

## 船殻、艀装、塗装の統合 (Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting, IHOP)

U.S. Department of Transportation Maritime Administration

Todd Pacific Shipyards Corporation

### 1. 導入部

#### 1.1 背景

リベットに代わって溶接が導入されてから、これまで（1983年）に何年も経過したが、溶接によってもたらされた建造法の進化は、今も尚、継続している。溶接が導入されるまでは、船殻の建造方法は基本的に同じだった。まずはキールを据え、フレームを取り付け、それから板を1枚1枚合わせながら取り付けるという時間のかかる作業を、木造船の時代から続けていた。このプロセスはシステム中心（System-oriented、ここでのシステムは系列的な意味で、同じ系列内だけで先に完結させてから系列外との取り合いを行う考え方、方向性）で、キールはキールの系としてまず組み立てられ、次にフレーム系が組み上げられ、それから外板系が取り付けられ、という形になっている。当然にシステム中心的な船殻建造図を含めた、システム中心的な計画が行われている。

溶接の登場によって、フレームの一部を、部品として外板に取り付ける事が可能となった。デッキや、隔壁、キールの部品も結合させることが可能となった。こうして、多くの組立作業が、船台上から定盤や組立工場内へと移動し、より安全に、効率的に、高精度に行えるようになったのである。

溶接物が蓄積されて行きブロックのような形になると、船殻はブロック単位で搭載されるようになった。こうして、船殻建造は区画中心（Zone-oriented、空間や範囲を単位とする考え方、方向性）となった。ただ、区画中心の船殻建造図を採用している造船所は、まだ極一部だけである。区画中心の建造での準備作業の流れも、船殻搭載計画と同じようになっている。船殻建造に係る詳細設計者（原文では **detailed design** だが、アメリカでは生産設計の意味合いが強い）も工作スタッフも、同じ建造戦略の下で動いている。

稀な例外を除いて、ブロック建造が当たり前の事になってさえも、艀装作業と塗装作業は船殻作業の後に行われる機能のままである。つまり、船殻作業は基本的には殆どの艀装作業が開始される前に完成しておかなければならなのである。多くの艀装品は、デッキ上で採寸され、加工され、取り付けられるが、非効率である。

幾つかの造船所ではブロックでの事前艀装を規定し、艀装作業をオンブロック（ブロックでの艀装）とオンボード（船台搭載後の艀装）の2つの基本ステージに分割している。しかし多くの造船所では、未だにシステム毎の艀装図面を用い、作業命令もシステム毎か

部分的なシステム単位で行われている。作業命令 (Work Order) は、形式的で調和された流れ作業 (work flow) を成し遂げるといふ複雑な試みと、大きな関係がある。そうした命令に反応して、各作業チームは普通、同じ場所で作業する他のチームと共に作業を行う。競合する他の艤装作業との間で発生する問題は、ブロック上で艤装を行うことで少なくともはなるが、それでも多くが残ったままである。作業台や溶接ケーブル、エアホース、排気ダクトといった邪魔な物が常に存在し続けている。殆どの頭上取付作業は、未だに作業者の頭上で行われている。

非合理的な事だが、詳細設計 (生産設計) や材質定義、資材調達をシステム毎に行う人は、後に要求されることも無いようなシステムの一部のみに、不必要に粘着してしまう。詳細設計 (生産設計) と材質定義 (どちらも計画作業において重要な位置を占めている)、そして資材調達は、事前艤装が区画中心で行われていても、システム中心のままである。このような環境では、いくら広範囲な事前艤装を行ったところで、建造戦略と関わってくるため、効果は本質的に制限されたものとなる。区画中心の戦略一つに集中することによって、科学的な造船手法の発展が見込まれるようになるのである。

世界で最も生産性の高い造船所では、伝統的な手法に取って代わって、以下に挙げるような幾つもの注目すべき項目に代表される、統合された船殻建造、艤装、塗装が採用されている：

- ・船殻ブロック建造手法 (Hull Block Construction Method : HBCM)

(当たり前すぎるので説明省略)

- ・区画艤装手法 (Zone Outfitting Method : ZOFM)

艤装は機能別に行うべきだという古臭い考えを無視し、区画と作業ステージによって管理を行う。オンユニット (On-Unit)、オンブロック (On-Block)、オンボード (On-Board) の 3 つの基本ステージとそれらのサブステージとを用い、上向きの場合はブロックが反転している時を狙い、下向き艤装を行えるようにする。

- ・ファミリー生産方式?? (Pipe Piece Family Manufactureing : PPFM)

専門工場 (ある作業は特定の作業場で行うという考え?、job-shop) という考えをグループテクノロジー理論で置き換える事で、多種多様で数量も少量から多量まで多彩な部品を最も有意義に生産するという、生産ラインの利点を享受する。

グループテクノロジー (group technology) :

似た形状の部品をグループ化し、グループ毎に生産プロセスをまとめてしまうもの。部品の持つ多くの問題には共通点があり、問題に共通点を持つ部品をグループ化し、同一の解決法で処理する事により、時間とコストを節約することが可能だ、という一般原理の上に成り立っている。この共通な問題を持つ部品群は部品ファミリー (part faminly)、それぞれの部品ファミリーの加工処理を行う為の設備、機器のセットは、マシンセル (machine

cell) と呼ばれている。また、このような製造方法を、セル製造方式 (cellular manufacturing) と呼ぶ。

・生産作業分解構造 (Product Work Breakdown Structure : PWBS)

それまでは別々の専門的知識が必要な為に本質的に異なった種類の作業を、調整の取れた流れ作業 (work flow) を実現可能な理想的な中間製品 (部品と下位組立製品の組み合わせ) へと工夫、分類することで、統合を容易にする。

このような、船殻建造と艤装、塗装とを統合してきた歴史は、図 1-1 に示した通りである。こうした統合に成功した造船所は、日常的に 90%を越す艤装を進水までに完了している為、より意味のある進捗指標を用いなければならない。

- ・起工式の時点で完了している艤装の割合
- ・起工式の時点で完了している艤装計画の割合

それぞれで、35%と 85%を達成することも、普通である。

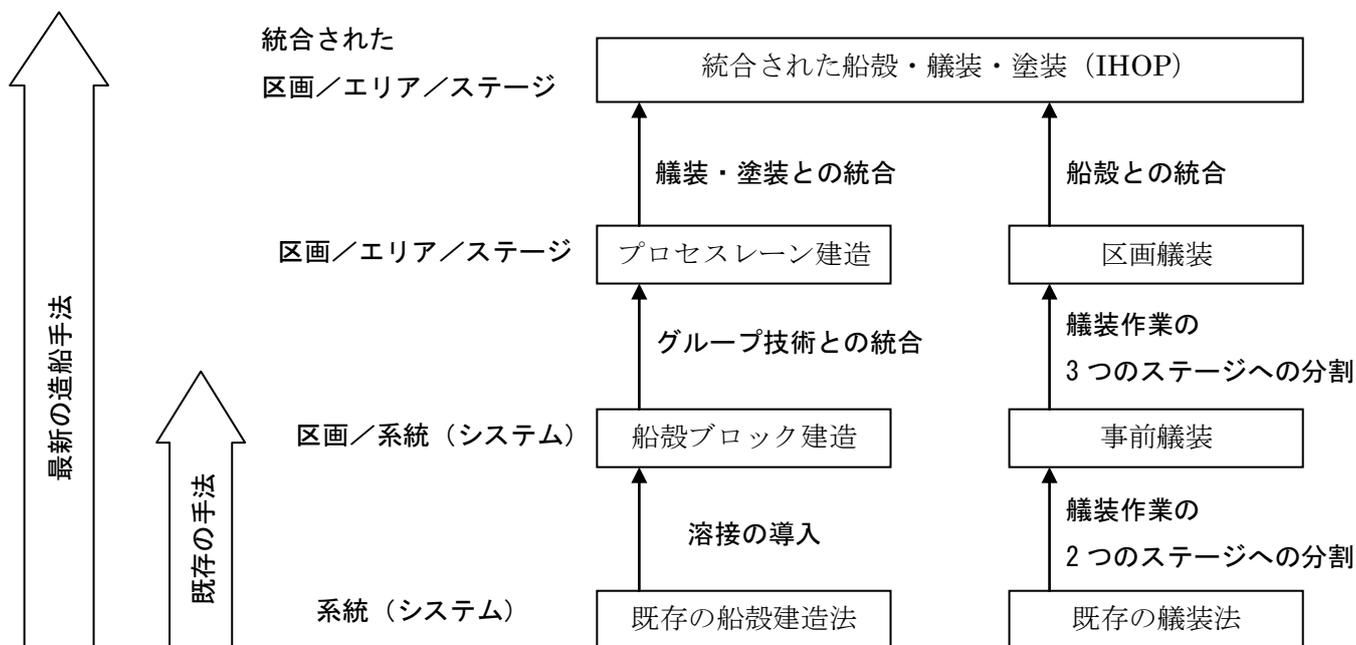


図 1-1 造船手法の基本的な進歩の歴史

## 1.2 船殻建造へのインパクト

統合された船殻・艤装・塗装（IHOP）は、船殻建造の全ての面に衝撃を与える。既存の組織（人、情報、作業）では対応できない。最も生産的な造船所が効果を証明し、IHOPを続けている事を考慮すれば、競争の必要な造船所には他の選択肢は無いのである。IHOPをマスターするには、機能構造や情報の取扱い、そして作業プロセスにおける変更が避けられない。

造船においては、通常は船殻が支配的な地位を占めている事から、その船殻建造に変更が必要となる他の種類の作業の導入は、より困難なものになりやすい。既存の手法に慣れているマネージャーは、IHOPを成し遂げる為に「鋼材」の流通量が従属物に成り下がってしまった事を、そのまま受け入れることは容易ではないだろう。しかし仮にそれを実現することで、異なった種類の作業のプロセスフローを調整する原理が、船殻の生産性をも向上させることを知り、驚くことになるだろう。

図 1-2 にあるように、IHOPは造船所の全ての部門との間でこれまでに無いような協調関係が必要となる。先導の役割を担う為に、船殻生産エンジニアは艤装と塗装の要求を理解する必要がある。統合された日程計画は、議論とトレードオフ、そして完全な同意とが必要である。優先されるべき目標は、造船システム全体での生産性の向上である。

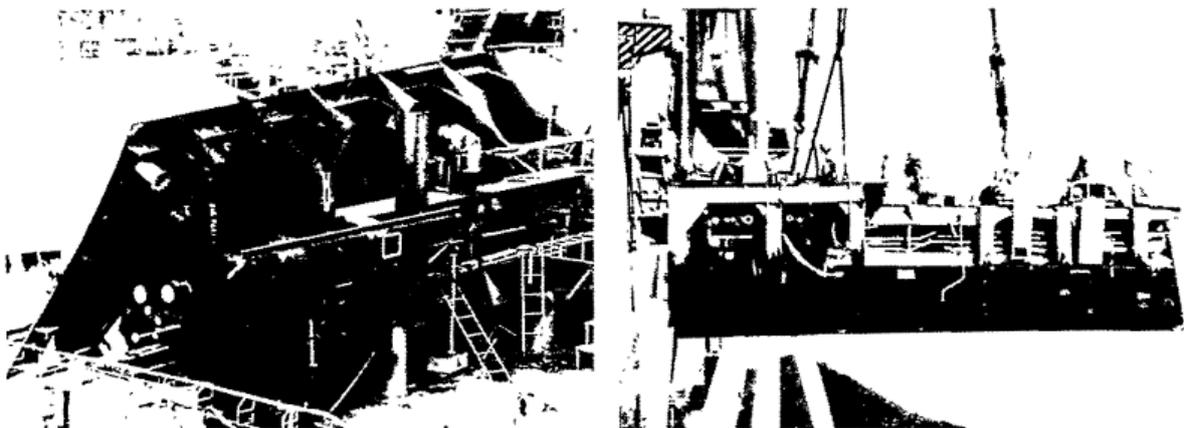


図 1-2 反転前に広範囲にわたって艤装・塗装されたブロック

## 2. 基本的な責任所掌

### 2.1 人、情報、作業の組織体制

図 2-1 のような組織体制が最適であり、またどこで IHOP が導入されても発展することになるだろう。既存の組織体制との違いは以下の通りである：

- ・造船工場が基本設計（basic design）と非常に大きく関係している
- ・工数予算、日程、そして調達も含めた資材の管理を、生産管理部門が統一して行う
- ・生産部門は、本質的に異なった種類の作業である船殻と艀装とに二分されている
- ・それぞれの生産部門は、グループテクノロジー（前述）の観点から、問題範囲（problem area）毎に作業を特化した工場へと分割されている
- ・設計部門は問題範囲毎にグループへと明確に分けられている
- ・生産エンジニア（フィールドエンジニア、もしくはプロセス管理エンジニアと呼ばれる人々も）の工場への配員は、生産部門を通して行われている。

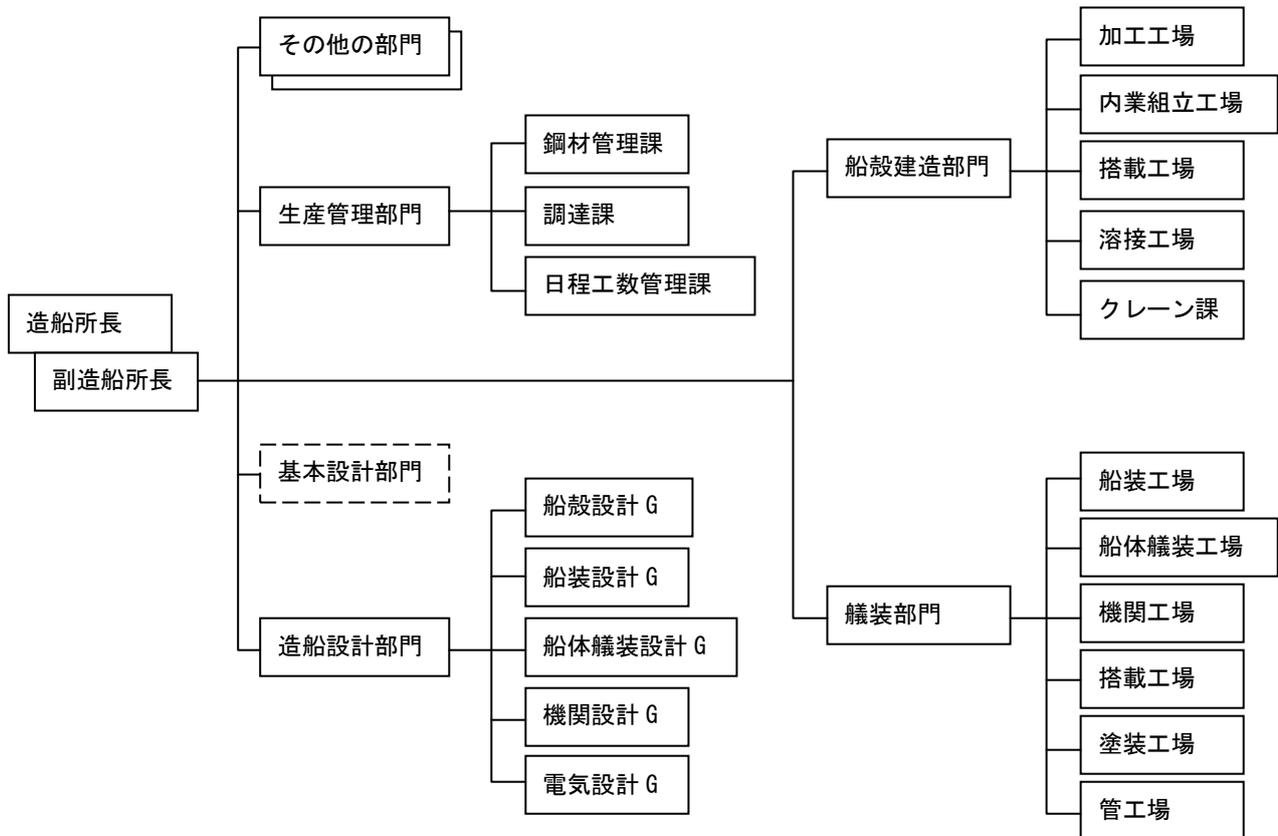


図 2-1 統合された船殻、艀装、塗装（IHOP）を容易にする組織体制

情報で必要なグループ分けは、図 2-2 で示されたような、船殻建造の為の設計プロセスと作業指示プロセスとを反映したものになっている。全体は大きく 2 つに分けられている。船殻は、最初は外板、甲板、ロンジ隔壁、トランス隔壁、フレーム、ウェブ等といった機能系列 (function system) によって取り扱われているが、それらの設計情報は後に変換され、船殻の機能系列を無視したブロック (区画) によって再構成される。この再構成作業は、各種の船殻関連工場も含めた船殻建造部門に配属された生産エンジニアによって構成されている船殻計画グループ (HP) によって行われる。

2 つに分けられたグループは、入力されたものにより、どのように設計するかと、どのように生産するか、の両方共を取り扱う。キープランのような系列毎にまとめられた形式は、機能設計と、船主と規定からの承認を容易にする。生産エンジニアによって作られるヤードプランのように区画毎にまとめられた形式は、搭載、組立、内業、加工での工作関連図の取扱いを容易にする。

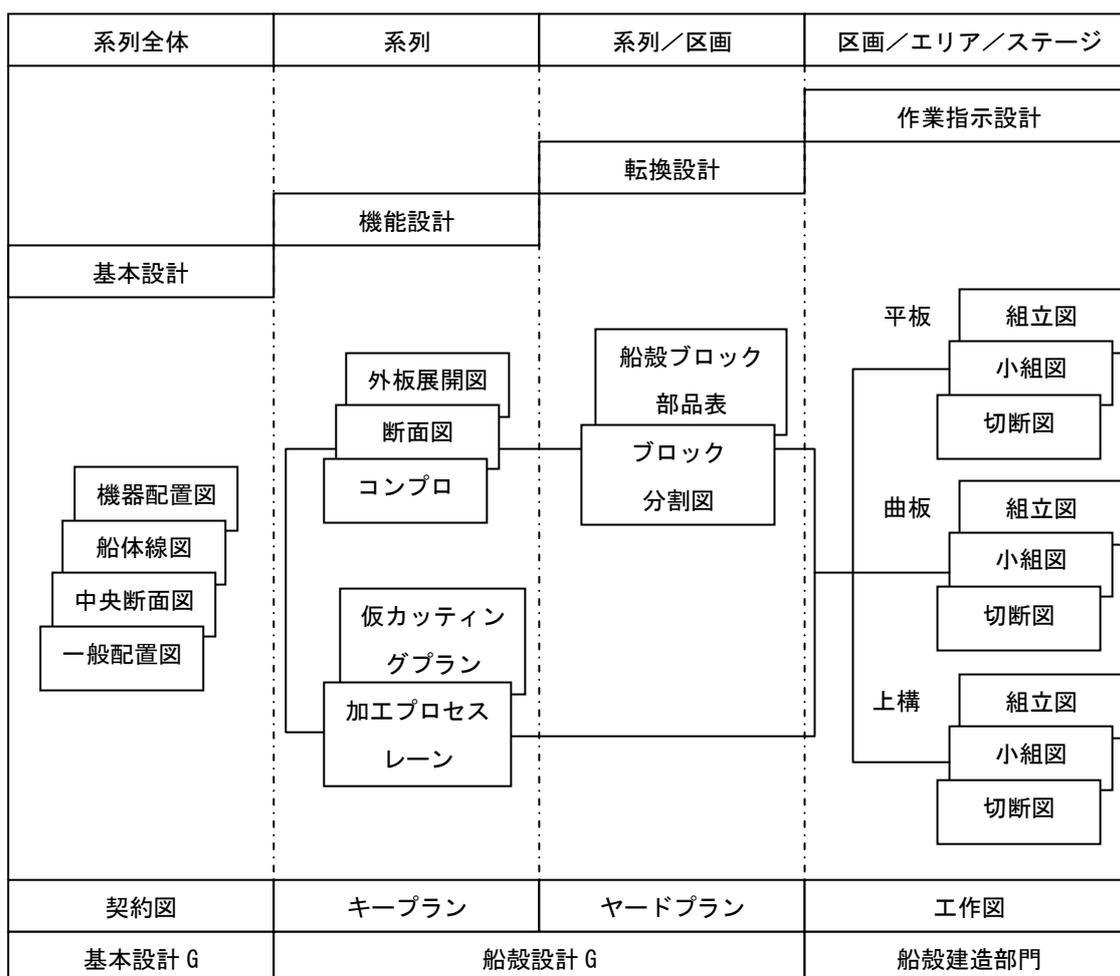


図 2-2 船殻建造での生産中心設計と作業指示プロセス

図 2-3 は、船殻建造と艀装のプロセスフローの道筋を示しているが、これによると最初は分離していったものが、後で合流している。この、組立・搭載を通じた合流への流れが、IHOP を構成しているのである。それぞれのプロセスレーンは（組立）ステージへと分割され、ある特定の生産ファミリーの、つまり、ある特定の問題範囲を共有する中間製品を生産可能な、特別な装置が割り当てられている。区画や問題範囲、ステージ別に、つまりは作業指示や工作関連図毎にまとめられた情報は、特定のフローレーンの、特定の作業ステージでの、あ定の中間製品を製造する為に必要な情報を、それぞれ提供している。

船殻計画グループはまた、転換設計（transition design）の際に生成される情報を、作業ヤード（work yard）や作業セル、つまりは管理目的のための重要性の範囲に合うように、グループ分けを要求している。一つの作業ヤードは、通常、一つのプロセスフローの中の幾つもの隣り合った作業ステージによって構成されている。典型的なヤードプランは、平行部ブロック、曲り部ブロック、船首・船尾ブロック、機関部ブロックといった、作業処理フローと一致するように構成されている。

（訳注：

ヤードプランは機能設計の範疇内だとばかり思っていたが、ここでは転換設計という、別の枠として扱っている。ヤードプランの図面としての区分けも、大体の範囲でやっているのかと思ったら、元々は流れ作業（work flow）別に分けられたものであった。確かに「ヤード」プランなので、造船所での計画図、という意味で、上流の設計図よりもより生産に近い位置にあるのは当然なのであるが、現在の造船所におけるヤードプランの位置は、かなり機能設計に寄ったものになっている）



## 2.2 初期船殻建造計画と日程の考慮

造船所長が行き当たる一つの問題が、基本設計（Basic Design、性能設計）に関わる生産部門の作業者を、どのようにして確保するかというものである。最も競争力のある造船所は、造船所毎に1人から2人を雇い、基本設計を行うと同時に基本計画を進めるような体制を採っている。契約前に実行される各努力の範囲は、以下のものに依存している：

- ・提案した船の独自性と複雑性
- ・造船所が、オーナーとの経験があるかどうか

基本計画で、生産エンジニアは仮ブロック割（pre-define blocks）を行う。その際、GAやミッドシップ、機器配置図などを参考にし、対象の船だけでなく、特定の造船所の効率に関係した制限や状態をも考慮するが、次に挙げるような事象も考慮しなければならない：

- ・造船所の組立・搭載施設の寸法並びに重量制限を踏まえたブロック割
- ・ブロック数を最小にする。必要ならば総組として搭載前にブロックを組み合わせ、搭載の際により大型のクレーンを採用可能にする
- ・組立と搭載のプロセスで、安全や精度、剛性を考慮する
- ・足場や吊ピース、反転作業の数を最小にする
- ・平行部などでブロックの形状を可能な限りパターン化する
- ・流れ作業（work flow）を組み上げる為に、事前の区画、問題範囲、ステージ区分けを行うが、その時、可能な限り、ブロックの組立や小組、部品加工の作業パッケージ内容を均等化しておく

そうした作業の後、次の段階へ行く前に、以下のようなことも考慮する：

- ・荷室部への艀装品の取付
- ・機関室への機械類の搭載と、その他の艀装品の取付
- ・デッキ上の機器類の配置、繫船装置の取付等
- ・ブロック搭載前のより効率の良い塗装方法

また、ブロック組立プロセスの効率評価を、期間や必要なリソースの数、必要な精度、作業環境の品質といったもので行うには、次のような、ひとまとめの評価を行う必要がある：

- ・ブロックにおける艀装を、ブロック艀装で行うか、総組後に行うか
- ・艀装作業と塗装作業を容易にする事、
- ・ブロックを反転する際に、塗装面や取付物が傷を負わないような工夫

搭載大日程が究極的に、現図、加工、内業、組立、搭載という一連の作業期間を管理しなければならない限り、統合された日程は、艤装と塗装の為の適切な間隔を加えて、全ての前作業の期間を管理しなければならない。そうした統合管理の最初の現れが、この IHOP での事前日程である。

### 2.3 設計エンジニアと生産エンジニアとの間のやり取り (Interaction)

初期と、それに続く、船殻建造、艤装、塗装を担当した設計エンジニアと生産エンジニアとの間のやり取りは、それぞれの異なった関心事を上手く統合して行くために絶対に必要な事である。図 2-4 のように、情報交換の為にミーティングを何度も開き、艤装と塗装とを効率よく時間通りに行う為に必要な事を共有し、船殻図面へと織り込んでゆく。

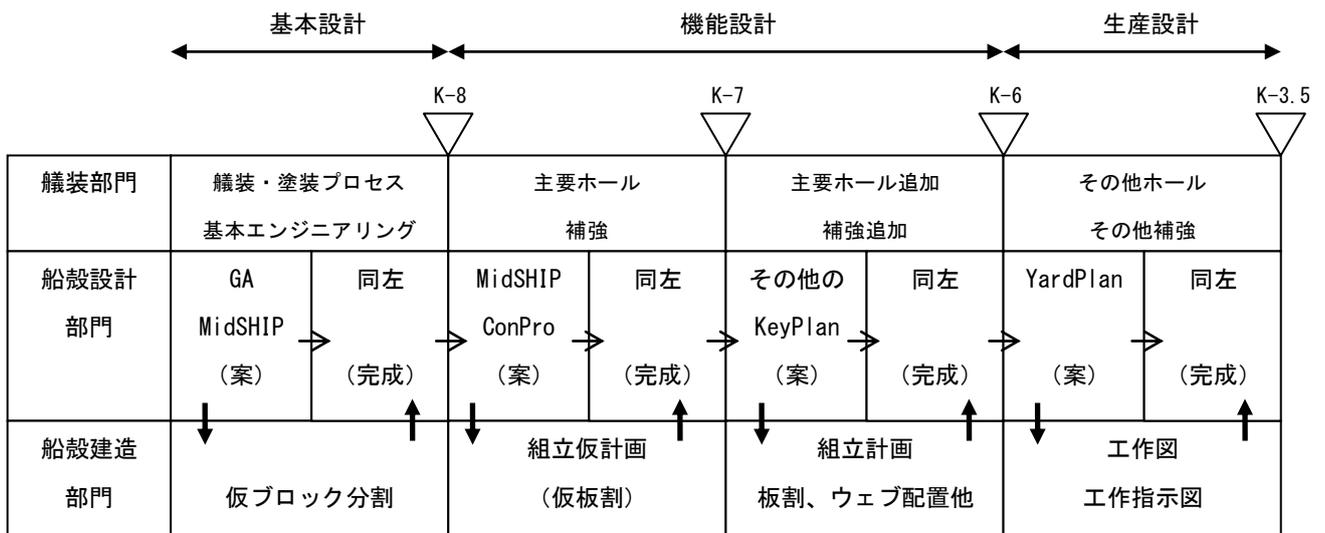


図 2-4 IHOP 計画での設計データのやり取り

10,000~15,000DWT の船では一般的に加工開始が K-2、進水が K+4、引き渡しは K+7 (K は搭載開始日、単位は月?)

