

ものづくりを支えるロジスティクス戦略に関する考察

Study on logistics innovation for global manufacturing competitiveness.



鳥井 恭：ロジスティクスコンサルタント

略 歴

1956年生れ、80年京都大学工学部精密工学科修士修了、同年NEC入社、87年米国Purdue大学留学、2006年NEC生産技術開発部長、08年NECロジスティクス（現日通NECロジスティクス）出向、同社取締役執行役員常務を経て、18年7月より現職。

[要約] 今日、グローバルで厳しい競争を強いられる製造業において、本業である開発、生産、販売のみならず、サプライチェーンを短く単純な流れで通すための物流が極めて重要な戦略的機能となってきた。サプライヤからお客様までの繋ぎ、すなわち「調達物流」「販売物流」「生産物流」を一貫したロジスティクス戦略をもって構築するためには、物流機能そのものが主体性をもって、サプライチェーン全体に有機的に組み込まれていかねばならない。本稿では、トヨタ生産方式に基づくサプライチェーンを通して一貫した基本思想、具現化するための個々のロジスティクス要素機能、およびグローバル含めた構築手法について事例を交えて解説し考察する。

1. はじめに

トヨタによって確立されたものづくりの基本方式である「トヨタ生産方式（以下、TPS）」は、日本に限らずグローバルで多くの企業で導入され、いまやあるべき姿としてのサプライチェーンモデルとしては、完成されたといっても過言ではないだろう。しかし、前提条件となる経営思想の相違、本質の理解の相違から、部分での導入に止まり、TPSを導入したものの、活かしきっている例は少ないものと思われる。その前提条件としてのひとつとして、ロジスティクス戦略すなわち物流機能設計に関する理解の相違がある。

そもそも物流は製造業において本業でないため単なるコストとしてしか認識されておらず、重要機能として設計、構築されることは極めて少ない。また、企業会計においても物流費はSGAすなわち「販売及び一般管理費」に参入される費用であり、調達部品材料費に含まれるため見えなかったり、製造原価外であったりと当該責任部門もあいまいである。そして一般的な製造業の売上高物流費率も業種によっても異なるが1%～3%程度であり企業経営全体から見たときの注目度も低い。

しかし、製造業がサプライヤから原材料を仕入れ、最終製品にしてお客様にお届けするまでのものづくり全体のサプライチェーン

で、「もの」に着目して見たとき、付加価値工程と無付加価値工程の時間比率は実に1：1,000とも1：10,000とも言われるよう、実に99%以上の時間は、停滞（保管）と運搬（輸送）なのである。そして、TPSを標ぼうする様々な改善活動は各部門単位に行われるため、調達と生産の繋ぎ、生産と販売の繋ぎ、さらには生産工場間或いは工場内工程間の繋ぎ、すなわち調達物流、販売物流、生産物流に言及されることは少ない。たとえ物流問題の存在が認識されたとしても、責任部門のない谷間の問題として積極的に取り組まれることは残念ながら少ないと言わざるを得ない。

TPSをベースにした生産革新について語られる場合、その多くが生産工場の中の工程改善であるが、そこで行われていることは、ほとんどが工程間、設備間、作業員間、あるいは作業員の動作といった物の流し方、つまり広義の物流改革であり、その基本方策はサプライチェーン全体に通用する。サプライヤやお客様といった生産工場の外との繋ぎの改革に踏み込み、ジャストインタイムやプル型といった改善レベルを上げていくために、全

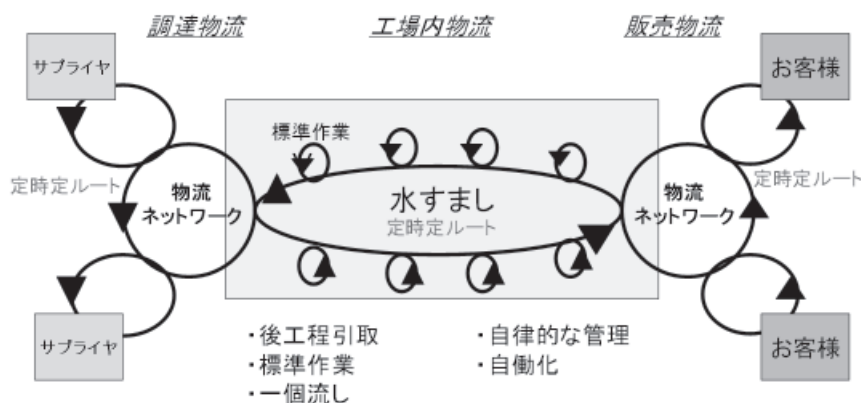
体最適のサプライチェーンを支える一貫した思想に基づくロジスティクス戦略が必要となるのである。

