

## 技術資料



## Technical Paper

# 取鍋搬送線，クレーン新設による CC 生産性向上

菰田頼忠\*，山口智則\*，岸 幹根\*

## Improvement of Continuous Casting Machines Productivity by the New Ladle Transportation Line, and Ladle Crane

Yoritada Komoda, Tomonori Yamaguchi, and Mikine Kishi

### Synopsis

The steel making section in Chita plant, Daido Steel Co., Ltd. has many facilities, five electric arc furnaces, many kinds of refining devices, and two continuous casting machines, No.1CC, and No.2CC, and produce approximately 140 k tons a month crude steel which covers more than 90 % of that of Daido Steel.

Forever, the ladle transportation delay due to the lack of the number of ladle crane and ladle transportation line cause the amount of CC production which is less than that of their ability to decrease. New ladle crane in CC shop, and new ladle transportation line from refining yard to CC shop have been introduced in order to solve the problems in Oct. 2004, and Jan. 2006. The effects of these works are the following.

- 1) Both No.1CC and No.2CC productivity increased (+18 ton/hr) because of the reduce of process time from the end of LF to CC start.
- 2) Power consumption of EAF and LF reduced because of decreasing of the molten steel temperature after refining.
- 3) CC tundish refractory life increased because of decreasing of continuous casting time and molten steel temperature in tundish.

## 1. 緒 言

大同特殊鋼(株)知多工場（以下、当工場という）製鋼工場は、全社粗鋼生産量の約 9 割を製造する主力工場であり、これまでさまざまな新規生産設備を導入し、生産性向上を推進してきた。しかし現在は生産性向上はもちろんのこと、省エネルギー、CO<sub>2</sub> 削減という視点も含めて、高生産性、高歩留りである連続 casting（以下 CC）の能力増強が不可欠となる。本報では製鋼工場場内の保有設備増加に伴う複雑化した溶鋼取鍋搬送が CC 生産性を阻害していることに着目し、2 基の連続 casting 機への取鍋溶鋼搬送を整流化することで、各 CC 本来の能力を発揮させ、生産性の向上を図ったので報告する。

## 2. 当工場製鋼工場概要と CC 生産性向上のための課題

### 2. 1 製鋼設備概要と CC 取鍋搬送フロー

当工場製鋼工場では 70 トン電気炉を 5 基保有しており、精錬設備としては取鍋精錬炉（以下 LF：Ladle Furnace）3 基，RH 式真空脱ガス装置（以下 RH）3 基，ステンレス専用の精錬炉である真空 AOD（以下 VCR：Vacuum Converter Refiner）1 基，Pb，Ca などの快削元素を添加する大気精錬設備（以下 CAS：Composition Adjusting process by Sealed argon bubbling）を 3 基保有している。 casting 設備として連続 casting 機を No.1CC，No.2CC の 2 基，大断面 casting 機（PHC：Promising Hybrid Caster）を 1 基，インゴット casting 場を 2 箇所所有している。No.1CC，No.2CC の設備概要を Table 1 に示す。No.1CC は 2 スtrand，370 × 510 mm

Table 1. Main specification of continuous casting machine.

Item	No.1CC	No.2CC
Type	Bending type	Vertical type
Bloom size	370 × 510 mm	Φ 350 mm
Number of strand	2	4
Casting speed	0.70 m/min	0.65 m/min
Secondary cooling	Water & mist spray	Mist spray
EMS	M,S,F-EMS	M,S-EMS
Soft reduction	-	Roll reduction (Φ 400 × 2)

の角断面、完全湾曲型のCCであり、自動車用構造用鋼を主体に最大 0.70 m/min の casting 速度で casting するマシンである。No.2CC は Φ350 mm の丸断面、4 スtrand の完全垂直型のマシンであり、また軽圧下設備を有していることから、軸受鋼・ステンレス鋼を主体に最大 0.65 m/min の casting 速度で casting できるマシンである。また1つの取鍋を4 スtrand で casting する4 スtrand－1 レードル操作と異鋼種である2つの取鍋を2 スtrand づつ同時に casting する2 スtrand－2 レードル操作が可能であり、多品種・小ロットに対応したフレキシブルな生産体制を選択できる casting 設備である。

