

国際建設プロジェクトの 生産性向上プログラムに関する研究

草柳俊二

正会員 大成建設株式会社 国際事業本部土木部 (〒160-06 東京都新宿区西新宿 1-25-1)

欧米での生産性向上プログラムは一般に、日本のように直接労働に携わる者の自主性を尊重したものではない。特に、米国においては生産性レベルの測定技術を駆使し、生産活動の状況を客観的に捉え、生産性に係わる問題を摘出する形のプログラムが主流を占める。ワークサンプリングは作業状況を統計的に分析し、生産性レベルを定量的に捉えるための技術手法として米国では広く活用されているものであり、その信頼性は既に多くの実施例により実証されている。本研究は国際建設プロジェクトへの適用を目的として、労働者の自主性を主体とした日本流の生産性向上プログラムに、この技術を取り入れた新たなプログラムの構築を試み、その実効性を検証したものである。

Key Words : productivity improvement, work sampling, Q.C. circle activity

1. まえがき

生産性管理とは「より良い品質の製品を、より少ないコストで、できる限り速やかに、かつ安定して生産してゆくか」を追求してゆくことであるといふ。建設プロジェクトの生産性管理に於いてもこの原則は何ら変わりはないと考えてよい。

一般に、製造事業のマネジメントに於ける品質管理 (Quality Control) の実体は、商品となる製品の信頼性の維持・向上を主体に据えた形での生産性管理 (Productivity Control) であり、品質管理と生産性管理はほとんど同意として捉えられているといってよい。建設プロジェクトの場合、完成の建造物だけでなく「コストと時間の管理内容」そのものが「製品」の範疇となりえる。このために、生産性管理を品質管理と同意として考えることは難しく、より広い範囲で捉えることが必要となってくる。すなわち、品質管理、コスト管理、工程管理、安全管理等を総括した形で生産性管理を捉えてゆくことが求められる。

本研究の第1の目的は上述の考え方の基に、国際建設プロジェクトの実体に適合する生産性向上のプログラムを見出すことであり、日本の企業が用いている労働者の自主性を中心とした生産性向上プログラムに、欧米の生産性管理技術の根幹をなす、統計的

生産性分析の手法であるワークサンプリング技術を取り入れた、新たなプログラムの構築である。第2の目的は、コスト管理や工程管理、見積・積算等に生産性向上プログラムの各種結果データを活用する方法を策定し、その実効性を検証するものである。

2. 新生産性向上のプログラム構築の構想

一般に、欧米企業に於いてみられる生産性向上活動は、生産に直接携わる部門自身が中核となって行うのではなく、トップマネジメントがこの分野の専門家に依頼してプログラムを組み立て、実施させる形態をとっている。

依頼を受ける専門家は、学術研究者やコンサルタント等であり、彼らはその職場に合った方法や手順等の具体的な内容を検討し、実施プログラムを組み立てる。しかしながら、ほとんどのプログラムは、生産性向上活動の対象とされる組織や職場の「生産性レベルの実態調査と問題点の指摘」を中心に置いたものであり、本来の目的である「生産性の向上」と言う切り口では具体策に乏しいものとなっている。もちろん、生産性向上のための幾つかの方策は提示されるのだが、これを受けたトップマネジメントはほとんどの場合、自身でその内容を深く検討することなく、生産部門に実施の指示を出す。

このようにして実施されるプログラムは確かに短期的には顕著な効果が現れるが、有能なコンサルタントによって実施した場合でも、大半は彼らが現場から離れると次第に停止してしまうことになる。

投棄の反作用のように、組織外からの指示や対策が強要されれば、それだけ生産組織内の各マネジメントレベルからの反動が発生することになる。これを抑え込むことは、組織の自己管理機能の低下につながることになりかねない。改めて述べるまでもなく、生産組織の自己管理機能を高めてゆくことはマネジメントの根幹であるといってよい。トップダウンの意志決定原理構造を基盤とする欧米流のマネジメントにみられる生産性向上活動はこの観点からすると、原理的にかなり無理があるものとも言える。

トップダウンの意志決定原理思考でのマネジメントでは、トップが決定した方針に則り、割当られた役割範囲の業務を確実に処理してゆける各種専門職の存在が不可欠な条件となってくる。多くの条件変化に対応してゆかねばならぬ建設プロジェクトのマネジメントに於いてはその傾向がより鮮明となってくる。プロジェクト組織は通常、

- ①アドミニスト레이ター : Administrators
(労務、調達、経理、法務、涉外等を担当)
- ②エンジニア : Engineers
(施工、コスト、工程、契約等の計画・管理
および各種問題分析・解決策の策定を担当)
- ③スーパーインテンデント : Superintendents
(プロジェクト遂行の実作業を指揮・監督する)

という3種の専門職種により構成される。各職種は互いにその専門性を維持し、それぞれの責任と権限も明確にされており、国内の建設マネジメントにみられるような相互協調のマネジメント理念が原理的に生まれ難い環境となっている。欧米流のプロジェクトマネジメントのほとんどの生産性低下問題はこの点に起因するといつてもよい。

国際建設プロジェクトのマネジメントにおいて留意すべき点は、程度の差はある、トップダウンの社会構造を基盤としている諸国をその市場とすることであろう。従って目指す生産性向上プログラムの構築の課題は「トップダウンの意志決定構造」のマネジメントの中で「ボットムアップの意志決定構造」を背景に持つ日本流の生産性向上活動の根幹要素である「労働者の自主性を尊重した管理技術」をどのように組み込んでゆくかを見出してゆくことになる。

新たな生産性向上プログラムでは、前述の3専門

職種間の生産性に係わる問題調整を担うプログラムコーディネイター (Program coordinator) を先ず任命し、これと共に、プロジェクト遂行の最先端で実質的に作業を指揮するフォアマン (foreman) をプログラムの主体者におき、その意見を出来る限り取り入れ、生産性の阻害要因の特定や問題解決の方策を見出すこととした。これと共に、次章で述べるワークサンプリング技術を活用し、各作業エリアの生産性レベルを数値的に把握すると同時に、実行した作業改善方策の効果確認にも活用することとした。