2. 全体最適を指向したサプライチェーンモデル

TPSを指向するものづくりのサプライチェーンとして最も重要なことは、原材料が、様々な工程を経て、最終製品になり、それを購入し利用するお客様の手元に届くまで「流れ」を通すことである。そしてその「流れ」の完成度を上げることが、ものづくりの完成度を上げることでもある。「流れ」とは、物の流れ、すなわち「物流」であり、原材料のサプライヤ（前工程）から物を調達する「調達物流」、完成した製品をお客様（後工程）にお届けする「販売物流」、加工・組立の工場内で物を運ぶ「工場内物流」に便宜的に分けられる。

流れの完成度は、原材料から最終顧客までトータルの流れにおいて、いかに「短く、単純で、停滞のない流れ」が最小のコストで実現できているか、という観点で評価できる。そのためには、TPSの基本思想に基づいたロジスティクス基本モデルが内包されてい

Fig.1 ものづくりを支えるロジスティクス基本モデル



ければならない。Fig.1はこのロジスティクス基本モデルを簡略化して示したものである。

・後工程引取り

後工程が必要なものを前工程に取りに行く。これが停滞がない流れの条件である。

・標準作業

極力繰り返し性を出すことにより最小のコストで最大の生産性を生む。標準作業はものごとを単純化し、余計な管理をなくし、改善を後戻りさせないように定着化する。

・一個流し

前後工程を、1個流しで極力小刻みに多頻度でつなぐ。量と種類を均す（平準化する）ことで流れが均一化し、各工程でリズムが生まれ標準作業が可能となる。大きな波動がないことで、コストも品質も最適化される。

・自律的な管理

均一化した流れと標準作業が実現できると、変動があった時の管理も標準ルール化でき、自律的な管理の対応範囲が高まる。

・自動化

上述したしくみにより、不良や異常を未然に検出し、流れを止めて異常（トラブル）を改善することに全精力を注ぐことにより、高いレベルの安心、安全、高品質を実現する。いわゆるにんべんのついた自動化である。

これらは、流れ全体に関与するすべての構成要素（組織）において、共有されるべき前提条件であるとともに、目指すべき目的でもある。すなわち「鶏と卵の関係」であり、サ

プライチェーン構成要素（組織）においてその合意形成がされていることがTPSの完成度を上げるために最も重要な前提条件でもある。この「短く、単純で停滞のない流れ」を多段階の「調達物流」「製品物流」「工場内物流」のすべてで実現し、サプライヤから最終顧客までつなぐこと、これがTPSの完成形としてのサプライチェーンモデルにおける「物流」である。

3. 具現化のための ロジスティクス要素機能

3.1 基本要素

次に、この物流体制を構築する上でのロジスティクス基本要素を解説する。これらは、工場外の調達物流、製品物流においても、また工場内物流においても共通である。各要素がものづくりの生産モデルと極めて深く連携することから、Fig.2に示す全体最適を指向したサプライチェーンモデルに沿って解説する。

①定時定ルートの「物流ネットワーク」

物流体制を構築する上で最も重要であり、最初に整備しないといけない基本要素は、サプライチェーンを通して品物が移動するルートを定時定ルートでつなぐ物流網である。工場外であれば、サプライヤ、客先、生産工場の間を毎日一便以上の頻度で、決まった時刻、決まったルートでつなぐトラック便が基本となる。日本全国規模で見ると、北海道から九州までの幹線と域内を回る支線、これらの中継する中継ターミナルで構成される。便の頻

