

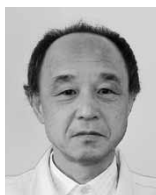
(技術資料)

上工程集約に伴う新たな鋼片物流体制の構築

Construction of New Logistics System for Steel Billets Associated with Consolidation of Upper Processes



有 蘭 徳 美 *1
Noriyoshi ARIZONO



中 井 一 彰 *2
Kazuaki NAKAI



林 土 *3
Tsuchi HAYASHI



多 田 良 幸 *4
Yoshiyuki TADA



林 大 蔵 *5
Daizo HAYASHI

As part of its business structure reform, Kobe Steel established a new logistics system to ensure the stable supply of a large number of billets from the Kakogawa Works to the Kobe Works. More specifically, this new system includes a newly constructed steel yard where steel slabs are stocked efficiently, a newly introduced slab-carrying vehicle that can turn easily even in narrow spaces, a new roll-on/roll-off (RORO) ship that requires no handling of cargo on the wharf and enables mass transportation of billets, and an advanced logistics management system for billet tracking and logistics instructions. As a result of these improvements, an efficient and safe billet logistics system has been established in addition to the stable transportation system.

まえがき (株)神戸製鋼所では、中長期的な鋼材需要動向を踏まえた鋼材事業の構造改革として、神戸製鉄所の上工程である高炉、製鋼および分塊工程の一部を休止し、加古川製鉄所に集約することを決定した。これに伴い、神戸製鉄所の線材工場および棒鋼工場で使用される鋼片を全て加古川製鉄所から供給することになった。

従来も一部の鋼片については加古川製鉄所から神戸製鉄所へ供給していたものの、上工程集約後は大量の鋼片輸送が必要のため、新たな鋼片物流体制の構築に取り組んだ。新鋼片物流体制の構築にあたっては、大量の鋼片を安定的かつ効率的に輸送すること、安全に作業ができること、重要な物流品質である異材混入（鋼片の取り違い）を発生させないことをコンセプトとした。

1. 全体概要

新物流体制の構築のために導入した主な設備やシステ

ムは以下のとおりである。

- ①上工程集約後に必要となる輸送用鋼片の置場を確保するため、加古川製鉄所と神戸製鉄所に鋼片ヤードを新設した。
- ②両製鉄所間の海上輸送手段として、大量の鋼片を安定的に輸送できるロールオン・ロールオフ船（Roll on/Roll off船、以下RORO船という）を導入した。
- ③RORO船への積み下ろしと製鉄所内の鋼片輸送手段として、鋼片用荷役台（以下、パレットという）とパレットを輸送する専用車両（以下、キャリヤという）を導入した。
- ④整然とした物流を行うとともに、作業効率の向上、異材混入防止を狙いとした物流管理システムを構築した。