船殻部門は、ストレーキング (straking) やブロック境界、パイプ穴、重量艀装品の為の補強、そしてブロック搭載日と大型の機器の据え付け日とが一致しているかどうか、といった船殻作業中の艀装と塗装への考慮が増加した結果、何が影響を受けることになるのかについて関心を持っている。

図 2-5 における、ブロックの仮分割を含んだ最初の統合計画作業では、特に 1 隻目の船や複雑な船においては、以下の事を考慮する必要がある：

- ・ ホールド内の、主要な配管とバルブの一般位置 (General Arrangement)
- ・ 主機と補機の配置
- ・ 居住区と交通路の配置
- ・ 通気配置
- ・ デッキ上の配管、係船装置、取付品 (fittings) の配置
- ・ 主機搭載の基本計画
- ・ 特定範囲での特別な要求や、塗装種類や手法を示した塗装日程
- ・ 搭載時にクレーンで揚重可能かを確認するための、ブロック・艀装品の推定重量

ブロックの仮分割への参加者が、建造全体の流れを良く理解しているかどうか、大きく依存する。こうして作成されたブロックの仮分割を基にして、すぐに搭載大日程と IHOP 仮日程とが作成される。船殻生産グループは、艀装と塗装からの要求事項を良く理解し、IHOP 仮日程を作成する前に、船殻設計日程と調整しておかなければならない。

IHOP 仮日程は、搭載、組立、加工、図面、資材要求等の日付を指示しており、全ての下層の日程の出図を管理している。その為、部門長と工場長によるこの日程の認可が、非常に重要な事項になるのである。

基本計画の後、ブロック分割とブロック組立仮指示書についての、更なる合同議論が行われる。適切な議論を行う上で必要となる項目は以下の物となる：

- ・ 底部、側面、ロンジ隔壁、トランス隔壁、デッキ等のホールドブロックの各分野での、裏表両面 (フレームの付く面、付かない面) での、艀装と塗装の作業仕様。
- ・ 船首、船尾、機関室の各ブロックにおける両面の、艀装と塗装の作業仕様
- ・ 艀装と塗装の施設、機器の能力限界

最終製品は組立大日程であり、そしてこれを基にして船殻建造部門の様々な工場の管理を行う、工場仮日程が作成される。こうした日程の作成において、船殻部門はブロック毎に研究を行い、生産性と精度とを考慮する必要がある。ブロック組立仮指示書の作成プロセスでは、板継 (ブロックのベース板となる板の形成) から始まって搭載可能な完成状態に至るまでの各段階を考慮しなければならない。

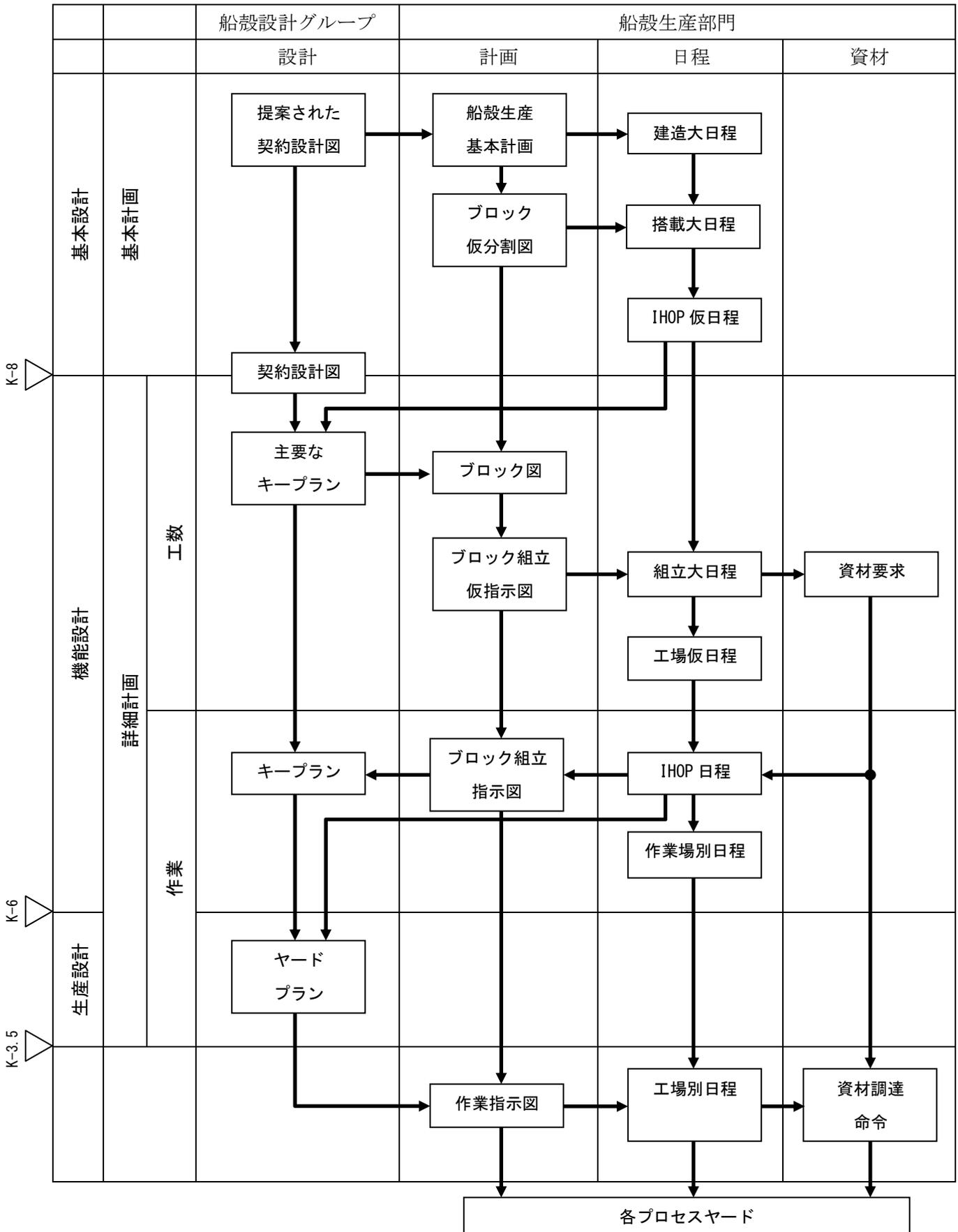


図 2-5 船殻部門における計画と日程とで調整が行われた、設計の進捗

この仮指示図は、艤装と塗装の現場エンジニアのチェックに耐えられる、十分なものでなければならぬ。消化、調整、そして十分な議論の後、ブロック毎の組立プロセスはブロック組立指示書、IHOP 日程、工場日程という形で確定される。これらはブロック艤装とブロック塗装の管理の基礎として用いられる。

計画を統合することから、船殻建造日程は必然的に以下の事に依存せざるを得なくなる：

- ・デッキや機器類、居住区といった船のそれぞれの特異な部位での艤装と塗装の日程
- ・ホールドブロックの各部位におけるブロック艤装・塗装の日程
- ・船首部、船尾部、機関室のブロックにおける、ブロック艤装・塗装の日程

こうした日程は、作業に必要となるブロック毎のヤードプランの必要出図日からブロック搭載日に至るまでの、ブロック毎の作業ステージのつながりとステージの期間を指示した、IHOP 日程という形にまとめられる。

図 2-5 は、船殻計画グループが行うべき、先導する責務を明確に示している。艤装と塗装とを考慮することは、ある意味、船殻建造の基本計画と基本日程の上に（艤装と塗装のそれを）重ね合わせる事である。しかし、船殻と艤装・塗装の組み合わせを行い、それが IHOP の計画と日程とが流れ作業（work flow）レーンに完全に管理可能なまで十分に詳細化されるまで、継続して修正されるように管理を行うには、船殻生産グループのメンバーが、造船全体の流れを理解しておく必要がある。その上、これまでの船殻建造部門では普通出会わなかったようなレベルの、高い生産エンジニアリング能力が必要とされるのである。効率の高い造船所では、船殻の生産エンジニアが、以下の決定に関わっている：

- ・ブロックをどのように分割するか
- ・どのようにブロックを組み立てるか
- ・IHOP 日程をどのように改善して行くか

## 2.4 船殻構造設計グループの責務

船殻設計グループは、キープラン係とヤードプラン係とに分かれている。そしてそれぞれの係は、より管理しやすいように、作図と計算（強度計算や振動分析、計算機への入力、等）の2つの部門に分けられている。

### 2.4.1 機能設計に関係した、キープラン係の責務

- ・線図やフレームライン、シェルパンなどのデータのコンピューターへの入力
- ・既存ならびに新型の船の船殻構造の開発
- ・強度解析、振動解析
- ・キープランの作成
  - 構造寸法図（船尾、船首、カーゴホールド、機関室等）
  - スタンフレーム、舵、舵周り
  - 主機台や補機台
  - 溶接指示

### 2.4.2 生産設計に関係した、ヤードプラン係の責務

- ・ボディープラン（生産線図、フレームオフセット）、部品展開
- ・鋳物製作図やピン治具設定値などの生産関連図
- ・構造詳細を含む、ブロックプラン（ヤードプラン）（工作図のこと？）
- ・船殻部品表
- ・たたき台としての加工図

ブロックプランというのは、船殻構造設計のユニークな表現方法の一つである。幾つかの昔ながらの造船所では、いまだに船殻構造部門でシステム中心（**System-Oriented**、船殻、配管、電線、ダクト、といった系列（システム）の単位で図面を作成する方向性。対になるものとして、**Zone-Oriented**、区画中心、ある区画単位で複数のシステムをまとめて図面を作成する方向性がある）で図面を作成している。その為、ブロックの組立を計画する為に幾つもの異なった図面を参照する必要がある。理想的な、このブロックプランはコンパクトな冊子形式で、隣接したひとまとまりのブロックの、同じ問題となる範囲が載っており、また幾つもの異なる種類の系統別図面にある情報が、一つの区画中心（**Zone-Oriented**）方式にまとめられている。

（訳注：上記ブロックプランの存在を知らない（シーウルフの論文には似たものが出ていた）。私が居た造船所で使われていないだけで、IHIにはそうした高等な工作図が存在して

いたのかもしれない)

作業指示は、船殻計画グループの指示の下でより適切に準備される必要がある為、最小限の作業指示もブロックプランに含まれている。ブロックプランとは、作業計画の大本、もしくはシステムから区画へと転換を行ったヤードプランであると言える。ブロックプランは、効率的な IHOP ステージプランを作成する為に必須である。

## 2.5 生産計画、現図と工場

船殻建造部門に割り当てられた役割には、生産計画以外にも、現図作業と工場作業（? shop work）とがある。加工と組立とは図 2-1 に示されるように工場間で分割されていることから、それぞれの責務も、図 2-2 にあるようなステージプランのような分割に調和し、また図 2-3 にあるようなプロセスフローによる分割に調和している。つまり、船殻建造部門は、生産中心作業分割構造に影響された組織となる。

上のような書き方をするならば、カッティングプランを作成する専門知識は、部品加工でのマーキングと切断の専門知識に調和することになるし、小組図（subassembly plan）の作成に必要な専門知識は、小組（sub-block assembly）等と関係した組織に調和することになる。区画／エリア／ステージによって区別されたステージプランは、そうした区分のおかげで（? by virtue of such classifications）、何が実行されるべきかと、特定の流れ作業（work flow）のある特定のステージでの作業を実行する為に必要となる情報とを記述している。必要な工数が、重量や溶接線長といった、幾つかの特性と関係づけられることで、フローレーン（flow lane）やステージ、組み合わせられたステージでの作業量予測が決定可能となる。工場は、工場以外の船殻建造部門、特に船殻生産グループ、現図、ステージプラングループ、溶接工場、クレーン工場等によって支援されているのである。

### 2.5.1 船殻計画グループの責務

- ・ 図 2-5 のような、艀装と塗装に対する考慮も含めた、船殻建造部門の全ての計画と日程
- ・ 事前管理データ
  - ・ 平面外板や曲面外板、内構（更に手切り、NC 切断、その他で分別）、ビルトアップ ロンジ、曲げ部材といった構造系別の重量
  - ・ ブロックの重量と溶接線長

- ・ 小組の重量と溶接線長
- ・ 換算長さ（脚長、種類、位置などを数値に換算）で計算された搭載時の溶接線長
- ・ 船殻範囲別（ホールド、機関室、船首部、船尾部、外板等）の足場ピースの数
  
- ・ 加工データ
  - ・ プロセスレーン
  - ・ ラフカッティングプラン
  - ・ スクラップ率
  
- ・ その他の必要な計画の準備
  - ・ 小組、大組のプロセス計画
  - ・ 搭載時の手溶接と自動溶接の計画
  - ・ 足場大計画（master plan）
  - ・ 揚重大計画
  
- ・ 設計部門へのフィードバック
  - ・ ブロック毎の、シュリンケージの許容値
  - ・ ブロック毎の伸ばしの指示
  - ・ 板辺の開先
  - ・ ブロック搭載順序
  
- ・ 船殻精度管理計画
- ・ 溶接研究所の運営

## 2.5.2 現図の責務

- ・ カッティングプランデータ（NC データ、電光罫書用フィルム、型鋼寸法表）
- ・ 曲げデータ（曲げ型、振りなど）
- ・ ピン治具設定値
- ・ 船殻設計部門への、伸ばし許容値や板辺開先等のフィードバック

### 2.5.3 ステージ計画（作業指示準備）部門の責務

- ・再野書や仕上寸法の書かれたスチールテープ等の、組立用野書きデータの作成
- ・小組プロセスデータ
  - ・小組計画
  - ・吊ピース、ガイドピース、足場等の取付計画
- ・組立（大組）プロセスデータ
  - ・組立計画
  - ・ブロック吊上指示計画
  - ・吊ピース、ガイドピース、足場等の取付計画
  - ・曲りブロック組立の際の、ピン治具設定表
- ・搭載プロセスデータ
  - ・ブロックアライメント指示等の、精度管理計画（shipwright dimensions plan）
  - ・足場配置計画
  - ・船殻ブロック配置ハンドブック
  - ・ブロック支柱配置計画
- ・作業管理データ
  - ・小組重量、溶接線長
  - ・ブロック組立重量、溶接線長
  - ・搭載溶接線換算長さ
- ・資材調達
  - ・定義とリスト化
  - ・要求
  - ・残材管理、スクラップ管理

### 2.5.4 溶接工場の責務

- ・搭載プロセスの為の溶接のみ

### 3. 船殻建造計画

艤装と塗装とに調整させる必要以外にも、船殻建造手法の計画に影響を与える要因がいくつも存在する。その中にはキープランとヤードプランが時間通りに完成する事、すなわち時間通りに系列中心から区画中心（中間製品）へと変換が行われるということも含まれる。こうしたプロセスが実行されるスピードは、以下に挙げられるような事に依存している：

- ・キープランとヤードプランにおいて、「何を作るか」について記述を行う設計作業者に対して、船殻計画グループが「どうやって作るか」について連絡をどれだけ取れるように組織化しているか（訳注：生産性を考慮した設計を行える環境かどうか）

- ・キープランを作成するサブグループが、船主と船級からの承認に必要な枠を超えて、より詳細な断面や輪郭に至るまで、どれだけキープランの準備の範囲を広げられるか

（訳注：キープランに求められる必要最小限の仕事だけをしていれば良いわけではない）

- ・設計手法の標準化や日程遵守といったことを通じて、どれだけ設計者が組織化され、設計変更の影響を最小化できているか

- ・標準資材（造船所標準に適合し、設計データが利用可能な状態にあるベンダーのカタログを含む）のファイルの効力

- ・船殻建造計画項目の標準化の度合い

手続き、日程、フィードバック、基本データ

- ・作業プロセスの標準化の度合い

プロセスレール、治具、データの収集と分類

- ・十分な分量のステージプラン。仮に、小組などの全ての作業指示がヤードプラン上に描かれていたとしたら、図面があまりにも複雑になり、少数の技能者を除いて読解できないものになってしまう。

- ・精度管理手段が有効であること

- ・船殻建造日程の編成

- ・プロセスレーンの編成

最後の3つの項目については、以下に詳細を述べる。

### 3.1 精度管理

精度管理という言葉は、誤った印象を与えている。本来の意味は、ある決まった方法で作業をした結果に変化があった場合でも（when the way work & performed varies）、その変化したパラメータを理論上全て採用可能なようにした、統計学的製造管理である。しかし、精度管理の目的の中でも最も優先される目的は、一定の割合での生産性の向上である。精度管理のフィードバックの分析は、色々なプロセスフローを調整する為の、設計の詳細や誤差、作業手法の調整を行う際の手がかりとなる。プロセスフローが統計管理下にある状態では、中間製品は、それに続く組立で面倒なやり直しを行う必要のないだけの十分な精度を持っている。つまり精度管理は、均一な流れ作業（work flow）を維持し、工数コストを採用にするための、生産管理機構の一つなのである。

造船における流れ作業（work flow）を調和する為に通常必要とされている精度の程度は、船主や船級によって明確にされた誤差の範囲内に、ほぼ常に収まっている。その為、船主の検査の範囲を超えた高い精度は、生産管理の統計的手法の副産物である。

精度管理を導入する為には、以下のようなシステムが必要となる：

- ・ 寸法管理

- 中間製品での寸法のバラつきを最小にする手法
  - 船殻ブロックの種類別にバラつきの制限を分類
  - 分類に従って、それに必要となる作業プロセスの決定

- ・ 相互連絡

- 加工や組立作業で発生した問題に関するフィードバックを、精度管理での解決と分析の責任を負った現場エンジニアへと提供

- 問題の発生した工場に対して速やかに解決策を提供し、ヤードプラン担当グループに対して将来の問題回避に関するフィードバックを行う

## 3.2 船殻建造日程

2.3 章で書いたように、IHOP の事前日程は、艀装と塗装の管理が折り込まれた、搭載大日程である。それは、船殻建造だけでなく、艀装と塗装の詳細な日程の作成と改善とを厳密に管理する、いわばマスター日程である。この相互接続の為、大日程での変更が、大きな悪影響を詳細日程に与える可能性がある。その為、日程の作成には最大限の努力と、以下に挙げるような特別な注意が必要である：

- ・統合された作業プロセスの組織

船／区画／エリア／ステージ毎に分類された船殻建造作業パッケージは、それぞれ、その期間や作業のつながりの中での状態を、(船殻)設計、艀装、塗装の担当者によってチェックされるべきである

作業パッケージの構造は、船殻、艀装、塗装で構成されるべきである

- ・ステージ毎の労働負荷の予想

エリア／ステージ別に分類されたブロック組立作業量は、(事前に)決定され、山慣らしをされるべきである。

エリア／ステージ別に分類された作業パッケージそれぞれに対して、十分な利用可能施設や空間があるか確認し、予め日程を組まれた作業の効果を決定するために、チェックを行うべきである。

それに加えて、流れ作業 (work flow) の調和を保ち、将来の生産エンジニアリング作業を構造させる為に必要なフィードバックを行う為に、日程追跡システムが必要となる。

## 3.3 プロセスレーン (Process Lane)

船殻を、熟慮の上でどのようにブロックや小組、部品という名称へと分割して行くか、という事だけを単独で考えているだけでは、効率的なプロセスレーンを構成することはできない。系列 (システム) と区画 (ゾーン) は、造船設計の特性 (characterization) であり、エリアとステージは作業プロセスの区分 (category) である。可能な限り区画は、分類された好まれる問題範囲と合った正しい種類の正しい量の作業を要求するよう工夫すべきである (?)。

必要な生産作業分割と一致した作業の基本構成は、図 3-1 の通りである（図 3-1 が無い）。そこでは、典型的な製造レベルと、それらの相互関係を見ることが出来る（図 3-1 は無いけど）。製造レベルはそれぞれ製造ファミリー（問題範囲）によって分割される。例えばブロック組立は平板ブロック組立と曲板ブロック組立といった具合である（図 2-3）。このアプローチは、本質的に船殻ブロック建造手法（HBCM）であり、生産性の高い造船の基本なのである。

以下に挙げているのは、効率的な IHOP プロセスフローを特徴づけている項目である：

- ・製造レベルにおけるプロセスフロー全体は、中間製品の一つのファミリーの製造に専属しており、そして 1 つかそれ以上の数の任務の実行に特化した、それぞれのステージへと分割されている（同一寸法の小組が多数集まった組立のプロセスフローにおけるステージには、配材、取付、溶接、ひずみ取り、がある）。

- ・艤装と塗装も含んだステージは、プロセスフロー毎のプロセスの繋がり（シーケンス）と一致するように配置し、そして完成した中間製品を、これを必要とする別のプロセスフローへと送り出す（例えば、平板ブロックのエッグボックスフレームの組立は、ブロック組立を行う場所の近くで行う）。

- ・作業場（work yard）（作業単位（work cell）もしくは重要な範囲においても）は、運営上の目的で、一つのプロセスフローもしくは複数のプロセスフローを縦断したものと同期が取れるように隣接する幾つかのステージで構成されている。（1 つのプロセスフローの例には、同一寸法の小組の組立を行うコンベアーを用いた生産ラインがあり、複数のプロセスフローを縦断する例には、一つのファミリー以上の部品（曲板も平板も、内構もビルトアップ部品も）の切断や野書きを含んだセルがある。）

- ・作業場の範囲は、流れ作業（work flow）の速さや管理者の管理期間に依って変化することがある

- ・工場長は作業場の組織と一致するように組織されている。図 3-2 を参照。

- ・ヤードプランは作業場（work yard）毎に編成されている

- ・記号論理学を採用した体系的な船殻部品コードを、ファミリー毎の中間製品と、その中間製品に必要なフローパスの、様々な生産レベルを通じての識別に用いている。

現実に流れ作業（work flow）を行っている平板ブロック組立の理想的な流れは、図 3-3 の通りである。仮想的な流れ作業を行っている曲板ブロック組立の流れは、図 3-4 の通りである。

