

## 西島式生産管理システム

### 1. 西島式生産管理システムの独自の方向性

#### 1. 1 能率による生産管理と、それを実現するための単純化の推進

造船工事は極めて複雑で管理が困難

製品が巨大で複雑、少品種大量生産、受注から引き渡しまでが長期、例外の多発、  
景気による波…

→ 複雑なシステムを完全にコントロールするのは膨大な手間がかかり、  
事実上不可能である

**複雑なシステムを手間をかけずコントロールする上手い方法は無いのか？**

西島による仮定：「造船工場全体がなめらかに流れれば、工場全体の効率が最大になる筈」

→ 能率をパラメータに使ったモニタリングと、それを基にしたコントロールによる  
システムの最適化

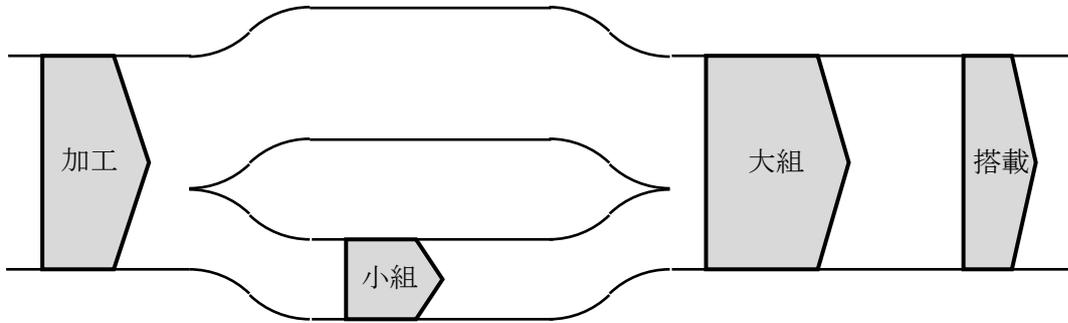
工事を管理単位毎で、能率を使用してモニタリングとコントロールとを  
リアルタイムで行い、工場全体で作業が滑らかに流れるように、最適化を続ける

→ それを実現するための、システムのモデル化とその単純化

管理を行う際に使用する生産管理モデル（作業フローをモデル化したもの）を  
細かにすればそれだけ現実に近くなるものの、システムが複雑化し管理困難になる。  
そのため、思い切って単純化することで、現状を反映しつつ管理が可能な、  
バランスの良い生産管理モデルを定義する。  
また能率を管理パラメータとして使用することで、管理作業そのものも  
単純化している。

