

川崎製鉄技報  
KAWASAKI STEEL GIHO  
Vol.26 (1994) No.4

---

内航物流一貫計画システム

Coastwise Transportation Planning and Administration System

鈴木 和夫(Kasuo Suzuki) 高 友吾(Yugo Taka) 楡山 直(Tadashi Hiyama)

---

要旨：

川崎製鉄では、鉄鋼物流の中心である海上輸送の大幅な効率化を目指して、内航物流一貫計画システムを稼働させた。船舶と陸上のオンライン化をはじめ、刻々と変化する実績および予定情報をリアルタイムに収集するシステムを開発し、全国に分散する関係部門が、同時に同情報を照会できる仕組を構築した。またエキスパートシステム技術により、従来は一担当者の判断により立案されていた船舶運航計画のシステム化に成功した。この計画立案システムは、非常に大規模な仕組みであるが、1日分の計画作成は、約20分程度と短時間処理も実現しており、大きな効果を発揮しはじめている。

---

Synopsis：

Kawasaki Steel has developed the coastwise transportation planning and administration system, aiming at efficiency in transportation by sea that takes a leading part in steel products distribution. This system is connected to personal computers equipped on ships on-line and collects the result and plan information changing constantly in real-time, and enables the nationwide sections concerned to see the information at the same time. An expert system technology was applied to develop the subsystem providing transportation schedules by ship, which hitherto has been planned based on the judgement of a single person in charge. Although this subsystem is very large, it can make schedules for one day in about twenty minutes, and has begun to produce a good effect.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

## Coastwise Transportation Planning and Administration System



鈴木 和夫  
Kazuo Suzuki  
鉄鋼企画・営業本部  
物流企画部物流管理  
グループ 主任部員  
(課長補)



高 友吾  
Yugo Taka  
システム部 システム  
研究室



桧山 直  
Tadashi Hiyama  
川鉄情報システム(株)  
本社事業所開発部企画  
支援グループ 課長

### 要旨

川崎製鉄では、鉄鋼物流の中心である海上輸送の大幅な効率化を目指して、内航物流一貫計画システムを稼働させた。船舶と陸上のオンライン化をはじめ、刻々と変化する実績および予定情報をリアルタイムに収集するシステムを開発し、全国に分散する関係部門が、同時に同情報を照会できる仕組を構築した。またエキスパートシステム技術により、従来は一担当者の判断により立案されていた船舶運航計画のシステム化に成功した。この計画立案システムは、非常に大規模な仕組であるが、1日分の計画作成は、約20分程度と短時間処理も実現しており、大きな効果を発揮しはじめている。

### Synopsis:

Kawasaki Steel has developed the coastwise transportation planning and administration system, aiming at efficiency in transportation by sea that takes a leading part in steel products distribution. This system is connected to personal computers equipped on ships on-line and collects the result and plan information changing constantly in real-time, and enables the nationwide sections concerned to see the information at the same time. An expert system technology was applied to develop the subsystem providing transportation schedules by ship, which hitherto has been planned based on the judgement of a single person in charge. Although this subsystem is very large, it can make schedules for one day in about twenty minutes, and has begun to produce a good effect.

## 1 緒 言

鉄鋼物流における海上輸送は非常に重要な位置を占める。しかしそのシステム化は大きく立ち遅れており、特に最も重要な計画立案業務は一担当者の判断による部分最適化に終始していた。

川崎製鉄では海上輸送の大幅なコスト削減には、種々のハード投資と関係のとれたソフト開発が必須であると判断し、今回内航物流一貫計画システムを開発し本格運用を開始した。

ここでの一貫とは内航輸送の主体である積地・揚地・船舶の三者を一貫するという意味とともに、計画と実行機能を一貫させるシステムとの意味も含んでいる。それらを実現するためのソフトを開発するとともに、組織を含む実態システムの大幅な改革を実行した。