上工程集約後の鋼片物流フローを図1に示す。加古川製鉄所の上工程で製造された高温の鋼片（以下、熱片と

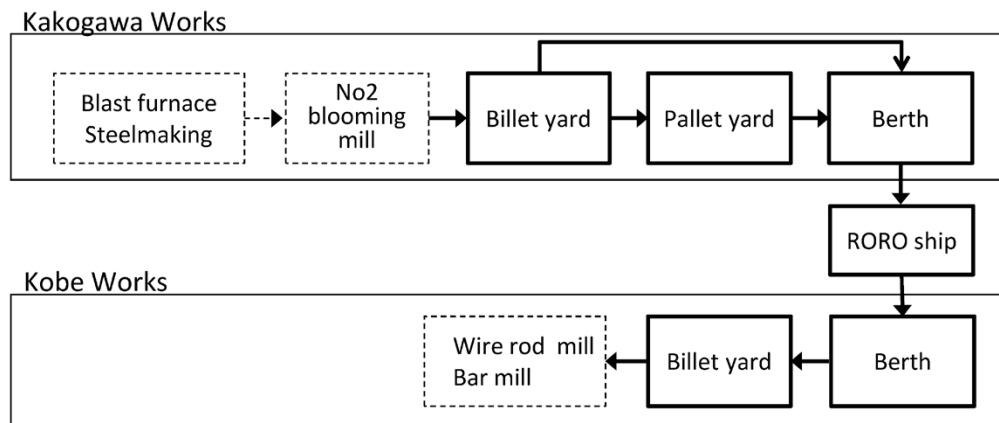


図1 上工程集約後の鋼片物流フロー

Fig. 1 Flow of steel billet distribution after integrating upper processes of steel making

*1 神鋼物流(株) 鋼材製品本部 *2 神鋼物流(株) 鋼材製品本部 加古川製品出荷部 *3 神鋼物流(株) 鋼材製品本部 海運部
*4 (株)神戸製鋼所 鉄鋼事業部門 加古川製鉄所 工程部 *5 (株)神戸製鋼所 鉄鋼事業部門 神戸製鉄所 線材条鋼圧延部

いう)を鋼片ヤードに横持して冷却する。冷却後、出荷ロットに合わせてパレットに積載し、直接もしくはパレットヤード経由でRORO船にパレットごと積み込み、神戸製鉄所へ輸送する。神戸製鉄所では、RORO船からパレットを下ろした後さらに鋼片を鋼片ヤードへ下ろし、空になったパレットは再びRORO船に積み込み加古川製鉄所へ返送する。

2. 鋼片物流の運用設計

2.1 鋼片ヤードの建設

鋼片在庫の最少必要量は、上工程である製鋼工場の製造ロット、下工程である線材工場や棒鋼工場の受注鋼種と受注量、および製造リードタイムによって決まる。さらに、下工程の受注鋼種や受注量は月々変動する。このため、必要在庫量については過去の受注実績を基に溶製シミュレーションを行って算出した。

鋼片ヤードの設計にあたってはさらに、この必要在庫に加えて、各工場の長期修理や台風などによる一時的な海上輸送の停止などを考慮し、加古川製鉄所に7万トン、神戸製鉄所に9万トンの保管能力を設定した。

2.2 RORO船の導入

2.2.1 RORO船導入の狙い

従来、加古川製鉄所から神戸製鉄所への鋼片の海上輸送には主に700トン積の在来船を利用していった。また、荷役は岸壁クレーンにて鋼片をワイヤ吊(づ)りし、岸壁作業と船内作業を分担し行っていた。

今回RORO船を導入することによってこれらの荷役作業をなくし、荷役効率を倍増させるとともに安全性を飛躍的に向上させた。在来船とRORO船の荷役作業を図2に示す。

2.2.2 RORO船の輸送能力と船倉構造

上工程集約後の加古川製鉄所から神戸製鉄所への鋼片の輸送量は月間約13万トンの計画である。これに月々の受注量変動や上工程、下工程の長期修理対応などを考慮して輸送能力を設定した。この輸送能力を確保するため、船型の設計にあたっては、両製鉄所の岸壁制約や荷役時間、航海時間などのサイクルタイムを考慮し、2隻の船舶を導入することとした。船舶サイクルタイムは、図3に示すとおり最短28時間で運用する設計とした。

RORO船の船倉構造とデッキのレイアウトを図4に示す。船倉は、パレットを効率よく配置するとともに、スムーズな積み下ろしができるよう3層構造とした。キ

ャリヤは中間の甲板に乗り込む方式とし、上下の甲板へ移動後、それぞれ決められた14台のパレット位置にて積み下ろしを行う。

2.3 パレット、キャリヤの運用

2.3.1 RORO船への積み下ろし

加古川製鉄所では、神戸製鉄所から持ち帰った空パレットを下ろしながら鋼片を積載したパレットを積み込む。逆に神戸製鉄所は、鋼片を積載したパレットを下ろしながら空パレットを積み込む作業となる。