(1) 能率によるシステムの最適化：流水のコントロール

材料や部品、半製品の流れを水に、各工事を弁として考える



全体として水がなめらかに流れるように、弁の解放量やパイプ径を調整する。

- ・部分的に滞ったり過密になりすぎると、全体での水の流れが悪くなる
- ・流量に対して過剰なパイプ径は無駄である

パイプ径：設備能力

弁の解放量：工員数

水の流量：能率

(2) システムの単純化

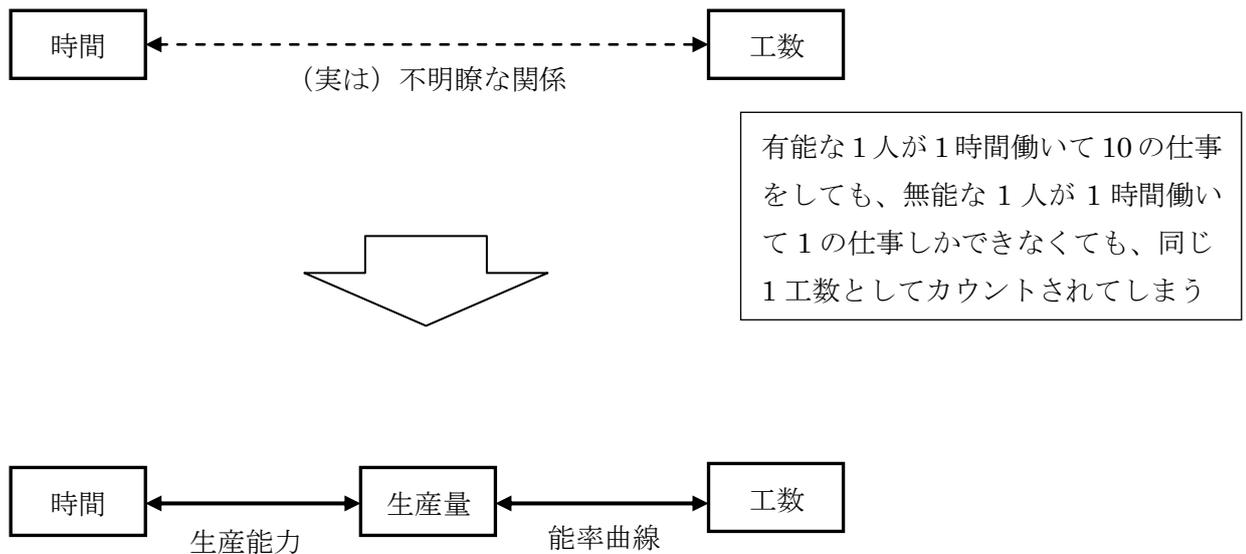
単純でもバランスの良いシステムの方が、システムとしては価値がある

囲碁や将棋、チェス → 単純だが、ゲームバランスが良い  
最近のスマートフォンゲームの人気も同様

西島は、加工、小組、大組、搭載のたった 4 つの単位で生産管理モデルを作成し、成功を収めている。かなりおおざっぱな区分であるが、システムのリアリティよりも、システム全体でのバランスの方が重要であることを示している。

## 1. 2 造船能力のパラメータとして、工数でなく生産量を用いる

工数は、工員の能力や設備、環境などによる変化が激しく、主要なパラメータとして扱うには向いていない。その為、より安定した重量や体積といった生産量を造船能力のパラメータとして用いる。



管理対象要素が増えるものの、値が明確化するので却って管理が容易になる。

## 2. 使用するツールと利用法

### 2. 1 工事の細分化による生産管理モデルの構成

現在の工事の流れを、予め生産管理モデルとして構築しなければならない。この作業は工事を細分化してゆく事で行われる。細分化すればする程に、モデルをよりリアルにすることが可能である。しかし過度の細分化は管理作業そのものを複雑にするため、バランスの良い生産管理モデルを構築してゆかなければならない。