本報では開発の目的・狙い並びに当システムの特徴である、広域分散処理と船舶運航計画立案システムの内容について記述する。

## 2 内航物流の概要

### 2.1 内航物流の特徴と実態

内航輸送の特徴、実態を以下に簡単に整理する。

第一に、工場別輸送便構成および内航輸送の工場別構成は Fig. 1

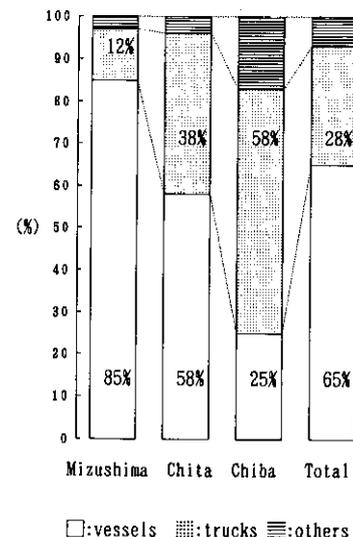


Fig. 1 Ratio of transportation methods

および2のとおりであり、特に水島製鉄所における内航輸送が重要で、内航輸送は水島製鉄所を中心に成り立っていることが分かる。

第二に、この内航輸送は登録船と呼ばれる船舶を主力とする特徴がある。登録船とは原則として川崎製鉄の鋼材を専門に輸送するための約100隻程度の船舶であり、計画も登録船を主体に策定される。

\* 平成6年9月26日原稿受付

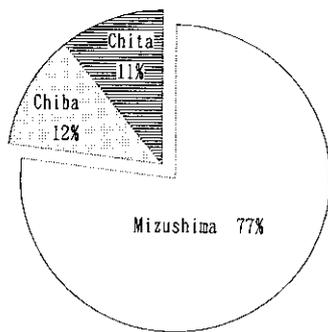


Fig. 2 Inter-plant ratio of shipment vessele

第三に、船舶は24時間休みなく航海を繰り返す体制にあるが、実際の運航効率は非常に悪く、碇泊している状態が半分以上を占めている。その改善が緊急の課題であるが、それについては後で詳しく述べる。

次に内航輸送管理業務の内容を簡単に紹介するが、それは大きく分けて情報収集、計画立案、実行調整の三つから成り立っている。

情報収集とは船舶、積地荷役、100箇所以上の揚地荷役、積荷、揚地倉庫など広範囲かつ膨大な情報を収集する作業である。従来は人間の手を介した上でコンピュータに入力する形態が中心のため、タイミングの遅れや情報が共有されない等の問題が発生していた。

次の計画立案は、船舶運航効率を大きく左右する業務である。船舶運航効率は、積地と船舶と揚地の多くの要因により決定される。例えば積地で船と積荷の両者があっても荷役できるバス・要員がなければその船舶は全く機能しない。逆に積地作業は、スムーズに進行しても揚地で他船と同時に入港すればその船舶は、待機状態となり効率は低下する。これら多くの要因をどうバランスさせ積地と船舶と揚地の作業を組み立てるかが計画立案である。しかしながら従来の計画立案は、全て人手作業に頼っていたため、前述の膨大な情報を十分に考慮することは物理的にも不可能であり、現実的な方法として積地から船舶を要求する方式を採用していた。このため特に揚地要因は考慮不足となり、揚地で船舶が滞るのが常であった。

最後の実行調整は、計画と実績との差を把握し望ましい状態に補正する作業であり、計画立案と並んで船舶運航効率を大きく左右する重要な業務である。しかしながら従来の実行調整はそれを行う明らかな組織が存在しなかったこともあり、個別調整に終始したのである。

## 2.2 問題の整理

このような状況の中での最大の問題は揚地碇泊時間、特に揚待時間が長く船舶運航効率が低いことである。1航海の時間構成は、Fig. 3のとおりである。105時間のうち碇泊時間は56%を占め、特に揚待時間は24時間と異常に長く、その短縮が緊急の課題であった。

ではなぜ揚待時間が長くなるのか。我々はその原因を以下の四つに整理し、いずれも揚地要因の考慮不足と考えたのである。

- (1) 休日入港：揚地の大半は、日曜日は作業を休止するため、土曜午後から日曜日中の入港船は、揚待時間が長くなる。
- (2) 入港時刻不適切：揚地の大半は昼間しか稼働しないため、午後から夜間の入港は、揚待時間が長くなる。
- (3) 重船の発生：ある揚地に前船があるにもかかわらず、後船が入港する状態を重船と呼ぶ。工場間の調整が不十分なために、