短時間で効率よく積み下ろしするためには、できるだけパレットを船内へ積み込んだ後、そのまま船内にあるパレットを持ち帰ることが重要である。このため、2台のキャリヤを用いて、積み下ろし時間が最小となるよう、船内のパレット配置と積み下ろし順を種々検討した。その結果、一つの甲板に対してキャリヤが20回降りることによって14台のパレットを入れ替えられる船内パレット配置とキャリヤの運転方を確立した。

2.3.2 第2分塊工場～鋼片ヤードの輸送

上工程集約によって増強された第2分塊工場では、月間28万トンの鋼片が生産される輸送のため、生産された熱片を速やかに鋼片ヤードへ輸送する必要がある。

第2分塊工場から鋼片ヤードへの横持ちについては、パレットとキャリヤにて行うこととした。第2分塊工場の積み込み場所は、積み込み時間や搬送時間などをシミ

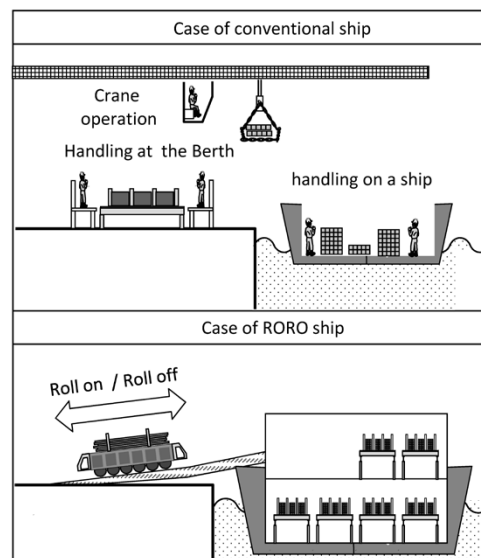


図2 在来船とRORO船の荷役作業比較

Fig. 2 Comparison of handling between conventional ship and RORO ship

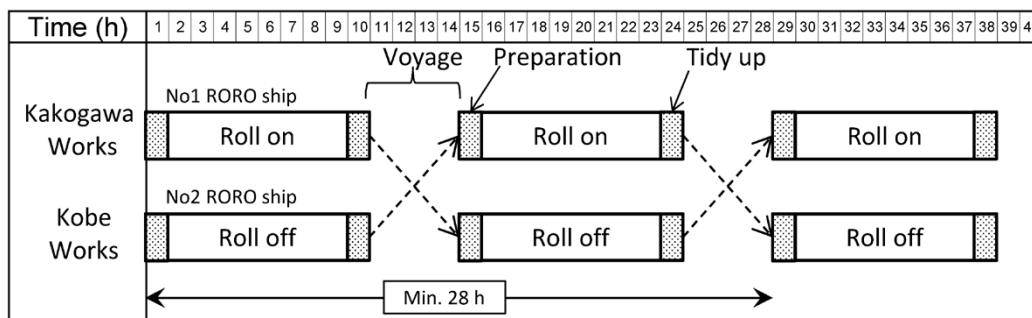


図3 RORO船のサイクルタイム

Fig. 3 Cycle time of RORO ship

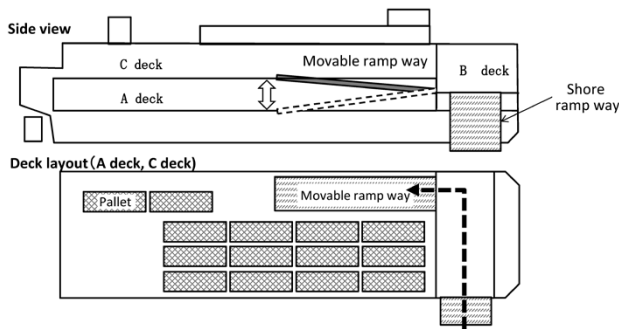


図4 船倉構造とデッキレイアウト
Fig. 4 Ship structure and deck layout

ュレーションして4箇所とした。また、生産設備を設置する際の積み込み場所によるレイアウトへの影響を極力少なくするため、工場へのキャリヤの出入りは横行方向で行うこととした。