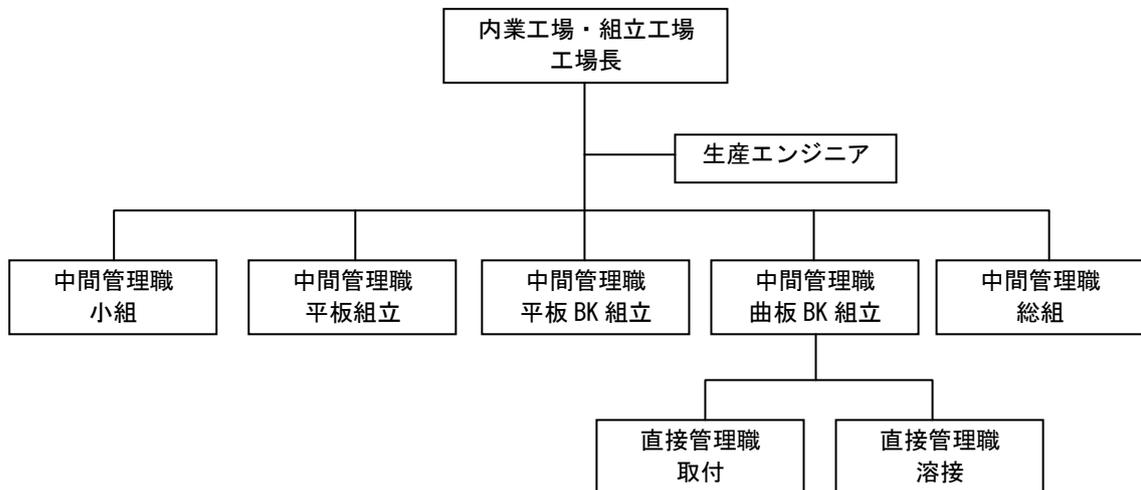


図 3-2 典型的な範囲／エリア／ステージ 工場組織

### 3.4 情報交換（Communications）

船殻構造設計グループと船殻建造部門の間では、情報が良く交換されていなければならない。そしてそれと同じくらい、船殻と艀装の間でも情報が良く交換されている必要がある。情報交換とフィードバックのチャンネルは図 3-5 に示されるとおりであり、また次に挙げられる事項を考慮しなければならない：

- ・ 設計日程の調整

船殻構造設計システムは、特定の会議やその他の情報交換を行う事によって、各種艀装設計グループから情報を得やすくしている。こうしたイベントの決定や日程調整は、十分な同意を経て行われるが、これは全ての部署が依存するマイルストーンとなるからである。次々と建造される船で使用する標準的なマイルストーンを準備している。

- ・ 艀装と塗装からの要求を考慮した、ブロック分割の調整

オンユニット艀装・塗装が不可能な艀装と塗装について、オンブロック艀装・塗装ならびにオンボード艀装・塗装が容易なブロック範囲になるように考慮しなければならない。こうした考慮では、オンボード作業の時間を最小化する為にブロック作業を優先させるが、このことについては 2.2 章と 2.3 章で述べている。

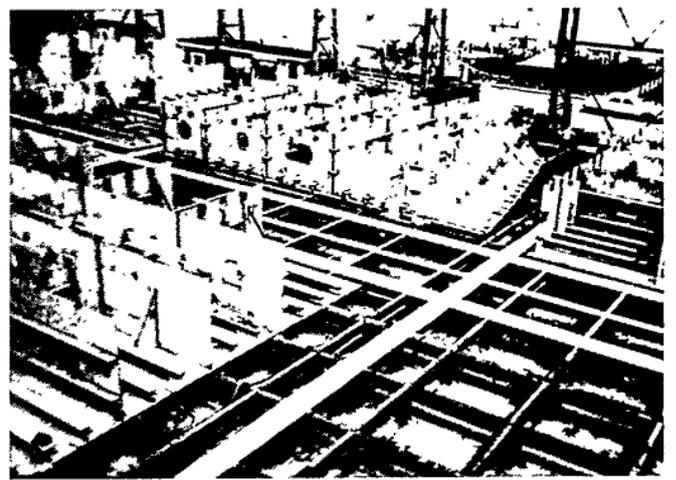
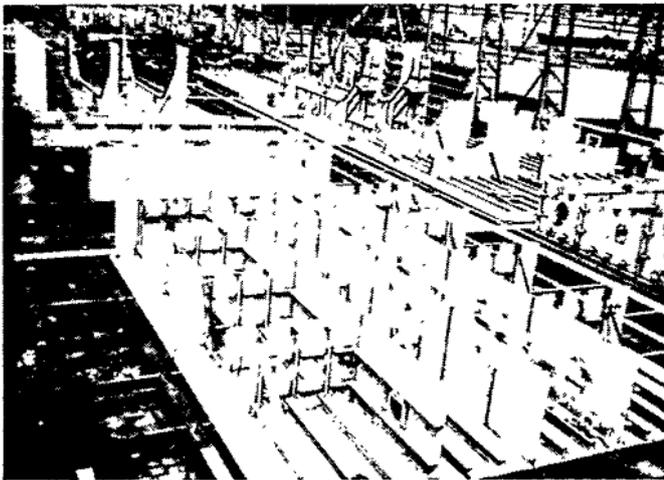
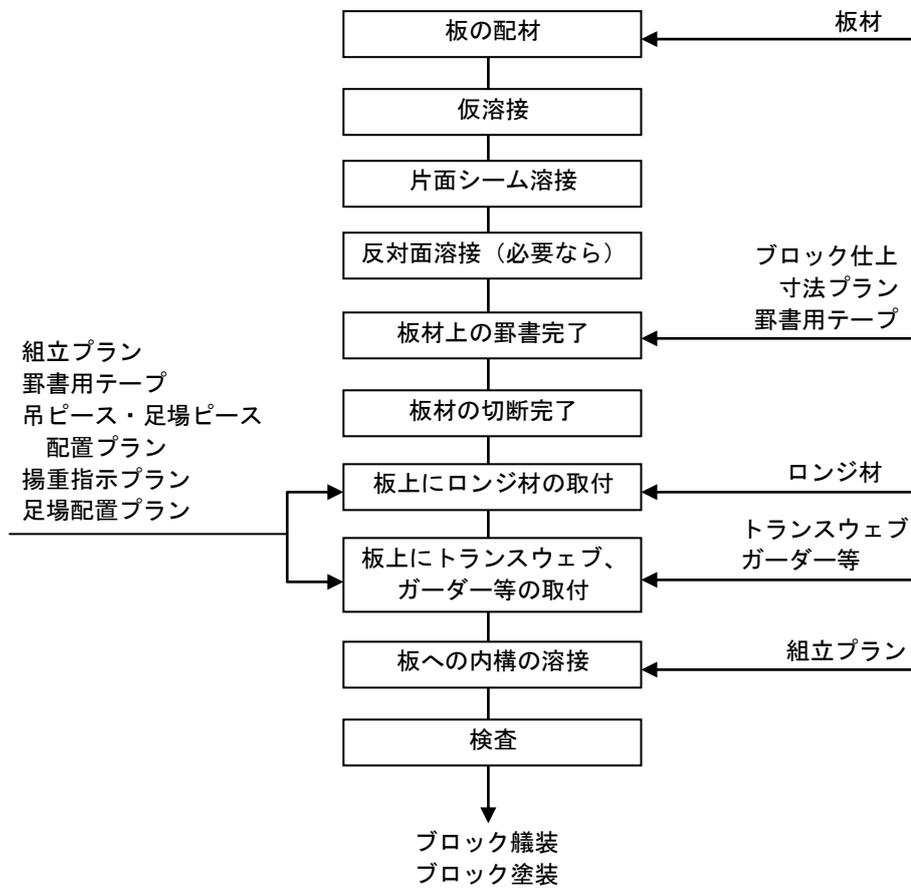


図 3-3 平板ブロック組立の典型的なプロセスフロー

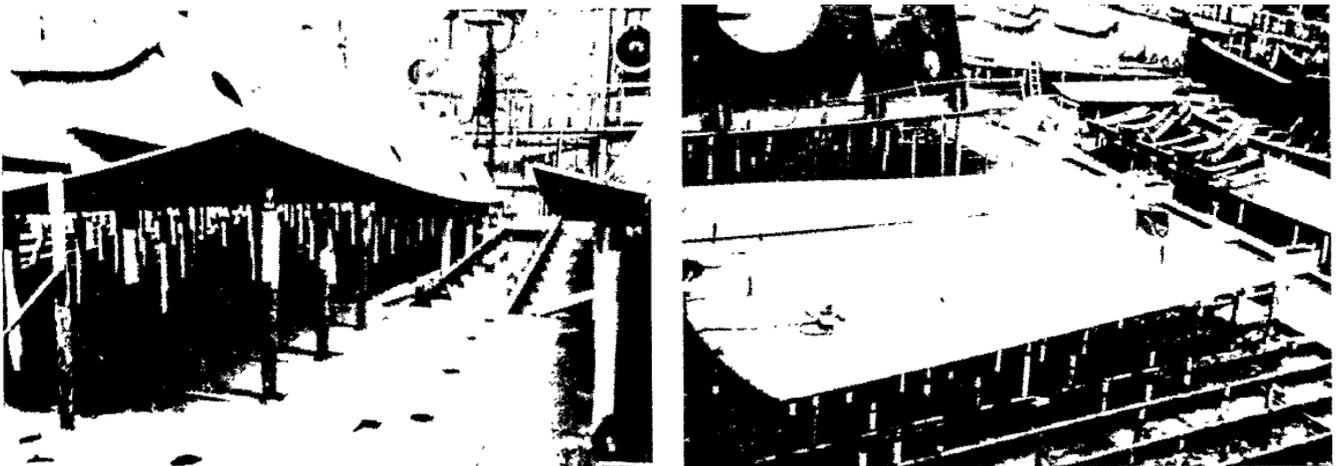
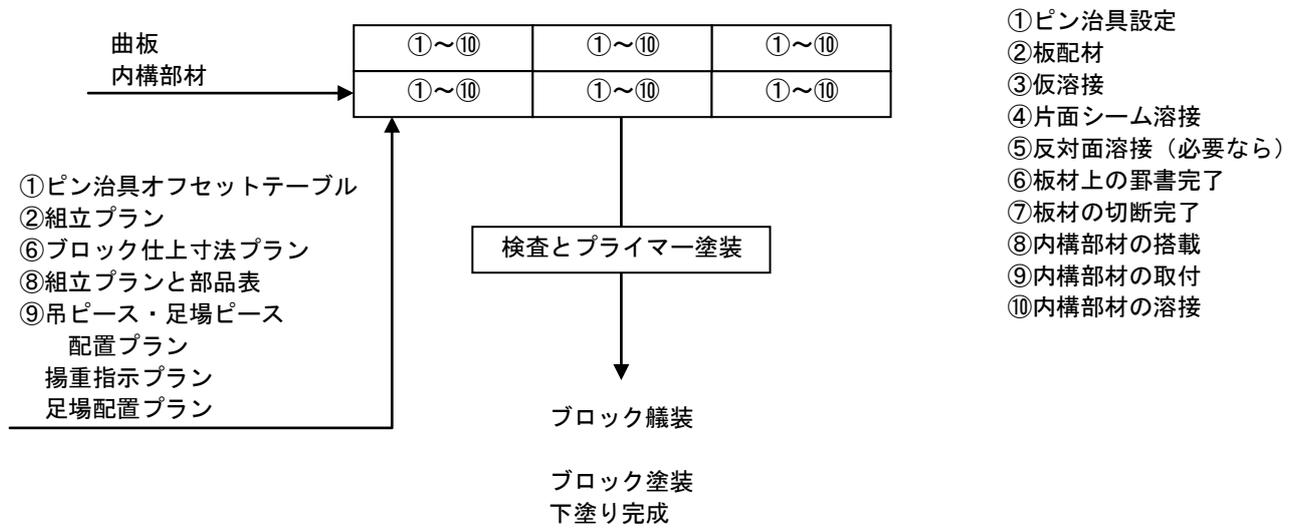


図 3-4 曲板ブロック組立の典型的なプロセスフロー

ブロック組立の全ての作業ステージは、同一のピン治具定盤で行われる。特別な作業チームが定盤を移動しながら作業する。この方法は、作業者からするとブロックがベルトコンベア上にあるか固定定盤上にあるかの違いだけであるので、仮想流れ作業（work flow）と呼ばれている。

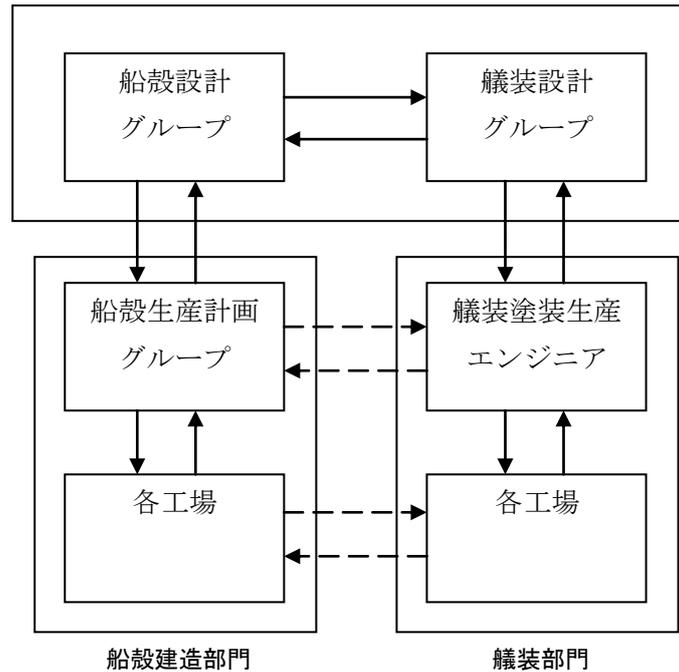


図 3-5 設計 - 生産、船殻 - 艤装塗装、それぞれの間の情報交換パス

実線と点線の矢印は、それぞれ生産開始前と開始後の主要な情報交換パスを示している。

・統合情報組織の為のシステム

図 2-5 に示されている効率的な船殻建造に必要となる包括的な計画と日程作成は、効率的なオンブロック艤装とオンボード艤装にも必要となる事項を含んだ、優秀な枠組を作り上げる。その為、船殻計画グループが統合情報についての主要な責任を持つことが、自然である。またこれらの計画と日程作成は、標準イベントと一致することでシステムのとなり、最も効力を発揮する。更に、以下の事によって、計画と日程作成とは更に容易となる：

- ・船殻艤装間の設計作業の全ての時期のタイミングを調整する事
- ・船殻構造への艤装の取付を標準化する。ホール、補強、等

・ブロック組立プロセスの計画とエンジニアリング

効率的なオンブロック艤装とオンボード艤装の先行計画と、要求された艤装プロセスのエンジニアリング作業とを容易にするべく、ブロック組立プロセスを艤装生産エンジニアに説明する。また艤装エンジニアから結果が船殻計画グループに対してフィードバックされる。こうした、船殻艤装での互いの責任所掌を理解する必要性から、以下の事が明細書の表題となることが重要となる (?)。

- ・ブロック組立プロセス
- ・ブロック組立のプロセスレーン

#### ・プロセスレーンでのブロック組立の計画とエンジニアリング

ブロック種類別に異なったプロセスレーンが必要である。こうした分類で最もわかりやすいのは平板ブロックであり、流れ作業にすることで効率が良くなるが、一方の曲板ブロックは、全ての必要なステージを一か所のピン治具定盤で行うように日程が組まれる。その他の、分離されるプロセスフローとしては、船首部、船尾部、機関室、平行部二重底の各ブロックがある。何故なら、組立において各々で問題が異なってくるからである。3.3章でも述べたように、プロセスレーンの隣り合ったステージは、管理目的上、セル (cell) へとグループ分けされる。図 3-3 と図 3-4 が示すように、オンブロック艤装・塗装ステージの為に割り振られる作業場所は、ブロック組立の最終ステージの場所の近くに提供されることが多い。しかし、二重底の平板ブロックでは、ブロック艤装ステージがブロック組立ステージの間に行うのが良いと判断されることが多い (例えば、二重底のタンクトップ板の完成後、エッグボックスフレームがタンクトップ板に取り付けられ、その溶接後に、二重底内部のパイプ艤装が行われ、船底板が取り付けられ、反転後にフレームと船底とが溶接される)。作業場所を無視すれば、オンブロック艤装とオンブロック塗装とは、それぞれ艤装管理者と塗装管理者とによって管理されている。

#### ・艤装・塗装日程と、ブロック組立・搭載日程との統合

相互の統合を容易にするために、艤装と塗装の手続きは、ブロック組立とブロック搭載の日程を準備する前に、記述されておかなければならない。更に、IHOP 日程追跡システムによって、船殻建造、艤装、塗装の各現場エンジニアが、作業パッケージの進捗状況を確認できるようにしておかなければならない。

#### ・ブロックで必要とされている寸法精度が、艤装を容易にする

精度の悪いブロックは、搭載ステージにおいて多くの余分な作業と手続きとを必要とする。野書きや伸ばし部の切断、数々の取付用機器の設置の為に、特別な手続きが必要である。更に、ブロックの平板が十分に平らでない場合には、補機台や艤装ユニット搭載用サポートに、伸ばしが必要となる。オンブロック艤装で必要な野書きや伸ばし部切断を、やり直さなければならない。精度の悪いブロックはまた、オンブロック艤装で搭載する予定のパイプを、より効率の低いオンボード艤装へと作業を延期させる原因にもなる。

このように、幾つもの取付作業とオンブロック艤装の効率とは、共に船殻建造プロセスによって達成された寸法精度に影響を受けるのである。精度管理システムは、以下の項目が必要である：

- ・ブロックに十分な精度をもたらす加工と組立の手法
- ・正常な設計、現図、加工、そして組立の各責任所掌をもたらすような、精度管理背金所掌の割当
- ・精度管理システムの運用の管理手法

- ・精度実績の計画とエンジニアリング  
例えば、通常の作業中に起こりうる可能性を統計学的に分析した各作業ステージの許容誤差や、組立作業での精度を容易にする重要点の位置の決定。
- ・精度実績の情報交換により、プロセスフローでの後続の作業と、将来の造船プロジェクト計画での精度管理責任所掌を負う設計と現場のエンジニアとを誘導すると共に

### 3.5 生産計画標準とモジュール

船殻建造での計画の標準化とモジュール化の目標は：

- ・生産データのやり取りにおける、速度、精度、一貫性の向上
- ・生産計画での生産性の向上
- ・中間製品の、より一層の形式化と信頼性の向上
- ・生産施設と作業プロセスにより合った中間製品の作成

こうした目標を達成するには、設計と現場のエンジニアとの間で十分な情報交換がなされていなければならない。

生産計画の標準とモジュールは、次の2つのカテゴリーに分ける事が可能である：

- ・長期の管理されたもので、工場の建造システムに影響を与え、また船の種類に依らず全ての船において共通である
- ・短期の管理されていないもので、船殻建造部門の自由裁量により、個々の船において建造しやすいように適合や変更を行う

作業場における安全は、どちらのカテゴリーにも属している。

以下に挙げるのは、効率的な造船を行う為の生産計画標準の例である：

- ・生産プロセスの為の設計者の指針  
ブロック分割、生産プロセスの能力、加工・組立プロセス
- ・設計標準  
区画や船種別の設計標準、構造計算、構造補強、防振設計、  
端部やL付やスロット等の設計詳細、ビルジキールや円形ガネル等の形状
- ・設計詳細や作業指示の手動・自動作成の為のコード  
スロットやスカラップ、ドレンホール、エアホール、マンホール、軽量化ホール等
- ・作業者が必要な加工・組立作業ステージの経路を容易に決定できるような、記号化さ

れた部品コード

部品識別、必要な中間製品の製造レベルの指示

・船殻建造部門のプロセスエンジニアによって作成される、設計者向けの作業指示シンボル標準

ブロック名、開先、伸ばし、溶接手法等

・船殻建造部門のプロセスエンジニアによって作成される、工場向けの作業指示シンボル標準

ステージプラン、溶接管理パラメータ、現図データ

・加工・組立プロセス標準

各溶接プロセス毎の開先、各溶接プロセスの指示、各加工・組立プロセスの指示

加工・組立エラーの収集

以下は、船殻建造の計画とエンジニアリングの為の管理標準の例である：

・生産計画標準

シームの数を最小にするための外板の幅と板厚

ビルトアップ T 型鋼や不等辺アングル材などの、ロンジの形状種類

ロンジ貫通部の水密・非水密のカットアウト形状

・精度実績標準

加工・組立プロセスの為の、溶接、歪取り、シュリンケージの値

搭載接合部での仕上げ切断と伸ばしの位置

切断・組立の技量の評価基準

寸法制限・誤差制限の標準

・プロセス標準

各作業場所での作業手続き、各作業場所でのチェックリスト

・安全標準

各作業場所毎の安全規則、安全チェックリスト

### 3.6 船殻建造用のコードシステム

中間製品用のコードは、図 3-1 に示されたように段々と上がって行く製造レベルと一致するような、階層構造になっている。このコードは、同じ時期に複数の船が並行建造される中で、どのような部品や小組、ブロックでも識別できなければならないため、同一のシステムでありべきで、また様々な部門の人に共通で使いやすい要領を伝えておかなければならない。例えば、SU9-5-B8 という識別コードは、次の 3 つのコードから成り立っている：

- SU9 ブロックコード
- 5 小組（サブブロック）コード
- B8 部品コード

B8 という部品は 5 という小組を製造する為に必要であり、そして 5 という小組は SU9 というブロックの組立に必要なものである。

部品コード内の B という文字は、ブラケットを示している。他に、フラットバーやウェブ、フェースプレート等の識別文字がある。部品コード B8 中の数字は、単に特定のブラケットタイプを示しているだけである（？回転番号でないのか？）。

小組（サブブロック）コードは、連続した番号（回転番号）だけで構成されている。ブロックコードの 2 つの文字は、ある特定の種類のブロックを表現している。SU9 の例では、SU の文字は **Side shell Upper**（側面上側）を表している。それに続く数字は、時には 2 ケタになることもあるが、ブロックの位置を表している（他の SU ブロックとも関係して、船全体の中での位置を示している）。

以上のような中間製品コードは、生産エンジニアと設計者との間で効率的な情報交換を行う為に必須である。

#### 4. 基本計画と基本日程

売買交渉が行われている間での、船殻建造部門の生産エンジニアによる、作成中の基本設計のチェック (review) は、大変に効果的である。生産エンジニアからのフィードバックを契約前に契約図に折り込むことで、契約後の大がかりな変更や、関係する交渉、日程調整での問題を回避することが出来る。

船の基本設計が作成されている間に、作成中の中央断面図と一般配置図とを船設計画グループが批評しておくべきである。その際、次に挙げる項目をチェックし、また常に艤装と塗装を容易にするよう考慮する。

- ・ 最小工数で船殻構造を作成可能なようにする
  - 前後方向のフレームスペースと、外板の板厚
  - 左右方向のフレームスペースと、外板の板厚
  - 高張力鋼の使用範囲
  - ロンジの鋼材種類 (T型鋼、アングル材、等)
  
- ・ スクラップ率が最小になるように
  - 板厚の種類がどれだけあるか
  
- ・ ブロック定義
  
- ・ 板ストレーキ (? plate straking)
  
- ・ ブロック組立プロセス

こうしてその時その時に考えを交換することは十分に利益がある。何故なら、それを行わなかった場合に発生する多くの変更は、設計事務所だけでなく工場においても破壊的な状態を生むからである。基本設計グループにこうした情報を入力し続けてゆくことで、IHOP を可能にする生産的アイデアを形作る建造戦略が、初期契約の一部となるのである。

## 4.1 基本計画

複雑である 80,000 トンから 150,000 トンの商船の 1 番船の場合、通常、基本設計は契約成立と共に終了し (K-8)、それから 8 か月後に搭載が開始される (K)。契約が終わる前に、船殻計画グループは、基本設計担当者にフィードバックを送り、また先行ブロック分割と IHOP 先行日程とを反映した建造戦略を準備することにより、基本計画を行っている。こうしたことにより、契約成立後に素早く作業を開始することが可能となっている。

それと同時 (K-8) に、B ミーティング (キックオフミーティング (go-ahead meeting)) が開かるが、それは基本設計の終了を意味し、そこで船殻計画グループに契約図が正式に出図される。このミーティングで完了するものとして、以下の物がある：

- ・鋼材調達プラン
- ・キープラン・ヤードプラン出図日程

そして、基本計画を基にして、生産戦術 (production tactics)、設計からの情報の流れ、IHOP の為の設計作業日程、そして作業指示書の作成が行われる。こうした活動の間、生産計画グループはリーダーシップを十分に発揮しなければならない。

## 4.2 基本船殻構造生産プランと日程

1 か月かそれよりも前 (K-9 以前) に行われる B ミーティングによって、船殻計画グループは基本設計情報を受け取り、基本船殻建造計画や日程等の作成を開始する。