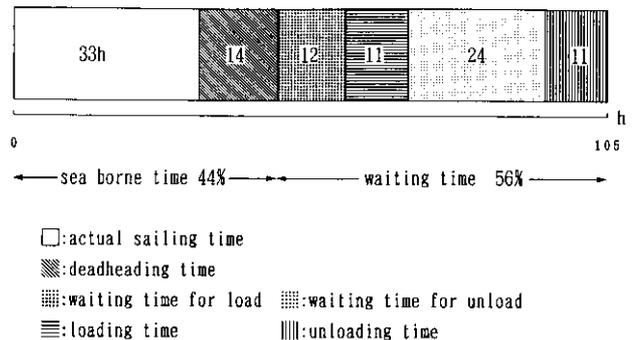


Fig. 3 Transportation time

重船が発生し、揚待時間が長くなる。

- (4) 多港場の発生：1揚地だけの荷物では不足する場合は多港場を行うが、揚地は大半が平日の昼間しか稼働しないため、2港目以降で翌日朝までの待ちが発生し、揚待時間が長くなる。

さらにこのような状況を生む仕組みあるいは体制の問題としては、下記のようなものが考えられる。

- (1) 情報の不足：必要情報の不足、あるいはタイミングの遅延による不適切な計画立案、あるいは実行調整の遅れが発生している。
- (2) 人手作業の限界：情報の登録から全ての判断業務までが人手作業に委ねられており、これ以上の向上はすでに望めない限界状態にある。
- (3) 積地要求方式の限界：現行の仕組は積地からの船舶要求方式のため積地の力が強く、全体最適を志向するのは困難である。

## 3 システムの概要と特徴

### 3.1 開発の狙いと目標

以上のとおり内航物流には、コンピュータシステム、業務の仕組あるいは体制等に多くの問題がある。我々は、それらを解決し船舶運航効率を最大化するため、以下のような開発、改革を実行した。

- (1) 情報収集力の向上

登録船全船への船舶端末設置による陸と海上のオンライン化実現、小規模揚地も対象としたオンラインネットワーク拡充、実行調整用ワークステーションの導入による荷役情報のビジュアル化・共有化、倉庫情報の定量化・数値化等により、情報収集力を大幅に向上させ、全体の基礎を確実なものとする。

- (2) 船舶運航計画立案システム構築

収集した情報を活用し、積地と船舶と揚地の要因を総合的に判断し、運航計画を立案する計画システムを構築する。これにより揚地考慮が可能となり、揚待時間の短縮を実現する基礎を確立する。またこれまでの積地要求方式を、本社からの計画案提供方式に仕組を大きく変革し、全体最適を志向する。

- (3) 実行調整力向上

新たな組織として川鉄グループ内航センターを川崎製鉄本社に設置し、計画立案から実行調整に至る総合的管理機能を集中させる。また作業は常に計画をベースとした実行が、可能な仕組とし問題の明確化を図る仕組とする。

以上の三つが当システムの柱であり、これらにより望ましい計画を立案し、それを実行できる実力を備えることが可能になると考え

る。そして最終的には、総碇泊時間を 10.5 時間短縮する計画であるが、その大半は揚付時間の短縮で実現することとしている。

以下では、当システムの構成とともに当システムのポイントである、情報収集力向上のための広域分散処理の実現および船舶運航計画システムについてより詳細に記述していく。

### 3.2 システムの構成と特徴<sup>1)</sup>

当システムの特徴は、非常に多くの地点で発生する情報を結ぶ広域分散処理の実現と、エキスパートシステムによる大規模な船舶運航計画立案システムの構築である。

まず、当システムの構成は Fig. 4 のとおりである。エキスパートシステム技術を採用した「船舶運航計画立案サブシステム」を中核とし、計画立案のための最新情報を収集する「状況把握サブシステム」、計画に基づき各種作業を実行する「計画実行サブシステム」、刻々と変化する状況に合わせ船舶運航計画を調整する「計画

実行調整サブシステム」および「実績管理/解析サブシステム」から成り立っている。

また、当システムのコンピュータ機器およびネットワーク構成を Fig. 5 に示す。当社のホストコンピュータは、本社は IBM 製、工場は富士通製とマルチベンダーとなっており、当システムで導入したワークステーションも計画作成用に IBM 製を、実行調整用にサンマイクロシステムズ製を採用している。したがって異機種間のコンピュータ連係処理を遠隔地間で実現することが、システム技術上の大きな課題であった。