操作パターンの違いによる製鋼工場取鍋搬送フローを Fig.1 に示す。No.1CC はいずれの場合も B 炉, No.3LF, RH を経由して casting される。No.2CC は4 スtrand－1 レードル時は E/F 炉より No.2LF, RH を経由して軸受鋼を主体に casting する。2 スtrand－2 レードル操作時は、D 炉, VCR を経由したステンレス鋼を2 スtrand, E 炉, No.1LF, RH を経由した構造用鋼を残りの2 スtrand で同時に casting される。この場合、No.1CC とあわせて最大3 レードルを同時に casting することが可能である。

## 2.2 CC 生産量推移と CC 生産性阻害要因

Fig.2 に製鋼生産量の推移を示す。1992 年の No.2CC 導入以降 CC 比率は増加しているが、No.1CC 量は1992 年以前に対し低下している。この原因は Fig.3 に示す製鋼工場と CC 工場間の溶鋼取鍋搬送時の以下4箇所の設備干渉によるものであった。

### I. CC 工場内取鍋搬送クレーン

CC 工場は取鍋搬送クレーンを2基保有していたが、溶鋼の入った取鍋（以下充鍋）を搬送できるクレーンは1基しか保有しておらず、同時に2基の充鍋が搬送されてきた場合に、どちらかが待機する必要があった。

### II. 製鋼工場－CC 工場間取鍋搬送線

上述したCC工場と製鋼工場間を結ぶラインの溶鋼線は1本のみであり、精錬の終了した取鍋搬送、casting の終了した空鍋搬送が交錯することができず、かつ No.1CC, No.2CC

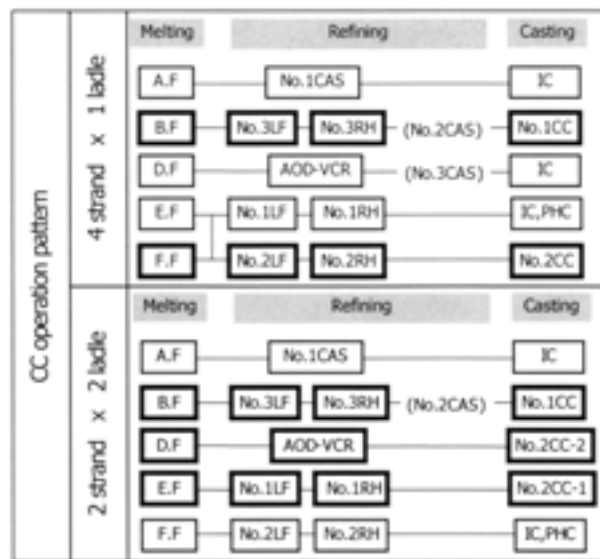


Fig.1. Steel making process in Chita plant.

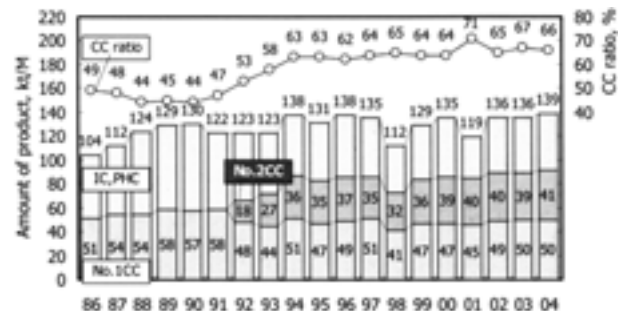


Fig.2. Change of crude steel production.