### 4.2.1 船殻搭載配置計画

この棒チャートは、(建造中の各船毎の加工開始や搭載開始、ドック内シフト、進水、引き渡しを示した) 建造大日程に一致するように、作成される。このチャートによって船殻計画グループは、以下の事が可能になる：

- ・完成ブロック置き場や総組の場所等の、造船所内の空間が適切かどうかのチェック
- ・オンユニット・オンブロック・オンボード艤装に使用する一時的なクレーンの場所の決定
- ・複数の船を同時建造する際に発生するその他の問題への対処

#### 4.2.2 先行ブロック分割

先行ブロック分割は、生産エンジニアによって、中央断面図と一般配置図、そして時には機器配置図を基にして作成される。これを行う目的は、IHOP としての高い生産性を実現する為である。この作業の中で考慮すべき項目として、以下の物がある：

- ・ 特殊な船殻構造や、その他の形状
- ・ 特別な船主要求
- ・ ホールドや機関室などでの、艤装・塗装プロセスの大日程

先行ブロック分割は以下の 2 つで構成される：

- ・ 中央断面図での先行ブロック分割
- ・ 一般配置図での先行ブロック分割

#### 4.2.3 船殻建造プロセス計画

生産エンジニアは、先行ブロック分割図を基にして、船殻建造プロセス計画を作成して行かなければならない。この作業では、以下に挙げる事について、部門や工場、係の管理者や、前任生産エンジニアなどの、船殻建造部門関係者が満足するように調整しなければならない：

- ・ 中央断面図上でのブロック定義
- ・ 種類別（二重底、側面、ロンジバルクヘッド、上甲板等）のブロック寸法、重量、数
- ・ 総組を行うブロック
- ・ ネスティング、マーキング、切断手法の特定と、目標スクラップ率
- ・ ブロック組立プロセスと、主構造と内部構造を示した中央断面図上で表現された種類別のブロックでのプロセスの異なった面（?）
- ・ 足場の掛け方の明示と、搭載の際の特殊作業
- ・ 搭載の際の、自動溶接プロセスの明示

#### 4.2.4 船殻搭載大日程

この日程は、搭載工場に所属する生産エンジニアが、オンボード艙装日程を作成する艙装工場の担当者と調整を行いつつ、作成してゆく。この時、先行ブロック分割図が主に用いられる。ディーゼル発電機などの、搭載時にブロックで塞がれてしまう前に別途搭載しなければならないような大型の機器に対して、特に注意を払う必要がある。こうした機器の搭載は青空艙装（blue sky outfitting）と呼ばれているが、そうした機器については、あたかも一つのブロックであるかのように、搭載日程に折り込んでおかなければならない。

#### 4.2.5 予算管理作業量（Budget Control Work Volume）

船殻建造生産エンジニアは、中央断面図と先行ブロック分割図を使用して、工数の見積もりを行う。この時、過去の通常の工数実績を基にしたパラメータを用いるが、その要素としては次のような物がある：

- ・ 船殻重量内の軟鋼と高張力鋼の割合、ブロック重量とサブブロック（小組）重量
- ・ 小組での溶接線長と、大組での溶接線長
- ・ 搭載時の換算溶接線長（parametric welding length）、それぞれの脚長と姿勢
- ・ 船殻範囲におけるブロックの個数、ホールドと船首部、機関室を含めた船尾部
- ・ 船殻範囲毎の足場ピースの数、ホールドと、船首・船尾・機関室を合わせた範囲

#### 4.2.6 造船活動タイミング日程（? Shipbuilding Activity Timing Schedule）

先行ブロック分割図、搭載大日程、そして艙装部門が作成する基本艙装・塗装計画と艙装大日程とを基にして、船殻建造生産エンジニアは棒チャート形式の IHOP 仮日程を作成する。この IHOP 仮日程は、ヤードプランの出図から各ブロックの搭載に至るまでの、艙装や塗装も含めた全てのプロセスに要求されるタイミングを示している。更に、これを船殻範囲毎に分割した、船殻活動タイミング日程を作成する。この日程は、以下の要素と調整する：

- ・ 搭載日
- ・ ブロック組立の開始日と終了日
- ・ 船殻建造図と艙装図の出図日
- ・ 鋼材要求日

- ・ 資材調達に必要となる図面の出図日
- ・ 青空艀装で搭載されるような、主要な艀装機器の搭載日

IHOP仮日程が大本の日程となり、それに続く全ての日程がこれを基に作成される。IHOP建造戦略の素早い立ち上がりと持続した調整を管理するメカニズムは、全体での同意である。この日程が造船所長(**general manager**)によって認可される前に、部門長や工場長(**shop**、作業場長)の同意が取られていなければならない。

### 4.3 先行ブロック分割の実施

以下で指摘するように、先行ブロック分割には多くの物が必要であるが、それらは中央断面図と一般配置図とに分類することが出来る。

#### 4.3.1 中央断面図

- ・ 次を考慮したブロック分割
  - ・ 高張力鋼の使用範囲
  - ・ 搭載作業が容易で安全になるように
  - ・ 搭載の際に、決め方 (**shipwright**) での調整問題が最小になるように
  - ・ 搭載時に、作業ユニット (図 4-1 を参照) をなるべく使用しないように
  - ・ ブロック組立作業が容易で安全になるように
  - ・ ブロック組立で要求される精度の考慮
  - ・ 組立工場での設備制限 (重量、寸法)
- ・ 平行部の外板に標準幅の板を使用する
- ・ フレームスペース (**f**) とフレーム数 (**n**) とが次の条件を満たすようにブロック長さを決定
  - ・ 最大長さ (**f x n**) がブロック組立施設の長さ制限もしくは、カーゴホールドを考慮した際の制限を超えない事
  - ・ 最大長さ (カーゴホールドの長さ) がブロック組立施設の長さ制限を下回るように

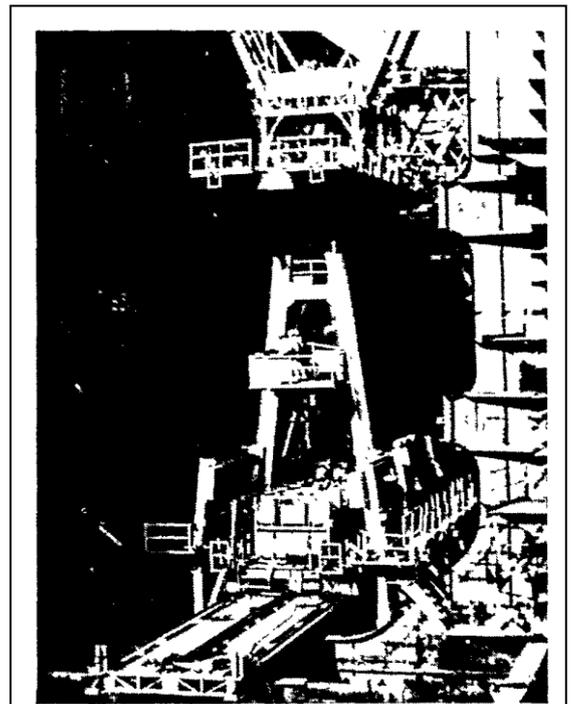


図 4-1 典型的な作業ユニット  
ロング隔壁や側面ブロックの搭載に  
使用する

(2つの手法の内、ブロックにより大きな同一性を与えられる方を適用する)

- ・ブロック重量は、ブロック艀装や足場、搭載ピースで取り付けられる物も含める
- ・加工される必要部品が以下の条件を満たすようにする
  - ・板重量と寸法が超過しないこと
  - ・曲りが、曲げ設備の能力以内であること
- ・小組 (Sub-block assembly) 施設に適したものになるよう、以下の項目をチェックする
  - ・小組重量と小組寸法
  - ・ブラケット等の先行小組を取り付ける必要があるかどうか
  - ・甲板や隔壁、外板の板厚を、小組とブロックの範囲内で同一にする
- ・頭上の空間や、卵箱フレームの重量などで、ブロック組立施設の制限をチェックする
- ・以上のチェックの後、船殻設計グループにフィードバックされるものには、通常、次のようなものが挙げられる：
  - ・設備制限
  - ・ロンジの種類と、カットアウトの種類
  - ・トランスウェブや、ビルトアップロンジのフェースとウェブの、板厚を変更することでスクラップ率を改善する必要性
  - ・位置合わせの難しい小組接合部
  - ・条材やブラケットの詳細形状

#### 4.3.2 一般配置図

ブロック定義は中央平行部と、船首・船尾とで分けて行う。ブロックは設備の許す限りなるべく大きく、また艀装と塗装とが容易になるようにし、また以下のような項目に特に注意を払う：

- ・中央平行部
  - ・シアー（舷弧）の開始点
  - ・中央平行部の境目（曲り外板のタンジェント点）
  - ・詳細設計グループに対して、少なくとも船殻長の10分の4（0.4L）は

同一のスキヤントリング (Scantling) を保つように指示する

- ・ 荷室配置毎の隔壁の位置
- ・ 荷室と機関室・船首部との隔壁の位置
- ・ デッキ配管
- ・ ブロックの強度と安定性
- ・ タンク内の取付部品
- ・ 作業ユニットの設置、移動、取り外し。足場の設置と取り外し
- ・ ブロック重量に艀装品や吊ピースが含まれているか
- ・ 総組を行うことで、搭載期間を短縮し、またブロック艀装範囲を拡大する

- ・ 船首部、船尾部、機関室

オンボード艀装を最小化するためにオンブロック艀装の範囲を増大させる目的で、図 4-2 に示すような L 型総組ブロックが考え出された。それぞれは、平板ブロック (デッキ) と曲板ブロック (外板) によって構成され、総組ブロックに含まれる艀装と塗装の範囲はかなり大きくなる。詳細設計グループは、デッキやプラットフォームを跨ぐシームを作成しないように指示される。ブロックのシームとバットの関係や、以下に挙げる項目について考慮する：

- ・ 機器配置、タンク配置
- ・ 管制室、エレベータトランク、リフトビーム (lifting beam)、工作室
- ・ 係留機器配置
- ・ 外板を曲げる時の一般的な精度を反映した、標準範囲・誤差制限
- ・ 曲りブロックを組み立てる際のピン治具の対応可能なカーブ制限
- ・ 主機の搭載手法 (ブロック上で搭載か、船台上で搭載か)
- ・ 反転前、反転後のブロックの安定性
- ・ 補強材を使わないか、もしくは最小限の使用で、ブロックの反転と搭載に必要な強度を出せるように
- ・ 艀装と吊ピースを含む／含まない状態でのブロック重量の決定

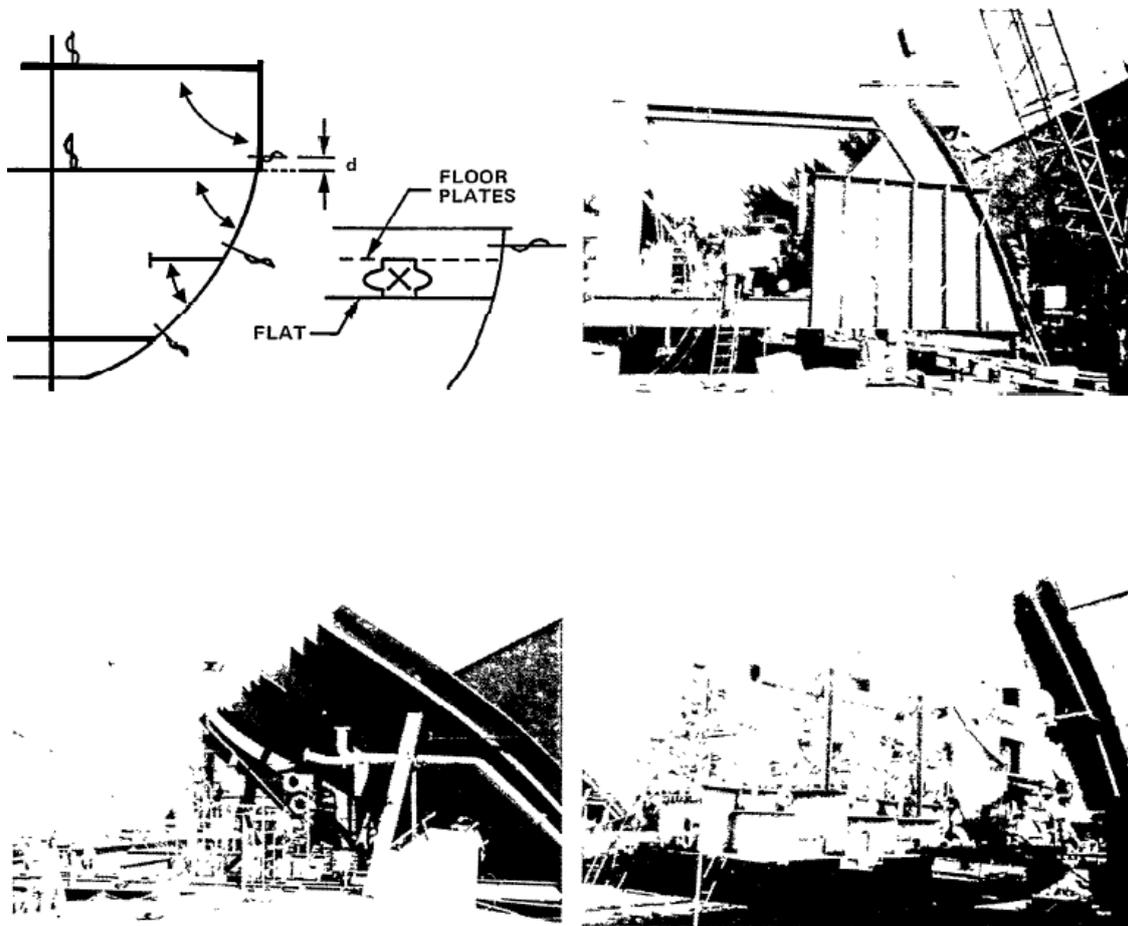


図 4-2 L型総組ブロック

#### 4.4 基本ブロック決定会議

船殻建造部門の生産エンジニアは理想的なブロックを定義する為に働いているが、それと同じくして、基本設計部門と船殻構造設計グループにフィードバックを行っている。船殻構造設計グループは、降りてきた基本設計を精査しながらも、以下のような項目についても考慮しなければならない。

- ・ 隔壁上の骨材の取付面
- ・ ブロック接合部での骨材配置
- ・ 骨材の間隔、取付角度（傾斜デッキ）、端部詳細形状
- ・ ロンジ貫通部のカットアウトの種類と、非対称カットアウト（？）の位置
- ・ 工事穴の準備

- ・ (デッキ?) キャンバーの成形
- ・ 棚板 (shelf plates、もしかしたら外板 (shell plate)) の指示
- ・ 開先
- ・ サンドブラストを掛け易いスロット、スカラップ、骨材端部

このように、戦術的な事について数多く議論することは、造船プロセス全体での戦略を最適化する手段の一つとなる。基本ブロック決定会議は、全ての部門から集まった船殻、艀装、塗装のエンジニアによって常に熱く、時には過激に議論される工作会議である。会議の目的は、各種の勧告を調整し、議論を終わらせ、そして造船プロジェクト全体を最適化する、先行ブロック分割図を作成する事である。このように分割図が作成されることで、最初期の要求物と、造船所内での普遍的な同意であるところの優れた生産性とを、反映したものとなる。

図 4-3 は、既存のブロック分割と、IHOP と一致したブロック分割とを比較したものである。艀装と塗装とを加えた船殻であることの利点として、次に挙げるものが含まれる：

- ・ オンブロック艀装、塗装の機会が大きくなる。特に下向きの艀装と塗装
- ・ ブロック数の削減
- ・ 搭載時の溶接線長と困難な姿勢での溶接の削減
- ・ より安定した、頑丈なブロック
- ・ 架台や支柱の削減
- ・ 足場の大幅な削減
- ・ 搭載時の機器類・塗装へのダメージの減少

以上に挙げたものの中で最もはなはだしいものは、安全である。

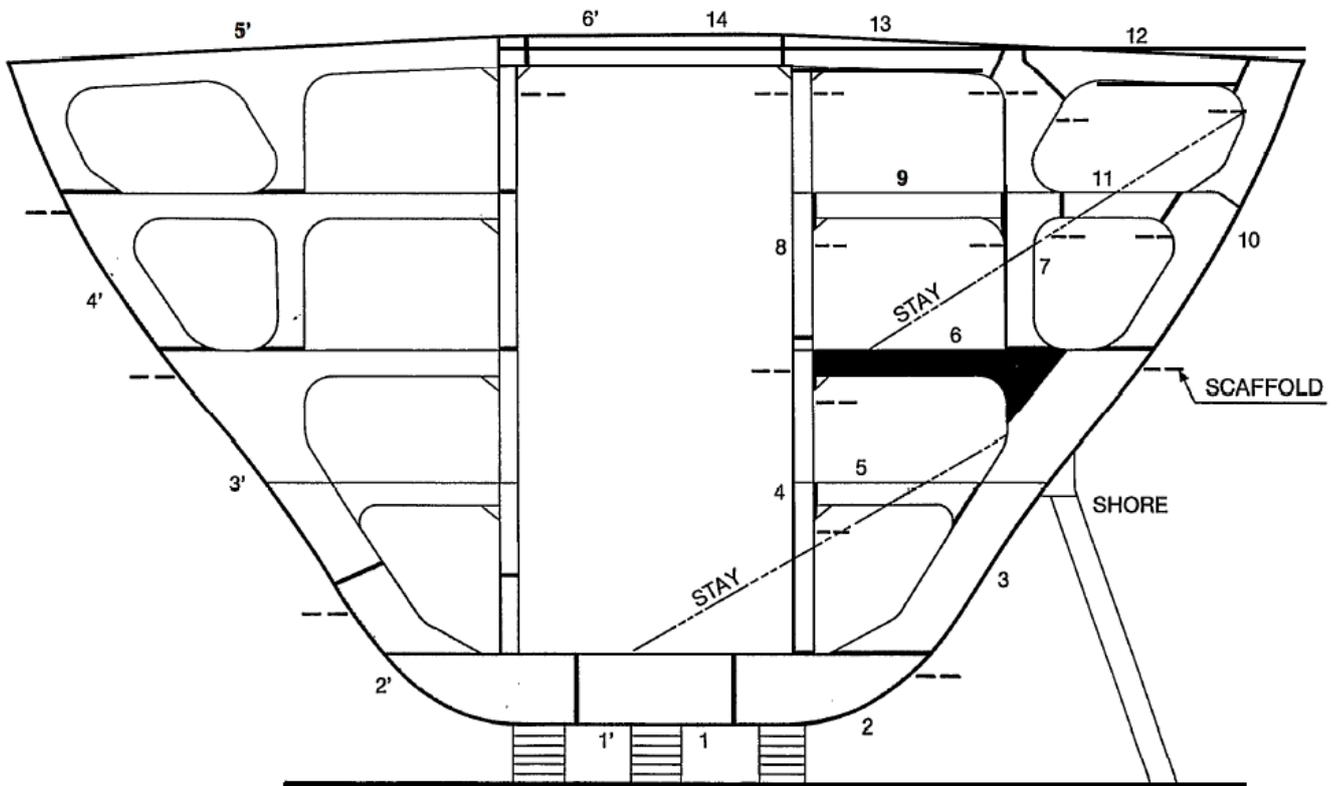


図 4-3 新しいブロック分割（左半分）と従来のブロック分割（右半分）の比較

従来の手法では、ブロック数は 14 あり、また搭載用の支柱が必要だった。IHOP によるブロック分割では、ブロック数はたったの 6 であり、天井部の艤装と塗装は反転した安定的な状態で行われ、また後の反転と反転後の艤装・塗装にも一時的な補強は不要である。更に足場の数も少なくて済み、搭載時の支柱も無くなっている。そして新手法ではブロック 2 と 3 の間のシームがタンクトップから十分に上方に定義されている為、ブロックで艤装される機器を明確にすることができる。

## 5.0 設計

船主要求によるキープランの変更を防ぐために、造船所は契約用図面を可能な限り詳細なものにしている。それにより、既存の造船の場合よりも、契約前により多くの技術的事項について交渉するようになっている。こうした契約図面は通常は 100 分の 1 の縮尺で、以下に挙げる事を図面上で指示している：

- ・ 板材と骨材の鋼材等級と板厚
- ・ 板材と骨材の、板厚が切り替わる接合部
- ・ ロンジや、ウェブとフロア上のスティフナなどの、歯の向きも含めた骨材の配置
- ・ スティフナとロンジの端部
- ・ ロンジの貫通部の詳細形状
- ・ 交通穴の配置
- ・ 内構の接合部配置

一般的に、設計が進むことで、船主や船級の承認が必要となる、トランスウェブ上のスティフナの取付面、骨材の種類、シームとバットの位置、各種ホール等の、スキヤントリソングの変更や再配置が発生する可能性がある。

キックオフミーティング (B or go-ahead meeting) の後、典型的な設計日程では、図 5-1 に示すように、キープラングループが K-8 から K-6 の間に系統中心の機能設計を行い、ヤードプラングループが K-6 から K-3.5 の間にヤードプランを作成することで系統から区画への転換を行う。キープランとヤードプランを作成している間も、船殻鋼材重量は常に更新され、キックオフミーティング上で提出された支出管理リストもこれに合わせて改訂されてゆく。



## 5.1 契約後の設計プロセス

キープランは、船主と船級の承認を受ける為に作成されるものであり、次の項目を記述している：

- ・前部と後部の外板展開
- ・断面
- ・主要骨配置（コンプロ）
- ・船尾、機関室、荷室、船首構造
- ・舵周り、舵
- ・主要機器台

またキープランには以下の物も含まれる：

- ・鋼材の初期カッティングプラン
- ・加工・組立レーンプラン

ヤードプランは、同一のプロセス工場で組立可能な、隣り合ったブロック同士で作成されたグループ毎に、かさばらない冊子の形式にまとめられている。ヤードプランは、系列と区画（システムとゾーン）との間の、相互関係を初めて表すものであるが、キープランで含まれるのは、十分な作業指示（一般的に全てのステージに共通のもの）のみである。

ヤードプランでは以下の物が追加される：

- ・キープランでは作成されていなかった構造
- ・キープランでは作成されていなかった詳細形状
- ・補機台を含む、艀装用の穴や補強
- ・ブロック組立標準と一致した、全ての間接製品の記号コード
- ・区画／範囲／ステージ毎に作成したブロック部品表

### 5.1.1 機能設計

- ・フェアリングとランディング

図 5-2 のように、契約図を受領すると同時に、ただし公式にはキックオフミーティングにおいて契約図が提供されると、キープラングループは 50 分の 1 の縮尺でフレーム上の線図をコンピューターを用いてフェアリングする。その後、ロンジ配置とシームとバットを、先行ブロック分割図を反映するように、外板上に作業者が手で（コンピューターによる自動計算でないという意味）配置してゆく（ランディング）。

- ・構造線図 (Structural Lines) とシェルパン (Shell Expansion)

続いて、構造線図（フレームオフセット）とシェルパンとを、予めフェアリングし、ランディングを入力したデータからコンピューターを用いて作成する。シェルパンの板厚とロンジのスキヤントリングの計算を行った後、カーリングとヘッダー（? headers、カーリングと似たもの？）を手で配置して行く。この段階で、データは、部品図を除く、残りの全てのキープランとヤードプランを作成に、十分なものとなっている。

- ・板平面 (panels)

主要な甲板、ロンジ隔壁、底面 (flat) 等の板は、先行ブロック分割の間に大まかに定義されている。それを基にして、コンピューターに板の位置や、ロンジのランディング、シームやバットの実際の位置等の追加情報を入力することで、自動的に更新されたものになる。そして最後にスキヤントリング等の必要情報を手で加えることによって、このキープランは完成する。

- ・正面断面 (transverse sections)

機関室の断面図をコンピューターで作成し、機器配置の検討や正面断面内のスキヤントリングの計算に用いられる。内部構造材、スキヤントリング、交通穴、ブロック継手、(大型機器などの) 補強部材等を追加することで、最終的な断面図に仕上げる事が出来る。フレーム毎の断面線はデータファイルに保存され、ヤードプラン作成時に船殻部材の線として用いられる。