3. ワークサンプリング調査技術

統計的分析による品質や生産性管理手法の先駆者といえる米国に於いては、生産性レベルの測定に関する多くの研究がなされている。ワークサンプリング調査法 (Work Sampling Survey Method) は主に工場の生産ライン等を対象として使用されているのであったが、建設プロジェクトでも最近広く活用されている。

筆者は国際建設市場でのプロジェクト・マネジメントに関する研究の目的で米国の大手建設企業に約1年半在籍する機会を得た。その際に、在籍企業が建設を行った石炭火力プラントと原子力プラントの2つの建設プロジェクトで、生産性向上推進部のメンバーとして実際にこの測定技術を用いたプログラムの実施に携わった。

本稿で述べるワークサンプリング調査方法は、テキサス州立大学 (UNIVERSITY OF TEXAS : AUSTIN, TEXAS) のコンストラクション・マネジメント研究グループの指導により見直しがなされたものである。

(1) ワークサンプルの区分設定と定義付け

ワークサンプリングとは、言葉のとおり作業動作の状況をサンプル (標本) として捉え採集することであり、これを統計的に解析し生産性レベルの測定を行う。サンプリングの方法は一定の間隔で作業現場を写真に収めてゆくタイムラップス写真分析 (Time Lapse Photography) によるものや、ビデオカメラを用いたもの等があるが、本稿で述べるワークサンプリング調査は、シンプルランダムサンプリング (Simple Random Sampling) を用いたものである。この方法は特別な器具を必要とせず、建設プロジェクトのように日々作業の箇所や状況が変化するものには適したものと言える。ワークサンプリング調査はいずれの場合でも、その実施に先立ち、採集されたサンプルの分類のために作業動作 (Activity) の区分と定義設定を行っておく必要がある。

表-1 作業動作の生産性分析区分と作業構成要素区分

生産性分析区分	作業構成要素区分	
1) Direct Work (直接生産動作)	①Direct Work	(直接生産動作)
2) Support (補助支援動作)	②Read Plans/Instruction (図面や指示の確認動作) ③Travel (作業員自身の移動動作) ④Transportation (資機材の運搬動作) ⑤Tools/Materials (工具／材料の準備動作)	
3) Delay (作業遅延動作)	⑥Late Start/Early Quit (作業開始遅延／切上終了) ⑦Waiting (待機) ⑧Personal (個人的理由での作業遅延) ⑨Break (定められた小休止・休憩)	

表-1はその区分を示したものである。

作業動作は、この表に示すようにまず生産性の面から捉え分けをおこなう。次に、これらを作業の構成要素の面から捉え区分する。

a) 生産性分析区分と各項目の定義

作業動作を生産性分析の視点で区分した場合、このプログラムでは以下の三つの因子に区分する。

①直接生産動作 (Direct Work)

生産性に直接的に結びつく作業動作。

②補助支援動作 (Support)

生産性には直接結び付かないが、直接生産動作を補助・支援するための必要不可欠な動作。

③作業遅延動作 (Delay)

直接生産動作や補助支援動作の進行を阻害し、停滞させる動作。

b) 作業構成要素区分と各項目の内容定義

作業構成要素区分の内容は以下のようになる。

①直接生産動作 (Direct Work)

工具、資材、機械等を用い工事の物理的な遂行に直接寄与する作業をおこなっている動作。

・肉体的な作業動作：スコップでの掘削作業、溶接作業、手ハンマー作業、鉄筋結束作業等の動作。

・作業箇所にて作業をおこなっている間に工具や材料等を持ち上げたり、下ろしたりする動作。

・作業場所での計測・測定をおこなう動作。

・他の作業員が結束するために鉄筋を支えているといった、必要に応じ材料や機械、工具等を持っている動作。

・本設の資機材を正しい取りつけのための位置出、検査をおこなっている動作。

- 手袋、安全ベルト、ゴーグル等、作業遂行に不可欠な装着品の脱着をおこなっている動作。

- 直接的な生産作業としての工具や機械の清掃動作。
- エリアの引き渡しや、コンクリート打設前等、作業完了時にに行わねばならない清掃作業動作。

- 旋盤、クレーンやブルドーザー等の建設に必要な機械を運転している動作。

- クレーンへの合図、誘導等の動作。

- 配線や電線接合、機器据え付け等の動作。

- 運搬されてきた資機材を据付け等の前作業として取り扱っている動作。または、運搬や積下ろし作業が直接契約作業となっている場合の作業動作。

- 検査、測量、監督等を担当する者が任務遂行のためにそれらの業務おこなっている動作。

②図面や指示の確認動作

(Read Plans/Instruction)

直接生産動作 (Direct Work)に着手する、あるいは継続するための指示伝達の授受、及び仕様書・図面等のチェックや確認の動作。

- 図面をチェックし、作業内容を把握する動作。

- 作業指示書を読み、作業内容を確認する動作。

- 作業内容を確認するためメモを作成する動作。

- フォアマン、スーパーインテンデント、インスペクターとの1対1あるいはグループでの打合せ。

③作業員自身の移動動作 (Travel)

作業箇所から作業箇所へ資機材の運搬の目的ではなく、徒歩あるいは車両での人員の移動動作。

- フォアマン、スーパーインテンデントやインスペクターとの打合せのための作業箇所からの移動。

- 作業を終了し、新たな作業箇所への移動。

ワークサンプリング調査表 ; SIMPLE RANDOM SAMPLING SURVEY

Craft Code _____ Work Area No. _____ Date ____ / ____ /19 Day ____ Time ____ ; Reported by: _____

No	Work Area Activity	001	002	003	004	005	006	007
1	Direct Work							
2	Read P1/Inst.							
3	Travel							
4	Transport							
5	Tool/Materi.							
6	L.S / E.Q							
7	Waiting							
8	Personal							
9	Break							
Total								
Remarks :								