の取鍋を同時に搬送することができずにいずれかの取鍋で待機する必要が発生していた。

### III. 精錬ヤード取鍋搬送クレーン

No.1CC の溶鋼は No.3LF, RH ラインで精錬が終了した後、クレーンにて製鋼工場、CC 工場を結ぶライン（以下溶鋼線）上の台車に移動させる必要がある。この時使用するクレーンは、AOD-VCR 処理をするための取鍋から AOD ベッセルへのデカンテーションにも使用するため、干渉が発生していた。

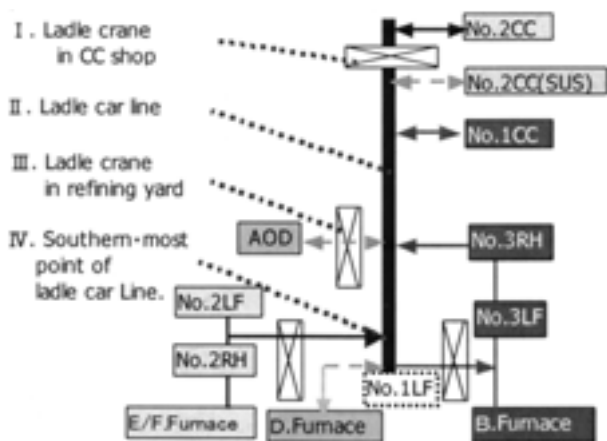


Fig.3. The factor of CC productivity decreasing.

#### IV. 溶鋼線最南端

No.1CC, No.2CC 共に casting が完了した後の取鍋は、溶鋼線最南端まで返送される。その後取鍋内のスラグ除去、スライディングノズル交換などの処置をする鍋処理センターへ搬送される。またこの溶鋼線最南端部は、No.2CC 用の取鍋が No.2LF, RH 処理完了後に取鍋が上架される場所でもある。かつインゴット、PHC 材が No.1LF 処理する場合には、ここでの取鍋ハンドリングが不可能な設備レイアウトとなっており、CC から戻ってきた取鍋の処理が他の設備干渉により、遅れることが多発していた。

### 2. 3 CC 取鍋搬送干渉による CC 铸造速度の低下

前述した取鍋搬送時の設備干渉により、電気炉出鋼から CC 铸造開始までのサイクルタイムへの影響について Fig.4 に示す。設備能力から LF 処理終了から No.1CC 铸造開始までの理想時間は 53 min で可能であるが、実際は 97 min と 44 min の搬送時間遅れが発生していた。またその時間は Fig.5 に示すとおりバラツキが大きく、搬送時間が延長した場合には CC で取鍋待ちにより铸造速度ダウンが発生し、予想よりも早く取鍋が到着した場合には、溶鋼温度が高温となり CC でのブレイクアウト発生懸念のため、铸造速度を落とさざるを得ないこととなり CC 能率低下となっていた。この現象は LF 終了から CC 開始までの時間があらかじめ予想できれば、その時間に合わせて LF 終了温度を決定することで解決可能であるが、前述した溶鋼線での干渉、精錬ヤードでのクレーン干渉、CC 工場でのクレーン干渉が予測不可能なため、温度低下による CC でのノズル閉塞を懸念し、安全を見て温度を高め傾向に処理せざるを得ないことから発生するものである。

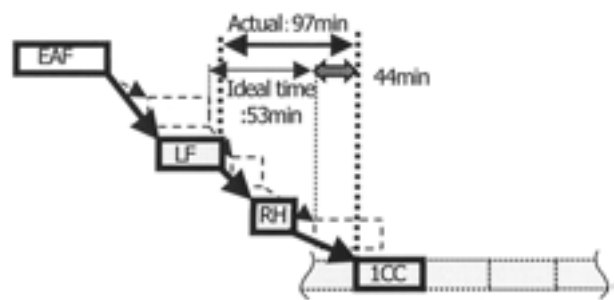


Fig.4. The effect of process time from tapping to CC due to the delay of ladle transportation.