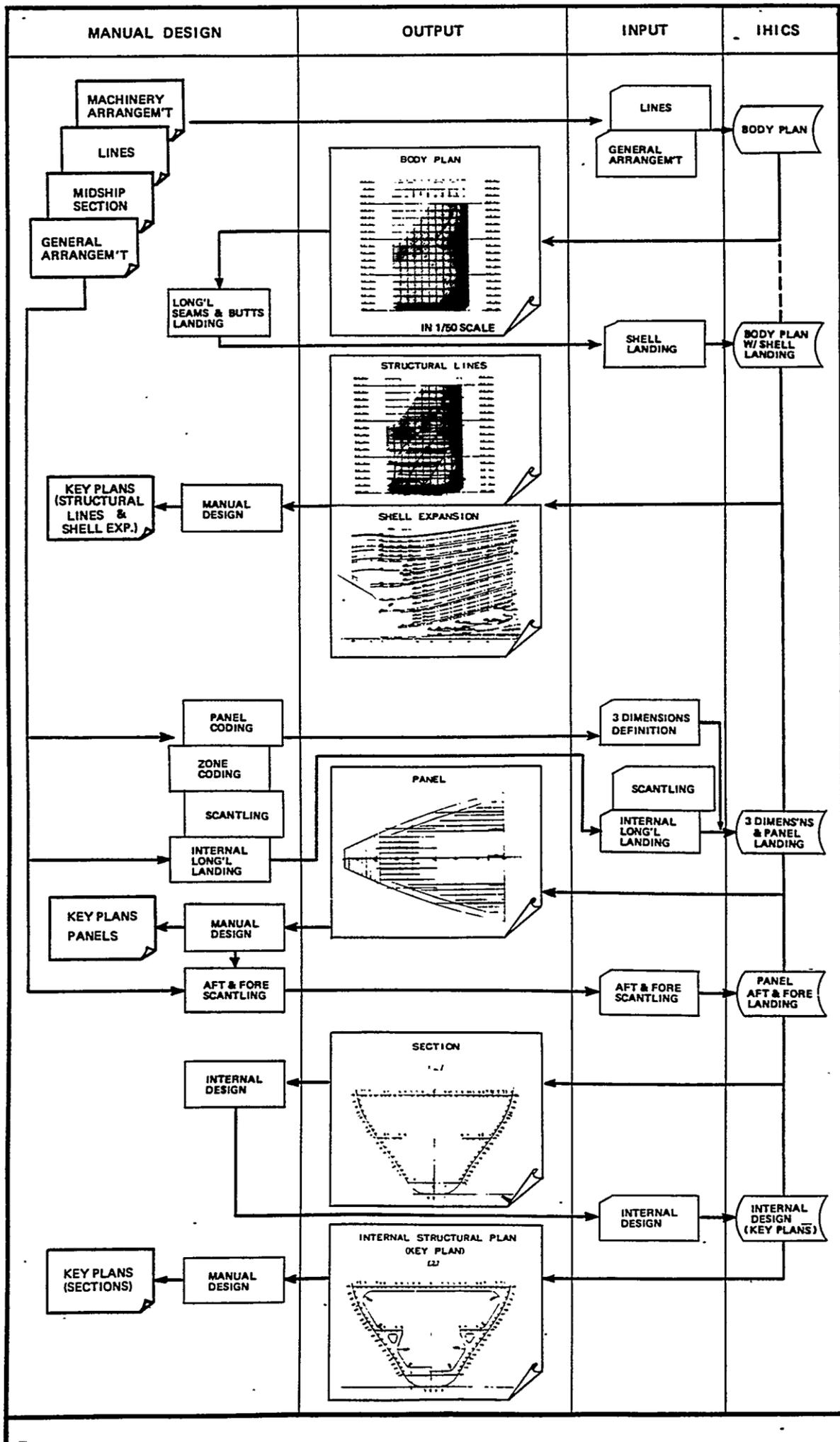


図 5-2 IHI のシステムを使用したキープランを作成する流れ

### 5.1.2 転換設計 (Transition Design)

- ・生産用のフェアリングとランディング

図 5-3 のように、フェアリングとランディングを再び行い、それまでの 50 分の 1 の縮尺から、CAD で部品を作成可能な精度である 10 分の 1 等のデータへと拡大してゆく。

- ・鋳物型 (casting template)

舵周りやホースパイプなどの大型鋳物の型を準備する。

- ・ヤードプラン

ヤードプランは、ブロック組立を容易にするために、各種のキープランから得られるデータを区画ごとに再構成、改善したものである。それぞれのヤードプランは、船尾部や機関室、荷室、船首といった主要な船体部分、もしくは大型の機器台の、全体もしくはそれを分割したもので、いくつかの隣り合ったブロックで構成されている。

ヤードプランは、以下の物を含んでいる：

○キープランには描かれていない、後に作成される全てのステージプラン（作業用図）では当たり前な、フロアやロンジの端部、トリッピングブラケット、隅肉溶接上の水切りの位置、スティフナ、エアホールとドレインホール、スカラップ、ビルジウェル、開先等の、詳細を含んでいる。

○ヤードプランは、ブロック組立や搭載に関係する、工事穴の位置と寸法や水切りの位置、一時的な補強材、自動溶接機用の装置

○艤装工事を容易にするホールや補強部材等の形状についての指示

○系統から区画への変換時に行う、船殻構造の再配置の織り込み（板厚の考慮など?）

○艤装補強材や一時的な補強材も含んだ全ての中間製品を識別し、中間製品の種類や部品の移動経路等の区画／範囲／ステージによるクラス分けを指示した部品コード名の付与

○ヤードプランのデータと部品コードから、部品図の作成

○小組図の作成と、小組図からの部品定義。後に、小組段階でのステージプラン作成時に使用される

○加工、小組、組立に必要な部品表。

○マーキング図、カッティングプラン、曲板展開図、ピン治具表等の、その他の工作指示図

## 5.2 設計日程と日程管理

### 5.2.1 船殻構造設計の日程

設計者は、キックオフミーティングの際に集合し、一般には図 5-4 に示されるような、設計大日程を作成する。この日程を作成するにあたって、IHOP 仮日程によって課せられた制限事項や、他の船の設計負荷、利用可能な工数、そして主要な艀装品のリードタイム（注文から納期までの時間？）が考慮される。記載されている各種の項目間の関係は標準化されており、例えばキックオフミーティングが K-10、K-9、K-8 のそれぞれ場合の標準的な日程が準備されている。

図 5-5 はキープラン日程を示している。日程によって管理されている活動の中でも、鋼材要求はとても重要な節点である。また、船主や船級の認可、そしてヤードプランの作成には欠かせないキープランの納期も、重要な節点となっている。ヤードプランは、基本的には鋼材要求の 1 カ月前に完了させておくべきである。

図 5-6 はヤードプラン大日程を示している。部品の製造やステージプランの作成に必要なデータをこの日程によって管理する為、IHOP 日程によって制限されている期限を織り込んでおかなければならない。ヤードプランのそれぞれの出図日は、ブロック毎に決定される。

キープランのサブグループ（実作図部門、もしくは外注設計）は、主機や減速ギア、ボイラー、カーゴポンプ等の機器類のメーカー図（vendor-furnished design information）のデータの受領日を決定する為に、艀装設計グループと調整を行う必要がある。ヤードプランのサブグループは、ブロック毎に、船殻構造で穴と補強とが必要となる艀装品の納品と矛盾しない、最新の日程を提供することで、通常の作業フローを混乱させないようにする。

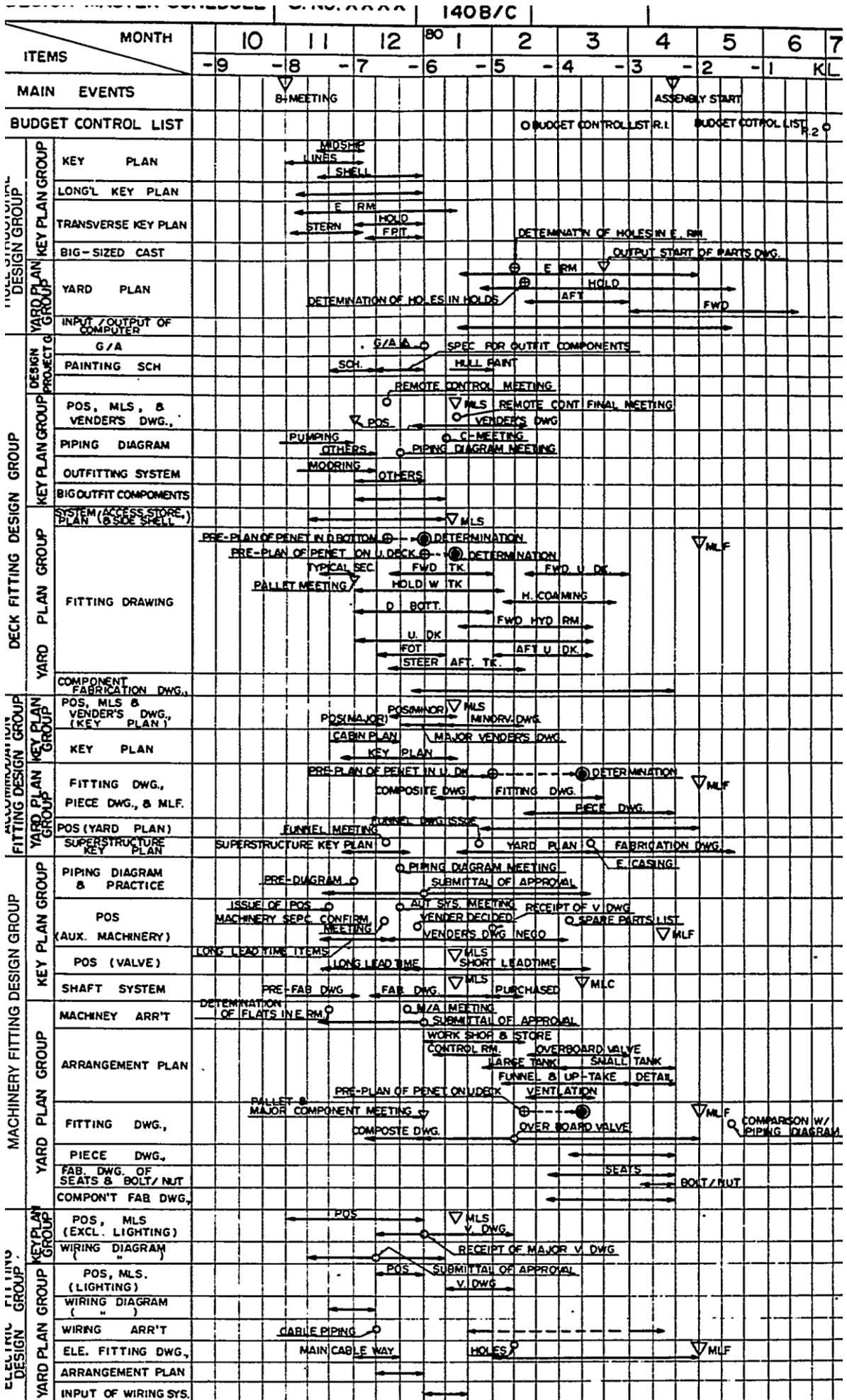


図 5-4 設計大日程の例

S.No. X X X X HULL STRUCTURAL DESIGN GROUP - KEY PLANS SCHEDULE

S.No.	X	X	X	X	MAN HOUR		NOV. (K-5)		DEC. (K-6)		JAN. (K-7)		FEB. (K-8)																			
					BUD.	AUTUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
MAJOR EVENTS	DATE																															
	2/E																															
RUDDER																																
STERN FRAME																																
INTERMEDIATE BEARING																																
RUDDER CARRIER																																
MIDSHIP SECTION AND TYPICAL TRANSV. BHD.																																
CONSTRUCTION (HOLD PART - UPPER DK. & TOP SIDE TK-)																																
CONSTRUCTION (HOLD PART - INN. BOTT. & HOPPER TK. TOP)																																
CONSTRUCTION (HOLD PART - PROFILE - )																																
CARGO HOLD CONSTRUCTION (AFT PART - SECTION - )																																
(FORE PART - SECTION - )																																
SHELL EXPANSION (AFT PART)																																
(FORE PART)																																
STRUCTURAL LINES (AFT PART)																																
(FORE PART)																																
ENG. ROOM CONST (FLAT & PROFILE)																																
(SECTION)																																
STERN CONST																																
FORWARD CONST (FLAT & PROFILE)																																
(SECTION)																																
SCHEME OF WELDING (AFT. HOLD & FORE PARTS)																																
DIESEL GENERATOR SEAT																																
BOILER SEAT																																
PLUMMER BLOCK SEAT																																
STRENGTH CALCULATION																																

図 5-5 船殻キープラン日程

S.No. X X X X HULL STRUCTURAL DESIGN GROUP - YARD PLANS MASTER SCHEDULE

MONTH	JAN.			FEB.			MAR.			APR.			MAY.			JUN.		
	10	20	31	10	20	29	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
ITEMS	KEY PLAN																	
MAIN MILESTONES	AFT BODY PLAN (1/3) OUTPUT																	
	FORE BODY PLAN (1/3) OUTPUT																	
	YARD PLANS ISSUE START																	
	DEL BOT																	
ISSUE DATES OF YARD PLANS AND PARTS DRAWING AND LISTS	DC2 ~ DC7 DC1 DC13																	
	DS2 DS3 DS1																	
	DS4 ~ DS7																	
	SL7 SL2 SL1 SL3 SL8 ~ SL12 SU3 SU3F SL14																	
	LT7 LT3 LT2 LT1 LT8 ~ LT12 UT3A UT3F LT14																	
	UT7 UT3 UT2 UT1A UT1F UT8 ~ UT12 UT3A UT3F UT14																	
	SU7 SU3 SU2 SU1 ~ SU8 SU3 SU3F SU14																	
	US7 US3 US2 US1F US1A US8 ~ US12 US3A US3F US14																	
	UC7 UC5 UC4 UC2 UC1 UC8 UC10 UC11 UC13 UC14																	
	H2 H4 H5 H7 H8																	
	T4A T4B T4A T4B T5A T5B																	
	H10 H11 H13A																	
	T7A T7B T7A T7B T8A T8B T8A T8B T10A T10B T11A T11B T13A																	
	T13A T13B T13C T13D T13E T13F T13G																	
	T13H T13I T13J T13K T13L T13M T13N T13O T13P T13Q T13R T13S T13T T13U T13V T13W T13X T13Y T13Z																	
ENGINEERING FOR YARD PLANS	CHECK AND ISSUE OF YARD PLANS																	
LINES	TEMPLATES FOR BIG SIZED CAST COMPONENTS																	
CURVED SHELL	CURVED SHELL EXPANSION, ETC.																	
3 DIMENSIONS & PANEL LANDING	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
YARD PLANS (HOLD)	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
(AFT)	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
(BOW)	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
JOINTS & PARTS DEFINITION	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
OUTPUT	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
BUDGETARY MANHOURL	FOR FINE FAIRING & LANDING																	
ACTUAL MANHOURL	FOR FINE FAIRING & LANDING																	

図 5-6 船殻ヤードプラン日程

## 5.2.2 工数管理

設計工数予算は、これまでの、船種類、排水量、船殻の部分別で記録されているデータを基にして作成される。サブグループリーダーは、予算工数と実績工数とを、専用のチャート上に作図し、継続的に比較を行う。

## 5.2.3 鋼材重量管理

船殻構造の鋼材重量は、設計段階が進む度に再評価を行う。初期評価重量は基本設計で作成され、機能設計が行われる際に利用可能となるデータによって計算されたものに置き換えられる。そして転換設計が行われる際には、より正確な部品の定義によって得られたデータによって、より精度が向上したものに置き換えられるのである。

キックオフミーティングの際に、船殻構造設計グループに対して提供されるドキュメントの一つに予算管理リストがあるが、これには一般配置図と中央断面図から計算された初期の重量が用いられている。

機能設計では、キープランの作成によって、船体範囲別のグループによって重量が同時に更新される。計算は手で、またこれまでの記録を基にして行われる。更新された評価結果は基本設計に対してフィードバックされ、重量評価手法の改善に役立てられる。船主や船級による改正や艀装品の補強で発生する追加重量による重量の評価値からの逸脱もまた、基本設計にフィードバックされている。こうした情報によって重量変化の原因を判別し、より完全な重量評価手法をもたらすことが可能となるのである。

ヤードプランが完成すると、船殻構造重量は、設計データと部品とを結び付けている CAD によって、正確なものとなる。この最終的な船殻構造重量の計算結果もまた、以下に挙げるような項目でまとめられ、基本設計にフィードバックされる：

- ・ 船体範囲（荷室、機関室、船尾部、船首部、居住区）
- ・ 鋼材材質（軟鋼、ハイテン、鋳物、鍛造品）
- ・ 鋼材形状（板、型钢）

## 6. 詳細プラン・作業指示プランと日程

キックオフミーティングの後、船殻計画グループは2つの段階で詳細プランを作成する。一つは部門レベルでの主要プラン（major plan）であり、もう一つはそれを更に工場レベルまで詳細化した作業プラン（working plan）である。この目的は、後に生産性を考慮しやすくし、生産中心のステージプランを高度化する、中間レベルのプランと日程とを作成することである。この2段階の詳細プランを準備する過程で、以下のようなものを作成する。

- ・ 詳細な船殻建造生産プラン（主要プランと作業プラン）
- ・ 船殻構造設計グループの作業（特にヤードプランの出図日程）と、船殻建造の全ての工場、そして艀装部門と調整を行った IHOP 日程
- ・ 各工場の間接製品の特異性に依存したパラメータで計算された工数予算

船殻計画グループが行っている、艀装と塗装との統合を容易にするという努力の中で、最も基本となるのが生産中心の戦略を可能な限り早く導入する事である。こうして、プランと日程とは改善され続け、問題範囲を分別した、大量の短期目標（ブロック）が定義される。これが無ければ、最も熟練し、無制限のリソースを持ったマネージャーですら、統合されたプロセスによる効率的な運用は不可能である。

キックオフミーティングで契約図（contract drawing）が提示されるとすぐに、船殻計画グループは、契約プラン（contract plan）と先行ブロック分割とに対応した、作業プロセスの詳細計画作業を開始する。この作業は大プランと作業プランの二段階に分かれており、船殻構造設計グループと情報を常に交換することで、以下の事が確実に行われるようにしている：

- ・ 熟慮した建造戦略が、キープランとヤードプランとに折り込む
- ・ キープランへなされた船主と船級の承認コメントの結果、必要となれば建造戦略を調整する

図 6-1 は船殻建造における生産計画フローを示したものであり、船殻構造設計グループと艀装部門とによって作成されるドキュメントについて知ることが出来る。この図は、設計フロー（図 5-1）と同じパターンで構成されている。

図 6-2 は船殻建造における生産日程フローである。図 6-1 の生産計画フローと比較してみると、どちらも基本、詳細（主要と作業）、作業指示の4つの明確な段階を踏んでいることがわかる。また、どちらも、艀装と塗装と関係している。



# HULL CONSTRUCTION - PRODUCTION SCHEDULING FLOW

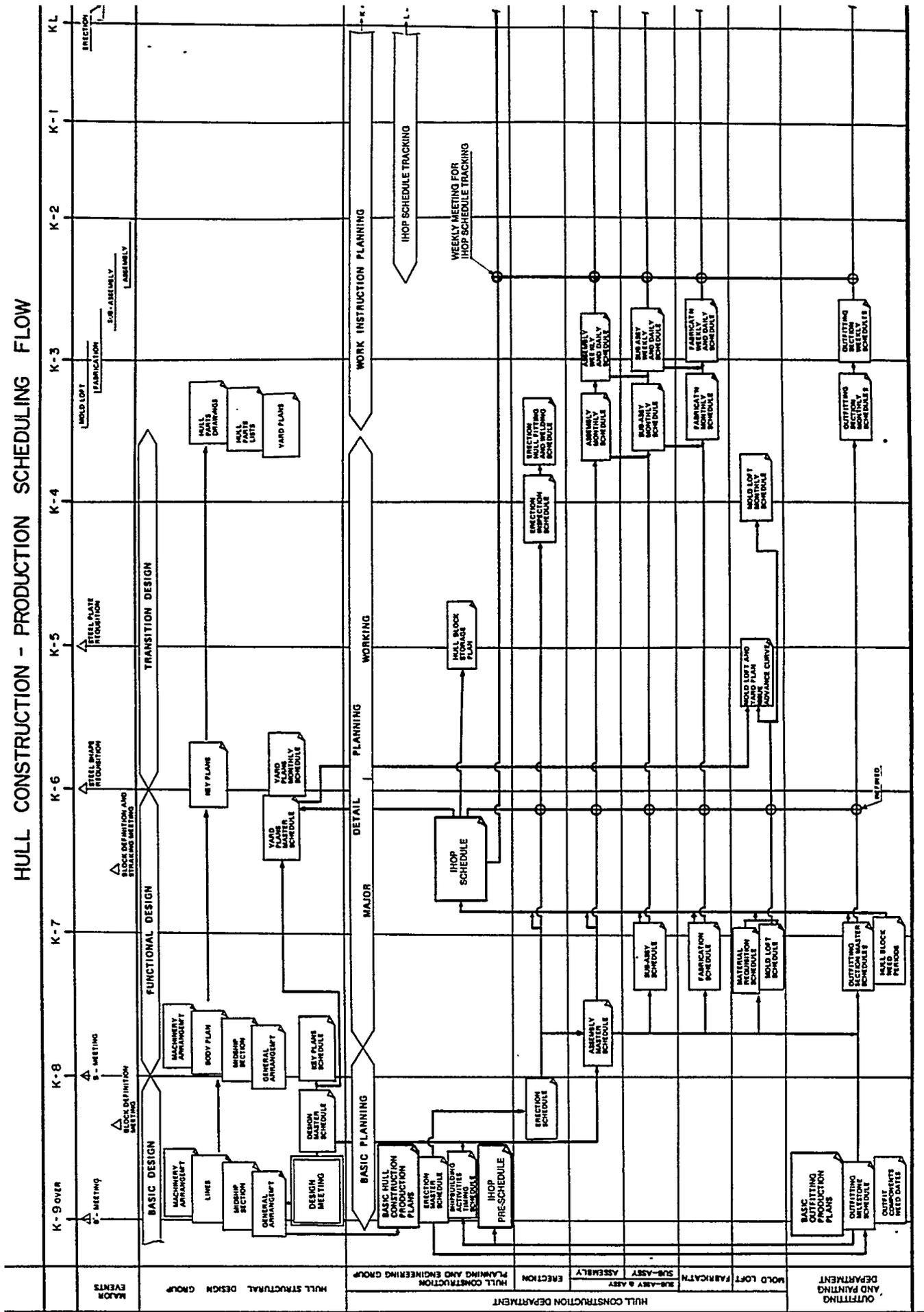


図 6-2 船殼生産日程フロー

## 6.1 詳細計画（主要プラン）と日程

### 6.1.1 計画（主要プラン）

まず初めに行われる詳細計画において扱われる、以下に挙げる項目は、同時に行われているキープランの作成に対して何らかの影響を与えている。

- ・ 詳細ブロック分割

先行ブロック分割を再度検討し、キープラン上に仕上げてゆく。船体部の、特に船首部と船尾部については、契約図内で詳細に定義されていないので、この段階で詳細まで仕上げる。中央断面図内の外板割（straking）も再度チェックし、船首方向と船尾方向へと展開して行く。シームも、デッキやプラットフォームを考慮しつつ、ブロック艀装や塗装が容易になるように、慎重に配置して行く。改善されたブロック分割と外板割（straking）は、船殻構造設計グループへとフィードバックされる。

- ・ 自動溶接適用プラン

自動溶接適用プランは、搭載時のバットとシームについて書かれたものであり、キックオフミーティング前に作成される船殻建造プロセスの続きとして（in the context of）作成される。バット・シーム毎に溶接手法をそれぞれ指定し、それを搭載工場の所属するプロセスエンジニアに確認を取る。このプランもまた、船殻構造設計グループへとフィードバックされる。

- ・ 作業治具（work-unit）適用プラン

作業治具は船殻の搭載を容易にするためだけに用いられるものであり、どのように適用するかについてプランは、自動溶接適用プランと同様に作成される。

- ・ ブロック組立 仮要領（pre-guidance）

ブロック組立仮要領は、ビルジ部分のブロックや、船首部・船尾部のブロック等の、船殻の曲がり部分の為の物である。この仮要領は、キープランと同時に作成される。

- ・ 中央断面 揚重主要プラン（midship lifting master plan）

このプランでは、中央断面上のブロックや、大型の総組ブロック、そして多数の艀装品を含むブロックの取扱いに関係した要領について書かれている。必要に応じて、艀装と塗装の生産エンジニアも作成に参加する。運搬や反転、搭載時の位置合わせ等の、全ての、取扱要求事項について言及している。このプランは、以下の目的の為に作成されている：

- ・ 決め方（shiprright）と搭載の手法

- ・反転
- ・吊ピースの位置
- ・永久補強、一時補強

揚重や反転の為にブロックを補強する要求項目については、船殻構造設計グループへとフィードバックされる。また、吊ピースや受けガイド、支柱などにかかる工数予算と資材コストは、この中央断面揚重主要プランによって決定される。

- ・中央断面 足場主要プラン (scaffolding master plan)