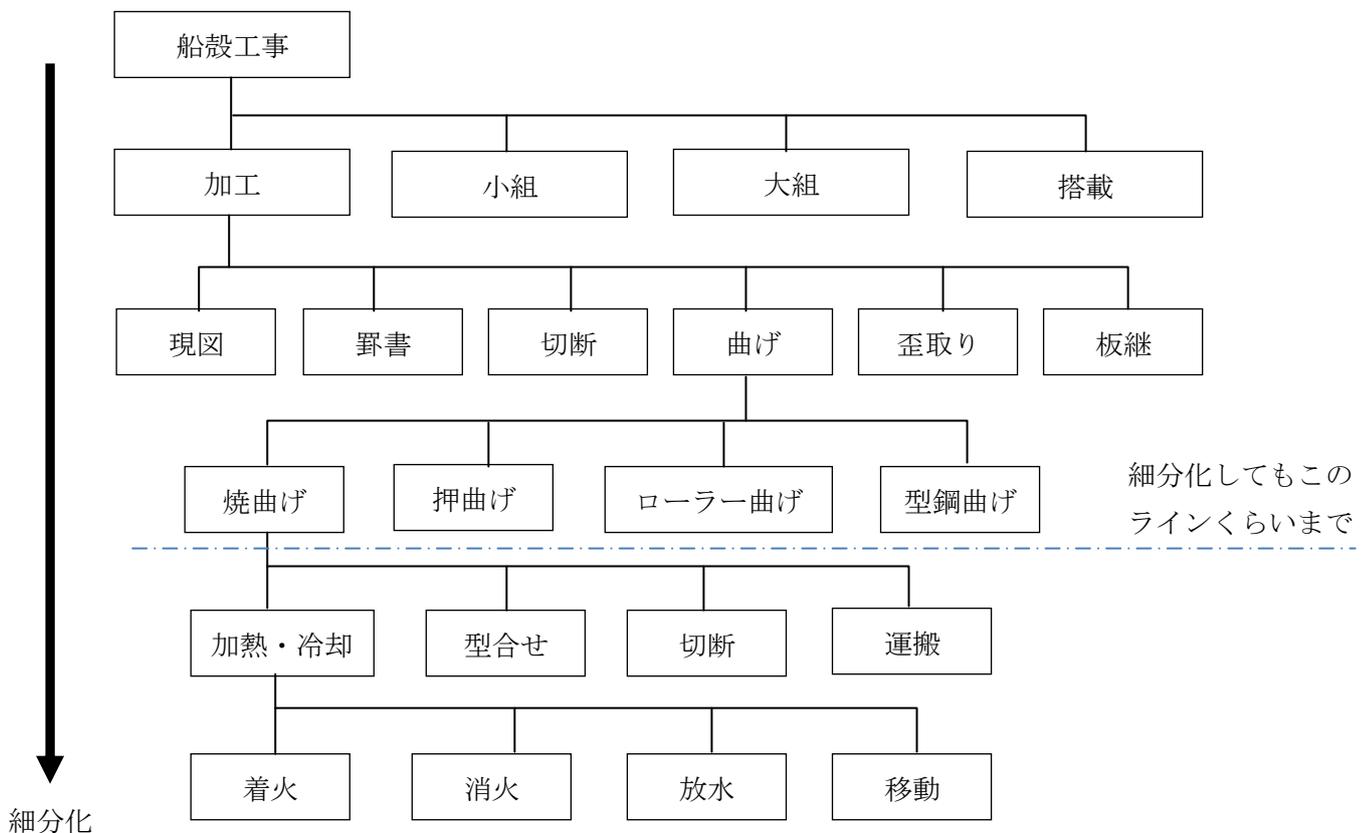
細分化した工事単位で予定の作成や実績の収集を行うが、一般的には加工、小組、大組、搭載の4つの工事で集計し、この工事単位で主要な管理を行う。(ものによっては現図と溶接も)

船殻においては、鑄造品(舵回りなど)、舵、外注品などの重量が大きいものの取付工数が少ないものは異質工数とし、その重量を生産量からは除外し、工数のみを算入する。

工事管理は、各種の図面を通して行う。

(IHIなどの大手造船所では、小組図や大組図など、作業毎に事細かく図面が作成されており、図面ごとで物量や工数、予定を把握・管理可能な為、工事管理が容易になっている)

更に外注を効果的に使用することで切り離しを行い、システムの単純化を促進する。

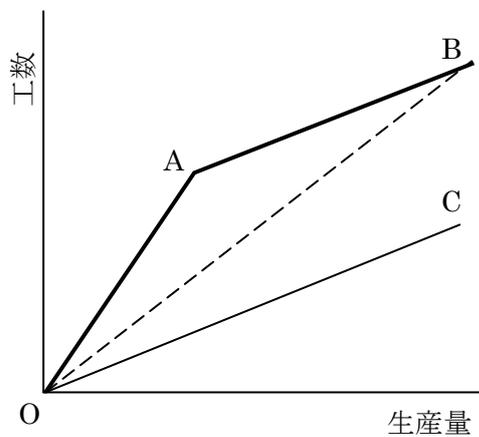


## 2. 2 各種グラフの説明

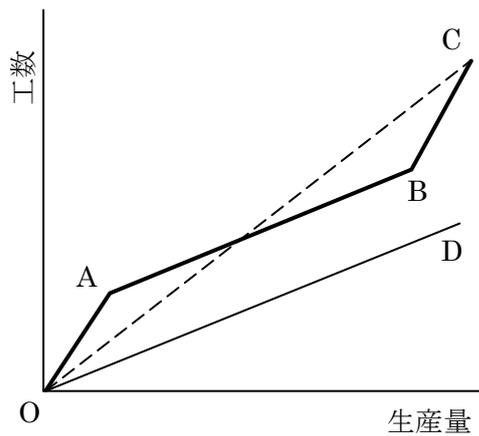
### 2. 1. 2 能率グラフの理解と利用 (工数 VS 生産量)