以下では、広域分散処理を実現した状況把握サブシステムの概要と、新たに導入したワークステーションの使用形態について記述する。

#### 3.2.1 状況把握サブシステムの概要

当サブシステムの基本的な特徴は、全工場、100 箇所を超える揚地、および約 100 隻にも上る船舶という、日本全国に分散している

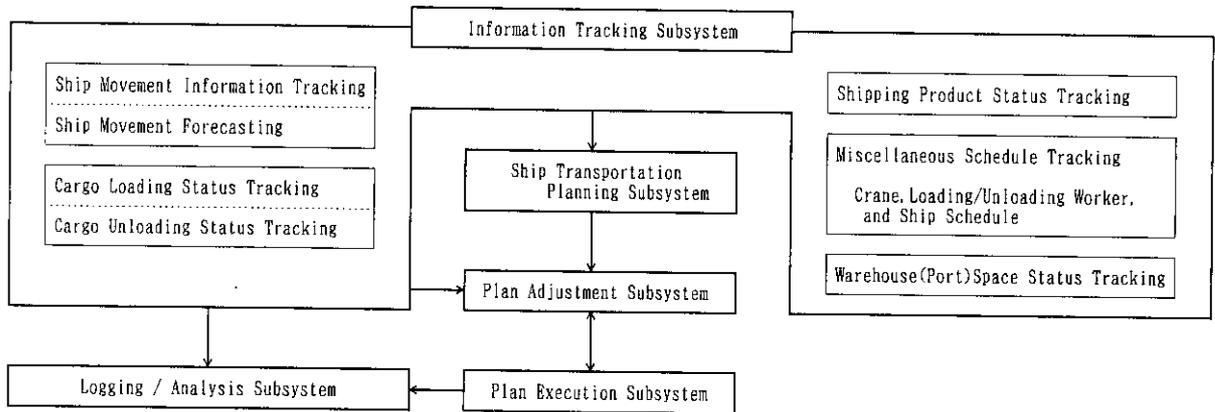


Fig. 4 System Configuration

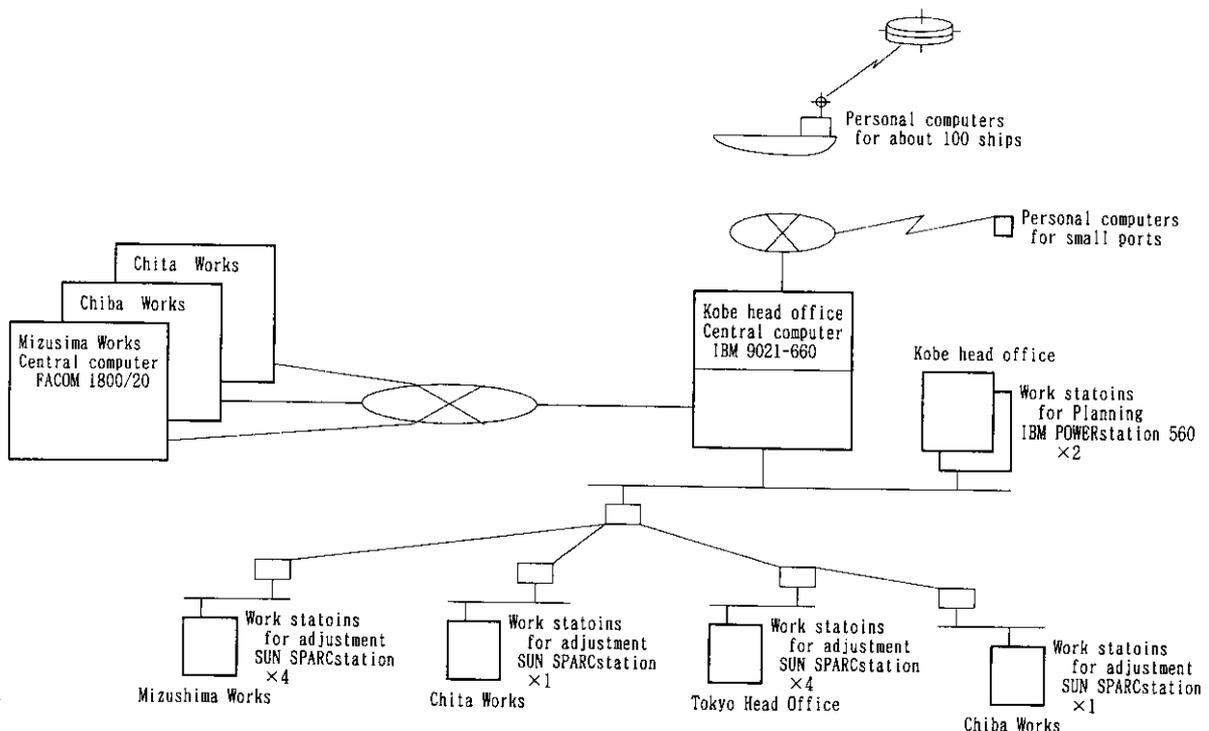


Fig. 5 Computer configuration

情報をリアルタイムに把握し、ホストコンピュータに一元管理することにある。そのために下記のような仕組を構築した。

#### (1) 船舶動静把握

当システムにおいては、NTT(株)と共同で船舶動静を自動的に収集する機能を開発した。すなわち、登録船舶100隻にGPS(global positioning system)を搭載したノート型パソコンを設置し、このノート型パソコンにマルチアダプタを取り付け、Fig.5に示すように船舶電話回線を経由して当社のホストコンピュータに接続する。これにより、従来船舶電話に頼っていた作業は不要になり、各々の船舶の現在位置情報、入出港/避難情報等を自動的にかつリアルタイムに把握することができるようになった。

#### (2) 積地荷役動静の把握

工場システムに随時インプットされる積荷役の開始予定/実績時刻、終了予定/実績時刻等の積地荷役動静は、川鉄情報システム(株)が開発した異機種間非同期AP間通信処理支援システム(KISS)を利用し、工場ホストコンピュータと本社ホストコンピュータ間で通信される。これにより、積荷役動静を本社にて負荷なくリアルタイムに把握できるようになった。

#### (3) 揚地荷役動静の把握

従来の本社ネットワークの対象外となっていた小規模な揚地について、安価なパソコンを設置しそれを公衆電話網~簡易ゲートウェイ経由ホストコンピュータに接続する。これにより、小規模揚地についても揚荷役動静情報をタイムリーに把握することができるようになり、全揚地のほぼ9割をオンラインネットワークがカバーできるようになった。

