターで固定する装置を開発した。ウォームジャッキはエアモーターで作動し、エアーの供給は遠隔操作で行う。これにより、TDに近付くことなくINの固定が可能となった。IN交換装置及びIN固定装置の開発によりIN交換作業は全て自動化された。

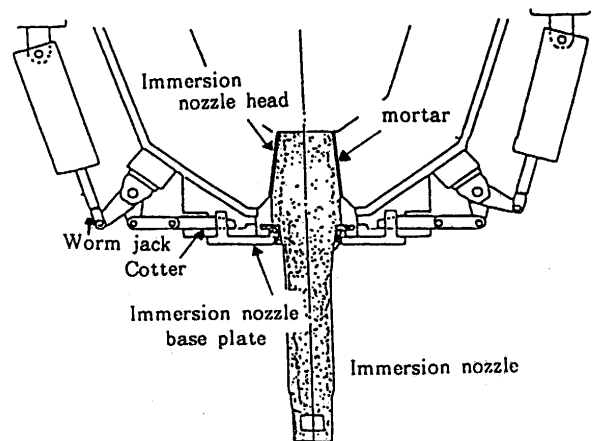


Fig. 5. Immersion nozzle fix device.

3・3 残湯排出技術

Fig. 6にTD内残留物と残湯排出開始までの時間の関係を示す。TDスラグ・地金の残留を防止するためには鑄造終了後2分以内に排出を開始する必要がある。

Fig. 7に残湯排出装置の概要を示す。鑄造終了後ただちに、残湯排出ができるように、TD底部に排出ノズルをセットし、ノズルの出口をフラッパーで開閉する機構とした。フラッパーの開閉はエアシリンダーで行う。フラッパーを閉めた後、詰め砂を充填する。排出開始後

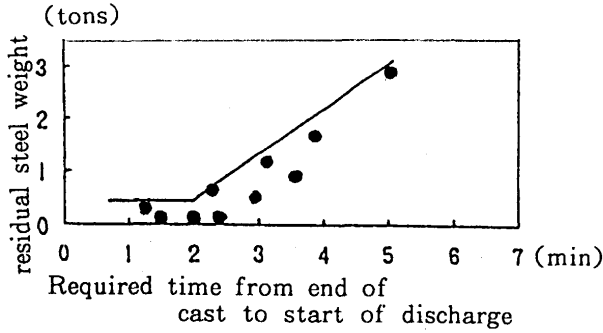


Fig. 6. Effect of tundish residual steel weight on required time to start of discharge.

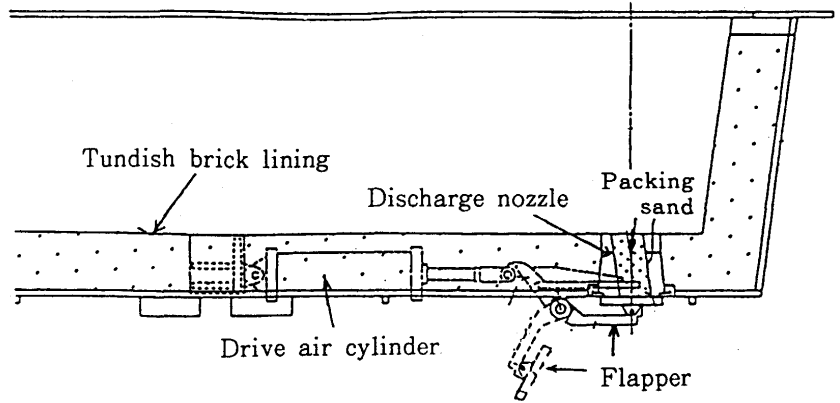


Fig. 7. Residual steel discharge device.

に流出物がフラッパーにかからないようにフラッパーの閉状態から全開までの時間を一秒以内とした。また、排出孔下部に若干のスラグが付着しても、フラッパーが閉止できる構造とした。

#### 4. TDホット回転操業結果

##### 4.1 TD内付着物の改善

TDホット回転開始当初連続使用キャスト数が増加するに従い、TD内に付着物が堆積してきた。付着物はCaO-6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO-2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の高融点組成のものがネットワーク状に存在し、その中にGehlenite、Anorthiteといった低融点組成物がマトリックスを形成していた。鑄造末期以降の溶鋼温度低下時にTDスラグから高融点物が晶出し、高融点物の晶出に伴いTDスラグの流動性が低下し、排出性が悪化することでTD内にスラグが残留したものと推定した。鑄造末期の低温化防止を目的にTDプラズマ加熱を鑄造末期まで実施し、更に鑄造末期にTDフラックスを添加して晶出温度を下げることでスラグの排出性を改善した。フラックス選択に当たっては、溶鋼を汚染させないためにSiO<sub>2</sub>、FeO等は含まないこと、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を吸収しやすくするためにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量抑制、短時間で溶けかつ溶解熱が小さいことを前提にした。この前提に基づいてCaO-CaF<sub>2</sub>系のフラックスを選定し、使用した。TDプラズマ加熱の利用及びフラックスの使用により、スラグの流動性が改善され、TD内面への付着の問題は解決された。