度やトラックの規模は、積載荷量で決定されるが、基本は、往復便であり、等間ピッチにすることで、リードタイム（以下、LT）のミニマム化、運行ダイヤのシンプル化が図れる。この基本ダイヤが完成すると、サプライヤと生産工場、或いは、生産工場と顧客の間で毎日のタクトが決まり、管理が単純になる。一日一便であれば、前工程は後工程が明日必要な品物を、今日の便に乗せればよいし、この便を多便化することで、次の便までに必要な品物だけを乗せればよいことになり、前後での品物の停滞（在庫）を極小化することができる。また、往復便であることにより、後工程から運搬に使用した空箱やかんばんなどの回収も行う。

この考え方は、工場内も同じである。工場内の部品の受入、各生産工程、出荷場、など工程間をつなぐ便は、TPS用語で水すましと呼ばれる。工程間であるので、トラック便より距離も短く、多頻度に回ることが可能であるが、基本的な考えは上記と同じであり、決まった水すましのタクト、例えば30分タクトであれば、次の30分を後工程から引取りに来るしくみとなる。

②積極的に持つ在庫「ストア」

品物が前工程から後工程に移動する途中で、なんらかの理由で停滞する場合、これを在庫と呼ぶ。短く単純な流れが確立され、後工程引取が実施されれば、この在庫は極小化されるが、さまざまな要因で、停滞すなわち在庫が発生し、付随的に管理業務が発生する。在庫には、結果として発生してしまう在庫と、

積極的に持つ在庫「ストア」がある。

幹線と支線等のトラック便のつなぎの箇所では、待ち合わせが発生する。これは電車やバスの乗継駅と同じである。さらに、上流の便と下流の便でタクト（すなわち頻度）の違いがあると待ち合わせ分に加えて、先入れ先出しや優先度管理といった複雑な管理が必要な在庫が発生する。

これらの要因で発生する在庫は、物流網の運行や各構成要素（サプライヤや生産工場）の業務遂行の実力に不安があると、結果的に増大する。例えば、上流の便の到着時刻にばらつきがあると、乗り継ぎの不安から、より物流LTに安全を見て、1便前に乗せることにより、通常は中継ターミナルや配送ターミナルに長期に停滞することになる。これが、結果として発生してしまう在庫である。

また、これとは別に、積極的に持つ在庫「ストア」がある。後工程の引き、すなわち前工程にとっての「売れ」は、必ずしも予測通りでなく、また平準化されてもいない。その波動を、ジャストインタイムの強引な押しつけにより最終顧客からすべての物流動線に伝え、サプライヤや生産工場の稼働が振れ、定時定ルートで物流網は、ピークにあわせて能力を持つことになり平均積載率が低下する。つまり、サプライチェーン全体が高コストな体制になる。

この波動を所要が振れる後工程のそばで（例えば、首都圏の物流ターミナルで）在庫を活用して吸収し、上流に極端な波動は伝えない。これは、スーパーマーケットやコンビニに置かれた商品と同じであり「ストア」と

呼ぶ。ストアは、繰り返し性のある品物にのみ適用されるものなので、部品や設計の共通化を行い、できるだけ下流工程まで繰り返し性を作ることで、変動吸収の可能なサプライチェーンとなる。

③指示システム「かんばん」

定時定ルート「物流ネットワーク」と変動を吸収するために積極的にもつ在庫「ストア」に加えて、3つ目に重要な基本要素は、生産・物流の着手を指示する情報システムである。これは生産モデルによって異なるのでFig.2を参照いただきたい。繰り返し性のある品物を在庫する「ストア」を境に、その上流工程と下流工程では、情報の伝え方が異なる。下流工程は、繰り返し性の少ないものの流れであり、後工程の納期に向けての生産し、運搬（輸送）する。一方、上流工程では「ストア」から売れた（すなわち、後工程が引いた）品物を繰り返し生産し、運搬（輸送）する補充の流れである。以下に詳説する。

