

# エンジニアリング会社における プロジェクト・マネジメント・システム

那 須 宗 也

## 1. はじめに

プロジェクト・マネジメントという言葉は、近年一般に広く使用されるようになったが、この理論は、米国を中心に長い年月と経験を経て形成され、今日に至っている。最近のエンジニアリング業界では、市場の拡大とプロジェクトの巨大化、複雑でリスクの多い海外プロジェクト、国際的なコンソーシアム・プロジェクトなどに対応して、プロジェクト・マネジメントの重要性が認識され定着しつつある状況にある。特に、米国の国際石油資本系の仕事は、常に進歩したマネジメント技術が要求され、また開発途上国では、少数の指導者と一般労働者との教育格差などの社会構造に起因する人材不足からプロジェクト・マネジメントの代行をエンジニアリング会社に求めている。このことは、プロジェクト・マネジメント能力が、エンジニアリングやコンストラクションの能力・実績とともにエンジニアリング会社の大きな評価ファクターになってきていることを意味している。

## 2. プロジェクト・ライフ・サイクルと エンジニアリング会社の役割

図1は、生産・販売会社のプロジェクトのティ

ピカルなライフ・サイクルとエンジニアリング会社（コントラクター）の役割関係を示したものである。プロジェクトは、図にあるように“何を生産するか”の計画から設備への投資とその資金の回収に至るライフ・サイクルをもっており、このプロジェクトの遂行のための管理が、プロジェクト・マネジメントである。このプロジェクト・ライフ・サイクルの中で、エンジニアリング企業の果す役割は、企業化にさきだち行なう概念設計・計画段階のフィジビリティ・スタディ、実行段階のプロジェクトの計画から設計・機材の調達・建設・試運転までを制約された時間と予算内で遂行し、設備の能力、製品の品質が所定の目標を達成でき、運転性・保全性・安全性をも確保できるようにすることにある。

## 3. プロジェクト・マネジメントの必要性 と手法の歴史

### 3.1 プロジェクト・マネジメントの必要性

プロジェクトには、多種多様な形態があるが、異種技術の組合せによる技術上の複雑さ、制約された時間とリソースの中で巨額の投資を行なうケースが多い。特に海外におけるプロジェクトでは、その国の政治、国民性、宗教、経済構造、教育レベル等の違いからくる予期しがたい事態など不確定な要素が潜在しており、リスクは非常に大きい。このような状況のなかでプロジェクトを初