このプランでは、機関室を除く全ての足場要求について書かれている。機関室を除く理由は、生産計画の主要段階では、機関室の設計が十分に進んでいないからである。このプランでは、以下の事項も考慮しつつ、決定を行う。

- ・足場の種類、また艀装機器との干渉を避ける
- ・船殻、艀装、塗装で共有可能な足場の位置

- ・ブロック重量、ブロック寸法 簡易計算

小組（サブ組立）と組立での溶接線長を、キープランの作成によってより詳細となった設計からブロック毎に再計算してゆく。同様にして、ブロック重量と、搭載プロセスでの換算溶接線長 (parametric welding length) も再計算する。このようにして計算された、より正確な長さや重量とで、基本計画で計算されたものを置き換える目的には、次のようなものがある。

- ・基本計画中に作成された、予算管理作業量の更新
- ・組立大日程、その他の工場日程の作成
- ・船殻構造設計グループによって機能設計中に作成される、予算管理表中の船殻鋼材重量の更新
- ・溶接棒要求数に必要な、全ての溶接線長と換算溶接線長を合計する為

## 6.1.2 日程（主要）

図 6-2 に示されているように、基本の出発点となるのは船毎の搭載日程であり、これは契約の前に搭載大日程から作成される。搭載日程が形作るのは：

- ・事実上の最短搭載期間
- ・決め方（shiperight）の容易な搭載順序
- ・ブロックの位置合わせと取付、作業治具の移動と足場の撤去に必要な期間
- ・ブロック毎の搭載日
- ・取付と溶接に必要な、日毎の工数

詳細計画段階の始めに、搭載日程と IHOP 仮日程、建造大日程（shipbuilding activities timing）、そして設計大日程から、組立大日程を作成する。組立大日程では、基本計画中に計算された組立での溶接線長を使用して、他の船とも合わせて、予測作業量を平準化しておく。組立大日程は以下の機能を果たしている。

- ・プロセスフロー毎の、全ての船での各ブロックの組立に必要な期間を表示する（平板ブロックと曲板ブロックとは分別して）
- ・小組、加工、資材発注、現図の、工場作業日程を作成する際の基本日程となる

続いて、艀装部門からの追加情報、特に艀装工場大日程とブロック艀装で必要な期間とを加えて、IHOP 日程を作成する。この日程を作成することで、様々な工場の日程に微調整を行い、互いに矛盾しないようにする。

工場毎の日程は、6 か月先までを見据えて改善して行き、そして 2 カ月ごとに、より正確な溶接線長を基本計画中に計算した溶接線長と置き換える事により、組立大日程と共に更新する。

## 6.2 詳細計画（作業）と日程

### 6.2.1 計画（作業）

キープランの受領後に作成されるプランには以下の物がある：

- ・ブロック組立要領 (block assembling guidance)

このプランは、6.1.1 章で書かれているブロック組立仮要領を、承認コメントの量を考慮して (? 原文が英語になっていない…orz) 仕上げたものである。

- ・隅肉溶接、ブロック気密試験 プラン

このプランはキープランのコピーに上書きされるもので、船主と船級の承認を受ける為に作成される。これには、水切りの位置等の、隅肉溶接への加圧の為に個々の試験詳細が含まれている。このような試験は、搭載後の水密試験や気密試験時に同じ隅肉溶接部を試験しなくても良いように、ブロックの状態で行われる。

- ・工事穴

このプランもまたキープランのコピーの上に上書きされるもので、一時的な工事穴の位置を示しており、隅肉溶接ブロック気密試験プランの作成に用いられる。このプランの作成には、組立工場と搭載工場のエンジニアだけでなく、艀装工場と塗装工場のエンジニアも参加する。

- ・作業指示主要プラン

このプランは、各作業ステージに共通であるべきである作業指示を、船殻構造設計に対してヤードプランへと織り込ませる為に提供する手段であり、以下の項目を含んでいる：

- ・ブロックコード
- ・サブブロックコード
- ・搭載方向 (起工ブロックや挿入ブロック) を含んだブロック搭載順序
- ・小組と組立での船殻部品の組立順序
- ・伸ばしと開先
- ・部品の野書き手法 (EPM、寸法表など、)
- ・ブロック組立で必要となる重要寸法 (vital dimensions)

- ・仕上げ切断と仕上げ野書きプロセスプラン

このプランは、ブロック組立の際の、板部材の全体寸法と配置寸法を達成する為に必要な指示を含んでいる。特に、以下の項目について触れている：

- ・最終寸法に仕上げる際の、各板部材の切断寸法
- ・ロンジ部材とトランス部材の配置寸法

- ・作業ピースの取扱い

このプランでは、アイピース（吊ピース）や足場ピース（? staging lug）、受けガイド等の作業ピースの取り外しについて指示している。通常は、どの作業ピースを残し、どの作業ピースを取り外し、取り外し後にどのような表面処理が必要かを指示し、それらについて承認を得るようになっている。

- ・精度管理プラン

このプランは、全ての作業ステージで共通の、精度管理の大本として作成されるものであり、船殻ブロックについての、どの部分が最も組立困難か、とか、どういう種類のものが過去に不正確に組み立てられてしまったか、といった情報のように、ヤードプランに折り込んでおくべき一般的なガイダンスを提供している。特に、以下のような項目について指示している：

- ・ 小組と組立の作業を容易にする為に必要な、部品の合わせ線
- ・ 組立に必要な参照線
- ・ 荒伸ばしとその長さを決定する為に必要な、複雑な船殻形状でのバットとシームの明確な長さ
- ・ 大型の組立物にゆがみが無いか確認する為の、チェック点と適切な寸法

- ・加工プロセスレーン プラン

このプランでは、内構部材にどの種類（NC、EPN、寸法表、等）のマーキングを用いるかを指示する。船殻構造設計グループによって行われるコンピューター処理の入力物としても提供される。このプランは、先行カッティングプランの作成と並行して行われる。

- ・先行カッティングプランと先行資材（板材、型鋼）要求プラン

先行カッティングプランは、適切な資材納期に見合った早期段階での資材調達を行う為に必要である。以下のものを参照している：

- ・ キープランから、資材の種類、材質、寸法、数量を
- ・ 組立大日程から、要求日時を

この際、以下のようなことを考慮すべきである。

### 標準寸法資材の普及

この時点で詳細プランが準備できていないため、プランの作成はある見積数を基にして行われる。この見積もりを行う必要から、幾つかの船殻構造資材をオーバーサイズにすることで、標準的な寸法に合わせてしまう事が多い。事前に寸法標準を作成しておき、設計者は、スクラップ率を最小化し、資材の互換性を最大化し、材料の貯蔵量を最小化する為

に、設計選択肢を少なくしなければならない。

#### 資材要求の、ロット毎、納期毎のグループ分け

それぞれが異なった日時に必要とされている複数のブロックの各種資材は、月ごとにまとめて要求する。要求は、部品加工の順序を主に考慮しつつ、月ごとのロットへと更にグループ分けする。こうすることによって、治具の並び替えや機器の設定変更といった中断を挟むことなく、一定の作業フローを確保する。また、小組日程と組立日程、貯蔵場所の面積も考慮する。

板材の要求は、先行カッティングプランと在庫を参照しながら行う。要求は購買部門で取りまとめられて、製鉄所へと発注される。

そして、こうして作成されたプランは、鋼材割当表 (allocation sheet) の基礎となる、全てのマーキングプランとカッティングプランの為のガイダンスとして使用される。

#### ・ブロック配置ハンドブック

このポケットサイズの本は、幾つものキープランから抽出したものであり、船全体の構造とブロック定義とが記載されている。このコピーは、主に搭載工場のマネージャーと生産エンジニアに配布されている。

#### ・原図とステージプラン ガイダンス

このガイダンスは、船殻高オズ設計者と生産エンジニアによって作成された、多くのプランや指示書から、情報を抽出し、積み上げたものである。現図とステージプラン部門で作業指示プランを作成する為に、特に情報が選択、編集されている。

#### ・精度管理チェックシート

精度管理責任者である生産エンジニアによって、全ての間接製品での公式のチェックシートと報告書が、ブロック毎に作成される。これらを作成する目的は、後に、作業プロセスをどのようにして行うべきかを、統計学的な分析によりアドバイス可能なように、寸法値のバラつきを記録しておく事である。こうしたデータを分析することで、ガス切断や溶接、歪取りによって発生する収縮を補う為に必要なフィードバックを作成する。更に、生産エンジニアは、こうしたデータを用いて、船殻搭載中に発生し得る再作業（荒伸ばしの切断と、継ぎ足し）の総量を管理して行く。

## 6.2.2 日程（作業）

### ・月別の、組立、小組、加工日程

ブロック組立、小組、加工のそれぞれの月別日程は、1.5 か月分の作業を指示し、そして変換設計の際に得られたより精度の高い値と置換を行う為に、2 週間毎に更新されている。月別組立日程は、組立大日程と一致するように作成される。月別小組日程は、小組日程と月別組立日程から作成されている。月別加工日程も同様である。こうした更新を行うには、作業負荷の均等化や、超過時間の使用の明確化、もしくは下請けとの契約に用いられている中間製品の完成日時の調整が必要である。

### ・ヤードプランと現図の出図カーブ

実際のヤードプランの出図と現図の進捗とがどのように関係しているか、も含めた実際の進捗の、チェックの基礎として使用する為に、ヤードプランと現図データの出図予定カーブが作成される。このような視覚的表現は、進捗の評価を容易にし、また必要ならば、計測も促進する。現図の月別日程の更新は、ヤードプランの出図と現図作業の進捗とに依っている。

### ・ブロック貯蔵プラン

IHOP 日程と一致させるために、生産エンジニアは、搭載前の完成ブロックの貯蔵場所の配置について書かれたブロック貯蔵プランを作成する。このプランは 10 日毎と、ブロックの完成（launching、進水日だとすると余りにも空き過ぎる）の度に更新される。ブロック貯蔵プランで全ての利用可能な場所が埋まってしまったら、組立大日程を見直さなければならない。搭載作業は組立作業よりも早い事から、搭載工場へ滞りなくブロックを供給し続けるためには、搭載場所の近くに十分な貯蔵場所が必要となる。船種によって異なるが、起工までに全体の 40~60%のブロックを用意しておかなければならない。

### ・搭載検査日程と搭載船殻取付、溶接日程

搭載日程によって管理されていることで、搭載検査日程は、オンボード塗装の開始日に間に合うように作成されている。この日程は、他の月別日程と同様に更新されており、タンク検査や清掃、足場の除去等の日付が指示されている。搭載検査日程の次に、各ブロックの搭載日と検査日の間に取付・溶接期間を決定してゆくことで、搭載船殻取付・溶接日程が作成される。そして搭載取付・溶接作業者の配員日程も同時に、工事日程と矛盾が無いように作成される。

### 6.3 作業指示プランと作業指示日程

これまでも述べたように、ヤードプランは、船殻計画グループによって作成された詳細船殻建造生産プランと一致した建造所 (process yards) の要求を満たしていることから、生産中心である。ヤードプランは区画によってまとめられており、このことから変換設計が完了したことが明らかである。ここから先で必要となってくるドキュメントの作成は、作業指示プラン作成フェーズにおいて、ステージ毎に作成され、また船殻計画グループによって管理される。

#### 6.3.1 作業指示プラン

作業指示 (ステージプラン、工作図?) は建造所 (process yard) 内での各ステージでの作業員に向けたものである。こうした作業指示は、現図においても、またそれぞれのステージプラン部門毎においても、船殻計画グループによって出された要求と一致するように作成される。

##### ・現図 (mold loft)

現在では、現図作業においてコンピューター端末が用いられており (1980 年頃)、幾つかの計画作業が、船殻構造設計グループから現図グループへと移管されている：

- ・ステージ毎の船殻部品表
- ・部品加工の為のマーキングプランとカッティングプラン
- ・ベンディングプラン (曲げ)
- ・ピン治具のセッティングテーブル (ピン治具のオフセット表)

現図で作成される搭載作業指示には、以下の物がある：

- ・決め方 (shipwright) 寸法プラン
- ・ブロック支柱ピース配置

##### ・ステージプラン部門

ステージプラン部門は、現図と対になる組織であり、以下のような指示を行う：

- ・小組プラン
- ・組立プラン
- ・組立におけるブロック仕上げ寸法プラン
- ・ブロック揚重プランと、小組、組立、搭載での足場計画 (パッドピースやガイドピースもまた、小組で取り付けておく)

- ・工事穴プラン
- ・ブロック配置ハンドブック

図 6-3 から図 6-7 は、典型的な船殻におけるプロセスレーンを説明したものである。プロセスレーンはステージに分けられているが、これらをグループ化することでプロセスヤードを構成している（?）。各プロセスヤードは、明確な区画／範囲の振り分けが成されている。ステージプランが必要とするものが、はっきりと指示されている。

### 6. 3. 2 作業指示日程

- ・週別日程、日別日程、

週別・日別の組立・小組・加工の日程は、月別日程と同様に作成される。週別日程は 2 週間単位で作成され、週毎に更新される。時には、変更の影響が調整代を超えてしまい、月別日程の見直しが必要となってしまうと、日程が破棄されることもある。日別日程は翌日の作業指示を行うものであり、もちろんのこと、毎日更新される。こうした日程は、直接の上長もしくは中間の管理者によって作成され、管轄する作業者に対して連絡される。

- ・IHOP 日程フォローアップの為の、週別会議

IHOP 日程フォローアップ会議は、毎週金曜日の午後に行われ、搭載、組立、小組、加工、艀装、塗装の進捗を作業場（作業班）毎に、また現図の作業進捗のチェックを行う。情報交換し、IHOP 日程の進捗を注視する必要から、それぞれの作業場と現図係の代表者は、会議に出席しなければならない。異なった様々な種類の作業の統合を続けてゆくことがとても重要であることから、こうした会議からのフィードバックは、月別、週別、日別日程の調整に役立っている。