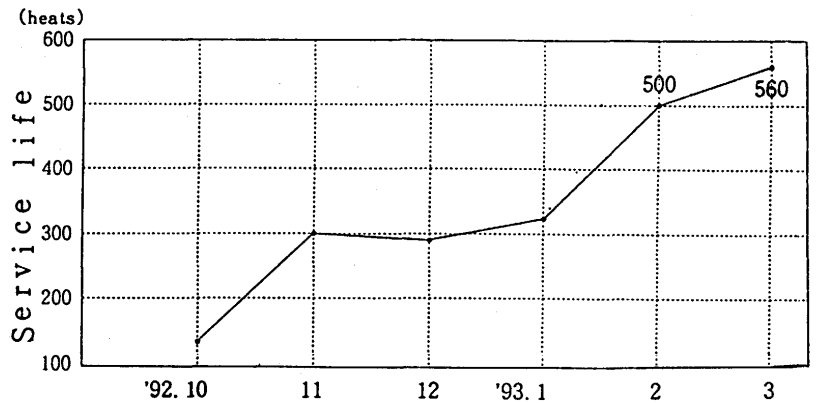


Fig. 8. Change in service life of hot tundish.

##### 4.2 TD連続使用回数と耐火物コスト

Fig. 8にTDホット回転連続チャージ数推移を示す。前述の付着物防止対策の実施により、1993年2月には500ch/TDまでの連続操業を確認した。Fig. 9に従来TDとの耐火物コストの比較を示す。従来のTDは鑄造後、冷却して地金等を排出、一部のれんがを補修し、再コーティングして、使用していた。TDホット回転操業では、鑄造後ただちに残湯を排出するため、れんが補修・コーティング等必要なくなった。その結果、TD耐火物コストは従来に比較して、1/3まで低減した。

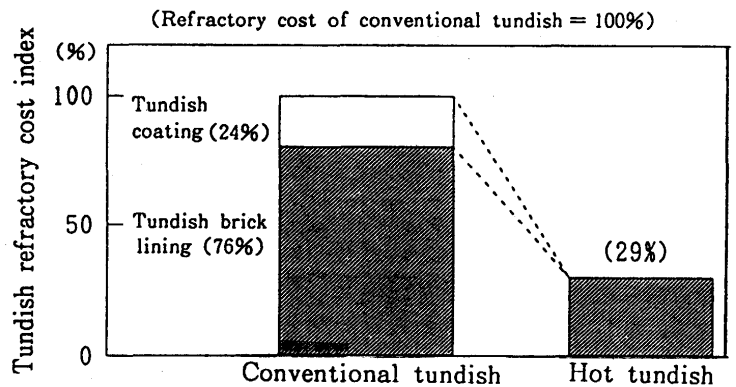


Fig. 9. Tundish refractory cost.

##### 4.3 TD内溶鋼温度降下の低減

Fig.10に鑄造終了からのれんが表面温度推移を示す。6時間を経過しても通常TDのバーナー予熱温度より高く、完全シールドTDのため極めて高い保温性を有

している。TD準備時間は40分であり、鑄造開始前温度は1450°Cにも達しており、鑄造前の再TD予熱は全く不必要であり、ここに完全無予熱TDホット回転技術が確立された<sup>1)</sup>。また完全シールドTDであるためTD保温材は一切使用していない。Fig.11にレードルカー上の鍋内溶鋼温度及びTD内溶鋼温度推移を示す。TDホット回転により取鍋からTD内の溶鋼温度低下は従来に比較して8°C改善され、チャージ内温度降下も従来30°Cあったものが6°Cまで改善した。これは完全シールドTD及び短時間のTD整備によるものである。

#### 4・4 品質改善結果

保温材及び空気による酸化が防止でき、かつ一定温度で鑄造を可能とした完全シールドTDでのTDホット回転による品質改善の例をFig.12に示す。PLF等の品質改善対策も併せて付与した。PLFの最高出力は5.0MWである。Fig.12はブリキ材の対策後の鍋交換部位と従来の定常部位を磁粉探傷欠陥の発生率で比較したものである。鍋交換部位の成績は定常部位と同等であることを確認した<sup>3)</sup>。また、対策後の鍋交換部位ではスリバー等の表面欠陥も発生していない。