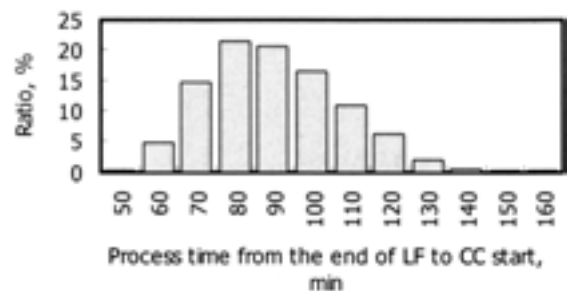


Fig.5. Distribution of process time from the end of LF to CC start.

## 3. CC 取鍋搬送干渉の解決手段

### 3. 1 CC 取鍋搬送シミュレーション結果

製鋼工場と CC 工場間での取鍋搬送干渉を解決する手段をシミュレーションにより検証を行った。シミュレーションに用いたソフトは、ユニコム（現在新日鐵ソリューションズ）製 PC モデルであり、工場レイアウト、各設備の動作時間、処理時間、搬送時間、搬送の優先順位を設定した。搬送干渉手段として Fig.6 に示す 3 パターン設定し、いずれのパターンも CC 工場での①クレーン増設は前提条件として製鋼工場と CC 工場間の搬送を②溶鋼線上台車シフト化（追い越し可能化）、③溶鋼線複線化、④精錬ラインー CC 工場直結ライン新設の 3 パターン（A 案：①+②，B 案：①+③，C 案：①+④）とした。また本シミュレーションの再現性を確認するため、現状レイアウト条件でのシミュレーションも実施した。

Fig.7 に No.1CC の取鍋搬送サイクルタイム現状実績とシミュレーション結果を示す。現状実績と現状レイアウトでのシミュレーション結果が同じ結果となったため、本シミュレーションは改善後の再現性はあると考えられる。まず A 案の溶鋼台車シフト化としては、台車の追い越し可能となるが、台車のシフト時間、シフト場所への移動時間

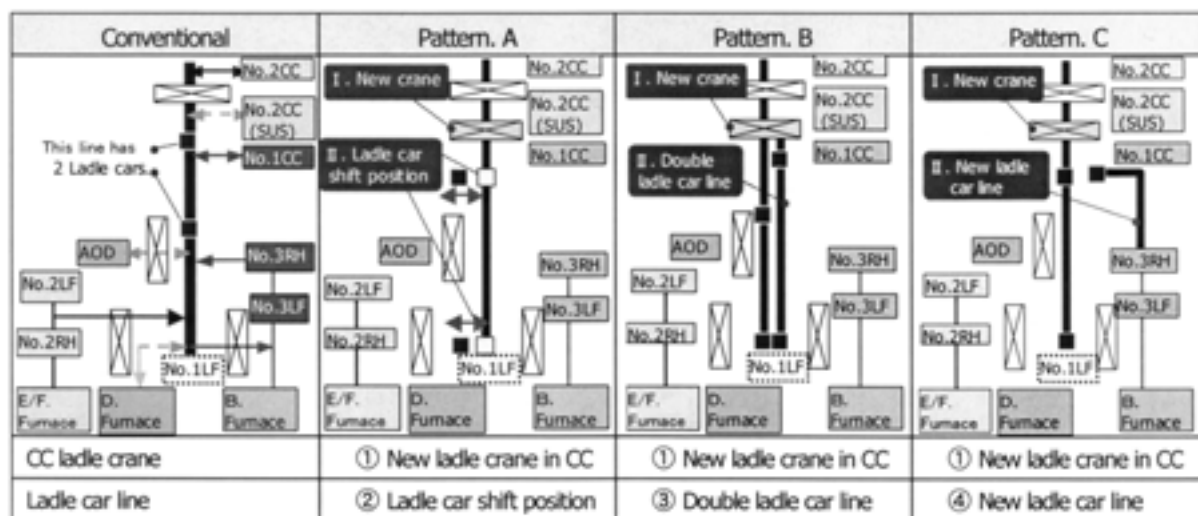


Fig.6. The condition of the ladle transportation simulation.