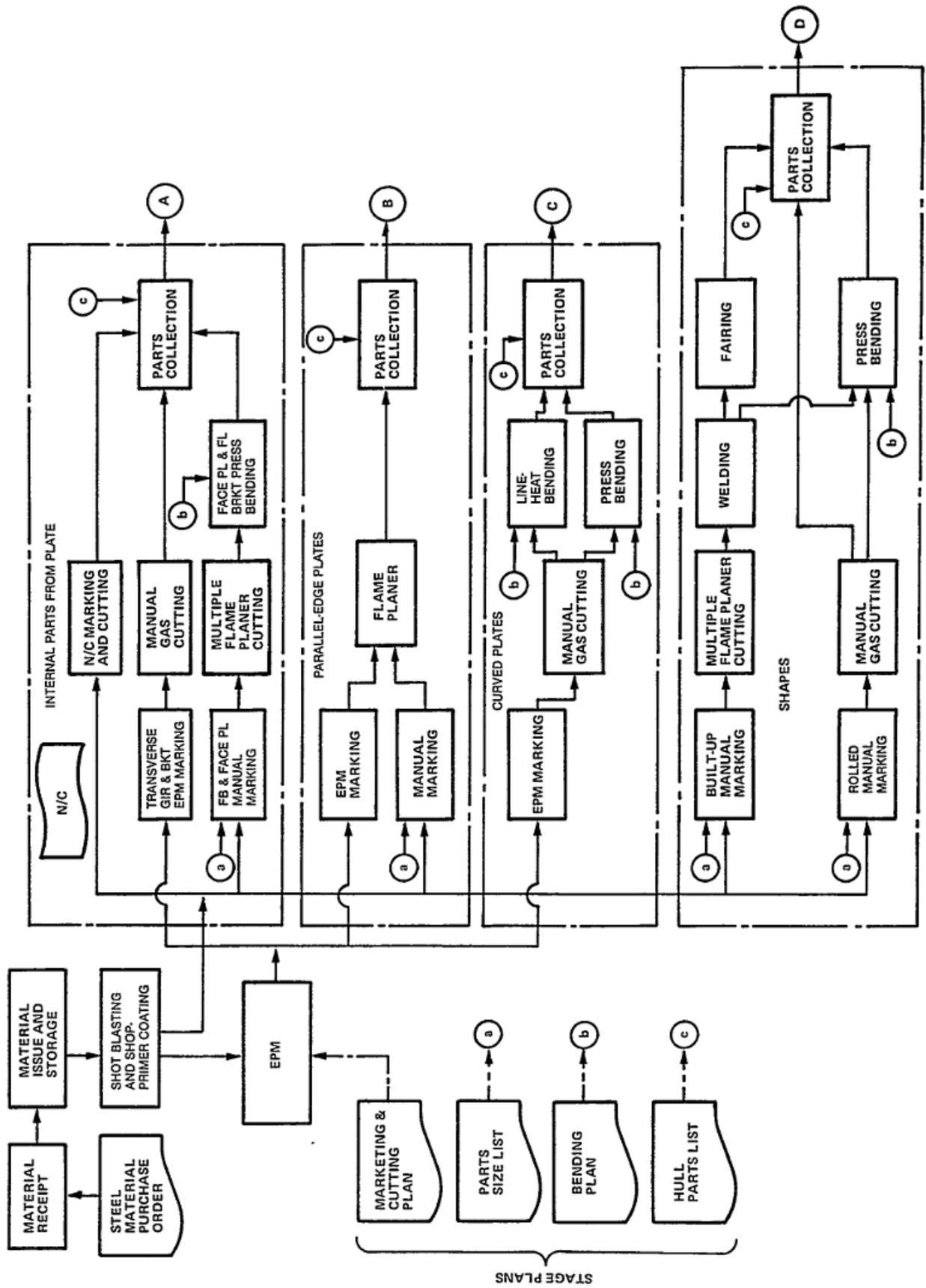


図 6-3 典型的な加工プロセスレーン

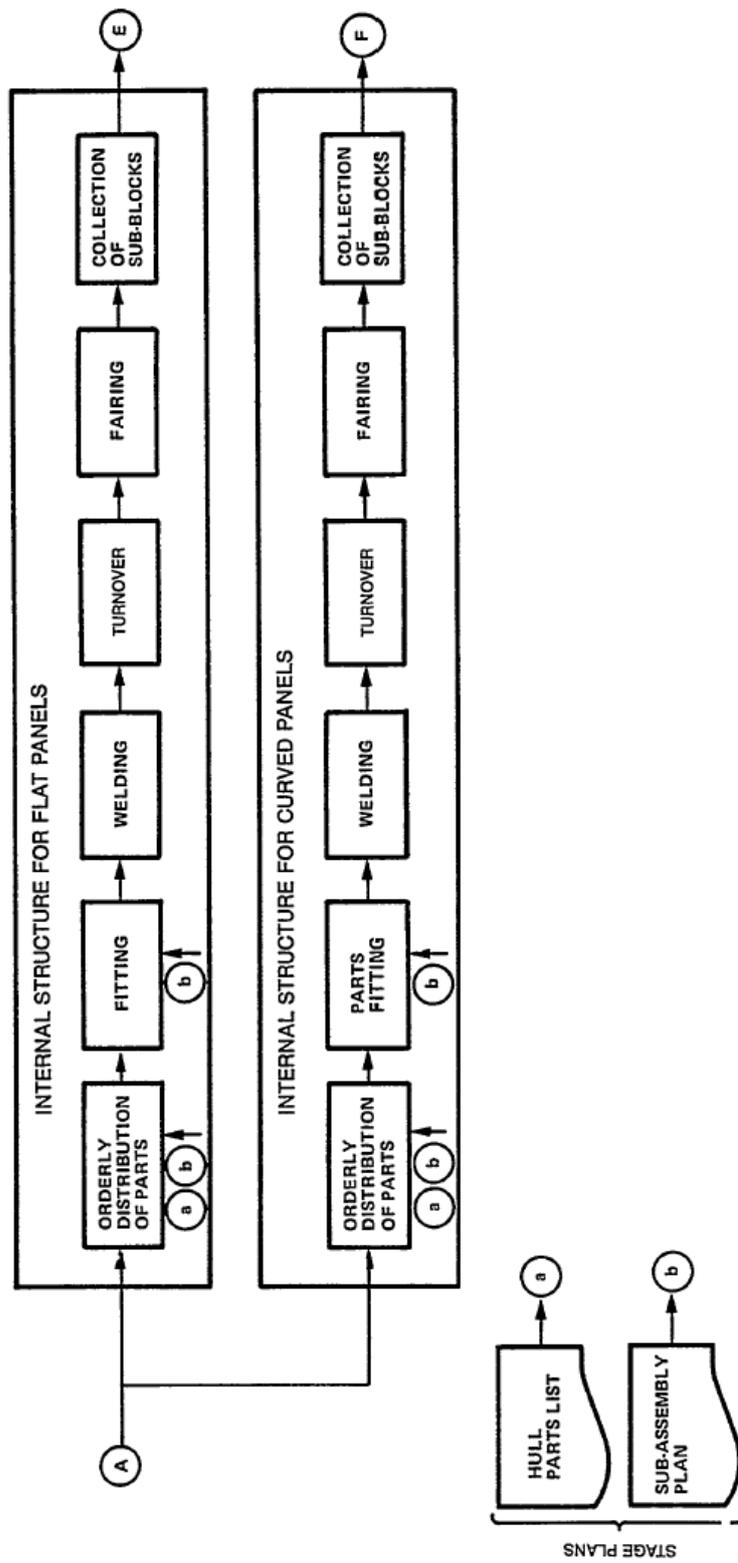


図 6-4 典型的な小組プロセスレーン

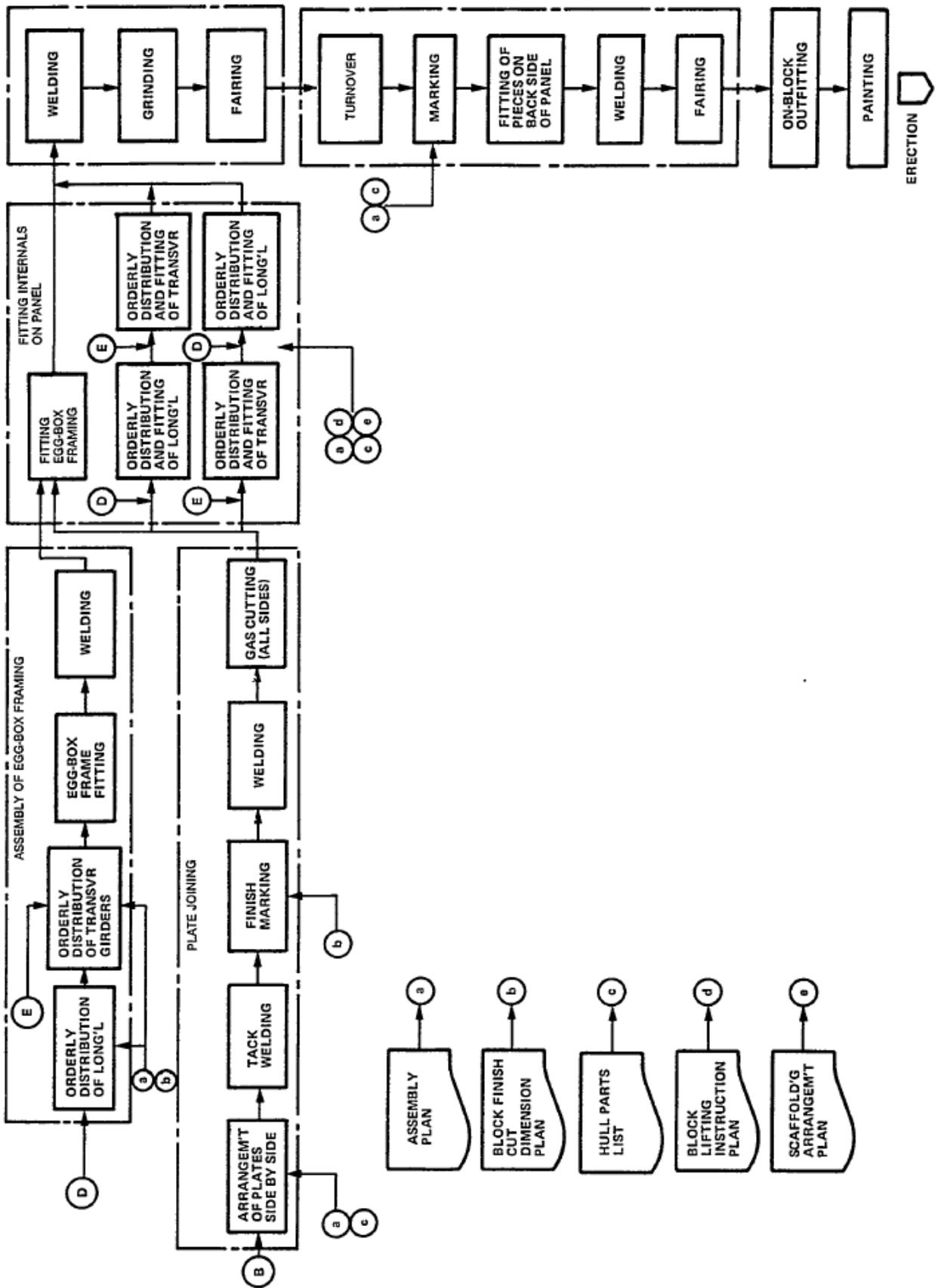


図 6-5 典型的な平板大組プロセスレーン

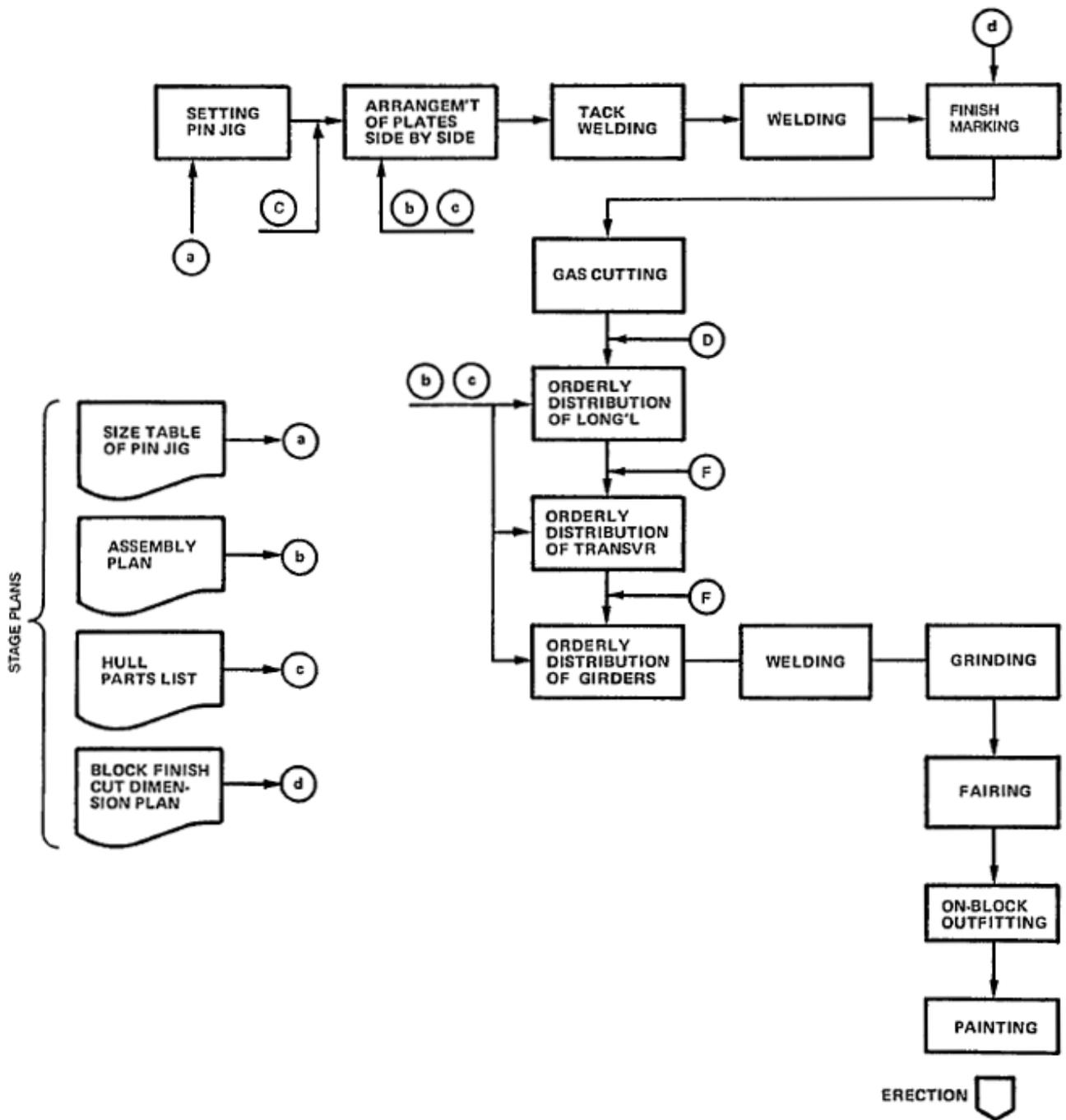


図 6-6 典型的な曲板大組プロセスレーン

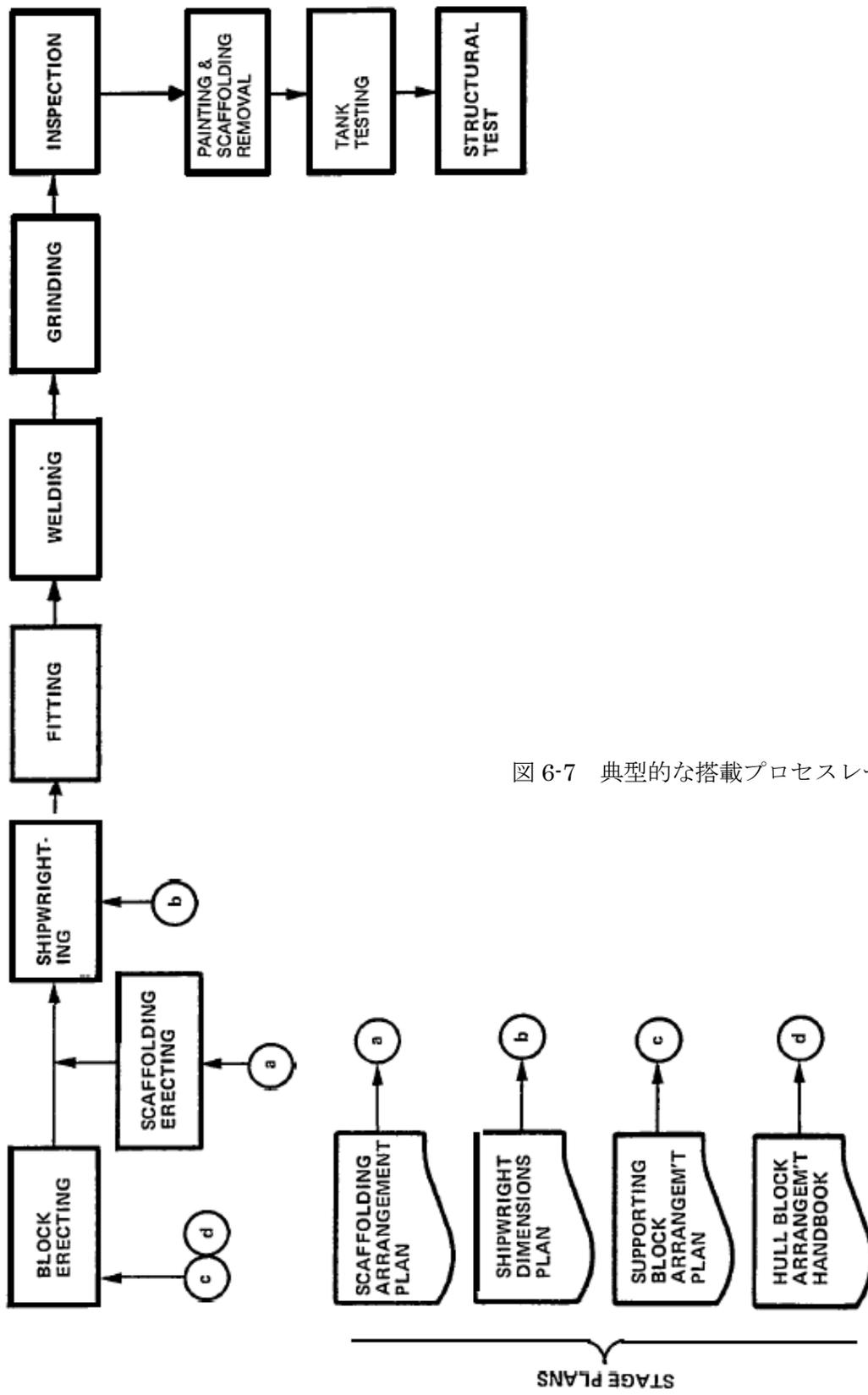


図 6-7 典型的な搭載プロセスライン

## 6. 4 工数予算と工数管理

### 6. 4. 1 工数予算

基本計画の立案中に、船殻部門で必要となる最初の工数予算が見積もられる。この予算を詳細化 (**broken down**) し、4. 2. 5 で説明されている平均的な過去の効率を基にしたパラメータを掛ける事で、工場別の予算を作成してゆく。この工数決定システムの基本的な要素は、図 6-8 のようになっている。

### 6. 4. 2 工数管理

基本単位毎の予算工数と消化工数とは、それぞれの比較がやりやすいように、同一の 10 労働日報告書にプロットしてゆく。この 2 つの工数の差分を評価し、作業負荷均一化に用いる。必要ならば、現場担当者 (**field engineer**) が、職長 (**supervisor**) が作成した日別日程通りに作業者が配員されているかを監督する。現場担当者は、通常は、平常時の小組工数や溶接線長といった作業効率を基にして、工数予算管理を行っている。設計が進むことで、管理係数として用いられている組立溶接線長等の評価値の、より正確な情報が得られれば、常に置き換えてゆく。

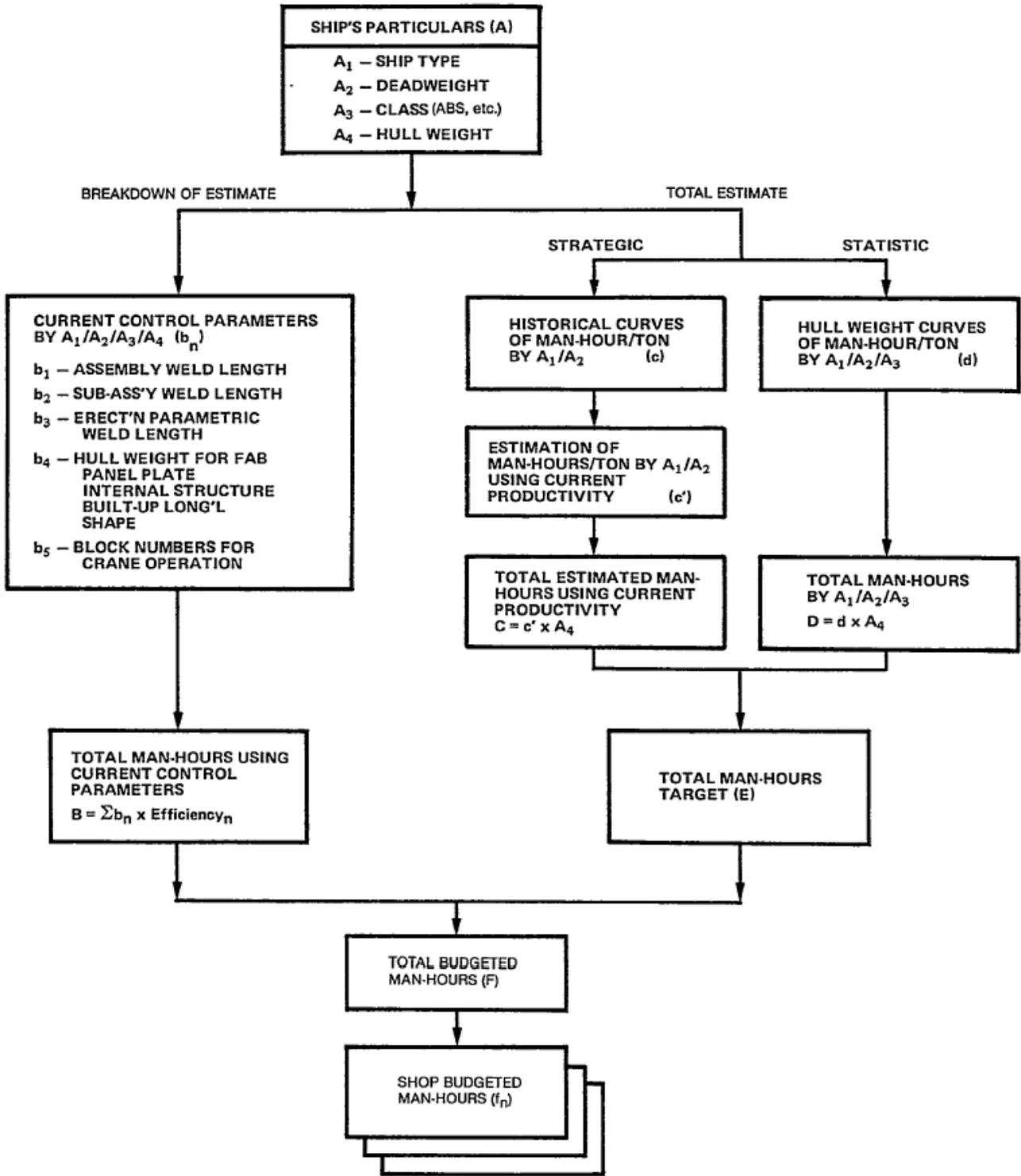


図 6-8 工数予算の決定の流れ

## 6. 5 精度の統計学的管理

精度管理は、船殻設計グループと、船殻生産部門の生産エンジニアとその他の現場担当者とで、合同で行われるべきである。精度管理は、船をあるレベルの品質を保ちつつ、かつ安全性を最大に、そしてリソースを最小にする為に必要である。一般的に、品質管理や品質保証とは、以下の理由から異なっている：

- ・精度管理は、常に設計の細部を改善し、誤差範囲を最適化し、作業プロセスを全うなものとする為の生産管理技術であり、そして
- ・精度管理の責任は、設計と生産部門の人に対して、本来の担当作業とは別に追加された形で負わされている。

船殻建造における精度管理の目的は、搭載時の再作業を最小にする十分なブロックの精度を達成する事である。継手や接合部への罫書と荒伸ばし、そして特別な合わせ作業は、コストがかかり、危険性も高くなる。精度管理手法により、搭載に至るまでの加工、小組、組立プロセスで発生する精度のバラつきを統計学的に分析する事で、搭載時の再作業を大幅に削減するのである。

ブロック艀装を最大にするには、ブロック組立の精度を、ブロック搭載後の艀装品の調整を保証可能なレベルまで上げなければならない。精度が不足していた場合、以下のような再作業が発生する事になる：

- ・パイプ架台や補機台に調整代を設けなければならない、そうすれば調整代の為のマーキングや、ブロック搭載後に調整代を切断しなければならない、また
- ・本来は真っ直ぐに作成されたパイプ部品の場所に、調整の効く特別に加工された中継ぎパイプ部品を使用しなければならない

ブロック艀装に十分な精度を持ったブロックを製造する為には、以下の事を考慮する必要がある：

- ・必要とされる精度を十分に反映したブロック組立ガイダンスを保証すること
- ・組立、小組、加工のステージ計画での作業指示に関連した精度を含むこと
- ・ブロック、小組、部品の完成時に達成されるべき寸法精度を記述したフィードバックを、現場担当者に提供する事

## 7. 工場レベルでの計画と日程

船殻建造部門の各工場は、それぞれで行われるプロセスの立案と実行、そして関連した日程作成、資材管理、精度管理といった事について、責任を負っている。各工場に所属する生産エンジニアは、全ての関連する工場内のドキュメントが、IHOPの理論と原理とに一致するようにしなければならない。

鋼材の受領、貯蔵、そして管理の為に、ブロック毎の部品加工に対応した、比較的小さなロットで調達されている。貯蔵量が多くなりすぎると、本来ならばより生産性に役立つ筈の資金と貯蔵場所とが余分に必要となり、効率が悪くなる。また、過貯蔵は一般的に取扱いの工数を増加させ、横流しの原因となり、それによって加工とそれに続くプロセスを破綻させるリスクをも増大させるのである。

資材を受け取った後、以下のような資材管理手法が行われている：

- ・標準的な寸法の資材を指定された場所に、寸法毎か、もしくは加工順序・ブロック・プロセスレーン毎に貯蔵し、
- ・カッティングプランに従った出庫命令と一致させつつ、ロットもしくは1日単位で資材の出庫と輸送を行う。(加工ステージでの資材の取扱を容易にすることが、他の何よりも優先されるべきである)

### 7. 1 現図

#### 7. 1. 1 日程

現図作業の日程は、船とブロック単位で、日別に構成されている。平常の能率を基にした日程によって、ブロック毎の配員曲線を作成する。しかし、生産エンジニアは、更なる生産性の改善を行い、そして過去の非効率と失敗とを繰り返さないように、詳細計画作業の間に現図ガイダンスを作成している。

実績と消費工数とは、直ちにグラフに記述される。このグラフでは、毎日、工場の日程グラフの上に完了作業を、配員曲線の上に消費工数を、それぞれ色鉛筆で上書きしてゆく。それぞれの組み合わせの値を割り算する事で、工数/ブロックのような、生産性を表す指数となる。

設計と現図とに許容された時間は特別なものでは無いので、現図への設計からの出図と現図からの出力とを担当する生産エンジニアによって、作業の促進を行わなければならない。この促進の目的のために、現図とヤードプランの出図予定曲線（issue advance curve）が使われている。この S 字曲線は、時間に対する出図ヤードプランの枚数をプロットしたもので、この上にヤードプランの受領と現図の進捗とを色鉛筆で記入して行く。作業促進には以下のような意識が必要である：

- ・促進のやり過ぎは現図でのミスを生じ、それは下流作業で雪だるま式に膨れてゆくこと
- ・促進が不十分であれば、IHOP との間で調整された日程からの著しい逸脱を生じる可能性があること

#### 7. 1. 2 精度管理

問題の原因となる現図での間違いと精度のバラツキのほとんどが、実際に組立や搭載の段になって、初めて見つかるものである。その為、こうした問題によって発生する修正作業は非常に大がかりなものになってしまう。十分に管理された現図作業においては、従来通りの精度管理理論によって、作業のばらつきは通常は十分に小さいものとなっている。しかし、間違いや抜けといった現図ミスは、いつ爆発するかわからない時限爆弾に成り得る事から、非常に重視すべきことである。その為、以下のようなミス回避手法は、極めて重要となる：

- ・現図作業による自己チェックを、上級現図者がフォローする二重チェックシステム
- ・定期的な教育と訓練
- ・生産エンジニアによって作成された、明確な現図標準とステージプラン（内業、組立等の作業種類別の工作図？）ガイダンス
- ・間違いのチェックや記録、分別、そして統計学的分析の手法の文書化
- ・現図ミスリストと発生頻度のグラフ化による、管理

## 7. 2 加工工場

### 7. 2. 1 日程

加工日程は、搭載・組立の大日程を参照して、各処理工場毎（切断、曲げ等）に作成されている。部品の処理毎に加工にかかる時間が異なり、そしてそれらを同じ時間に組立られるようにするために、其々の処理工場での作業開始日はバラバラである。例えば、曲げの必要な部品の切断と罫書きは、曲げの不要な部品よりも早くなっている。船首部と船尾部については、複雑な形状であるために、十分に前倒しで日程が組まれている。

更に、日程を作成する加工工場の生産エンジニアは、以下のような手法の固定された作業を維持するよう考慮しなければならない：

- ・比較的小さい部品や、複雑で加工に多くの時間が必要となる部品（特殊な開先加工が必要な部品も）は、通常の作業フローからは分ける
- ・複数のブロックにまたがっている平行部の同一形状部品は、設備の切替を最小にする為に、フレームプレーナーで連続加工する（フレームプレーナーの生産性は、ノズルチップの設定回数に大きく依存している）

### 7. 2. 2 資材管理

作業内での資材管理の目的は、小組もしくは組立作業に必要な全ての部品を、時間丁度に配布することである。それぞれの船殻部品表に色鉛筆でチェックする為の項目を追加する事により、フォローアップ作業を容易にする。この、部品の完成状態を示し、資材の取扱いを支援する指標により、スクラップ率を低下させるために幾つかの素材板に分けてネ스팅された 1 つのブロックの部材を集める際に、特に必要となる。この場合、ブロック毎に必要な全ての部材を集める為に時間を余分に確保しておく必要がある。

### 7. 2. 3 進捗と生産性

船殻部品表に部品の完成状態を記入していくと共に、日程に色鉛筆で注記を記入して行く。完成した部品重量は日毎に積み重ね、消費した工数は週毎に積み重ねてゆく。この情報は、以下のように船毎にグラフへプロットする：

- ・進捗としての、時間に対する完成部品重量
- ・生産性を評価するための、完成部品重量に対する消費工数

### 7. 2. 4 精度管理

加工プロセスは、他の全ての船殻建造プロセスの前にある事から、このプロセスにおける部品精度が、組立、組立、搭載での生産性と品質に大きな影響を与える事になる。その為、以下のようなシステム的な精度管理手法が要求されるのである：

- ・加工工場に所属する生産エンジニアは、マーキングや切断、曲げといった作業における精度標準範囲と誤差制限を通常の作業から統計学的に計算し、これを維持するようにする。
- ・工場管理職による本来の業務とは別の精度管理業務の担当、例えば作業者による自己チェックと、直接の上司もしくは中間管理職によるバラつきの抽出と記録
- ・統計学的な図表を張り出すことで、どれだけ進捗しているかを示し、作業者と機器によって発生した問題を公開し（一般に、たったの15%程）、そして部品加工システムにおける問題点を指摘する
- ・教育工場での、統計学的図表の読み方と、精度管理プログラムの重要性との教育
- ・ガス切断の切断線が極めて細くなるように、几帳面に調整を行う（切断する鋼材の種類と板厚に対する、切断機のノズルチップと、トーチの移動速度、トーチ高さ、燃料と酸素ガスの供給量のバランスを調整し、また定期的なノズルチップの検査と詰まったチップの掃除、破損したチップの交換が必要となる）

変わった精度管理機能として、ガス切断や溶接、予熱等の加熱プロセスによって発生する収縮を補完する為に必要となる材料への伸ばしの総量を決定するという物がある。幾つかの造船所では、発生した収縮のバラつきを精度分析した結果を、コンピューターによる船殻部品生成システムに反映させている。補完伸ばしは、各部品の形状全体と、部品の配置に対して、自動的に織り込まれる。本来は、部品の形状そのものは船殻構造背系グループが提供し、そして最終的な部品形状は船殻生産グループが責任を持つような分担になっている。

生産システムの改良を止めてしまわないために、精度管理を担当する現場エンジニアと工場管理者は、作業手法を常に改良し続けなければならない。その一つの良い例として、ラインヒーティング（線予熱）等のシステム的な予熱と冷却により、非常に高い精度で、生産効率良く板を曲げる事で、曲りブロックの組立作業を容易にしている。通常の曲板部品の形状におけるバラつきを統計学的に分析する事で、より組立がやりやすくなるような、精度の高い進化したラインヒーティング技術が促進されるのである。

単にプレス曲げを行う施設と、プレスにラインヒーティングを賢く使用しているものとを比較すると：

- ・より大きな寸法の板をより複雑な形状に成形する事が可能であり、それによってバルバスバウや船首、船尾のあらゆる形状に必要な曲面を「より正確に」できる
- ・複雑な曲げや捩れのあるロンジの成形が可能
- ・並列トーチによるラインヒーティングなどの半自動装置の使用が可能
- ・プレス機を使わない事で必要工数を 1/2 から 1/3 に削減し、余った労働力を他へ回すことができる

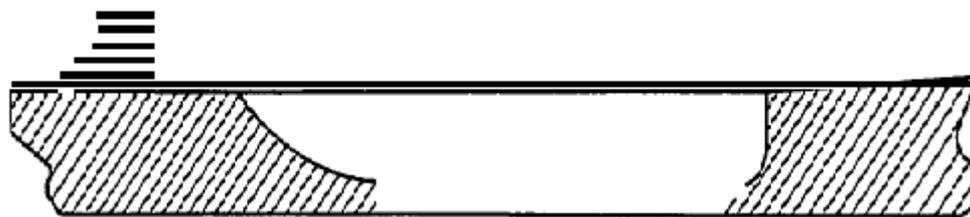


図 7.1 外板へのラインヒーティング適用範囲

一般的な 140,000DWT のバルクキャリアーの場合、船尾の曲板 180 枚と船首の曲板 164 枚の成形にラインヒーティングが使用されている。一方で、302 枚は平板もしくはプレス曲げの板であり、18 枚は円筒曲げ、12 枚はビルジ板である。

### 7. 3 小組

組立と小組とを分離する事は、この 2 つの作業が明確に異なり、同一の作業フローで流すことが非実際的であるからである。小組を分離する事で、作業を考慮する際に小さな増分で済ませる事が可能となり、労働負荷の均一化に非常に効果的である。また、その他にも以下のような利点がある：

- ・ 配材、取付、溶接、歪取りといった作業が、よりやりやすくなる事から、生産性が向上する
- ・ 効率の良い下向き溶接を多く取ることで、溶接品質を向上できる
- ・ 組立作業で取り扱う部品数の削減と足場の削減により、資材の取扱いと管理上の雑務を少なくできる
- ・ 大型のクレーンや、天井が高く出入り口の大きな大規模な建屋といった、組立作業に必要な大型設備を、どこでも実行可能な作業で占有されることが無くなる
- ・ コンベアや自動溶接機、溶接ロボットといった省力設備をより採用しやすくなる