### 3.2.2 ワークステーションの使用形態

状況把握サブシステムにより、ホストコンピュータ上に一元管理された積地、船舶、揚地の動静情報は、計画作成用ワークステーションにダウンロードされ、エキスパートシステム技術を活用して船舶運航計画が作成される。また、作成された計画情報はホストコンピュータに格納され、各地区に設置された実行用ワークステーションからビジュアルに参照することが可能であり、計画の実行段階での変動を吸収するために容易に変更することができる。すなわち、当システムにおいては、エキスパート処理による船舶運航計画の作成と、計画情報の参照/更新の二つの局面でワークステーションによる分散処理が適用されている。その技術的特徴は以下のとおりである。

#### (1) 船舶運航計画(一貫計画)の作成

ホストコンピュータ上の各種最新情報は、川鉄情報システム(株)が開発したファイル転送支援機能(OPENWAY-FT)を使用し、いつでも容易に計画作成用ワークステーションにダウンロードすることが可能であり、随時エキスパート処理を起動することができる。計画作成の内容については、後述する。

#### (2) 一貫計画の実行調整

各地区に設置されている実行調整用ワークステーションからホストコンピュータ上の計画情報を随時、参照/更新する機能は、ソケットインターフェイスを基盤とする異機種間同期型AP開リアル通信機能の適用により実現した。また、実行調整用ワークステーション上でのGUI処理は、マウスやウィンドウの機能を駆使し、バースプランの表示/修正を容易にしている。各地区の地図上に船舶の着岸/離岸情報をビジュアルに表示し、バースプラン上のクレーン数等の表示情報を、作業者が任意に選択とすることが可能であり、マン・マシンインターフェイスの向上を図っている。

## 3.3 船舶運航計画立案サブシステム

### 3.3.1 機能概要

船舶運航計画立案サブシステムは、効率的な船舶運航計画の立案を目的とする。具体的には、揚地における荷役待ち時間の最小化を最大のねらいとする<sup>2,3)</sup>。