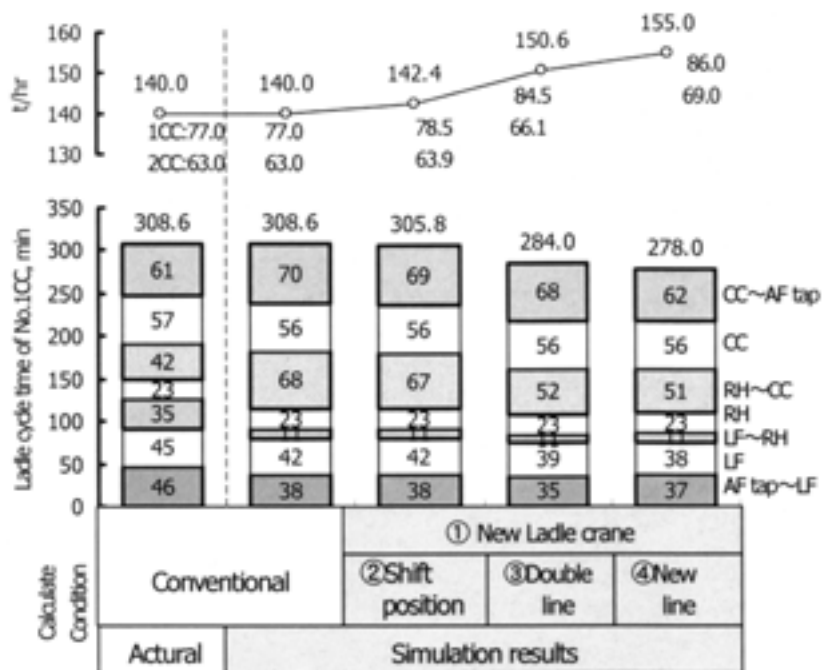


Fig.7. The simulation results of ladle cycle time and CC productivity.

により大きな能率改善効果なく+2.4 t/hrの能率改善結果となった。B案の溶鋼線複線化では、新溶鋼線へのクレーン搬送での干渉、溶鋼線最南端での干渉が残し+10.6 t/hrの能率改善効果に留まった。最後のC案の精錬ラインからCC工場への直結ライン新設では、クレーン搬送なしでのCC工場への搬送の効果が大きく+15.0 t/hrの能率改善効果となり、本方案を採用することとした。

### 3. 2 CC 取鍋搬送整流化最適方案

3.1 項のシミュレーション結果に基づき CC クレーン増設、および精錬ラインーCC工場直結ライン新設を計画した。概要図を Fig.8 に示す。

#### 3. 2. 1 CC 工場クレーン増設

CC 工場に従来設置されている充鍋搬送用クレーンは、No.2CC 専用として、今回 No.1CC 専用のクレーンを増設

した。将来のヒートサイズアップを考慮し，最大 180 トン搬送可能なクレーンを増設した。本クレーン増設に伴い，CC 工場でのクレーン干渉は解消され，No.1CC，No.2CC 独立で CC 工場へ到着した取鍋を铸造位置まで搬送可能となった。

### 3. 2. 2 精錬ラインー CC 工場直結ライン新設

No.1CC 用鋼主体の精錬ライン，No.3LF，RH ラインから CC 工場へクレーン搬送なしで取鍋を搬送するために，精錬ラインから延長し，CC 工場へ到着，旋回させ新クレーンで玉掛け可能な位置まで搬送させるラインを新設した。この新ラインを建設する上での課題は(1)精錬ヤードと CC 工場のレベル差 1 m，(2) 製鋼工場ー CC 工場間の道路横断，であった。