なす むねや 日揮㈱ 業務本部

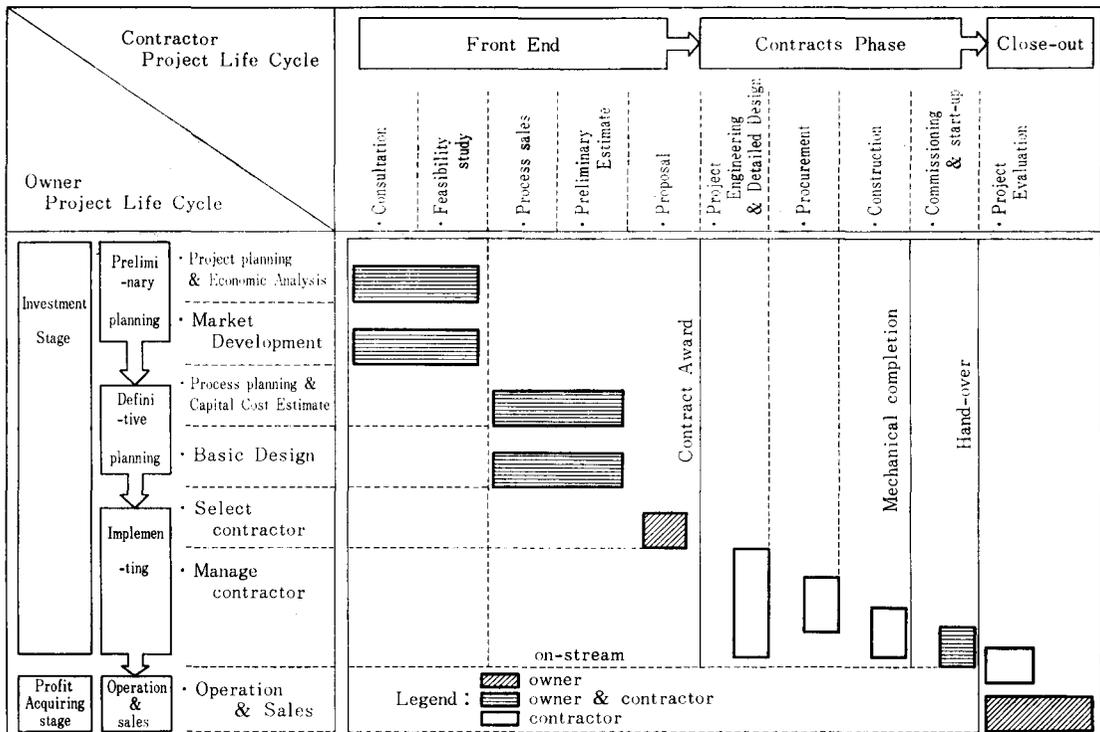


図1 プロジェクト・ライフ・サイクル

期の計画通りに遂行するには、高度なマネジメント努力が不可欠となっており、熟練した優秀なプロジェクト要員を確保し、機能的な組織の中で科学的なマネジメント手法を積極的に活用してゆくことが必要となっている。エンジニアリング業界では、このようなプロジェクトの環境と最近の海外プロジェクトの新しい状況、たとえば、

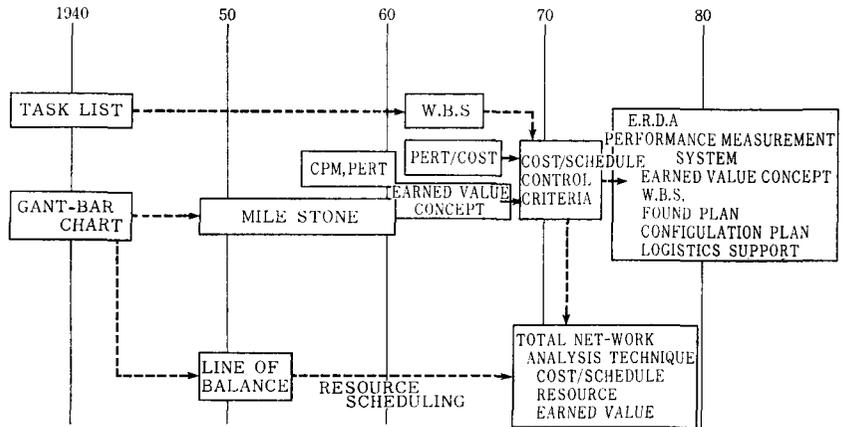
- ・石油精製，石油化学プラントから資源エネルギー開発，社会開発プロジェクトなどへの市場の拡大
- ・契約形態（ランブ・サム，コスト・プラス，ユニット・プライスなど）や契約業務範囲（FOB方式，タンキー方式，ソフトウェアなど）の複雑化，多様化
- ・外国系企業とのコンソーシアム／ジョイント・ベンチャーによる連合応札
- ・世界の経済摩擦を避けるためのプラント機材の海外調達，海外の建設労働者の確保など国際的な分業化

・変動する為替や金融面の国際化などに対応できるプロジェクトの管理能力が必要となり、このためのプロジェクト要員の育成と高度な管理技術として体系化された管理システム、すなわちプロジェクト・マネジメント・システムの開発が進められている状況である。

### 3.2 プロジェクト・マネジメント・システムの歴史

プロジェクト・マネジメント・システム（ここでいうシステムは、コンピュータ処理システムではない）を知るには、その歴史をひもとくことによって理解できる。日本では、プロジェクト・マネジメントの概念が導入されて、すでに十数年になるが、当初はその手法の1つであるPERT／CPMの効用の幻想にまどわされて、過大の期待から失敗に終わった時代があった。しかし、プロジェクト・マネジメント・システムの先進国である米国では図2にあるように着実に進歩を遂げて

図 2 米国におけるプロジェクト・マネジメントの歴史



いる。これは、米国が国家的威信をかけた宇宙開発、エネルギー計画など超大型開発プロジェクトを遂行するための政治的な背景と混合民族、合理主義、契約社会、教育格差、経済格差などの国民性・社会状況からくる背景が、発展の動機となっている。ここ10年間の発展は、パフォーマンス測定を中心にマネジメント・システムが研究・開発され、政府機関に用いられ、造船、ユーティリティ、建設と民間にも使用されるようになった。また、初期のマネジメント手法の適用の失敗から得た多くの経験とコンピュータによる使いやすいツールの開発が、この発展に貢献している。