船舶運航計画の立案は、次の四つの小計画の作成より、構成される。

#### (1) 船積ロット編成

出荷品を一船に積む単位の船積ロットにまとめる。

#### (2) 積載船舶決定

船積ロットに船を割り付け、船の積荷と行先を決める。

#### (3) 積バースプラン作成

船積荷役を行う積地岸壁のクレーンの計画を決める。

#### (4) 揚バースプラン作成

揚荷役を行う揚地岸壁のクレーンの計画を決める。

これらはいずれも、さまざまな制約条件が存在し、業務を熟知した担当者の知識と経験が必要とする問題であり、それぞれが独立した問題であったとしても、容易なものではない。しかも、実際にはこれらは互いに深く関連しており、全体として効率的な計画を作成するには、切り離して扱うことはできないという難しさがある。具体的には、船積ロットの編成の仕方を考えるにも、出荷品の納期や積載率だけでなく、積地に入港する船の隻数・大きさや入港時刻の分布、積地クレーンの稼働状況、同じく揚地の稼働状況、揚地倉庫の空きなどを考慮する必要がある。これらの状況により、通常は、例えば1600tの船積ロットとするのが望ましい揚地・品種でも700tにしたり、他の揚地や品種と積合せたりの方が効率的な場合もあるからである。

また、立案の対象とするデータは、出荷品が全工場の2000件余、船が約100隻、揚地も全国100箇所以上と、非常に膨大である。

このような、データ量が多く、機能範囲が広く、難度の高い問題に対し、エキスパートシステム技術を活用することにより、システム化を行った。

### 3.3.2 問題解決方式

当サブシステムは、積地で見ても2日先から5日先までの4日分の計画を立案する。これは、積地での1日分の計画作成を単位として、4回繰り返すことにより行う。これを毎日行うことにより、計画が1日ずつローリングされていく。Fig.6に概略の推論部の構成を示す。

#### (1) 船積ロット編成

船積ロット編成における決定事項は、船積ロットを構成する出荷品の揚地、品種、それぞれの重量、船型(船の大きさ)等である。多くの場合、同じ出荷品に対し、多港揚や品種積合せ、船型の大小により、さまざまな編成の仕方が可能である。しかし、前述のように、他を考慮しなければ、どれが望ましいか決定できない。そこで、ここでは、可能な組合せで、できるだけ多くの船積ロット候補を編成する。

続いて、編成した各船積ロット候補に対し、揚地における荷役待ち時間の判定を行う。

揚地で荷役待ちが発生する要因は、前述のように、休日入港や重船の発生などいくつかあるが、実際の待ち時間は積揚バースプランを作成しないと分からない。そこで、ここでは、揚地への入港日を概算で求め、揚地の最適入港時刻を判定するとともに、揚バースプラン作成とほぼ同様のチェックを行うことに

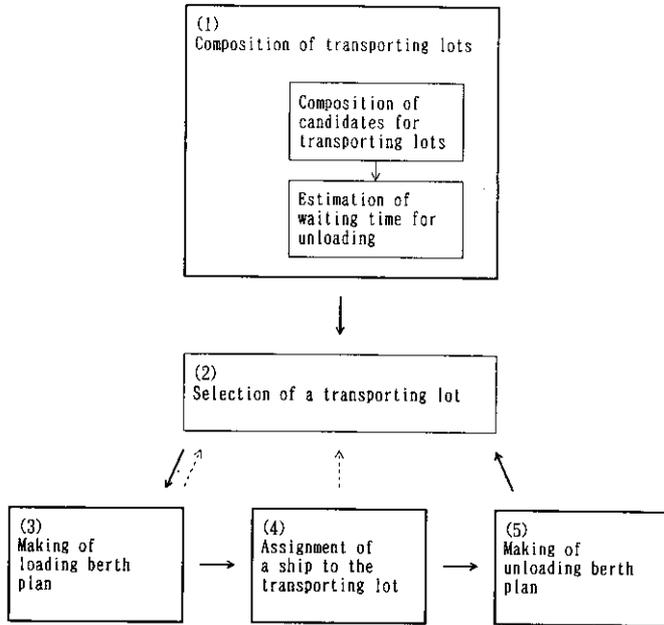


Fig. 6 Inference procedure of the ship transportation planning subsystem

より、待ち時間の判定を行う。また、揚地の最適入港時刻から逆算することにより、積地の最適出港時刻を算出する。

ここで求めた待ち時間を指標とすることにより、船積ロット候補の中から、望ましい船積ロットを選択できる。しかし、ここで判定したとりに計画できるかどうかは、積揚バースプランと船の状況による。そこで、以下では、一つずつ船積ロットを選択し、これらの状況に応じて、順に計画する。