さらに、キャリヤはRORO船用と共用することにより、相互応援による輸送負荷の分散および車両のメンテナンス性を向上させることとした。

3. 新規導入設備の概要

3.1 新鋼片ヤード

加古川製鉄所、神戸製鉄所それぞれの鋼片ヤードでは、鋼片の置場効率を上げるため、1列に鋼片を5本並べる置枠を設置し、枠内に最大24段まで積み上げることで置場効率を向上させた。

各クレーンの運転室には、製鉄所のホストコンピュータに接続されたクレーン端末機を設置した。ヤード内の鋼片の配置替え作業やパレットへの積み下ろし作業は、端末機に表示された情報を基に作業するとともに、作業実績を入力することでクレーンオペレータのワンマン作業を可能としている。

3.2 RORO船¹⁾

3.2.1 船型と特徴

RORO船の基本仕様を表1、外観写真を図5に示す。船幅は27mで従来船の約2倍とし、大重量のキャリヤの船内走行時にも船体の揺動を最小限に抑えられる船型としている。

キャリヤが岸壁から船内に乗り降りするためのショアランプの長さは、加古川・神戸両製鉄所の岸壁条件、潮位変化、およびキャリヤの登坂能力に対応できるように30.5mとしている。また航海中の安全のため、ショアランプはデッキ上に折り畳んで格納できるようにした。

キャリヤが船内で上下のデッキを移動するためのムーバブルランプの長さは、キャリヤの登坂能力に対応するため30.2mとしている。

3.2.2 保針性・操縦性能の確保

RORO船は、従来船に比較して大型であることに加えて船幅が広いこと、3,000馬力の主機エンジン2基、可変ピッチプロペラ（Controllable Pitch Propeller、以下CPPという）2基、および2基の舵（かじ）を備えることで保針性や操縦性能を確保している。

運航については、加古川製鉄所（兵庫県加古川市）と

表1 RORO船の仕様
Table 1 Specifications of RORO ship

Gross ton	6,249 t	
Ship length	102.01 m	
Ship width	27.0 m	
depth	Molded depth	16.98 m
	Freeboard	7.7 m
Main engine	2,206 kw × 2 unit	
Ship propeller	3.0 m × 2 unit	
Sailing speed	Approx. 10 knot	
Number of loaded pallets	28	
Shore ramp way length	30.5 m	
Movable lamp way length	30.2 m	



図5 RORO船
Fig. 5 RORO ship

神戸製鉄所（兵庫県神戸市）間の近距離を往復するため、航海時間が短く入出港回数が多い運用となる。そこで、港内の操船や離着岸の操船性を向上させるため、舵角（だかく）、バウスラスト、およびCPPを連動制御させるジョイスティック操船装置を装備している。

3.2.3 荷役安全対策

船倉内に6箇所とショアランプ監視用の計7台の監視カメラを設置した。これにより、乗り込み甲板入口横に配置した荷役制御室にて船内のキャリヤ動向を監視することができる。

また、船内でのキャリヤ同士の衝突事故を回避するため、船内に1台のキャリヤしか乗り込まないようにキャリヤの侵入防止警報装置を設置するなど、積み下ろし時の安全対策を図っている。

3.2.4 バラスト制御装置

鋼片を積載したパレットは重量が大きく、積み下ろし時の船体バランスに影響する。いっぽう、キャリヤの登坂能力は最大斜度5度の制約があるため、荷役時の船の傾きを一定以下に抑える必要がある。

このため、船の傾きを迅速に制御するバラスト調整を導入した。具体的には図6に示すように、あらかじめホストコンピュータより受け取ったパレットの積み付けデータを基に積み込みの進捗に合わせてバラスト調整を自動で行い、バラスト調整による待ち時間をなくした。