図-1 ワークサンプリング調査用紙とその記入例

- ・その他の理由により空手での移動。

④資機材の運搬動作 (Transportation)

- ・作業の継続に必要な工具、資材、機械等を徒歩あるいは車両で運搬している動作。資材運搬の専任労働者以外の者の運搬動作。
- ・仮置き場からの資機材の運搬動作。
- ・倉庫からの工具や小資材の運搬動作。

⑤工具／材料の準備動作 (Tools/Materials)

- ・作業遂行に必要な工具、資材、機械の準備およびさがし出し、収納等のための動作。
- ・溶接作業等の機器、小資材の準備動作。
- ・工具の取り出し、収納動作。
- ・施工機械のセッティング動作。
- ・資材の整理整頓のための動作。
- ・安全管理のための諸器具の取りつけ動作。

⑥作業開始遅延／切上終了

(Late Start/Early Quit)

作業開始の遅延、定められた終了時間前の作業打ち切り等、実質的に作業を停止している状況動作。

⑦待機 (Waiting)

作業遂行に必要な指示・命令や工具、資材、機械の準備の遅れ、故障等による待機、他の業種の作業との競合、終了遅延、指示変更によって発生する待機動作。

- ・他のグループの作業の終了を待っている。
- ・資機材の到着を待っている。
- ・機械の修理完了を待っている。
- ・フォアマンやスーパーインテンデント等の指示を待っている。

- ・インスペクターの検査の終了を待っている。

⑧個人的理由での作業遅延 (Personal)

指示された以外の作業員の個人的理由での作業動作又は作業休止動作。

- ・決められた時間以外の作業小休止。

暑さや疲労のために作業を休止している。

・水飲場やトイレ等へ行くための作業休止。

- ・特別な意味のなく、ただ作業休止している。

・作業員の個人的な目的の作業を行っている。

⑨定時間での小休止・休憩 (Break)

定められた時間での作業小休止・休憩。

(2) ワークサンプリングの方法と手順

作業の生産性レベルの測定のためにおこなう、ワークサンプリング調査はシンプル・ランダム・サンプリング (Simple Random Sampling Survey)の手法を用いる。図-1はこれに用いる調査用紙と記入例を示したものである。調査方法と手順は以下に示す。

①. ワークサンプリングのための調査員を選出し、各作業要素区分の内容を把握させ、作業員の動作を速やかに分類できるよう訓練する。調査員は複数とし、測定の個人差を是正できるようにする。

②. 調査結果が後の分析や改善活動に適用し易いよう、調査エリア区分、職種区分、1日当たりの調査回数と時間帯（通常、1時間程度の間隔で行う）等を決定する。調査は2、3週間継続しておこなう。

③. 調査員は調査対象の作業エリアに入ったと同時に、作業要素区分イメージに従い各作業員の動作

- を1, 2分程度の短時間で判別し, 用紙に各ワークサンプルとして捉えた作業員の数を記入する.
- ④. 調査用紙に記されたワークサンプルの数値を, あらかじめ作成しておいたコンピュータープログラムにインプットする.
 - ⑤. 調査期間内のサンプルの集計結果を分析する.

(3) ワークサンプリング調査の結果分析方法

コンピュータープログラムは以下のような出力帳票が得られるようにシステム化する.

- ・調査員別の調査結果を示す出力帳票
- ・エリア別作業要素区分出力帳票
- ・職種別作業要素区分出力帳票
- ・曜日別出力帳票
- ・作業時間帯別出力帳票. その他.

ワークサンプリング調査による生産性レベルの分析は以上のコンピューター出力帳票を用い, 下記のような, 様々な観点から解析してゆく.

- ・全作業エリアの各作業要素項目の比率分布解析.
- ・作業エリア別の作業要素項目の比率分布の解析.
- ・職種別の作業要素項目の比率分布の解析.
- ・曜日別の作業要素項目の比率分布の解析.
- ・作業時間帯別の作業要素項目の比率分布の解析.

分析手順は, 生産性区分項目のうちの補助支援動作(Support)と作業遅延動作(Delay)に属する作業構成要素区分の動作項目の比率をいかに減少させるかであり, その方法を見出してゆく.

- ①各作業エリアごとに作業構成要素区分にしたがいワークサンプルの分布率を算出すると共に, 全作業エリアの平均値を算出する.
- ②調査員別ワークサンプリング結果の出力帳票を用いて各調査員の調査精度を検証する. 偏りのある調査結果が見出された調査員については, 再度ワークサンプルの判定の方法の指導をおこなう.
- ③生産性区分の補助支援動作(Support)と作業遅延動作(Delay)に属する作業構成要素区分の動作項目で, 平均値より高い比率のものを摘出し, その原因を追求する.

5. 生産性向上プログラムの実施

(1) プログラムの実施手順

生産性向上プログラムは図-2に示すような内容と手順でおこなう. 実施に先立ち, プログラムの実

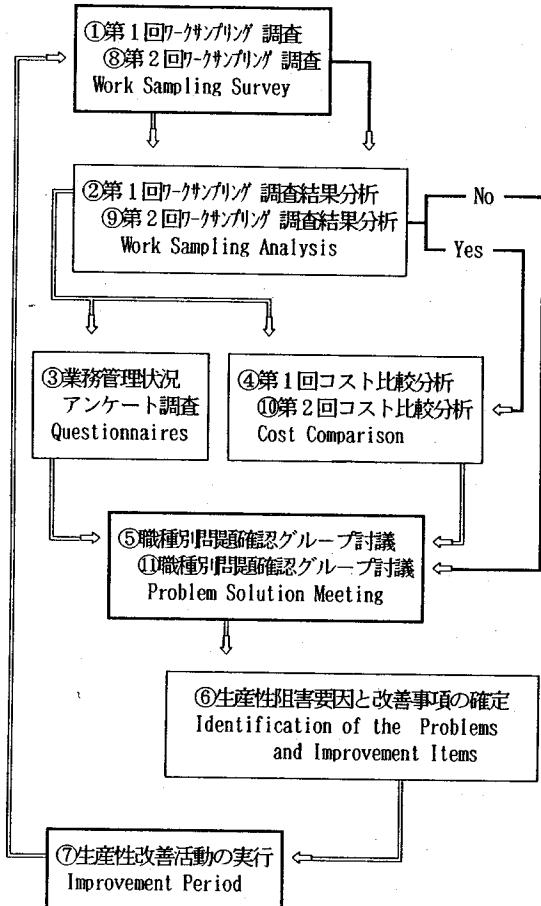


図-2 生産性向上プログラムに実施手順

質的な進行係としてコーディネイターを選出する. コーディネイターはプログラムの内容把握とプロジェクトでの実施のスケジュールをアドバイザーの指導に従いおこなう.