(2) 船積ロット選択

編成した船積ロット候補の中から、優先順により一つを選択する。優先順は、納期の厳しいものを第一とし、次に上記(1)で求めた揚地における荷役待ち時間の少ない順とする。これにより、納期を守った上で、揚地における荷役待ち時間の

少ない船積ロットから計画作成されるようになる。

(3) 積バースプラン作成

上記(2)で選択した船積ロットに対し、積バースプランを作成する。

積バースプラン作成では、荷役可能クレーンやクレーン稼働基数等の制約を満たした上で、荷役クレーンと荷役開始/終了時刻を決定する。ここでは、さらに、荷役終了時刻を上記(1)で求めた積地最適出港時刻に近づけることを条件とする。これを満たせない場合には、(2)に戻り、別の船積ロットを選択する。

積地最適出港時刻は、揚地における荷役待ち時間を最小にする積地の出港時刻であり、この条件により、揚地における荷役待ち時間を少なくすることができる。

(4) 積載船舶決定

上記(3)で積バースプラン作成した船積ロットに対し、入港が荷役開始に間に合い、積荷や航海可能区域等の制約を満たす船を割り付ける。

(5) 揚バースプラン作成

上記の船積ロットに対し、揚地までの航海時間を計算し、揚地における荷役クレーンと荷役開始/終了時刻を決定する。

この結果、揚地における荷役待ち時間が、上記(1)で求めたものと同じかそれ以下であれば、バースプラン成立とするが、そうでない場合(他の船積ロットとの競合などによる)には、当該船積ロットは計画を止め、(2)に戻り、別の船積ロットを選択する。

このようにして、積地のバースに空きがなくなるまで、(2)~(5)を繰り返す。選択した船積ロットが計画できない場合でも、次善の船積ロットが次々と選択されるため、できる限り揚地における待ち時間の少ない計画を作成することができる。

Fig. 7 にエキスパートシステムの立案結果の一例を示す。当サブシステムは、エキスパートシステム構築支援ツールとして、当社で開発した K Engine を使用している。規模は、ルール数が約 410、ルール以外の部分(C言語主体)が約 95 K ステップである。処理時間は、積地での 1 日分を 20 分程度で作成す

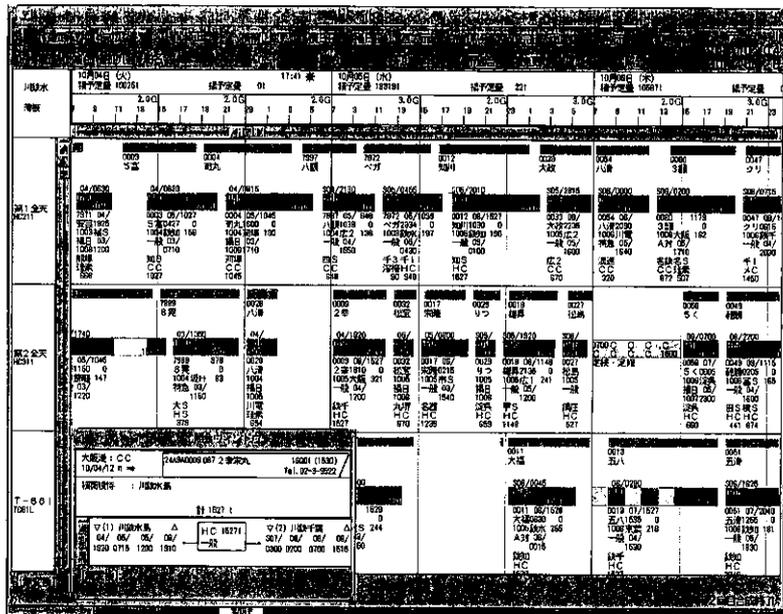


Fig. 7 An example of loading berth plan made by the ship transportation planning subsystem