#### 4. プロジェクト・マネジメント・システム

エンジニアリング会社のプロジェクト・マネジメントは、図3のシステム概念図にあるようにプロジェクトの実行段階（設計、調達、建設）において、これを遂行するために行なわれる次のようなPlan-Do-Seeのサイクリックなマネジメント活動である。

- ・プロジェクト遂行の思想、方針、戦略を打ち出し、これにもとづいた作業の進め方の計画立案
- ・プロジェクトの計画にもとづいて行なわれる作業の進捗状況の把握と実績データの収集
- ・計画と実績データの差異分析による作業の達

#### 成度評価と予測

- ・達成度の評価と予測に現状のプロジェクトの環境を考慮して行なう意思決定と再計画の立案

また、このマネジメント活動の対象は、

- ・プロジェクト遂行作業(設計、調達、建設)の計画管理
- ・組織およびマンパワーの計画管理
- ・コスト、スケジュール、品質の計画と管理
- ・プロジェクト・ファイナンス

であり、これをシステムとして有機的に体系化したものがプロジェクト・マネジメント・システムである。このプロジェクト・マネジメントのシステム化について、あるプロジェクト・マネジャーのたとえ話を紹介する。

「対岸に見える河を舟で渡るには、羅針盤や海図は必要でないが、対岸の見えない大海では必要となる。」

このたとえは、海流や天候など不確定な要素により狂う航路を常時、羅針盤や海図で確認しタイミングよく修正できるというシステムがプロジェクトにも要求されるということである。海外プロジェクトや巨大なプロジェクトでは、このようなケースが多くなっており、制約された時間と予算の中でプロジェクトの目的を達成するため、完成時の予算と実績の比較や作業工程の計画だけでなく、プロジェクトの遂行の中で現時点での作業の