#### (1) 能率グラフの基礎

横軸に生産量、縦軸に工数をプロットした際、このグラフの傾きが能率を表している。生産量には、主に重量が使用されるが、場合によっては溶接線長が用いられることもある。



左図のような能率グラフ O-A-B は、開始後作業に手間取り、しばらくして安定し A-B となっている。この際、O-B を能率グラフとして評価してしまうのは誤りで、次回以降は準備と対策を行い、A-B の傾きである O-C の能率でもって、予定を組むべきである。

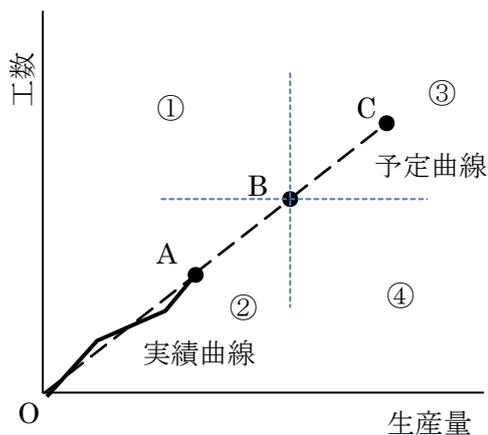


一般的な能率グラフは、O-A-B-C のようなものが多い。これは開始と終了前後において準備と後始末で手を取られて能率が落ちるが、その間においては能率が安定するからである。

通常、O-C を能率として評価してしまいがちであるが、前後の船の作業と重なっていること、そして準備と対策を行うべきである為、実際には O-D を能率とすべきである。

(2) 能率グラフを利用した工事進捗度の把握 (リアルタイムでの管理)

能率グラフ上で、予定曲線と実績曲線をプロットすることで、現在の工事の進捗状況を把握することが可能である。



Aの時点まで工事が進んでいるとする。

予定曲線上のB時点での実績がどこにプロットされるかによって、工事の進捗がわかる：

- ①Bの左上：工事は遅れ、工数増大
- ②Bの左下：工事は遅れ、工数減少
- ③Bの右上：工事は進み、工数増大
- ④Bの右下：工事は進み、工数減少

注意：

Bの右下(④工事は進み、工数減少)が最良のように思われるが、西島式生産管理では、B点の真上(つまり予定通りに進捗)が最良である。なぜならば、実際にはこの工事が単独で存在することは有り得ず、予定からずれる事によって関係する前後の工事に悪影響を及ぼす可能性が生じるからである。

例えば、予定よりも早く終わってしまうことにより、本来そのまま次の工事場へ運ぶだけで済んでいた半製品を仮置き場へと置かねばならなくなり、仮置き場の搜索、そこへの運搬、次工事開始時の半製品の搜索、仮置き場からの運搬といった余分な手間を取られてしまうことになるからである。また前工事が予定通りの進捗であれば、次の仕事を進めることができず、前工事が終わるまで暇をもてあそぶ事になり非効率である。

そして予定工数を下回った場合、次回以降の工数見積もりで修正をかけてゆかなければならないが、偶々、その時だけ工数が少なくて済んでいた場合、見積もりを誤らせてしまいかねない。その為に西島式では、いかなる場合でも、漸増漸減で調整を行うようにしている。

### (3) 能率グラフの理想形と、そこへのアプローチ

理想的な能率グラフは、原点からの直線グラフとなる。この時、仕事にはムラが無く、同一の設備と人員とで安定して作業を進めることが可能であり、また予定も立てやすくなるからである。