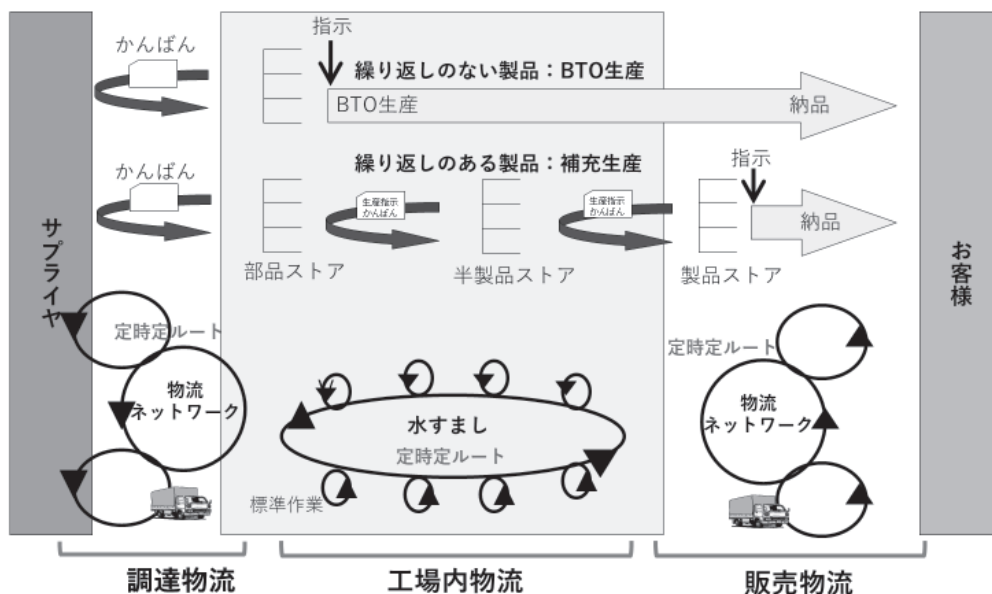
・後工程の納期に向けた（繰り返し性の少ない）物の流れ

一品もののように顧客仕様にカスタマイズされた繰り返し性の少ない製品の場合、既に上記①の定時定ルートの物流ネットワークのダイヤが決まっているので、お客様或いは後工程の納期に合わせた便を決め、その便に合わせた生産を行う。この場合、物流リードタイムと生産リードタイムの合計のリードタイムを遡った着手のタイミングで流れがスタートする。Fig.2の上段の流れである。この流れを、顧客の注文に応じて生産するという意味で、BTO（Build to order）という場合もある。

・「ストア」を補充する（繰り返し性のある）物の流れ

Fig.2の下段の流れが繰り返し性のある製品や半製品及び部品に適応される補充の流れである。②で述べたように「ストア」は、上流工程の流れの指示機能を有する。TPSでは、これを「かんばん」と呼び、この「かん

Fig.2 全体最適を指向したサプライチェーンモデル



ばん」に基づいて上流の生産もしくは物流の着手を指示する。「かんばん」については、TPSの解説本に譲るので詳細は割愛するが、各品物毎に枚数が決められており、その枚数以上に作りすぎないことで在庫を一定に保つ機能も有する。また、振り出すかんばんの上限下限を管理することで上流の生産・物流の振れを吸収することも可能となる。

3.2 調達物流

工場外の物流でサプライヤから原材料や部品を調達する場合、上記の①②③の基本要素に基づいて、調達物流が構成される。一般には、前工程であるサプライヤは、サプライヤにとっての製品Aの「ストア」を持ち、後工程である生産工場は、彼らにとっての部品Aの「ストア」を持ち、「かんばん」を用いて後工程引取りを実現する。振り出された「かんばん」は、決められた手順で、定時定ルートで輸送を司るトラックが運び、前工程への指示系の情報システムも完結する。そして、何便後と決められたトラック便でこのかんばんとともに品物Aが後工程の生産工場に納入される。この物流の結果情報を商流として後工程の購入側としては購買システム、前工程の出荷側としては販売システムと情報リンクさせる必要がある。また「かんばん」で着手指示情報を伝える時間を短縮させるため、インターネットを介しての「電子かんばん」も活用されている。