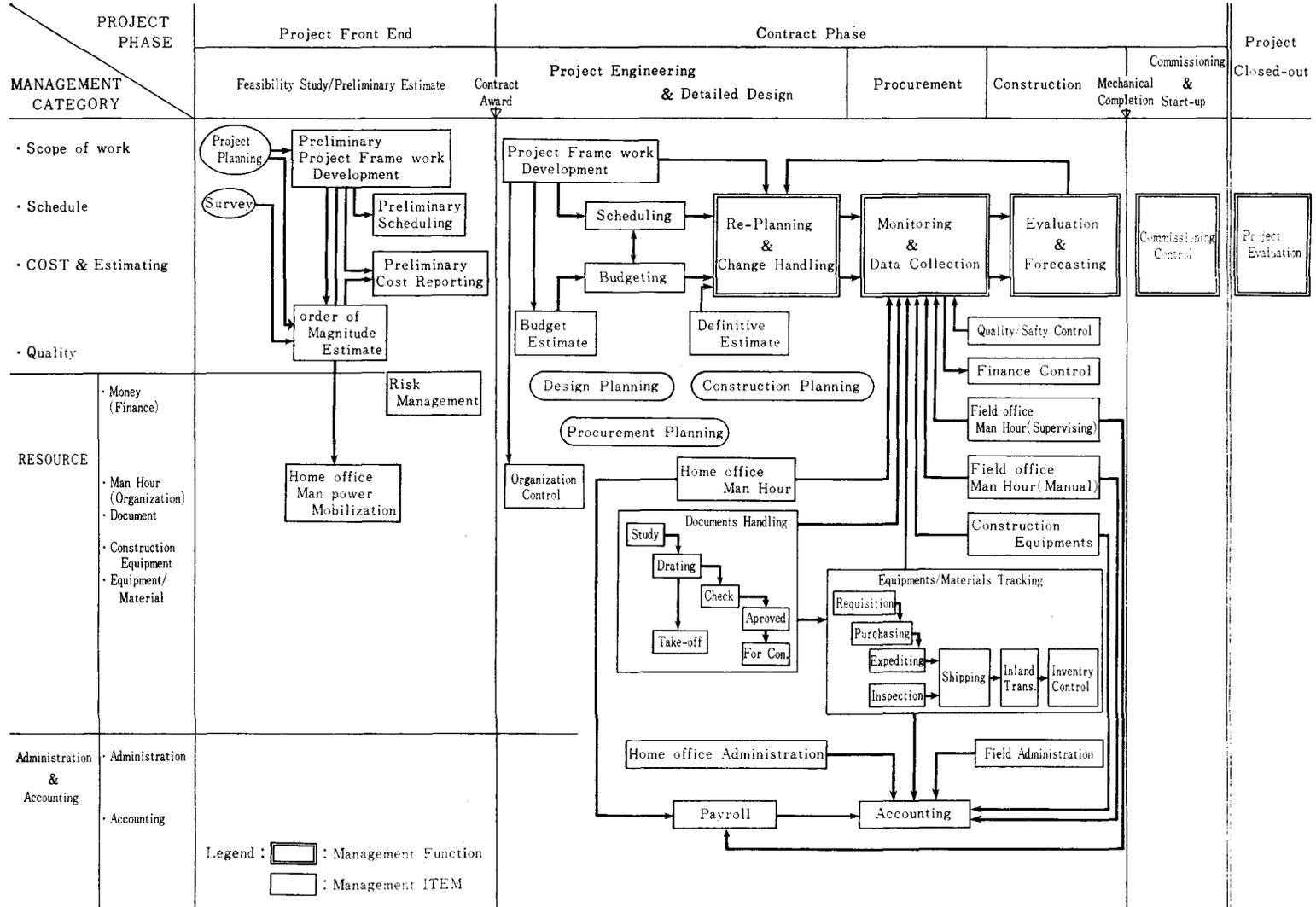


図 3 エンジニアリング会社におけるプロジェクト・システム概念図

達成度評価がコストとスケジュールを統合して見られるようにすることが重要課題になっている。この課題を解決する手法の一部は、第5章に述べる。図3は、コスト、スケジュールおよびリソース（人、資材、建機、現金）を中心に展開したものであるが、このシステム化に当って現在進めている作業は、海外プロジェクトを対象に海外のプロジェクトの経験で得たエンジニアリングやコストラクションの実績データの充実、プロジェクト遂行手順とその管理方法の整備（マニュアル化）、コントロール・コード体系の確立である。エンジニアリング会社のコンピュータ利用は、その多くが設計分野であったが、最近ではプロジェクト遂行のための個々のリソース管理への利用が充実してきている。たとえば、

- ・プロジェクトの実績データの分析整理とこれを利用したリソースおよびコスト見積り計算
  - ・エンジニアリング・マンパワーとレーバ・マンパワーの集計とコスト計算
  - ・設計の進捗を示すドキュメント類（図面、仕様書など）の出来高集計
  - ・建設工事の進捗を示す出来高の集計
  - ・資材の調達、輸送（ SHIPPING、現地内陸輸送）、現場在庫管理の一連の事務処理
  - ・資材・工事の発注および検収データと一般会計業務の計算処理と記録
  - ・建設現場のアドミニストレーション業務（入出門、宿舍の管理、経理事務等）の事務処理
- この結果、コスト/スケジュール、ファイナンス

関係のマネジメントレポートがタイミングよく、効果的に作成できるようになってきた。しかし、プロジェクト・マネジメントにおけるコンピュータ利用は、頂点に達したわけではなく、プロジェクト・マネジャーの価値観とニーズによって今後の方向が決められる段階である。また、プロジェクト・マネジメント関係のコンピュータ・ソフトウェアは、マネジメント手法の進歩とともに開発が進められ、すぐれた市販品が流通してきており、プ

ロジェクトのオーナーやエンジニアリング会社、サブ・コントラクターとの共通のツールとして活用されるようになるであろう。

## 5. 最近のプロジェクト・マネジメント手法

これから紹介する手法は、コストとスケジュールの統合化（有機的な連動）という課題のなかですでに米国のエンジニアリング会社では実用化がすすみ、国内のエンジニアリング会社でも採用され始めている手法の一部である。

### 5.1 パフォーマンス測定概念

プロジェクト・マネジメントは、コスト、スケジュール、技術の各要素の管理であり、これらは相互に関連し、個別には管理することができないはずであるが、実際には実務的な面から各要素の作業分解の仕方が相違するため別々の手続きとして論じられ、適用されてきた。この概念は、プロジェクト・マネジメントの目標設定と達成度評価の基準をコストとスケジュールのパフォーマンス測定で示すものである。

#### (1) ワーク・パッケージの計画

計画なくして管理ができないようにこのステップは、このシステムの心臓部である。このステップでは、まず管理する各要素の作業分解の仕方を統一し、管理のやりやすい適切な大きさにプロジェクト全体をブレイク・ダウンし、作業管理単位（ワーク・パッケージ）を決める。このワーク・パッケージは、次のような特性をもっていなければならない。