(1) 精錬ヤードと CC 工場のレベル差解消のために，溶鋼の入った取鍋を取鍋台車と共に 1 m 昇降可能な昇降装置を設置した。その概要図を Fig.9，設備仕様を Table 2 に示す。昇降方式はラムシリンダー 1 本で 4 本のガイドポストにガイドローラーを沿わせて昇降させる方式とし，クレーン同様将来のヒートサイズアップを考慮し昇降能力は最大 300 トンの仕様とした。

(2) 製鋼工場ー CC 工場間には場内作業車用道路(幅 7 m)がある。従来の溶鋼線では溶鋼台車が南北の移動しかないので，台車にオーバーハングして集電子を設置(集電子スパン 9.9 m)し道路横断を行っていた。しかし今回新設のラインでは Fig.10 に示すように精錬ラインを搬送していた取鍋台車をそのまま CC 工場へ搬送するラインであり，精錬ラインでは旋回する必要があるため，集電子をオーバーハングさせることは不可能である。解決策として Fig.11 に示す給電台車方式を採用した。Table 3 に給電台

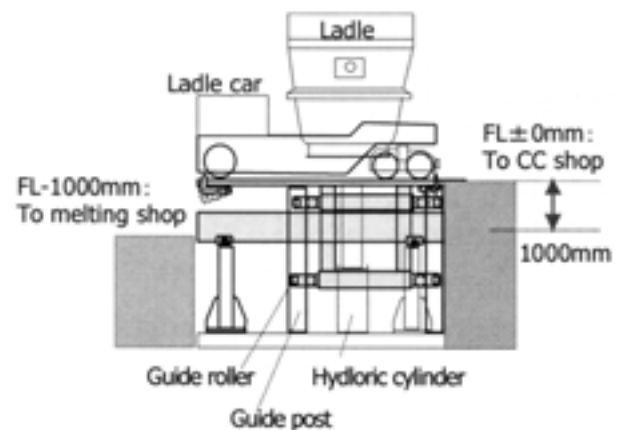


Fig.9. Schematic view of ladle up and down device.

Table 2. Main specification of ladle up and down device.

Item	Specification
Hydronic cylinder	φ 500 × 1020 stroke
Hydronic pump	37 kW × 2, 21 MPa
Lift capacity	Max. 300 t
Lift speed	1 m/min

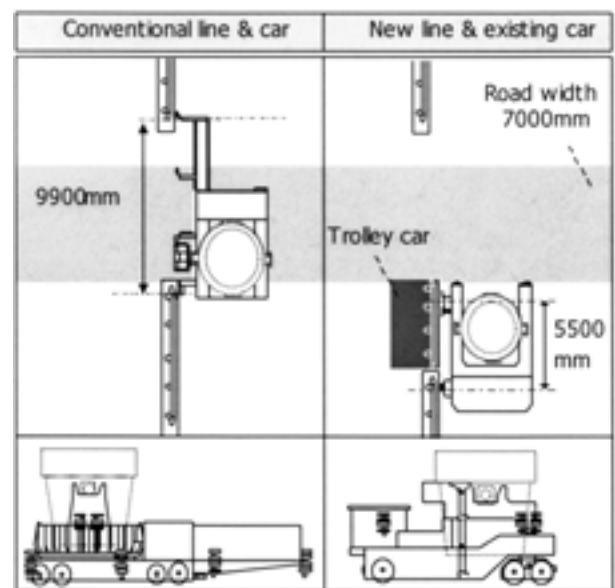


Fig.10. The comparison between crossing method of conventional line and that of new line.

Table 3. Main specification of trolley car and ladle car.