調達物流は、購入する生産工場（後工程）がサプライヤ（前工程）とのつながりの物流を見た言い方であり、実はサプライヤ（前工程）

から見れば、後述する製品物流（販売物流）である。ただし、後工程が生産工場であることから、比較的繰り返し性を作り出すことが可能であり、基本要素の「ストア」や「かんばん」を利用しやすいと言える。

3.3 販売物流

販売物流は、上述した通り、生産工場（前工程）すなわちメーカーから顧客（後工程）とのつながりの物流を見た言い方であり、顧客（後工程）から見れば、調達物流とまったく同じケースも含まれる。しかし、ここでは最終顧客や量販店などを後工程が生産工場でない場合を想定して解説する。後工程が最終顧客や量販店のような一般マーケットの場合、繰り返し性のある製品と繰り返し性のない一品ものの製品を組み合わせ品揃えして配送することが求められる。

3.1項で述べたように、繰り返し性のある製品については、顧客に近いところで「ストア」を構えることで、短LT対応、変動吸収などを行い、繰り返し性のない製品については、顧客の納期に合わせた生産し、配送する。物流体制としては顧客に近い配送ターミナルで、同期させ品揃えして同じ配送便で最終顧客にお届けする必要がある。

3.4 工場内物流

生産工場内の物流についても考え方は同じである。共通性のある繰り返し性の高い品物（部品、中間製品、製品）については、「ストア」を持ち「かんばん」で売れた分を補充する。共通性・繰り返し性のない品物について

は、顧客或いは後工程の注文（オーダー）で生産し後工程へ運ぶ。工場内（工程間）は、定時定ルートで「みずすまし」が走行し、部品、中間製品、製品、空トレイ、かんばんなど様々なものを運搬する。工程毎のLTの長短、工程毎のロットサイズの違い、みずすましの回る頻度（タクト）の長短、品質等のばらつきに応じて、同期と変動吸収のための「ストア」の設定在庫量の大小を調整する必要がある。

3.5 個別最適が全体最適につながるしくみ

上述したしくみが機能すると、サプライチェーン全体が自律化し、管理が極小化される。与えるべき情報は、一品ものの納期に基づく着手指示だけであり、それ以外は、内包された自律的なしくみの中で、売れた品物を「かんばん」が補充指示を出すことで生産活動が継続する。また、このしくみは、実力の無さをストアの在庫量に転換して、管理の極小化を図っているため、生産性の向上や生産・物流LTの改善や品質の改善など個々の改善で実力が上がり、精度が向上することがストアの在庫量低減にひいては、サプライチェーン全体の改善につながり、「短く単純で停滞のない流れ」というTPSの完成形に近づくことになる。

4. グローバルロジスティクス戦略

日本国内で実現した「短く単純で停滞のない流れ」をグローバルに展開しようとする、様々な問題に直面することになる。本来、T

PSでは、上述したような基本思想をサプライチェーンの全構成要素（組織）が共有することで、徹底的な改善が進み、その改善の過程で問題を解決し、最後は目指す成果を勝ち得る。しかし、グローバル環境では、

- ・絶対的距離と時間の弊害
- ・国情や文化の違い
- ・輸出入に伴う法制度による流れの断絶
- ・途上国などでは安全・安心・高品質が保てない物流事情

など、TPSを徹底するための前提条件が崩れる要因が少なからずあり、これは、結果として「短く単純で停滞のない流れ」を阻害し、「長く複雑で停滞のある流れ」にならざるを得ない場合が多い。このような場合、どんなロジスティクス戦略をもって、全体システムを構築すべきか、以下で基本的な考えを述べ、次章にてその事例を示したい。

4.1 基本思想は同一

既に本稿の読者はおわかりのように、グローバルな環境ではサプライチェーンを構成する個々の構成要素（サプライヤ、輸送業者、税関等当局、港湾空港等の施設、顧客、等）が多岐にわたり、上述したTPSの基本思想に基づく「短く単純で停滞のない流れ」についての理解と意識共有が不可能である。必然的に、流れが滞る箇所（停滞）が発生し、大きな変動に対応できず余剰在庫、欠品、納期遅延、といった問題を引き起こし、最終顧客を含めサプライチェーンの構成要素すべてに被害が及ぶことになる。