- 業務遂行レベルの最小管理単位で組織上の責任単位との対応がある。
- 作業の範囲が明確に定義され、他と区別できる。
- 作業期間、リソース、予算を有し、コスト・アカウントに対応づけられる。
- 達成度を測定できる尺度（金額、時間、マイ

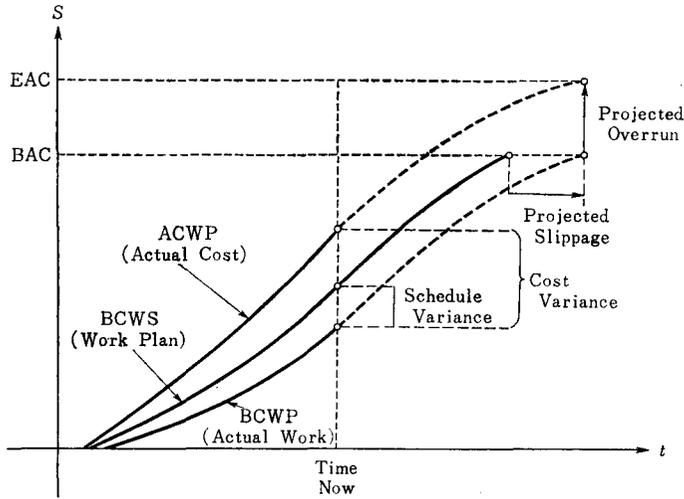


図4 プロジェクト・パフォーマンス評価

ルストーン)を有す。

このワーク・パッケージを設定する方法として、古くからあるWBS(ワーク・ブレイクダウン・ストラクチャー)の概念が、適用されている。プロジェクトによってこのワーク・パッケージの大きさは違いますが、たとえば、建設工事エリアを管理しやすい大きさに物理的に区切りそこで行なう作業の1つ、たとえば配管工事が1つのワーク・パッケージとなる。この配管工事をさらに詳細な作業にブレイク・ダウンすることは可能であるが、あまり細かくすることは、このパッケージの数が多くなり実務上複雑になるためベターではないケースが多い。このワーク・パッケージの大きさを決めることが、管理を行なうポイントとなる。

(2) パフォーマンスの測定

計画と実績の差を比較する場合、従来は完了時の予算(BAC)と現在までの発生原価の差を比較するか、全体予算を時間軸に合わせて配分した計画予算(BCWS)を累積し、Sカーブを作成し発生原価(ACWP)と

比較していた。しかし、これらは予算と発生原価の差が原価低減によるものか、スケジュールの遅れによるものが判断できない。このため、もう1つの基準として出来高(BCWP)概念を導入し、現在までの計画予算、発生原価、作業の出来高の差異によりプロジェクトの進行状況を判断する。この出来高の測定方法は、ワーク・パッケージごとに誰にでも単純に解釈できる方法をとることが必要で、たとえばワーク・パッケージが完了した時に、その作業の計画予算の100%を出来高にするとか、作業を開始したら50%を、完了した時に残りの50%を計上するなどの測定方法がある。図4は、現時点でのプロジェクト全体の達成状態をコストで示したグラフであり、図のACWPとBCWPは各ワーク・パッケージの作業結果から山積みされたものである。このグラフは次の項で示す計算式で求められるように、計画よりコストは超過し工程も遅れている状態を示しており、原因を早急に追求しなければならない。

比較していた。しかし、これらは予算と発生原価の差が原価低減によるものか、スケジュールの遅れによるものが判断できない。このため、もう1つの基準として出来高(BCWP)概念を導入し、現在までの計画予算、発生原価、作業の出来高の差異によりプロジェクトの進行状況を判断する。この出来高の測定方法は、ワーク・パッケージごとに誰にでも単純に解釈できる方法をとることが必要で、たとえばワーク・パッケージが完了した時に、その作業の計画予算の100%を出来高にするとか、作業を開始したら50%を、完了した時に残りの50%を計上するなどの測定方法がある。図4は、現時点でのプロジェクト全体の達成状態をコストで示したグラフであり、図のACWPとBCWPは各ワーク・パッケージの作業結果から山積みされたものである。このグラフは次の項で示す計算式で求められるように、計画よりコストは超過し工程も遅れている状態を示しており、原因を早急に追求しなければならない。