a) ワークサンプリング調査 Step-①

コーディネイターはスタッフと共にアドバイザーの指導に従い各作業エリアの職種別生産性レベルを把握するため, ランダムサンプリング調査法によるワークサンプリングをおこなう. 調査は朝の作業開始から1時間経過時, 昼食時間帯の1時間前と1時間経過時, 終業1時間前, 夜間作業時等の時間帯設定をし, 2週間を1調査期間とする. 第1調査期間(Step-①)はプログラムの実施に先立ち生産性レベルの現況を測定する目的でおこなう.

第2調査期間(Step-⑧)は生産性向上プログラムの実施の結果, どれだけ生産性が変化したか成果を定量化する目的でおこなう.

表-2 業務管理調査アンケート

QUESTIONNAIRES FOR THE PROBLEM IDENTIFICATION 作業管理状況アンケート項目	
1. Planning (作業計画)	<ul style="list-style-type: none"> a) How are you composing the sequence of your work? b) How do you check items which will interfere with your work? c) Do you have some idea which will minimize the loss of material, equipment, tools, manpower, and time in your work area?
2. Scheduling (作業手順)	<ul style="list-style-type: none"> a) What is the biggest problem retarding your schedule now? b) When do you fix a daily and/or weekly work schedule? c) Do you think that you are receiving adequate information for fixing your schedule from your superintendent?
3. Controlling (作業管理)	<ul style="list-style-type: none"> a) How are you setting work standards and inspecting? b) How often is job follow-up needed? c) How do you control manpower, tools, equipment and material? d) What are your thoughts on safety control?
4. Directing (作業指示)	<ul style="list-style-type: none"> a) When do you usually give instructions to your crew? b) Which do you mainly use, written or verbal instructions? c) Which do you mainly receive, written or verbal instructions?
5. Coordinating (作業調整)	<ul style="list-style-type: none"> a) How do you accomplish coordination between you and your crew? b) How often do you have a brief meeting with your crew? c) How do you accomplish coordination between you and other working crafts and other sections? d) Do you have any ideas about expanding good coordination?

b) ワークサンプルの調査結果分析. Step-②

ワークサンプルの調査結果分析は、作業構成要素区分ごとにワークサンプルの分布比率をあらわしたコンピューターの出力帳票を用いおこなう。

c) 業務状況調査質問状送付. Step-③.

業務現況や日々発生する問題の解決策等打合せに先立ち、各フォアマンに、あらかじめこれらの点に関する彼らの意見を調査しておく目的で表-2に示すような内容のアンケートを送付しておく。

d) 現況コスト分析. Step-④.

業務状況調査質問状を送付し、ファマンレベルか

らの意見聴取を待っている間に、ワークサンプリング調査によって把握された現状の生産性レベルに於いて、コスト管理項目に分けされた各作業がどのようなコスト状況を示しているかを分析する。

e) 職種別問題確認グループ討議. Step-⑤.

業務管理調査アンケートを回収し、内容の把握と整理をおこなった後に、職種別または作業エリア別にフォアマンレベルとのグループ討議を行う。

討議にはスペインテンデントおよびエンジニアを加え、コーディネイターから出席者全員に当該グループの生産性の現況をワークサンプリングの各出力帳票を用い説明する。また、必要に応じ現生産性に於けるコスト分析の結果を説明する。発生問題の解決策に付いては、回収した業務管理調査アンケートに記載されたフォアマンレベルの意見をできる限り取り入れ、結論を見出すように心がける。

f) 生産性阻害要因と改善事項の確定. Step-⑥.

次ページの表-3は作業管理に必要な基礎項目と作業構成区分による生産性低下要因分析のマトリックスである。職種別のグループ討議では、この表を活用し、フォアマンレベルより提示された問題点を彼らと共に検討分析し、生産性向上のための改善項目に付いて、最も効果の期待される方法とは何かを詳細に討議し、その実施方法と手順を具体的に決める。コーディネイターはその結果を基に生産性向上のためのアクションプログラムを作成する。

g) 生産性改善活動の実施. Step-⑦.

定めたアクションプログラムに従い、2週間を1ペリオッドとして生産性改善活動を実行する。

h) 第2ワーカンプリング 調査. Step-⑧.

2週間の生産性改善活動と並行して、この期間中にワークサンプリング調査を継続して行う。

i) 第2ワーカンプリング 調査結果分析. Step-⑨.

Step-⑧のワーカンプリングの結果を第1回調査結果と比較分析する。分析の結果、成果が認められなかった場合は Step-⑤職種別問題確認グループ討議を再度行い、新たな方策を策定し実行につづく。

j) 現況コスト分析. Step-⑩.