ることが可能である。

## 4 評 価

### 4.1 稼働状況と効果達成状況

当システムは、情報収集機能から計画作成機能と多くの機能を備えており、また情報収集は、コンピュータシステムに全く不慣れな多数の船舶を対象にするなど広範囲に渡るといふ特徴がある。

このため、システム本番化は慎重に行った。特に船舶への操作・運用教育、あるいは計画システムの立案結果の妥当性検証には、かなりの時間を費やした。その結果、本番切り替えには約10箇月を要し、最終的に計画機能も含め当システムの本格使用を開始したのは、1993年12月であった。

このような対応もあり、稼働後は大規模システムにもかかわらずシステム的には大きなトラブルも少なく順調に稼働しており、成果は確実に達成されつつある。

当システムに期待する最大の効果は、揚待時間削減である。検討を開始した1990年当時の揚待時間は、約24時間であったが、その後は輸送量が大きく減少したため、当システム稼働直前の1993年上期には約20時間まで削減されていた。しかし依然として、揚待時間が非常に長いことに変化はなかった。

それが、当システムが本格的に稼働した、1993年12月以降は確実に削減されており、16時間前後で推移している。当面の目標は、揚待時間を15.5時間にするとしており、その点からは、ほぼ目標を達成しつつある。

しかしながら、まだ多くの問題も抱えている。すなわち、設計段階で揚待時間を削減するための手段としていた休日入港削減や揚地入港時刻適正化については、顕著な改善が現れていないこと。あるいは、コンピュータが作成した計画に対する人間修正が、依然として多いこと。さらには、積地において計画とおり積荷役を実行する実力が、まだ低いことなどである。

このような解決すべき課題があることも事実であるが、川崎製鉄の船舶運航の実態は、当システムを核に、確実に改善の方向に歩み始めている。今後も実態の的確なフォローと、システムおよび運用

の改善を行い、より望ましい船舶運航管理を実現する考えである。

### 4.2 システム評価

これまで述べたように、当システムは実務的にも大きな変革であったと同時に、システムの新しい技術の導入など画期的なものであった。

第一に、多くの異なるコンピュータあるいは端末を連動させ、事実上のデータ一元化を実現した点が大きく評価される。特にワークステーションとホストコンピュータの連動を可能にしたOPENWAY-FTは、今後の分散処理拡大が予想されるなかで、ますます重要性が増すものと考えられる。

第二は、機能的にも処理データ量としても、非常に大規模な計画立案システムを開発できた点が評価される。対象となった船積ロット編成からバースプラン作成業務は、従来、それぞれ積地・揚地等の別々の担当者によって行われていたものであり、全体を通した真のエキスパートは存在しなかった。このような問題に対し、全社的に効率的な計画を作成する、という考え方を柱として、エキスパートシステム化することができ、大幅な効率化を実現した。これほど大規模な船舶運航計画立案システム化は、他に例がなく、かつ組み合せ検索の範囲を狭めることなく、1日分を20分で処理可能としたことは高く評価されるものと考ええる。

## 5 結 言

海上輸送の大幅な効率化を目指した、内航物流一貫計画システムの考え方、仕組について紹介した。情報収集機能、船舶運航計画立案機能、実行調整機能の三つを柱とする当システムにより発生した効果は、以下のとおりである。

- (1) 揚待時間が大幅に短縮され、船舶運航効率が向上した。
- (2) その結果、船舶が揚地で待機する望ましくない状態から、積地で待機する望ましい状態に変化した。
- (3) 積載率が向上し、この点からも船舶運航効率が向上した。

このように、当システムは、期待した効果を確実に発揮しつつある。今後も、システムおよび運用改善を行い、より一層の効果を発揮するよう努力していきたい。

## 参 考 文 献

- 1) 伊藤義高：情報処理学会研究報告，No4(1994)，39-51
- 2) 高友吾，福村 聡，鈴木和夫：「船舶運航計画立案エキスパートシステムの開発」，材料とプロセス，7(1994)5，1257
- 3) 高友吾，福村 聡：「船舶運航計画立案エキスパートシステム」，

- 生産スケジューリングシンポジウム'94講演論集，日本オペレーションズ・リサーチ学会，(1994)，106-111
- 4) 菊地みどり：「エキスパートシステム構築支援ツールK Engine」，川崎製鉄技報，23(1991)3，261-263