(3) パフォーマンスの分析・評価

コストおよびスケジュールのパフォーマンスの評価を行ない、現在の達成度からプロジェクト竣

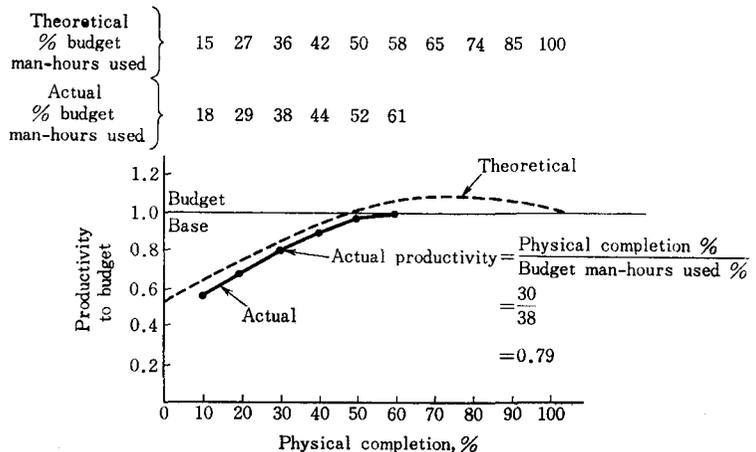
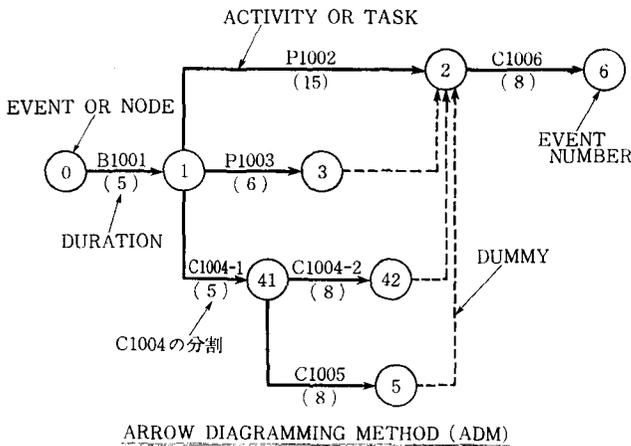


図5 パイピング・レーバーのプロダクティビティ



(SPI, CPI > 1 : 望ましい)  
 指標  
 SPI, CPI = 1 : 標準  
 SPI, CPI < 1 : 望ましく  
 ない指標)

この分析結果から、望ましくない差異については、原因を追求する必要がある。この構成要素は、プロジェクトに必要な機材と作業の“量”(Q)と“効率”(h)と“単価”(R)で次式で表わせる。

$$SPI, CPI = (Q/Q') = (h/h') \times (R/R')$$

—完成時予測

実績値をベースに完了時のコストを予測する。

BCWP/BAC (完了時の予算に対する完了比率)

ACWP/EAC (完了時の推定総額(EAC)に対する支出比率)

$EAC = BAC \times ACWP/BCWP$   
 (完了時の推定総額)

図5は、配管工事の作業効率の評価を行なう分析例である。これは、計画に対しての出来高とその作業効率の関係を示したもので、初期は作業効率が悪いが馴れてくると上昇して上がることが示されている。しかし、実際に作業効率が悪く回復不可能な状態が予想できたならば、もっと労働力や建機を投入するか、要員を入れ替えるか、作業のやり方を変えるかなど判断しなければならない。

## 5.2 ネットワーク手法

この手法は、プロジェクトのスケジュールの管理に欠くことのできないものであるが、ネットワークの作成やフォローアップ作業に多くの労力を必要としている。ここでは、最近盛んに使用されているネットワークの表わし方の1つであるプレジデンス・ダイアグラム法(PDM)について紹介