プログラム実施の成果分析と共にコスト分析を実施し、その変動を把握する。この生産性とコストの連携分析は、コスト管理精度の向上、生産条件の変更等に伴う追加コストの実証に役立てる。

(2) 生産性向上への段階的対策

生産性の向上のための具体策は生産性分析区分の「補助支援動作」と「作業遅延動作」に含まれる項目、すなわち下記②から⑨の作業動作を可能な限り少なくさせることである。

表-3 作業管理基礎項目と生産性低下要因の相関分析

PROBLEM IDENTIFICATION MATRIX	ACTIVITY STRUCTURE & PROBLEM CATEGORY ANALYSIS GUIDELINES 作業構成区分による生産性低下要因分析	FUNDAMENTAL MANAGEMENT ITEMS 作業管理に必要な基礎項目					
			1. Planning (作業計画)	2. Scheduling (作業手順)	3. Controlling (作業管理)	4. Directing (作業指示)	5. Coordinating (作業調整)
1. Direct work (直接生産作業) — Not applicable —							
2. Read Plan/Instructions (図面や指示の確認)							
a) Workers not receiving adequate instruction.	◆						
b) Lack of proper short-term planning.							
c) Large number of design changes.							
3. Travel (作業員自身の移動)							
a) Lack of proper short-term planning. (traveling to get parts, materials, tools, etc.)	◆						
b) Laydown areas(tools sheds, etc.) too far away.				◆			
c) Idle travel (really personal time).				◆			
d) Lack of supervision.							
4. Transport (資機材の運搬)							
a) Lack of short-term job planning.	◆						
b) Excess crew on transport.	◆						
c) Laydown areas(tools sheds, etc.) too far away.				◆			
d) Improper transport equipment.							
e) Improper assignment of craftsmen to transpot functions.							
5. Tools/Material (工具/作業材料の準備)							
a) Lack of communication with one's crew.							
b) Lack of better planning of jobs. (sequencing-through job analysis)							
c) Improper tools & material control. Change the control system.							
6. Late Start/Early Quit(始業遅延/切上終了)							
a) Tools and/or material not readily available.	◆						
b) Lack of adequate short-term planning. (labor, material, equipment.)	◆						
c) Shifting of job because of unplanned delays causing excess set-up.				◆			
d) Lack of supervision.							
7. Waiting (待機)							
a) Waiting for other crews to finish a job.							
b) Lack of adequate planning (waiting for tools, equip. & materials.)							
c) Waiting for prints, instructions, etc.							
d) No work assigned or no alternate work assigned when a delay is encountered.							
e) Waiting for QC, ENG, Test Staff, approvals, sign, etc..							
f) Waiting because of equipment breakdown.							
8. Personal (個人的理由での作業休止)							
a) Lack of proper supervision.							
9. Break (休憩)							
a) Lack of proper supervision.							
b) Result of poor rules and regulations.							

Remarks:

表-4 曜日別作業要素項目比率分布出力帳票

CRAFT ACTIVITY ANALYSIS OVERALL PERFORMANCE BY DAY OF WEEK IN PERCENTS										
	DIRCT	PLN/INST.	TOOL/MTL.	TRANS.	TRAVL	L/S.E/Q	WAIT	PERSN	BREAK	TOTAL
MONDAY	39.7	4.9	4.1	4.7	13.5	2.0	19.6	5.8	5.7	100.0%
TUESDAY	41.8	4.6	4.8	3.9	10.8	1.6	18.8	6.9	6.8	100.0%
WEDNESDAY	40.6	4.6	5.0	4.3	11.5	0.4	20.3	7.4	5.9	100.0%
THURSDAY	37.5	5.5	4.8	5.4	15.1	1.6	17.6	8.0	4.5	100.0%
FRIDAY	35.8	3.4	4.7	4.4	17.6	0.4	22.8	7.1	3.8	100.0%
SATURDAY										
SUNDAY										
STDY. AVERAGE	39.1%	4.9%	4.6%	4.8%	13.8%	1.2%	19.2%	7.1%	5.3%	100.0%
*(AVERAGE)	(32.0)	(8.0%)	-(7.0%)-		(13.0%)	(6.0%)	(29.0%)	-(5.0%)-	(100.0%)	

* "Productivity in Power Plant Construction" American Association of Cost Engineers.

[補助支援動作]

- ②図面や指示の確認動作 (Read Plans/Inst.)
- ③作業員自身の移動動作 (Travel)
- ④資機材の運搬動作 (Transportation)
- ⑤工具／材料の準備動作 (Tools/Materials)
- [作業遅延動作]
- ⑥作業開始遅延／切上終了 (L.Start/E.Quit)
- ⑦待 機 (Waiting)
- ⑧個人的理由での作業遅延 (Personal)
- ⑨定められた小休止・休憩 (Break)

a) 補助支援動作の低減

「補助支援動作」の区分にあるものは「直接生産性動作」を補助するものであり、その低減は慎重に考えて行わないと、逆に生産性を低下させることになる。第一に着手すべき低減対象項目は、③の「作業員自身の移動動作：Travel」であり、これは以下のような事項の検討により、比較的容易に低減することができる。

- ・作業指示の明確化／迅速化
- ・作業手順や順序の再考
- ・工具収納所（ツールボックス）の位置の再考
- ・資材置場の位置の再考

b) 作業遅延動作の低減

「作業遅延動作」に含まれる項目では、第一の低減項目として⑦の「Waiting：待機」に着目する。これ以外の項目は労働者の労働倫理や理性との係わりが深く、その低減には「管理・監督の強化」が必

要となってくる。始めからこれを行うと、本来の生産性活動目的である労働者の自主改善意欲の向上とは逆行する形となる。「Waiting：待機」動作の発生は作業員自身が作り出すものより、外的な要因によるものがほとんどであり、以下のようないくつかの事項が発生要因となる。その低減はまず作業員が「何を待っているのか」を知ることである。

- ・工事指揮者からの指示を待っている。
- ・監督官の検査が終了するのを待っている。
- ・工具や材料の到着を待っている。
- ・作業に必要な施工機械の到着を待っている。
- ・作業エリアが確保できるのを待っている。

待機の発生原因が特定できれば、その低減策を見出すことは困難ではなくなる。

5. 実際のプロジェクトでの結果分析

表-4は米国南部ルイジアナ州でおこなわれた石炭火力発電プラントのプロジェクトでのシンプル・ランダムサーベイによるワークサンプリング調査の結果を示したものである。このプロジェクトは労働組合（Labor Union）に属さない労働者を直接雇用した、いわゆるオープンショップ（Open Shop）の条件で行われたもので、データは、約3ヶ月の間に採取した延べ 6,783 のワークサンプルの曜日別の各作業要素区分の比率分布を表している。