#### 7. 3. 1 日程

日程は各作業場毎に、組立大日程と一致するように作成される。以下の事を重視する：

- ・ 小組は、同一のファミリー（同じ特徴と作業内容を持つグループ）毎に別々に取扱い、連続した処理を可能にする
- ・ 小組の完成時期とブロック組立の開始時期、そして小組置き場の空きとを調整すべきである。
- ・ 溶接線長さに必要な工数をベースとして、作業負荷を均一にする

#### 7. 3. 2 資材管理

資材管理は、何よりも、小組立に必要な部品の受領書と部品を取り扱う組織とが重要である。加工工場と小組工場の間、小組日程で必要となる順番に部品を収集、並び替えを行う為の十分な広さの貯蔵場が設けられている。配材作業者の働きが生産性に直結している事から、彼らと彼らが必要とする情報とは、十分に組織化されたものでなければならぬ。船殻部品リストを特別に提供する事によって、必要な部品の状態を色鉛筆で注記することが促進された。またこの部品表は、小組の作業状態についても色鉛筆で注記されてい

る。配材作業者は、比較的制限された空間内に最小時間で、小組を正しく、順番に詰め込まなければならない為、こうした情報の精度は非常に重要なものとなっている。

### 7. 3. 3 進捗と生産性

各作業場での作業進捗は、毎日チェックし、以下のような範囲を色づけする：

- ・各小組毎の部品表の受領
- ・小組日程への小組の完成

溶接が作業の主要な位置を占めている為、小組作業の最も重要な指標となるのが、アーク溶接である。その為、生産システムの改善を続けなければならない生産エンジニアは、以下のような努力を継続しなければならないのである：

- ・作業者の技能と溶接設備の向上による、単位時間、作業者当りの溶接線長の増大
- ・自動および半自動溶接機の利用拡大（グラビティ溶接等）
- ・小組の反転や移動を補助する機器の採用
- ・小組作業内での、作業者の配置転換（配材、取付、溶接、仕上げ）

生産性の効率向上をモニターして行く為に、以下のような効率指標のグラフを、各小組作業レーン毎に掲示する：

- ・工数／小組重量
- ・工数／溶接線長

### 7. 3. 4 精度管理

小組における精度管理には、以下の2つがある：

- ・組立の為の精度管理

小組の精度が悪いと、組立における日程と生産性との悪い影響が出る。その為、組立部門によって作成されたフィードバックに書かれた精度関連の問題は、速やかに解決されなければならない。

- ・加工の為の精度管理

同様に、部品の精度が悪いと、小組における日程と生産性との悪い影響が出る。その為、

精度関連の問題が発生したら直ちに書き留め、加工工場に対して解決するようにフィードバックを行わなければならない。このような問題の結末については、問題解決行動をモニタリングする事で判断する。

#### 7. 4 組立部門

ブロック組立は、搭載前の最後のプロセスであり、そして配材作業者が、そのブロックで組み合わせる小組と、組み付けられる部品とを集めてくることから、作業が開始される。

プロセスフローを構成する為に、組立に際して平板が必要となる平板ブロックと、ピン治具が必要となる曲板ブロックは分けられている。またその他に、生産作業が難しく、作業内容も広範にわたるブロックも、別のフローとして分離されている。通常、こうしたその他のブロックには、船首部、船尾部、そして機関室のブロックが含まれている。

##### 7. 4. 1 日程

組立大日程の制限内で、プロセス毎に、別の日程が作成される。予め、ブロック組立要領図と組立図とを作成する事で、作業ステージ毎の順序、溶接線長、艀装期間、クレーンの必要な時期を明確にする。このようにして、現場エンジニアは組立工場毎に必要なものを準備する事が可能となる：

- ・溶接者の配員日程
- ・クレーン日程

##### 7. 4. 2 ブロック供給 (storing)

船殻建造部門における生産性は、ブロックの供給計画に大きく依存している。理論上、各ブロックの組立は、搭載日に丁度完成するようにすべきである。これは：

- ・比較的広い地上の敷地が不要になり、また、かさばり重量の大きなブロックの移動や支えといった作業を最小限にし、そして
- ・搭載工場が必要とする同一のペースでブロックが生産されるようになるまで、組立プロ

セスを改善する圧力となる。

しかし、生産エンジニアは、以下の事も考慮すべきである：

- ・必要作業量が異なっている事(典型的な船殻建造の場合、加工が 10%、小組と組立が 50%、搭載が 40%)
- ・全ての工場での作業負荷を均等にする必要性
- ・工場間での作業者の移動、残業の許可、下請けの採用を行う権限
- ・施設コスト（搭載ドックと搭載クレーンは最も高額である）

造船が最も効率化した時、以下のようなバランスが明確に現れる：

- ・1本の建造ドックで、素早く搭載を行う
- ・船種によって 40~60%のブロックを、起工前に蓄積しておく
- ・残りのブロックも、劇的に短い搭載期間内に（船種によって 2.5~4 ヶ月）スムーズに時間通りに完成させるだけの十分なリソースを確保

このように、ブロックの供給は非常に動的であり、日程通りに作業を行う事が要求される。必然的に、特定の船の起工の前に準備されていた場所は、その場所のブロックが搭載され、また以下のような目的のために起工後に追加のブロックが生産されるに従って、再配置される：

- ・同一の船（起工後搭載のブロック？）
- ・2番船の起工前に準備しておくべきブロック

その他に、生産エンジニアは各ブロックの容積と、組立日程に対する実際のブロックの組立進捗とを考慮しなければならない。

#### 7. 4. 3 資材管理

殆どの小組は配置に問題の無い大きさであるが、容積の問題から、配材作業者は、組立工場の適当なステージに、計画された組立日程に沿って、小組が配材されるように管理を行うことが重要となる。この移動作業には、日程が忠実に運用されるように、細かなクレーン日程と技能の高い配材作業者とが要求される。必要十分な広さのブロック置き場を組立作業場の隣に準備する事で、より効率的な作業が可能となる。

#### 7. 4. 4 進捗と生産性

小組と同様に、組立も溶接が大きな割合を占めている。日程を維持する為に必要な 1 日当りの溶接作業者の数を求める前に、溶接線長を評価しておかなければならない。必要最小限の人数の配材作業、取付作業、クレーン操縦者のみを配員し、一定に流れている溶接作業の邪魔にならないようにする。このように、ブロック組立の生産性を向上し続けるには、以下の項目が重要となる：

- ・溶接の生産性向上の維持
- ・支援作業者を最小にする範囲での、必要な支援作業の継続

特に、平板ブロックと曲板ブロックとに分割されたプロセスフローを考慮し、それぞれで破壊的な影響を回避するよう努めなければならない。もしもあるブロックの組立に失敗すると、それに続く全てのブロックに関する作業と、そして恐らくは搭載作業が、悪い影響を受ける事になる。破壊的影響には、以下のようなものがある：

- ・順番変更 (change order)
- ・生産の統計学的管理 (精度管理) での失敗
- ・生産ミス
- ・特に艀装と塗装に対して必要となるスケジュール再調整でのミス

ブロック組立の生産性の変化は、以下の値をモニタリングする事で評価する：

- ・ブロック重量 / 単位時間 (週)
- ・溶接線長 / 単位時間 (週)
- ・合計工数 / 溶接線長
- ・溶接工数 / 溶接線長
- ・取付工数 / 溶接線長

#### 7. 4. 5 精度管理

小組プロセスと同様に、組立において以下のような 2 つの精度管理が必要となる：

- ・搭載の為の精度管理

不正確なブロックは、搭載の安全、日程、生産性に対して悪影響を及ぼす。その為、搭載工場からフィードバックされる精度関連の問題は、直ちに解決されなければならない。

#### ・ 小組の為の精度管理

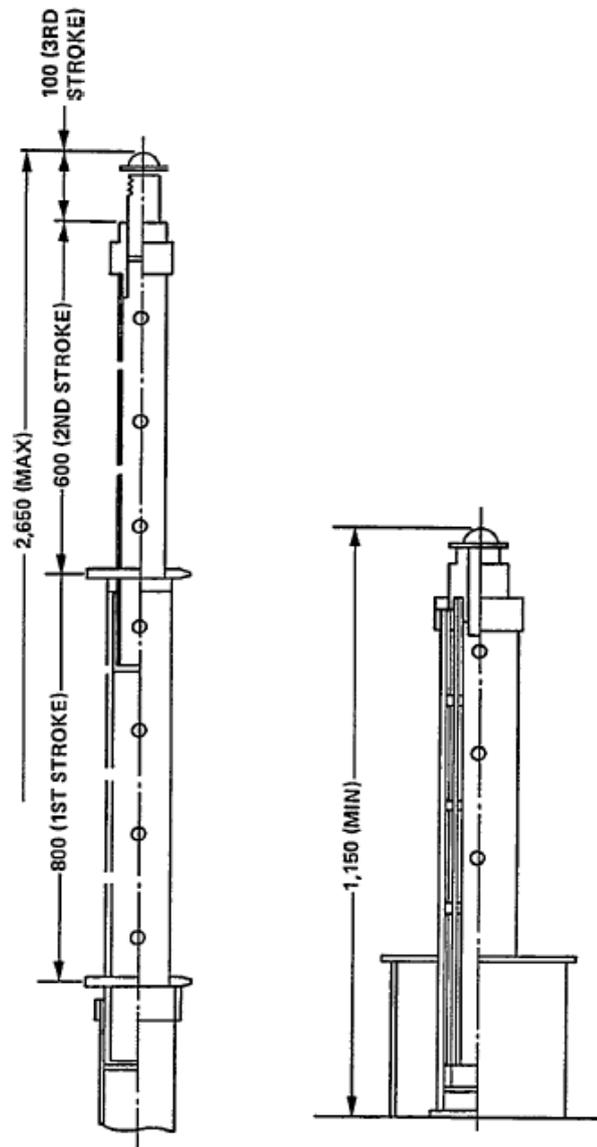
同様に、不正確な小組は、ブロック組立日程と生産性との悪影響を及ぼす。その為、精度関連の問題は、直ちに記述し、解決を求めて小組部門へフィードバックしなければならない。そうした問題の結果は、改善作業の量をモニタリングする事で判断する。

加工や小組と比較した際に、特に組立作業においては、統計学的手法（精度管理）による問題の識別に、最も重点を置かれている。全くもって、造船システム全体での生産性は、組立部門がいかに効率的に精度管理手法を獲得しているかに、大きく依存しているのである。伝統主義者が搭載用のブロックを作成すると、彼らの精度に対する不正確な知識が見て取れるのである。建造ドックで再作業が必要になると、それに応じて作業環境は危険に、予定すべき工数コストと作業期間とは予想し辛くなるのである。再作業は、生産管理をコントロールしづらくするのである。

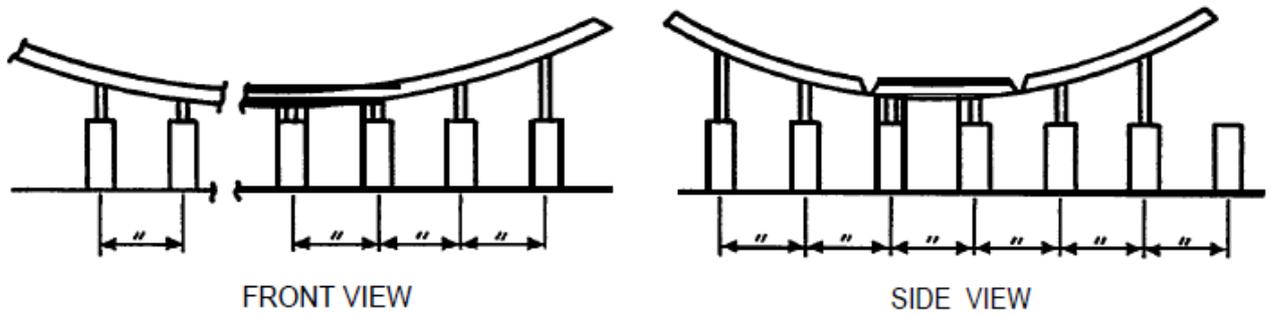
寸法のバラつきの統計学的分析は、曲板ブロックの不正確さが大きな問題として認識されていた。そこで生産エンジニアは、ブロックを組み立てる際の曲板を空中にしっかりと支え、精度の高い曲面を維持する最も経済的な手法である、ピン治具を開発した。

ピンは、基本平面 (X,Y) にそれぞれ等距離に自由に立っており、高さ方向 (Z) に調節が可能になっている。2つの座標が固定されているので、コンピューター端末を使用する事で、現図作業者は各ブロックのピン治具の設定テーブルを計算し、それを現場作業者が理解可能な形式で提供する事が可能となっている。

運用コストは高いものの、異なった曲面を持ったブロックへ再利用可能であり、また技能の低い作業員でも利用が可能であることから、ピン治具の生産性は高い。典型的な曲板ブロックだと、ほんの 1、2 日工数で設定が可能である。ピン治具は図 7.2 に示すように、望遠鏡と副尺 (vernier) のようになっている。



PIN-JIG DETAILS (RANGE 1,150 mm TO 2,650 mm)



FRONT VIEW

SIDE VIEW

図 7.2 ピン治具

## 7. 5 搭載工場

搭載プロセスは船殻建造作業の最終段階であり、そして搭載日程は、それまでの加工、小組、組立といった作業の日程の上にある、決定的なものである。

船殻は、エジプトのピラミッドとほぼ同様に、ブロック毎に搭載されて行く。作業はホールもしくは区画単位で、適用される作業ステージ毎に計画される。作業ステージには以下の物がある：

- ・ブロック搭載
- ・決め方
- ・足場設置
- ・主要構造合わせ
- ・主要構造溶接
- ・その他構造合わせ
- ・その他構造溶接
- ・船台艀装
- ・清掃と塗装
- ・社内目視検査
- ・足場撤去
- ・タンクテスト

### 7. 5. 1 日程

船殻搭載の日程は、6. 1. 2 で説明した通りであり、効率的な搭載日程には、以下の事が必要となる：

- ・起工は、前の船の進水が終わった後、可能な限り直ぐに行うべきである
- ・ブロック搭載、検査、塗装の日程と、足場の設置と撤去とを注意深く調整しておく

### 7. 5. 2 進捗と生産性

搭載作業は、区画毎に、残作業が無いように実行されなければならない。細々とした未実施の作業を管理するのは困難である。また、作業のやり直しは、一時的施設の再設置が

必要とされたり、また船台艤装や仕上塗装と日程がぶつかってしまうことが多い。機関室やポンプ室などの密度の高い空間での未実施の搭載作業の与える悪影響は、他の場所の残作業のものよりも、相当に大きいものである。

溶接実績を検査する直接の現場監督者は、溶接種類と換算溶接線長を区画毎に示した溶接管理表上に、毎日色鉛筆で注記を記入して行く。この溶接管理表は内部構造の溶接にとって特に重要であるが、これは溶接の多くが隠れてしまい、そして船が洋上に出た後では溶接ミスを簡単に検出できなくなってしまうからである。

溶接管理表上の進捗データは、各区画毎の、毎日の配員計画の調整に用いられる。工数や重量、溶接線長等の単位で計算された作業実績はまとめられ、詳細な船殻建造生産計画内のデータと比較される。

搭載の進捗は、日別の搭載重量と、日別の換算溶接線長とに分けてグラフ化する。生産性は、搭載重量当たりの工数と、換算溶接線長単位の工数とに分けてグラフ化する。図 7.3 に示されるように、搭載重量当たりの工数のグラフ上にブロック搭載と溶接の見積工数を直線で作図すると、この合計された実績工数との差分が、未実施の搭載溶接を示す良い指標となる。

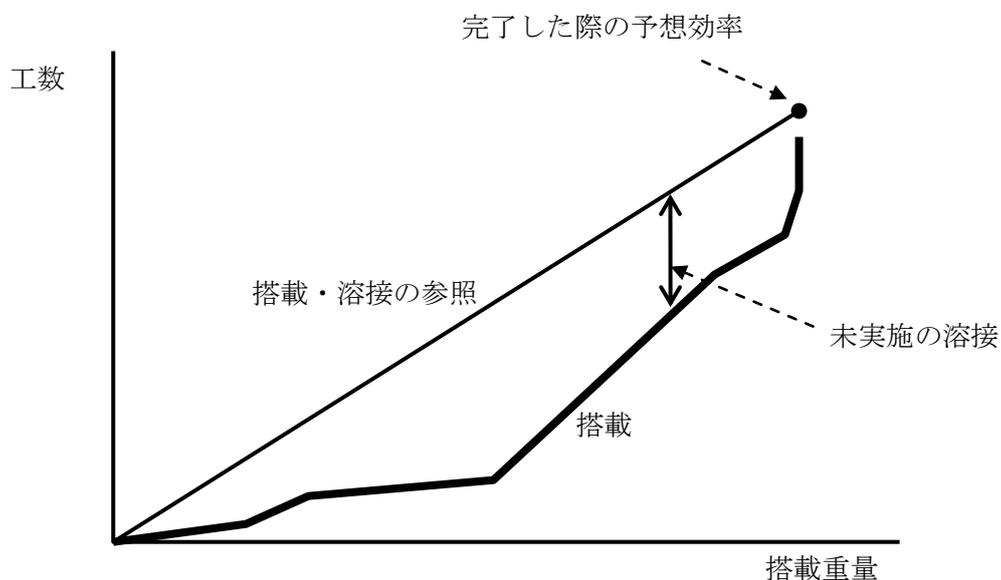


図 7.3 生産性

### 7. 5. 3 精度管理

搭載に至るまでの船殻建造プロセスと同様に、搭載中の精度管理を基にして、ブロックで発生した問題を組立部門に対してフィードバックを行う。このフィードバックでは、今後の搭載作業を容易にする為の、重要点と重要寸法についてのコメントが含まれている。ただ、フィードバック内で最も重要な事は、船殻搭載における精度管理分析報告書から得られる完全な詳細データである。一般的には、主要構造部のバット・シーム部の合計長さや、実績長さの報告、ガス切断や裏当て溶接等の再作業が必要だった場所での本来の適切な幅や位置、に関係したものである。

フィードバックを行う目的は、生産エンジニアに対して、船殻建造システムにおいて生産性をより改善する為に、詳細設計、誤差、作業手法、収縮許容(?)をどのように調節するかについての解決の糸口を提供することである。こうした品質管理のフィードバックを物にした造船所は、全ての部品を実質的に正しい寸法で切断している。そうした造船所は特殊な船や第1船の搭載で、全ての主要構造の70%以上において、常に完全な調整を行っている(2番船以降の場合、この割合は80%以上になる)。

船殻搭載時における精度管理のもう一つの目的には、船型整形(フェアリング)と、搭載時の合わせと溶接によって発生する全ての変形防止も含まれている。既に搭載されたブロック上の重要点と参照線の正統性を維持し、建造契約の時に達成すべき船型整形の精度を明確にする。

### 7. 6 時間枠日程システム (time-frame scheduling system)

枠(frame)という言葉の定義は、境界(border)によって囲まれているという意味である。この文脈において、時間枠(time-frame)日程システムは、比較的大きな(なぜなら、要求された作業は詳細なものでは無いからである)、そして明確な時間枠(境界)内で完了すべき作業命令(日程)、という意味である。

図6.1で示されるように、計画(設計とリソースの定義)が作業フェーズ毎に進むにしたがい、各時間枠内で要求されている作業は、より詳細化されてゆく。より高い管理を行う為に、最初に決定された時間枠を分割し、更に多くの実行すべき「見える(? visible)」命令が作成される。そして図6.2で示されているように、日程が計画の洗練さに釣り合うようになるまで、それぞれの計画フェーズを繰り返して行く。

各階層で作成された時間枠は、それよりも高い階層の日程によって作られた時間枠を変更できないようになっている。この決まり事は、日程の階層関係が、他のプロジェクトの日程に関連する明確な建造戦略の適用を命令する、最上層の日程（搭載大日程）を頂点としていなければならないため、必要である。

図 7.4 は、工場管理の為に効果的な日程階層の、関連要素の一覧表である。また図 7.5 は、それぞれの日程がどのように関係しているかを図示したものである。

日程	時間		作業量指標			担当
	期間	更新	概要単位	概要期間	変数	
工場日程	6 ヶ月	2 ヶ月毎	中間製品 船、作業場	10 労働日 (2 週間)	溶接線長 (概算)	工場長
月別日程	1.5 ヶ月	2 週間毎	ステージ 中間製品 船、作業場	5 労働日 (1 週間)	溶接線長 (正確) 職能別人数	中間管理職
週別日程	2 週間	毎週	中間製品 船、ステージ 作業場	1 日	職能別人数 作業者名	現場管理職
日別日程	1 日	毎日	中間製品 船、ステージ 作業場	時間	作業者名	現場管理職

図 7.4 実際の時間枠日程システムの典型的な要素

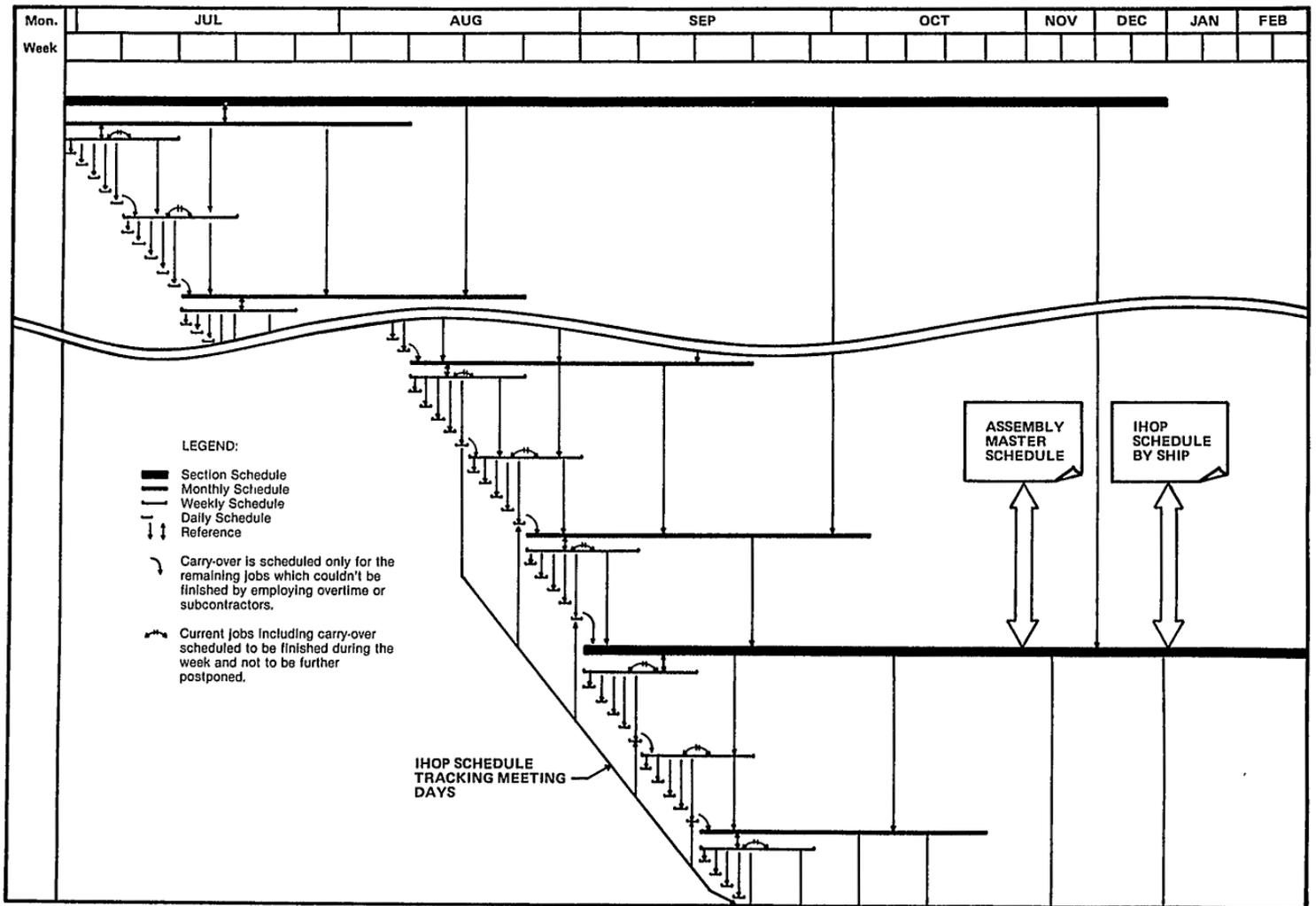


図 7.5 時間枠日程システムの理論