従って、コストやLT、オペレーションの

力量を見据えた上で、できるだけ一気通貫の流れを作り、停滞するポイントは、積極的な「ストア」を構え、停滞量や滞留期間の制御が働くしくみを導入する。つまり、TPSの基本思想をできるだけ導入して、全体の系の挙動があばれないよう設計することが必要である。本来は、サプライチェーン全体に導入して初めて大きな効果を出すことができるTPSであるが、日本の製造業が初期に導入した「工場内のみのTPS」と同様、サプライチェーンをいくつかの系に分割し、個々の系の実力に応じたTPS導入により個別最適解の組み合わせで全体を再構成する方法となる。

4.2 個別最適の組み合わせ

個別最適の組み合わせの事例をいくつか見てみよう。グローバルといっても、東南アジアの国々のように狭い国土の中であれば、日本国内と同様に構築できる環境も整ってきた。

Fig.3の例は、東南アジアでの生産工場の調達物流であるが、日本や欧米の自動車やエレクトロニクスメーカーが多数進出しており、部品サプライヤも育ってきたこの国では、

既に日本国内同様のしくみを実現されている。この事例で示すように、生産工場からサプライヤのある工業団地や空港、港湾などを回る集荷便を複数ルート構築し、毎日1便で数十社のサプライヤからの集荷、空トレーの回収と返却を行う。TPSの理解を高めて、かんばんを利用する例も出てきている。

次に、中国サプライヤからの日本工場への部品調達の例である。Fig.4に示すよう遠距離で国をまたがる物流の場合、輸送コストを重視せざるえないため、海上輸送で大ロット（例えばコンテナ満載）といった条件が入り、中国国内でのミルクラン集荷（毎日）、海上混載輸送（週1回）、日本国内でのジャストインタイム（かんばん）配送（毎日）といった個別最適の組み合わせとなり、同期のための滞留もストアとして考慮しなくてはならない。

グローバル環境下といえども、①②③各々を3項で述べた通り定時定ルートの物流ネットワークでルートとダイヤを確定し管理をミニマムにすることはTPSの基本である。積み込み港と積み卸し港で1～2週間分の在庫を持つことになるが、全体での総在庫量やLTは制御可能となる。ただし、全体の動線の

Fig.3 東南アジアでの調達物流の事例

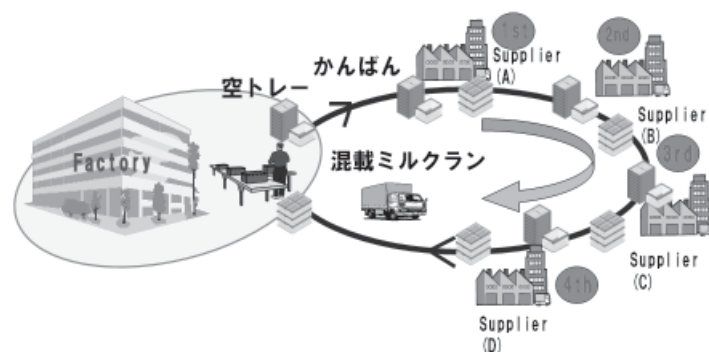
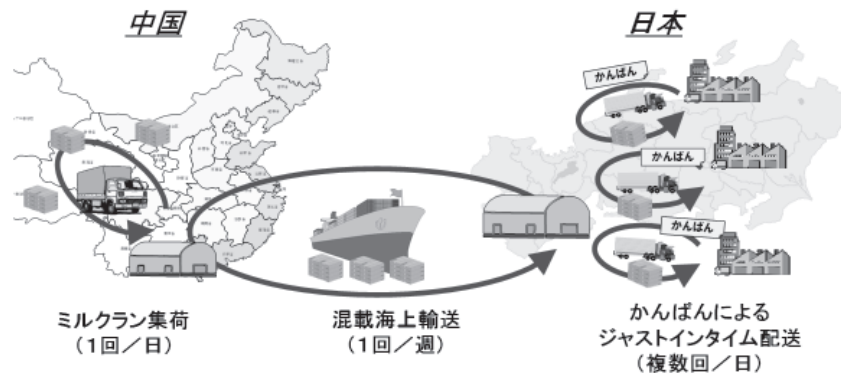