能率グラフが直線から外れる場合には、以下の2つの状況が考えられる：

#### ①工事に乱れが生じている

(2)の指標を使いながら原因を突き止め、対策を立てなければならない。またこの際、工事の前後の繋がりにも気を配らなければならない。近視的対策により前後の工事に悪影響を及ぼす可能性や、原因が前後の工事にある可能性が存在するからである。

対策としては、工法改善や施設変更の他、各工事での人員バランスの調整などが挙げられる。

#### ②生産管理モデルの構成が悪い

生産管理モデルの見直しと修正とを行わなければならない。

### (4) 成熟した能率グラフの利用法

実績を重ね、個々の対策や改善、生産管理モデルの修正を十分に行う事により、能率グラフは直線に近づき、また再利用に耐える精度を持つようになる。それにより、以下のよう用途に利用することが可能となる。

#### ・工場の生産能力の指標

新造船の建造線表を作成する際に、工場の生産能力として利用

#### ・同型船間での工数の比較

1番船と、2番船以降での工数変化の検討、工数削減の促進

#### ・類似船の工数の見積もり

同種で大きさの異なる船の工数見積もりなどのベースとして利用

(5) 能率グラフを利用した、生産能力の引き上げ

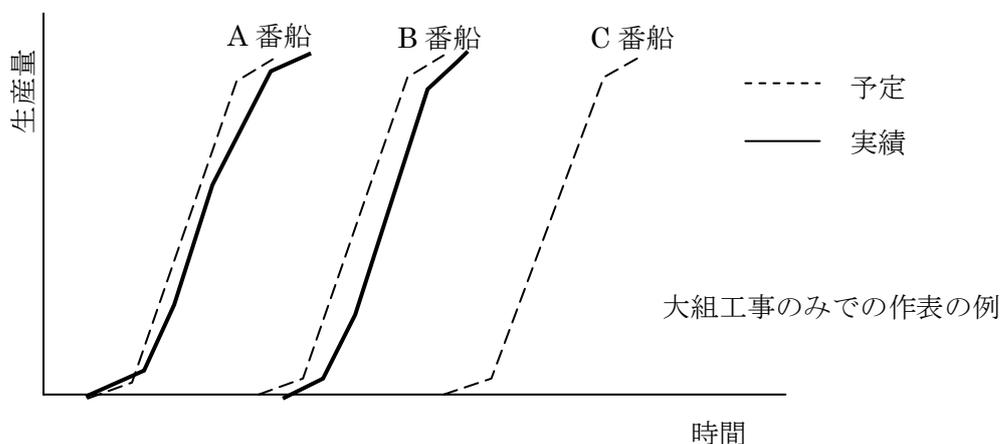
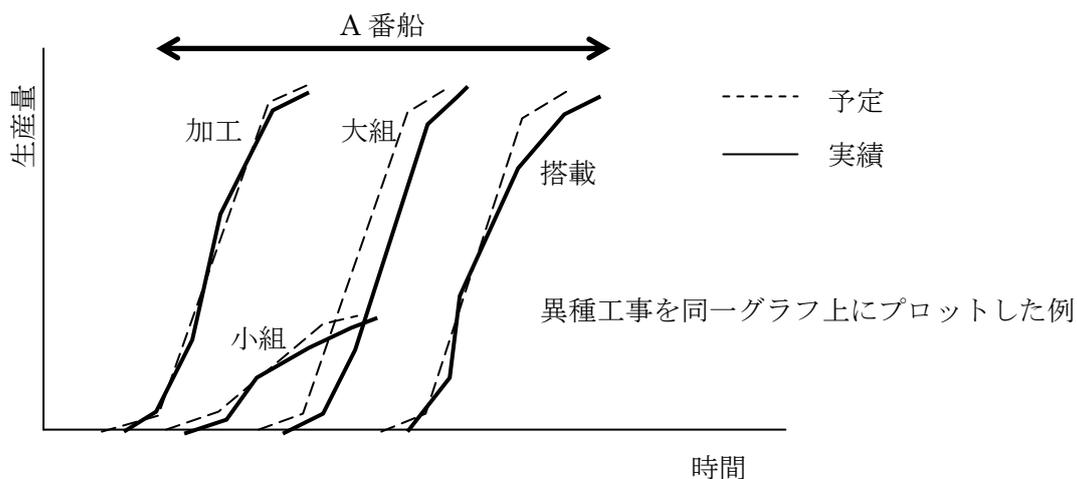
能率グラフの目標値を少しずつタイトにシフトして行くことで、潜在的な生産能力の限界を探り、生産能力を向上させることができる。