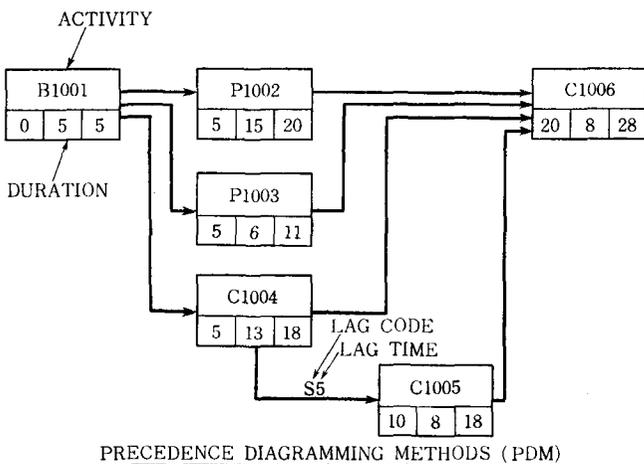


図6 ネットワーク・ロジック・ダイアグラムの比較

工時点までのトレンド予測をする。

—差異分析

ワーク・パッケージごとの計画値と実績値の差異の把握で+は望ましい相異を示す。

$$\pm SV\% = (BCWP - BCWS) / BCWS \times 100 \text{ (スケジュールの差異)}$$

$$\pm CV\% = (BCWP - ACWP) / BCWP \times 100 \text{ (コストの差異)}$$

—トレンド分析

$SPI = BCWP / BCWS$  (スケジュール・パフォーマンス)

$CPI = BCWP / ACWP$  (コスト・パフォーマンス)

する。ネットワークの表わし方には、古くからあるアロー・ダイアグラム法(ADM)があるが、このADMを使用したあるプロジェクトでは、6000アクティビティの内1/3がダミー・アクティビティにもなっているケースがあって取扱いを複雑にしている。図6はADMとPDMの比較例であるがPDMのほうがわかりやすく、直接的で取扱いやすくなっている。たとえば、

—ダミー・アクティビティがなく、ネットワークが簡略化する。

—ガント・チャートの相互関連でロジックが表現できる。

—ネットワークの追加変更が容易である。

—アクティビティの分割が不必要なオーバーラッピング機能をもつ。

などの特徴をもっており、この特徴からアクティビティそのものが、先に紹介したワーク・パッケージと表現の上でも対応することになり、取扱いやすくなっている。

## 6. おわりに

以上は、エンジニアリング会社におけるプロジェクト・マネジメント・システムの一部であって、

プロジェクトがその目的達成のために、プロジェクトの遂行過程で臨機応変に処置してゆくシステムは広く、深く複雑である。プロジェクト・マネジメント・システムの理論面での展開は、ますます進歩すると思われるが、エンジニアリング会社にとってこれを実用化することとこれを効果的に使いこなすプロジェクト要員の育成が今後力を入れる対象になるであろう。

## 引用文献

- [1] Larry Turf : C/SCS-Overview Approach, 1979 Proceedings of PMI, 331-346
- [2] エンジニアリング振興協会:プロジェクト・マネジメントに関する調査報告, 1978, 7
- [3] Forrest D. Clark and A.B. Lorenzoni: Applied Cost Engineering, Marcel Dekker Inc, 1978.
- [4] 1978, 79, 80 of the AACE Transactions
- [5] Richard H. Clough and Glenn A. Sears : Construction Project Management, John Wiley & Sons, Inc., 1979
- [6] Project Management Institute(PMI) : The Implementation of Project Management, PMI 1980

## 研究部会報告

### ●環境システム●

- 第1回 日時: 3月18日(水) 18:00~20:00 場所: 日科技連 参加者: 4名 テーマ: 1. ターンパイク定理について 小田中敏男 2. 今年度の研究方針について 有水 暁

[要旨] 1. 数理経済学における線形モデルとして創られたターンパイク定理は非線形モデルに拡張され、さらに確率的要素を含む場合も考察されている。その適用分野もマクロな経済学分野からミクロなOR分野まで進出している。実用化研究が要請されている。

2. 今年度の研究方針としては地下水による新しい水資源開発の中心として、広く生態学、計画制御、OR接近も併せ検討することとした。

- 第2回 日時: 4月15日(水) 18:00~20:00 場所: 日科技連 参加者: 4名 テーマ: 地下水に対する最適揚水政策について 小田中敏男 2. NP完全、順列スケジューリング問題における変換法、鍋島一郎

[要旨] 1. 最近地下水揚水政策についてOR的な手法が多く用いられて、波上げにともなうメリットとデメリットを考えあわせて、最適化を図る場合が多くなってきた。未だ数学モデル構成に多くの問題が残されている。  
2. 多項的計算時間で最適スケジュールを求めうる special cases の範囲を拡すること。solvable cases をふやすために有効な変換法とその応用結果が述べられている。