3.2.5 環境対策、省力、省エネ

航行中の船内電力は船内に設置している発電機より供給される。また荷役中は、バース側から電力を受電でき

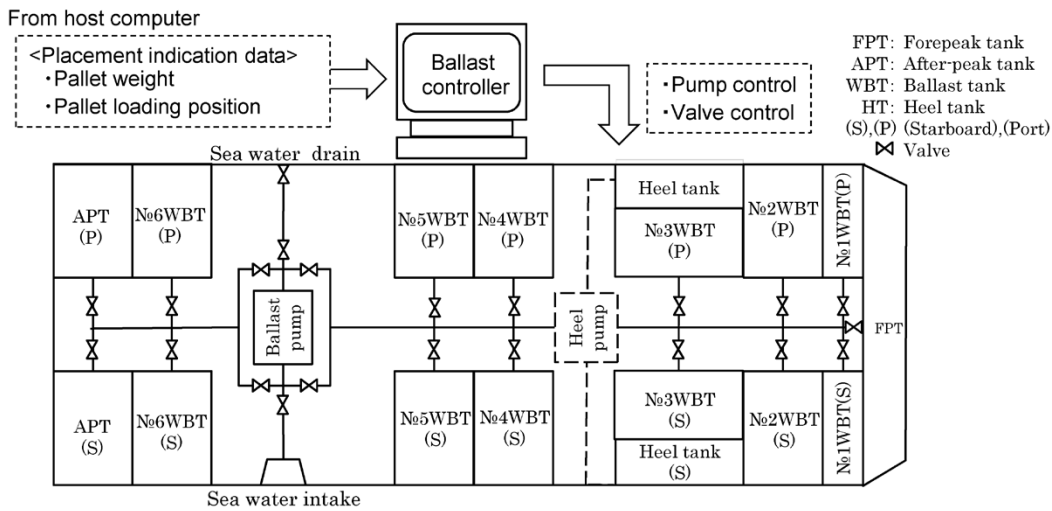


図6 バラスト制御システムの構成
Fig. 6 Configuration of ballast control system

るよう大容量の船外給電設備を装備しており、船内の発電機を使用することなく荷役が可能である。これにより、騒音や排煙の低減が図られている。

このほか、係船ロープ自動張調整装置の採用や照明のLED化などの省力、省エネを図っている。

3.3 キャリヤ、パレット

3.3.1 パレット

パレットは、第2分塊と鋼片ヤード間の輸送に使用する熱片用パレットと、それ以外の冷片用パレットとで運用している。熱片用パレットは、設計上約1,000℃の鋼片を積載しても下部のキャリヤに影響がないよう天板に耐火物の断熱材を施した。冷片用パレットは、RORO船が航海中に波浪によって揺れることを考慮した強度設計とした。

パレットは、熱片用8台、冷片用160台を保有し、各パレットにはパレット番号を識別するためのRFID (Radio Frequency Identification) タグを取り付けている。これをキャリヤに取り付けたリーダで自動的に読み取ることにより、パレット番号の入力の手間を省くとともに誤入力を防止している。

3.3.2 パレット輸送用キャリヤ

キャリヤの主要仕様を表2、外観写真を図7に示す。走行モードについては、第2分塊工場への横行進入や狭隘(きょうあい)なRORO船内でも効率よくパレットの積み下ろしができるように、車両の前後に運転席を持ち、360度いずれの方向にも走行可能でかつスピナーも可能な車両を採用した(図8)。

各キャリヤの運転席にはホストコンピュータに接続された車載端末機を設置している。これによってパレット番号を読み取るとともに、輸送指示と輸送実績を取り込むことによってパレットの位置管理を行っている。