このプロジェクトでは、当初、ワークサンプリングによる生産性レベル測定中心のプログラムが計画

されていたが、筆者を中心とした推進グループの提案により、本稿で述べた内容に近い生産性向上プログラムが採用されることとなった。プロジェクト遂行の最前線にいるフォアマン達に、生産性に係わる問題の実態を聞き、彼らの意見を積極的に取り入れた。表-4のデータは新プログラムの実施結果を示している。このデータより、週の始めから週末までの各作業項目の変化等、多くの生産性状況や変化を読み取ることができる。

直接生産動作 (Direct Work) の比率 39.0 % に比較して、待機 (Waiting) の比率は 19.2 %、作業員自身の移動動作 (Travel) は 13.8 %、これに個人的理由での作業遅延 (Personal) の 7.1 % を加えると、合計 40.1 % という値となる。特に、プログラムの開始時点では待機 (Waiting) 項目の比率が高く、ほとんどの作業エリアで 30 % 以上の値を示していた。Waiting 等の作業遅延動作の比率低下には、フォアマンレベルを中心とした討議、意見聴取・活用が有効に作用したと考えている。

新プログラムは、米国内の発電プラントプロジェクトの平均値、表-4 (AVERAGE) と比較して、かなり高い生産性レベルを示す結果となり、欧米流のマネジメントに於いても、Q.C. サークル的な活動が有効に働くことが確認された。

しかしながら、新プログラムはその後、継続の難しさに直面することになる。その原因は雇用形態にあった。完全能力主義の雇用形態に於いては、あくまでも個人の能力が評価対象となり“グループ能力という形での評価”的までおくことを許さない。結果的に“グループ中の誰が有効なアイデアを出したか”を追求する形となり、グループ活動の継続は実質的に行き詰まってしまうことになる。雇用形態等、社会制度の相違を充分認識した上での対応がいかに重要なかをあらためて知った。

本稿で述べた生産性向上プログラムは、現在、筆者の属する企業の国際建設プロジェクトで実地研究が続けられている。これまでの結果分析では、生産性レベルはプロジェクトのタイプによっても異なってくることが明らかになっている。

すなわち、発電プロジェクトのように多種多様な業種が複雑に絡み合い、かつ高度な作業精度が求められるプロジェクトに比べると、同じプラントプロジェクトでも、上水や下水プラントのような比較的単純なプロジェクトではより高い生産性レベル値を示していることがわかってきた。

今後このプログラムの実施をさらに進め、多くのプロジェクトでの実施例を解析することにより、プロジェクトタイプごとの平均的生産性レベルを数値とし

て見出してゆけると考える。

6. ワークサンプリングの分析データの活用

プログラムの進行にともない採取・分析される生産性レベルのデータは、作業エリアや職種ごとの生産性を示す値として生産性向上活動の具体的行動指針の策定に活用される。これとともに、生産性レベルのデータは統計データとしての客観性等の特性を生かし、プロジェクトのマネジメント効率の向上のために種々活用することが可能となる。

建設事業では一般に生産性を現すデータとして、「作業歩掛」と呼ばれる数値が用いられている。

これは、ある仕事を完成するために必要とした人員量や機械の稼働量、すなわち、使用労働量 (Work force) を完成作業量 (Work Out put) で除した数値であり、以下のような式で表すことができる。

$$P_w = W_f / W_v \quad (1)$$

P_w : 作業歩掛 (Man-D, Equip.-D/Unit)

(注: 欧米では通常 Man-H, Equip.-H/Unit)

W_f : 使用労働量 (Man-Day or Equip.-Day)

W_v : 完成作業量 (Unit)

作業歩掛は単位作業あたりの必要労働量を数値化したものであり「作業単位の生産効率」を表したものといえる。これは、入札時の積算や工程計画、管理目標予算や実施工程の構築、コスト管理等、プロジェクトのマネジメントに於いて、極めて重要なデータとして広く使用されている。

ワークサンプリング調査のデータ特性は、当該プロジェクトでの「職種ごとの生産効率」を数値化したものであり「作業単位の生産効率」を表す作業歩掛けとは異なるものである。しかしながら、この 2 種類の生産効率のデータは互いに関連を持つものであり、作業歩掛けを統計的に捉えた、いわゆる“標準作業歩掛け”を基本値としたワークサンプリング調査データの種々の活用方法が考えられる。

(1) 積算への活用

国際建設プロジェクトの積算作業においては、以下のよう準備作業が常に必要とされる。

- ・当該プロジェクト予算の妥当性を分析。自己の競争力の検証等に必要な概略積算を速やかにおこなうための各種データの確保。
- ・各市場国、あるいは同国内の地域ごとの「作業歩掛け」策定のための各種データの確保。

これらの問題点を解決する方策の一つとして、各地域（国）のプロジェクトで採取したワークサンプリング調査のデータの活用が考えられる。

方法は、例えば日本国内で得た各工種の“標準作業歩掛”にワークサンプリング調査データ値の特性である、各国や地域別の「職種区分の生産効率の統計値」を乗することにより、それぞれの地域での標準作業歩掛を策定することが可能となる。すなわち、

$$P_{wa} = P_{ws} \times L_a / L_s \quad (2)$$

P_{wa} : 地域標準作業歩掛 (Man-D/Unit)

P_{ws} : 標準作業歩掛 (Man-D/Unit)

L_s : 標準作業歩掛設定地での

職種別生産効率統計値 (%)

(ワークサンプリング調査の直接生産動作値)

L_a : 地域職種生産効率の統計値 (%)

となる。基準値となる“標準作業歩掛”が信頼できるものとすれば、ワークサンプリング調査を積み重ね、地域別職種生産効率の統計データの信頼性を高めてゆくことにより、算定される地域別標準作業歩掛の精度を一層高めることができることになる。