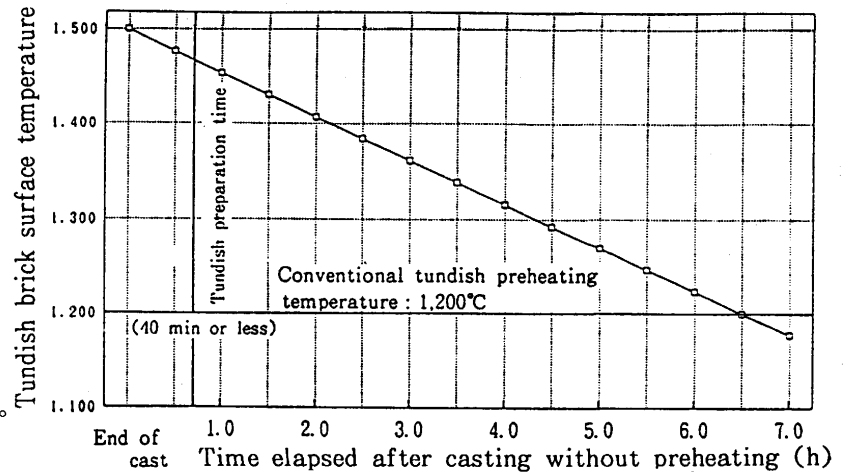


Fig. 10. Change in brick surface temperature after.

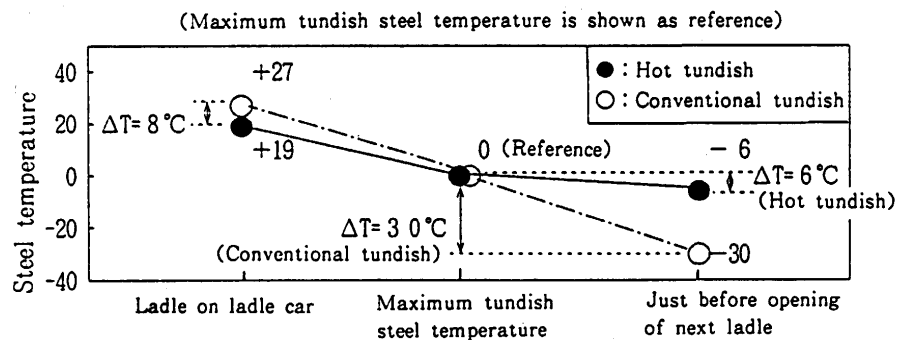


Fig. 11. Improvement in temperature drop of molten steel in hot tundish<sup>1)</sup>.

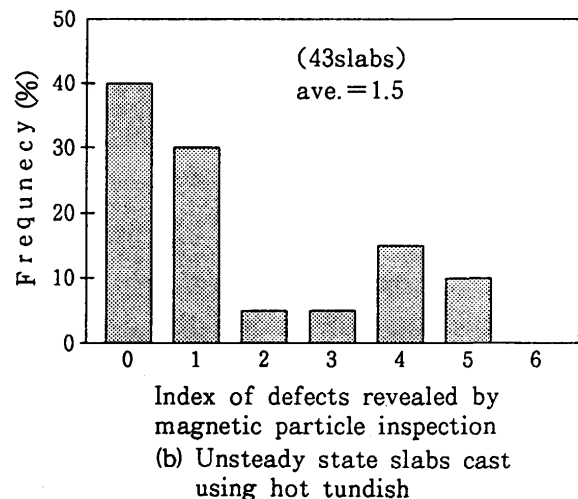
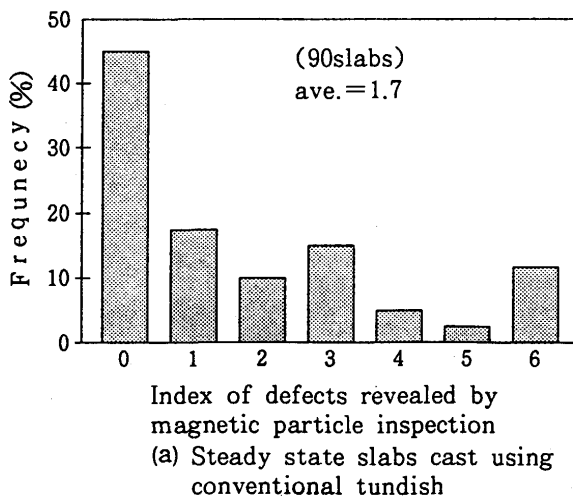


Fig. 12. Comparison of incidence of defects revealed by magnetic particle inspection in tinplate steel slabs<sup>3)</sup>.

## 5. 結言

非定常部鑄片の品質向上、製鋼の抜本的コスト改善及びTDの整備作業の改善を目的に完全無予熱TDホット回転設備を設置し、1993年2月には500ch/TDの連続操業に至った。また、TD耐火物コスト及びTD内溶鋼温度降下が予想通り改善されていることを確認した。

## 文献

1) 白井ら：材料とプロセス，6 (1993)，p.1166

2) 北川ら：材料とプロセス，4 (1991)，p.261

3) 磯野ら：材料とプロセス，6 (1993)，p.1164