Item	Specification	
	Ladle car	Trolley car
Control	VVVF control, INV	VVVF control, INV
Electric motor	22 kW-4P, 1800 rpm 440 V- 60 Hz	3.7 kW-4P, 1800 rpm 440 V- 60 Hz
Speed	Max.: 30 m/min	Max.: 30 m/min
Acceleration	0 Hz → 60 Hz 5 sec	0 Hz → 60 Hz 2 sec

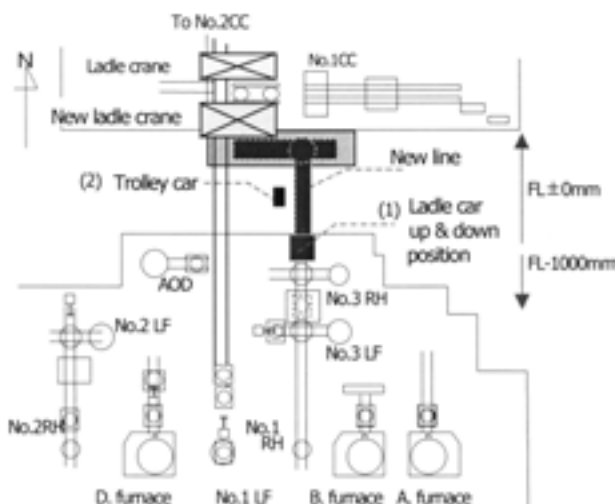


Fig.8. Improved layout of steel making plant.

車の設備仕様を示す。この給電台車は取鍋台車走行時に同時に走行させ、取鍋台車に電源を供給しながら、台車を走行させる方式である。

### 3. 3 建設スケジュール

3.2項に示した改善工事を2005年4月より着工し、2005年10月にCCクレーン増設の完工、2006年1月に精錬ラインーCC工場直結ラインが完工した。Fig.12に従来溶鋼線（No.2CC用取鍋）と新ライン（No.1CC用取鍋）での同時搬送状況を示す。

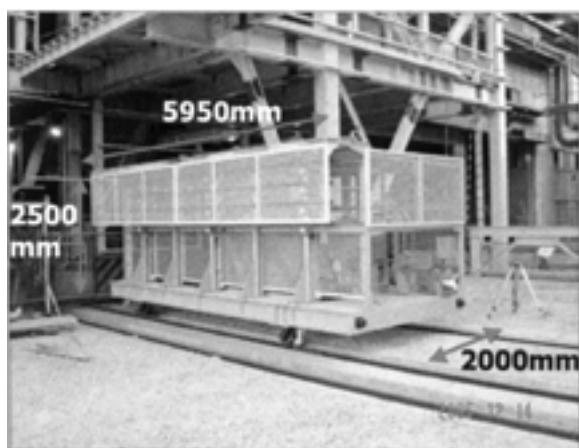


Fig.11. Photograph of the trolley car.



Fig.12. Photograph of No.1CC ladle transportation on the new line in parallel with No.2CC ladle transportation on the conventional line.

## 4. CC 取鍋搬送整流化結果

### 4. 1 CC 生産性向上効果

CC工場クレーン増設、精錬ーCC工場直結ライン新設による効果としてNo.1CC用鋼のLF処理終了からCC铸造開始までの時間をFig.13に示す。従来対比約10min短縮され、取鍋搬送の早期化が達成された。温度コントロールへ与える効果としてFig.14に電気炉出鋼からの経過時間と、各区間での精錬温度の関係を示す。新搬送線開通後は各区間温度の低減効果が得られ、また各処理設備の終了時間が早期化された。これによりTable4に示す精錬末温度の低減（No.1CC  $\Delta$  10 K, No.2CC  $\Delta$  10 K）、またFig.15に示すCC能率の向上（CC合計 +18 t/hr, No.1CC +8 t/hr, No.2CC +10 t/hr）につながった。CC能率アップが +18 t/hr とシミュレーション結果の +15 t/hr よりも上回った要因としては、処理温度低下によるLF処理時間の短縮効果が大きいと推定される。

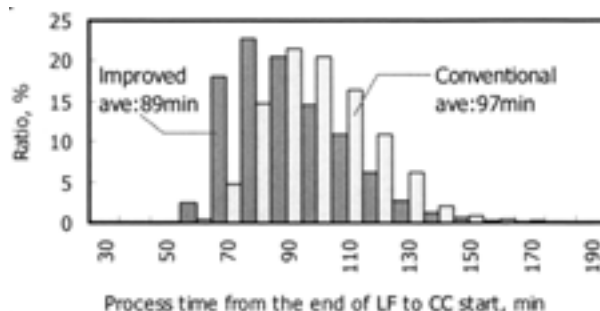


Fig.13. The effect of process time from the end of LF to CC start distribution.