(2) 工程計画及び工程管理への活用

積算業務と同様、工程計画及び工程管理をおこなうに於いて、当該プロジェクトに於ける、すなわちその「地域にでの作業単位の生産効率」を示すものとなる「地域別の標準作業歩掛」は極めて重要な基礎データとなってくる。これは前項で述べた方法で策定することが可能となる。これを基に契約工程や実施基本工程等の各種工程計画をおこなう。

ワークサンプリング調査による「職種ごとの生産効率の統計値」は、工程計画と同時に工程管理にも活用できる。すなわち、計画時に策定した「作業歩掛」のベースとなった「職種ごとの生産効率」が設定どうりに推移しているかどうかをワークサンプリング調査によりモニターしてゆく。すなわち、前項の式(2)と同様に、

$$P_{w2} = P_{w1} \times L_1 / L_2 \quad (3)$$

P_{w1} : 計画設定作業歩掛 (Man-D/Unit)

P_{w2} : 作業歩掛の現況値 (Man-D/Unit)

L_1 : 職種別生産効率の設定値 (%)

L_2 : 職種別生産効率の現況値 (%)

また、式(3)で求められた作業歩掛の現況値を用いて、現状から該当の作業が完了する迄の必要予測日数を算出する。

$$N_2 = (W_{v0} - W_{v1}) \times P_{w2} / W_{f0} \quad (4)$$

N_2 : 作業完了迄の必要予測日数 (Day)

W_{v0} : 計画工事数量 (Unit)

W_{v1} : 既成工事数量 (Unit)

P_{w2} : 作業歩掛の現況値 (Man-D/Unit)

W_{f0} : 一日当たりの計画使用労働量 (Man-D/D)

となり、もし生産効率の低下が認められる場合は設定した「作業歩掛」も低い値となっていると考えられる。実際の「作業単位の生産効率」の変化は各種の作業日報の分析により明らかにされてゆくが、ワークサンプリング調査の生産効率の統計値による分析は工程の変化予測とともに、工程管理の目標達成のための方策をもあわせて策定してゆくことが可能となる。尚、職種別の生産効率の変化と作業単位の生産効率の変化が同一の方向を示さず、ばらばらなっている場合は、作業条件の急激な変化等の全く異なった理由が発生している可能性があると考えられる。これに付いては、(4) 項の「契約管理での追加費用算定への活用」で詳細に述べる。

(3) コスト管理への活用

建設プロジェクトのコスト管理はプロジェクトの遂行と共に発生する各種コストを、実支出面での把握、つまり経理・会計 (Cost accounting) 的に集計分析することと共に、コストと生産性との関連を明確にイメージし、コストを時間経過の上で捉え、その変動幅と、収束の方向を見通し分析してゆくことが求められる。

コストと生産性との関連分析とは、種々の条件変更によって生じる「各作業の生産性レベルの変動」を的確に把握し、プロジェクト完成に向け、管理目標として定めた予算（以下、管理目標算と呼ぶ）との偏差を分析してゆくことである。具体的には、管理目標予算の構成基盤とした作業歩掛の変化をモニターし、これを数量化し、コストへのインパクトを定量的に捉えてゆくことである。

ワークサンプリング調査によるデータは先の項でも述べたように、各作業歩掛の変化を捉えることができる。この数値を用いて工事単価の変化度合いを推定することができる。すなわち現況推定工事単価を以下の方法で算出する。

$$U_{c2} = U_{c1} \times P_{w2} / P_{w1} \quad (5)$$

U_{c1}	: 管理目標予算工事単価 (Cost/Unit)
U_{c2}	: 現況推定工事単価 (Cost/Unit)
P_{w1}	: 設定作業歩掛値 (Man-D/Unit)
P_{w2}	: 作業歩掛の現況値 (Man-D/Unit)

ここで算出した U_{c2} : 現況推定工事単価は生産性の変化による理論値であり、高い精度の分析には P_{w1} (設定作業歩掛) と P_{w2} (作業歩掛の現況値) のより詳細な数値分析が必要となる。しかしながら、プロジェクト遂行に必要なコストの変位動向を捉えるといったレベルでは有効な方法となる。

(4) 契約管理での追加費用算定への活用

契約管理の根幹は「契約条件変更によって発生する時間とコストの変動を定量的に分析すること」であるといってよい。すなわち、ワークサンプリング調査のデータ活用によって、契約条件変更が認められたエリアでの「各作業の生産性レベルの変動量」を特定し、先の工程計画及び工程管理への活用とコスト管理への活用で述べた方法で時間とコストの変動量を理論的に算出するわけである。

a) 時間の変動量（工事遅延日数）の算出

契約条件の変更によって生産性の変化が認められた場合は、工事遅延日数は以下のようない計算式で契約理論値を算出することができる。

$$\begin{aligned} \Delta D_a &= 1 / W_{f0} \times \{ P_{w1} \times (W_{v1} - \Delta W_{v1}) \\ &\quad + P_{w2} \times (\Delta W_{v1} + W_{v2}) \} - D_a \end{aligned} \quad (6)$$

D_a : 設定作業完了日数 (Day)

ΔD_a 条件変更による理論工事遅延日数 (Day)

W_{v1} : 既成工事数量 (Unit)

ΔW_{v1} : 条件変更発生後の既成工事数量 (Unit)

W_{v2} : 未成工事数量 (残工事数量) (Unit)

P_{w1} : 設定作業歩掛値 (Man-D/Unit)

P_{w2} : 作業歩掛の現況値 (Man-D/Unit)

W_{f0} : 1日当たりの計画使用労働量 (Man-D/D)