組織・設備の大きな変更調整を行わなくとも、各職場内や各作業員で可能な範囲での創意工夫によって解決可能な、潜在的生産能力が存在しているが、能率グラフによる目標値の漸増による誘導によって、この潜在的生産能力の向上を促進可能であるとしている。

2. 2. 2 船殻基本図表

時間経過（月別）と、その時点での累積生産量をグラフ化したもの。

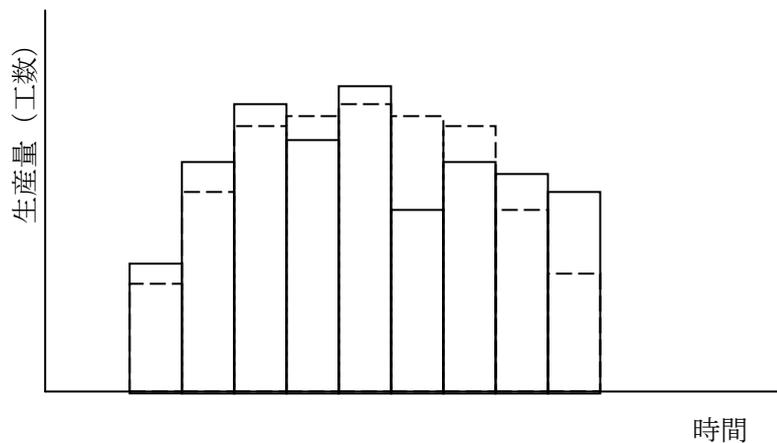
建造線表から加工、小組、大組、搭載の4工事へとブレイクダウンし、工場全体での生産能力の検討と4工事間のバランスのチェックとを行う。