3.4 物流管理システムの構築

3.4.1 鋼片トラッキングシステム

加古川製鉄所から神戸製鉄所へ供給する鋼片は1鋼片あたり約2トンの重量であり、月間約6万5千本もの大量の輸送を行う。これらの鋼片は従来、鋼種や铸造段階の部位(先後端部、中間部)ごとに約10~100本単位で

表2 キャリヤの主要仕様
Table 2 Specifications of carrier car

Vehicle length	13.7 m	
Vehicle width	3.7 m	
Drive system	Hydraulic type	
Driving seat	2 place	
Own weight	33 t	
Driving speed (max)	No loading	21 km/h
	Loading pallet	12 km/h



図7 キャリヤ、パレット
Fig. 7 Carrier car and pallet

ロット管理していたが、現品管理精度を向上させるため、全て1本ごとの管理が可能な仕組みとした。

このため鋼片ヤードでは、鋼片のハンドリングの都度クレーン端末機に実績を入力してトラッキング管理している。また、鋼片をパレットに積載した場合も同様に、パレット上のどの位置に鋼片が積載されたかを管理している。さらに、キャリヤの車載端末機に実績を入力することによってパレットが製鉄所内のどの置場に置かれているかや、RORO船内のどの位置に置かれているかを管理している。

3.4.2 キャリヤへの輸送指示

加古川製鉄所では通常、キャリヤは1台を熱片輸送用として、また3台を冷片の構内輸送用およびRORO船への積み下ろし用として運用している。熱片輸送用キャ

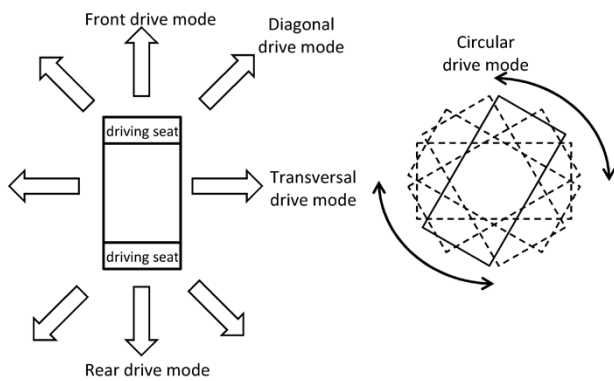


図8 キャリヤの走行モード
Fig. 8 Drive mode of carrier

リヤでは、第2分塊工場で熱片積み込みが完了すると自動的に車載端末機に輸送指示を表示し運転手へ指示する仕組みとした。冷片輸送キャリヤは、運転手が車載端末機に表示している輸送メニューから作業を選択する仕組みとした。さらに、RORO船の積み下ろし作業を選択すると、積み込むパレットの現在位置、船内の積込場所、および下ろすパレットの船内位置が車載端末機に指示される仕組みとした。なお、神戸製鉄所でも加古川製鉄所と同様の仕組みで運用している。

3.4.3 実行管制システム

2隻のRORO船の運航計画は、月間の鋼片輸送量を基に加古川製鉄所にて作成している。この計画をスケジュールどおり実施するため、鋼片物流の実行管制システムを構築するとともに、加古川・神戸両製鉄所に新たに鋼片物流管制室を設置して作業指示と進捗管理を行っている。実行管制システムでは、鋼片ヤードの鋼片積み下ろし進捗、パレット配置およびキャリヤの作業進捗状況などリアルタイムで把握できる。

むすび=在来船との並行運用期間を経て、2018年10月よりRORO船のみでの輸送体制となった。立ち上げ当初はキャリヤ運転手の習熟不足などにより設定サイクルタイムに達しないことがあったが、その後は順調に稼働している。神戸製鉄所の安定操業は加古川製鉄所からの安定した鋼片供給が絶対条件であり、鋼片の物流は生産ラインと同様の安定性が求められる。今後、さらなる安全と安定した物流体制の整備に向けて取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) (株)新来島どっく技術設計本部. 日本船舶海洋工学会誌KANRIN. 2018, Vol.81, p.58-59.