求められた条件変更による工事遅延日数値 ; ΔD_a と、作業歩掛の現況値と設定作業歩掛値の差異による単価変位、すなわち、コスト管理への活用の項で述べた式 (5)を活用し、工事遅延による発生コストを理論値として捉えることが可能となる。

b) 工事促進に必要な労働量・追加費用の算出

前項では契約条件の変更に伴う工事遅延を数値化する方策について述べたが、発注者より促進命令が

出された場合、遅延を解消するために必要な労働力の増強をおこなわねばならない。この算出についても同様に、Work Sampling 調査のデータ活用による作業歩掛の変化値を用いて、以下のような算定式に従い、算出することが出来る。

$$W_f = W_{f0} \times \Delta D_a \quad (7)$$

W_f : 工程促進のための追加要労働量 (Man-D)

W_{f0} : 1日当たりの計画使用労働量 (Man-D/D)

ΔD_a 条件変更による理論工事遅延日数 (Day)

工事促進のコスト理論値は、特定されて促進必要労働量に契約の関連単価を乗ずれば算出できる。

7. まとめ

本稿の前文で述べたように、欧米の生産性管理はその実態からみると「生産性レベルの実態調査と問題点の指摘」を中心にしていているといつてよい。

日本の生産性向上活動が、生産に直接携わる労働者の人間性を尊重し、その自主性を中心としているのに比べ、特に米国の生産性向上活動は、この傾向が顕著であり、突き詰めれば労働者も機械や資材と同じように「物体」として捉えるといつてよい。

1950年代に日本の生産性管理活動の創成期を担った W.E. デミング博士や J.M. ジュラン博士等によって紹介された「統計的品質管理の技術」においても、労働者の精神的な要因がどのように生産性に影響を及ぼすかと言った取組方についてはほとんど語られていない。先進諸国の生産性レベル比較でも明らかのように、Q.C. サークル等の日本の生産性向上活動は他を寄せ付けぬほど顕著な成果を生み出している。しかしながら、それはボトムアップの意志決定の社会構造の中で生まれ育った日本の労働者を対象とした、国内での生産性向上活動の成果であり、他の意志決定の社会構造をもつ国々で、同等な成果を期待することは、筆者のこれまでの経験からすると極めて難しいと言わざるをえない。

逆説的な捉え方をすれば、労働者を物体として扱い、人間の感情の関わり合いを極力排除した生産性管理思想から生まれた技術は、それだけ科学的立証に富んだものであるとも言える。事実、米国の生産性レベルの測定に関する技術は、建設事業はもちろんのこと、現在の日本の生産性管理にはほとんどみられないものであり、科学的な立証方法としては非常に高度なレベルにあるといえる。

本稿で述べたように、日本の生産性向上活動の技

術に、ワークサンプリングのような生産性レベルの測定手法を取り入れ、建設事業分野での生産性管理技術の科学的な機能強化の研究は、国際建設プロジェクトのマネジメント技術の向上に於いても極めて重要なものと考える。今後も、さらに研究を重ねるとともに、実際の国際建設プロジェクトでその成果を検証し、役立つ技術として体系化して行くべきであると考える。

謝 辞： 大成建設(株) 土木本部 天野史郎氏、国際事業本部 土木部 横山全徳氏、内藤誠二郎氏、原田重敏氏の各氏と武藏工業大学工学部 建設生産管理技術センター準備室 工博 馨元 力客員教授に貴重なご意見を頂いた。ここに記して謝辞といたします。

参考文献

- 1) Robert E. Heiland and J. Richardson: *WORK SAMPLING*, McGraw-Hill Book Company, New York 1957.
- 2) Shunji Kusayanagi & P. B. Hatlry : *Look Again at Quality Circles*, in ASCE Civil Engineering Magazine, April 1984.
- 3) 草柳俊二：米国の建設現場で行った生産性向上計画、建築雑誌、Vol. 97, No. 1188.
- 4) 草柳俊二、渡辺 健、匂元 力：海外プロジェクトにおける問題点と工事コスト管理について、土木学会第47回年次学術講演会、第6部門（1992年9月）一般講演VI-16.
- 5) 草柳俊二、匂元 力、渡辺 健：海外プロジェクトの業務システム構築について、土木学会第48回年次学術講演会、第6部門（1993年9月）一般講演VI-246.
- 6) 草柳俊二：日常業務に密着した国際建設プロジェクトの契約管理技術、土木学会第49回年次学術講演会第6部門（1994年9月）一般講演VI-278.
- 7) 草柳俊二：国際建設市場でのプロジェクトマネジメントに関する研究、ワークサンプリング調査による生産性分析技術、土木学会第12回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会、講演集、1994年12月、I-7.
- 8) J. M. Neil : *Construction Cost Estimation for Project Control*, Prentice-Hall, Inc., 1982.
- 9) 草柳俊二：国際建設市場に於けるプロジェクトマネジメントの体系化を目指したコスト管理技術、土木学会論文集、No. 504 / VI-2, pp. 137-146, 1994-12.
- 10) 草柳俊二：国際建設プロジェクトの実務から見た建設市場開放に関する課題と対策、土木学会論文集、No. 51 / VI-2, pp. 165-174, 1994-3.
- 11) 石川 馨：第3版－品質管理入門－A編、B編、日科技連出版社、1992年4月6日。
- 12) 米山高範：改定版－品質管理のはなし、日科技連出版社、1993年8月23日。
- 13) 国島正彦・庄子幹雄：建設マネジメント言論、株山海堂、1994年12月10日。

(1995. 3. 20 受付)

A STUDY ON PRODUCTIVITY IMPROVEMENT PROGRAMME FOR INTERNATIONAL CONSTRUCTION PROJECTS

Shunji KUSAYANAGI

Most productivity improvement programs seen in the western style management are based on the scheme finding out reality of the level of productivity of crafts and works by using statistical approaches, like a work samplings, as the main part of the program. The programs such as Q.C. circles found in the Japanese management, on the other hand, have respect for human mind and aspects much greater than the statistical approaches.

It is to take account of workers opinion, idea and/or suggestions for finding out solutions to the problems related to the productivity improvement activities.

This study shows the new type of program combined two different schemes statistical and human approaches into one. The program can be utilized as one of the effective way of productivity improvement activities for international construction projects.