### 2. 2. 3 生産量山積表・工数山積表

基本図表の値を用いることで、月別、工事別の生産量山積表を作成することができる。また能率グラフを用いて、工数山積表へと変換可能である。

山積表は定常である方が能率的であり、またある期間連続した最大の実績が、その造船所における生産能力を表すことになる。



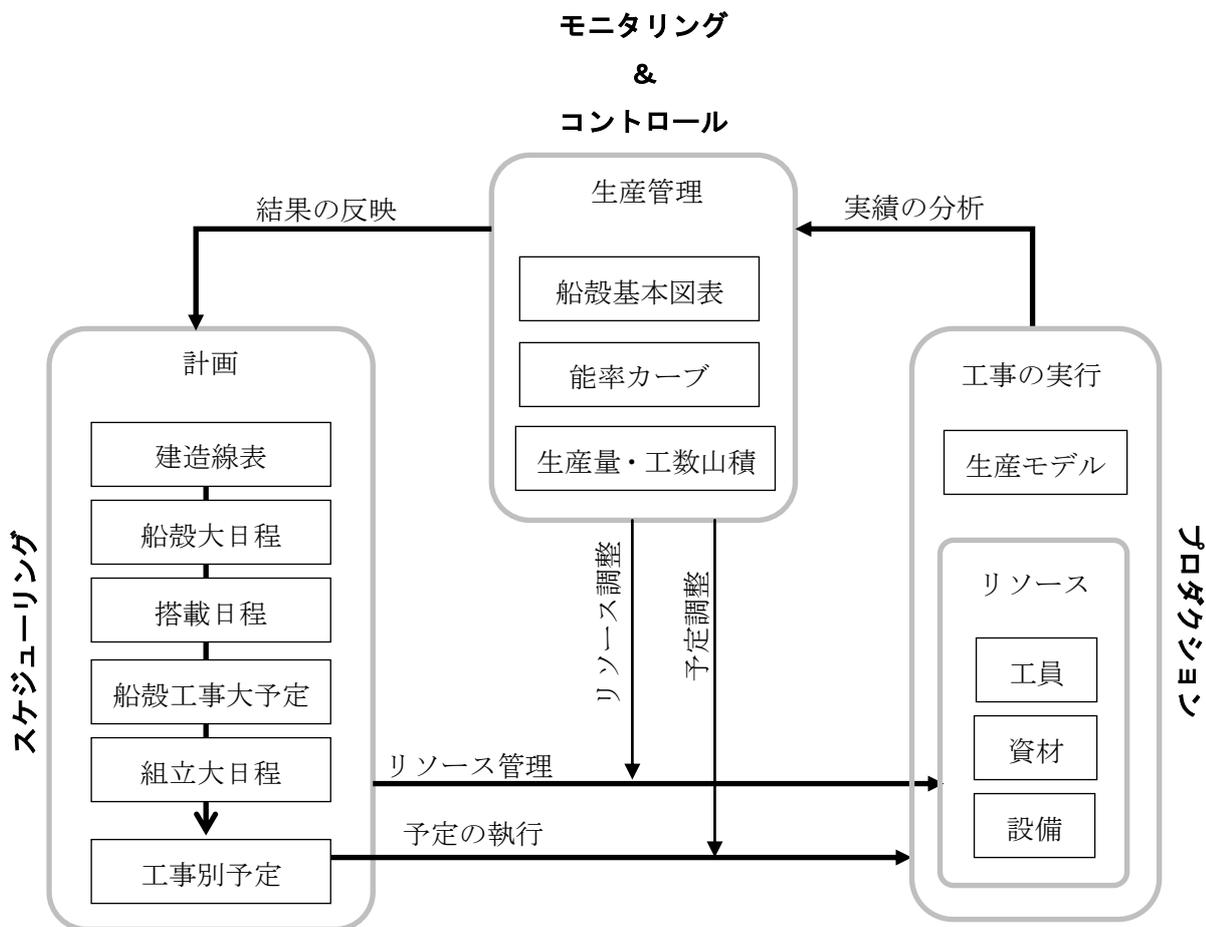
### 2. 2. 4 直接工員数計画図 (人員グラフ)

工数山積表の値を、工員 1 人当たりの月別標準工数で割ることで、必要となる工員数を割り出すことが可能である。

このグラフに工場での保有人員曲線と、在籍人員実績とを重ねることで、人員の過不足を調査可能である。

### 3. 全体的な作業の流れ

計画→工事の実行、だけでなく、工事实績の分析を行い、その結果を計画や工事の実行へ反映する。モニタリングとそれを基にしたコントロールとをリアルタイムで行うことにより、システム全体をより最適な形へと修正してゆく。



2つの目標：

- ・システム系の安定化（ムラの無い仕事の流れの実現による能率向上）
- ・システム系の能率向上（目標値漸増による生産性向上の促進）

#### 4. CMMI と西島式生産管理法

最新のマネージメント手法の一つとして、CMMI (Capability Maturity Model Integration) と呼ばれるものがある。システムで世界的に有名な米国のカーネギーメロン大学のソフトウェアエンジニアリング研究所が制度化したもので、相当に端折って説明すると、組織やその活動を、進化段階ごとのプロセスモデルによって記述し、この理想的な進化段階に従って組織やその活動を段階的に進化、熟成させることにより、マネージメントを効率的に行おう、というものである。

世界には理想的なゴールが必ず存在し、それを目指す事で全ての問題は解決される、という如何にもアメリカ的な発想の代物ではあるが、西島式生産管理法と同様に、巨大化・複雑化し続けるシステムや組織を、何とかマネージメントしてゆかなければならないという必要性の下で作られたものである。