Fig. 4 中国からの部品調達の事例



長さや在庫量の多さから在庫管理や入出庫管理の事務作業も発生する。また、中国国内で調達してから日本に到着するまで2週間以上のLTが発生するため、2週間～1ヶ月前のサプライヤへの注文と明日の生産計画にギャップが生じ、不要な部材が日本の積み卸し港の倉庫に徐々に滞留することになる。

4.3 在庫量が完成度のバロメータ

TPSは、サプライチェーンの系の中の在庫（仕掛品）の総量を減らすことで、管理対象を減らし、自律的に繰り返し回る単純なしくみで管理業務も減らし、結果としてコストミニマムを実現するものである。欠品がないことが前提条件であり、しかも結果として災害など異常時を除いて欠品が発生しない。

しかし、これは極めて安定し小刻みにつながることができる物流と生産性が高く完璧な品質を実現する工場という条件の「性善説」で成り立っている。上述したように、この条件が崩れると、一見しくみを維持しているようでも、欠品のリスクのため在庫が増え、全体が緩むために管理業務が増大する。サプライヤや製造工程に品質、LT、変動対応力といった実力の弱い構成要素が存在すると、変動を

吸収するため積極的に在庫を多く構えることとなるので、在庫量が完成度のバロメータといえることができる。

4.4 情報技術（IT）での可視化の重要性が増大

上述した通り、引き締まったサプライチェーンが系全体で維持されていれば、ほとんど管理が不要になる。具体的に例をあげていえば、近傍のサプライヤからの部品調達でかんぱんを振り出して半日程度で補充できるようなしくみが機能し、これが100%保証されているのであれば日常的な管理は不要となる。しかし、グローバルなサプライチェーンとなり動線が長く、LTや品質にもばらつきが出、結果的に途中で在庫として停滞するようになると、サプライヤ側としても顧客（生産工場）側としても、モノがどこにあり、いつ届くかを知る必要があり、途中の在庫の溜まり具合もできるだけリアルタイムに把握したいことになる。すなわち、管理するために、ITを活用したモノの状態の可視化が必要不可欠となり管理システムの導入、現場での入力作業、など様々なコスト増の要因となる。

5. おわりに

既に述べたように、TPSは、サプライチェーンの各構成要素がそれぞれに安定的に実力が高く、しかも完璧を目指して常に改善改革を進めていること、そして実際に近傍に立地することで物理LTも短いことが前提で成り立っている。その理想に対して、グローバルなビジネス環境で多種多様なサプライヤから部品を調達し、多段階の生産工場を経て、お客様にお届けする流れの場合、上記の前提条件が成り立たなくなる。しかし、常にFig.2で示した究極のサプライチェーンの完成系を目指しつつ、各々の系で実力に見合ったロジスティクス戦略を採用することで、全体のしくみを維持し、実力の改善で、サプライチェーンの完成系に一步ずつ近づけることも可能である。その課程で重要なことは、つなぎ目で積極的にもつ「ストア」の在庫で変動を吸収し、上流や下流の系に悪影響を伝播させないこと。そして、LTが長く、途中での在庫も管理する必要が発生するので、ITの導入による可視化である。

グローバルなビジネス環境でのサプライチェーンの構成要素それぞれにとっても、今後は、厳しい競争にさらされる。必然的にEU諸国間やFTA締結国間のように事実上国境がなくなり、さらにはローコストかつ小ロットの国際輸送も可能となっていく。その結果、無駄を省き、高い品質、高い効率、短いLTを実現するTPSのサプライチェーン全体への導入の理解度が進み、活動が収斂していくことは間違いない。つまり、ものづく

りを取り巻く環境がグローバルに広がった今、ロジスティクス戦略がサプライチェーン全体の完成度、すなわちものづくりの競争力を決める時代になったのである。

参考文献

- 1) 岩城宏一：実践トヨタ生産方式, 日本経済新聞社, 7/19 (2005)
- 2) 岩城宏一：物づくりが国を支える, 冬至書房, 3/23 (2011)
- 3) 河田信：トヨタ生産システムと管理会計, 12/10 (2004)