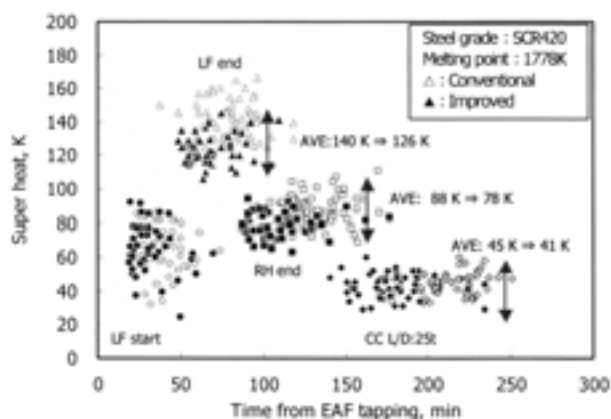


Fig.14. The effect of super heat at each process.

Table 4. The effect of power consumption and tundish life.

Item	No.1CC		No.2CC	
	Conventional	Improved	Conventional	Improved
AF tap to CC start	187 min	167 min	220 min	199 min
Refining end SH	91 ℃	80 ℃	120 ℃	100 ℃
EAF + LF power consumption index	100	97	100	94
Heat/Tundish	14.4 ch/TD	21.0 ch/TD	10.3 ch/TD	12.5 ch/TD
CC productivity	78 t/hr	86 t/hr	63 t/hr	73 t/hr

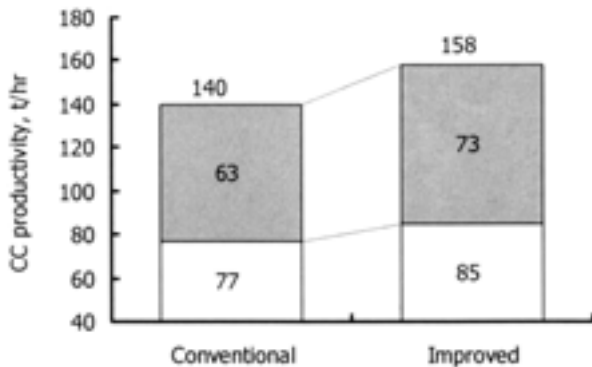


Fig.15. The effect of CC productivity.

## 4. 2 コスト改善効果

今回の CC 生産性向上に付随するコスト効果として，電力原単位低減，タンディッシュ寿命向上効果も Table 4 に示す．LF 処理温度の低減により，電力原単位は No.1CC で約 3 % の低減，No.2CC で約 6 % の低減を図ることができた．CC 能率向上によるタンディッシュ内溶鋼滞留時間の減少でタンディッシュ寿命が No.1CC で 6.6 ヒート／タンディッシュ，No.2CC で 2.2 ヒート／タンディッシュの向上となりタンディッシュ耐火物コスト低減につながった．

## 5. 結 言

当工場製鋼工場の CC 生産性阻害要因であった設備干渉による溶鋼取鍋搬送遅れの解消のために 2005 年 10 月に CC 工場クレーン増設，2006 年 1 月に精錬ラインー CC 工場直結ラインを新設し，以下の効果を得ることができた．

- (1) CC 能率 +18 t/hr の向上 (No.1CC+8 t/hr, No.2CC+10 t/hr)
- (2) 電力原単位低減 (No.1CC △ 3 %，No.2CC △ 6 %)
- (3) タンディッシュ寿命向上 (No.1CC+6.6, No.2CC+2.2 ヒート／タンディッシュ)