その CMMI では、理想的には以下のような段階を踏んで進化して行くものであると定義されている。

レベル	連続表現・実行可能性レベル	段階表現・熟成レベル
0	未完成 (Incomplete)	
1	実行中 (Performed)	初期段階 (Initial)
2	マネージメント下、管理下 (Managed)	マネージメント下、管理下 (Managed)
3	定式化 (Defined)	定式化 (Defined)
4		定量化マネージメント下 (Quantitatively Managed)
5		最適化 (Optimizing)

それによると、進化段階として定式化と定量化マネージメントがあり、そして最終目標として最適化が設定されている。面白いのは、50年以上前の西島もまた、定量化マネージメント及びその最適化の重要性を説いていることである。1930年代から始まっていたアメリカでのプロセスに関する研究を、西島が何らかの形で取り入れていた為かと思われるが、ともかく、向かうべき最終目標に「定量化マネージメントと最適化」があることは、確かなようである。

## 5. 西島式生産管理法のその後、造船の今後

今回参照した西島の論文は、どちらも 1950 年代に書かれたものであるが、1997 年に出版された前間孝則著の「戦艦大和誕生」において、同型艦である武蔵と比べて 1/2 の工数で建造されるに至った戦艦大和の驚異的な生産管理法が「西島カーブ」として紹介されるまで、西島亮二も西島式生産管理法も忘れられた存在となっていた。しかも、同著において西島カーブの内容については詳細な記述もなく、最近になって西島亮二の論文の存在がネット上で明らかになり、漸くにしてそのあらましを知るに至った。

しかも西島亮二の名前どころか、日本の造船業における生産管理法そのものについての記述も少なく、調べてみても日本財団の資料や、造船の工作法をまとめた「鋼船工作法」に概略が職場別（加工、小組、組立、搭載）にバラバラに記述されているのみで、造船の生産管理法を体系的にまとめたものは、米国の造船所が作成した、IHI の造船技術の移管プロジェクトに関する英文ドキュメントしか確認できていない。

以上の事実は、大手造船所においてすらも、一度定式化してしまったプロセスを客観的に見直す機会が無かったことをしてしている。つまりは、組立や加工などのそれぞれの職場において固定化してしまったプロセスを、疑問にも思わず、この 40 年間ひたすらに繰り返して来た、ということなのである。

最近、造船においても 3DCAD やデータベースの導入などのデジタル化が進められ、定式化当時において物理的には不可能だった、膨大なデータの生成や計算が可能となりつつある。しかし、これまで行われたデジタル化も、過去に定式化された枠内に留まっており、そして現在のプロセスを見直して、デジタル化に見合った新しい手法やプロセスを創造しようという気配も一向にないのである。

これは、日本の造船業界がこの 40 年間、生産管理だけでなく設計や工作そのものにおいても、既存のプロセスを繰り返すだけの経験しか無かったことから、自らを客観的に捉え再構成し、定量化や最適化を進めるという作業のやり方が分からなくなってしまったどころか、そうした作業の必要性すら理解できなくなってしまった為ではないかと思われる。

既存の定式化された世界から抜け出し、新しい手法で新しい造船を行うためには、自己の客観化と再構成が絶対に必要であり、これが無ければ定量化とその後の最適化へは進めない。

前述の CMMI は、客観化から再構成、定量化、最適化に至るまでの形式と進化の進め方をマニュアル化していることから、やり方が分からなくなってしまった者にとっては丁度良い矯正道具となる可能性がある。しかし、あくまでも米国の文化の中で作り出されたツ

ールで余りに抽象的であることから、日本人が理解可能なものかどうかは不明であることと、そもそも CMMI のような客観化からの一連の作業の必要性を、既存の日本の組織に理解させることそのものが困難であるため、先行きは余り良くない。

以上

参考資料：

1. 「造船の工数計画とその統制に関する研究」 西島亮二 佐世保船舶工業技法 第 22 号 昭和 36 年 3 月 (防衛省戦史資料室蔵)
2. 「新造船の工数計画とその統制に関する研究」 西島亮二 西部造船学会会報 第 23 号 昭和 37 年 3 月 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007626868>)