

グリッド法による物流拠点立地の選定

高田 富夫

I. はじめに

人類の歴史において、欲する商品が消費地で生産されることはほとんどなかったと言ってよい。食糧品などの商品は広い地域で生産され、1年のある時期に集中して大量に出回った。古代人は居住地で生産して消費するか、それとも生産地が遠く離れている場合には望む場所に持ってきて、後日の消費のためにそこに蓄えておいたりした。しかし、輸送・保管の機能が発達していなかったから、商品の移動は個人の力だけで動かせる範囲に限られ、生鮮食料品は長い時間保管しておくことはできなかった。輸送および保管システムの大きな制約から、人々は生産地の近くに居住し、そこで調達可能なわずかな商品しか消費することはできなかった。

世界の一部地域では、生産と消費は今日でもごく狭い地域に限定して行われている。アジア・アフリカ、あるいは南米の一部にその例がある。人々の多くは経済的に独立した小さな集落に住み、住民が必要とするほとんどの商品は居住地周辺で生産される。他の領域から運び込まれる商品はほとんどない。この種の経済の場合、生産効率と経済的生活水準は低い。他の生産地と商品取引を活発に展開するのに不可欠な、経済的、効率的ロジスティクス・システムがないことが最大の理由であると言ってよい。

ロジスティクス・システムの効率化は消費と生産の地理的分離を促す。各々の国・地域は最も効率的に生産できる商品の生産に特化する。それによりある国・地域で過剰になる商品は他の国・地域に送り出し、そこで生産しない商品は他の国・地域から受け入れる。この交換メカニズムは比較優位の原理に従う。

この原理から世界市場を鳥瞰すれば、今日の非常に活発な国際貿易の背景を伺い知ることができる。効率的なロジスティクス・システムは、土地の生産性が等しくない状況を利用して、経済をより豊かにする。この意味においてロジスティクスはまさに国際貿

易を根底から支えるものである。そして活発な国際貿易は我々に高い生活水準をもたらす。ロジスティクスは我々の生活水準とも深く関わっている。

今日の企業にとって、供給サイドを統合し、ロジスティクスを含めた統合一貫供給体制すなわちSCMを確立することは、費用を圧縮し価格を競争力あるものとするための前提条件である。しかしながら、この方面は今なお緒についたばかりの段階を抜け切ることができず、あいまいなままに残されている課題も少なくない。とりわけグローバル・ロジスティクスについては、その業務内容の複雑さもあり、最先端のロジスティクスへの対応が遅れている。一部の大手物流事業者はロジスティクス・ソリューション・ビジネスを始めてはいるものの、その成否を論ずるには今のところ不確実な点が多い。

とは言えロジスティクス・システム・プロバイダとしての能力を早急に備えなければ、同じくこのビジネス分野に参入をはじめている総合商社系や情報処理産業系事業者の後塵を拝して、彼らの下請け的存在に甘んじざるを得ない結果になるかもしれない。サプライチェーン・マネジメントの導入を機に、商社や情報処理産業では企業の物流業務を一括受託しようと狙っているのである。

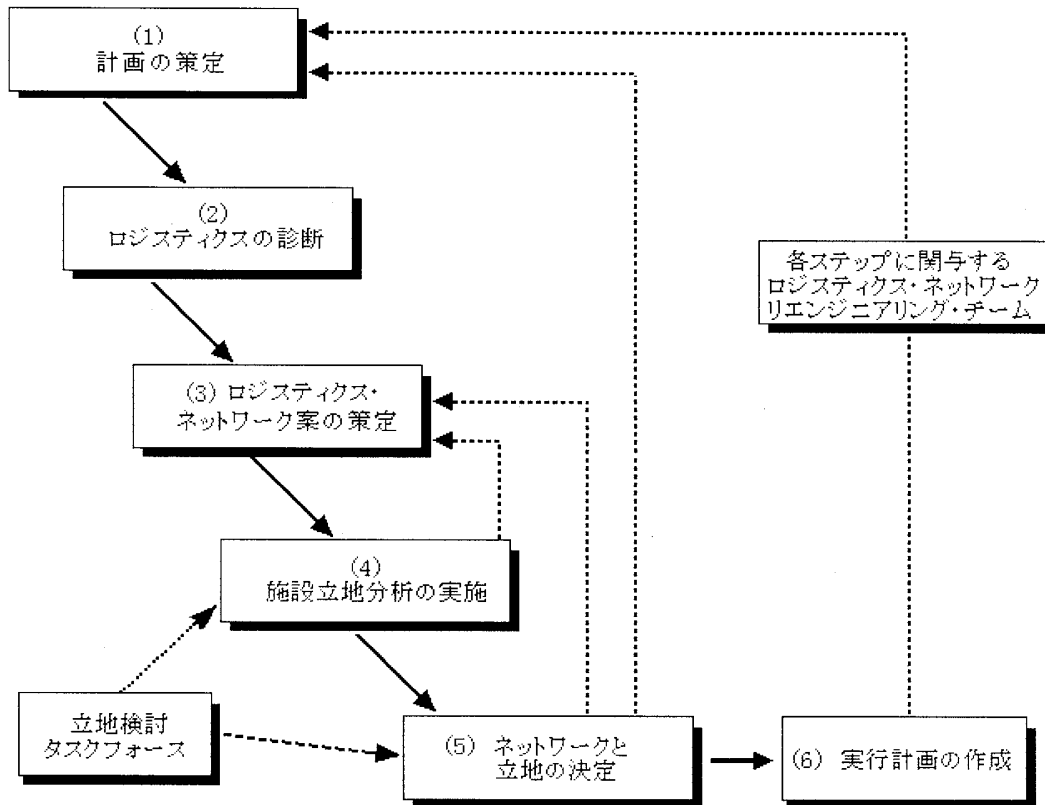
本論は、荷主企業においてサプライチェーン・マネジメントとの関連でニーズが旺盛であるにも関わらず、いまだに混乱が見られるロジスティクスについて、なぜロジスティクスなのか、そしてなぜ明確な共通認識がないのかという、根本的な問題意識を背景としている。次節ではまずロジスティクス・システムを構築する際に取りべき手順について述べる。次に、ネットワークの構築で在庫管理やリードタイムと並んで最重要課題の一つである立地問題を取り上げ、物流センターに代表される物流拠点の立地場所選定にあたって実践性に優れたグリッド法について述べる。

II. ロジスティクス・ネットワークの構築

最適なロジスティクス・ネットワークを構築するにあたっては、後述する多くの要因に配慮しなければならないのであるが、なによりもまず、企業全体の総合戦略と連携を十分にとって、計画を進めていかねばならない。以下では、新しいネットワークを構築するために踏襲すべきステップについて述べる（図1参照）。

ステップ1では最初にネットワークの構築を統括するリエンジニアリング・タスクフォースを編成する。このチームが最初になすべきことは、経営戦略の背景にある経営理念とサプライチェーン・マネジメントに対するニーズの確認である。その確認を終えたならば、構築すべきネットワークの目的と制約条件を明確化する。トップマネジメン

図1 ロジスティクス・ネットワークの構築



トの方針や予算，人事，情報システムに関する制約条件をはっきりと理解しておかねばならない。さらに，アウトソーシングの可能性を含めて検討するのかどうか，言い換えればロジスティクス・サービスをサードパーティーに委託することがあるのかどうかを，この初期段階で明確にしなければならない。その如何によっては，諸資源の制約条件が大きく異なることになるからである。

ステップ2はロジスティクス診断である。企業におけるロジスティクスの全体像はロジスティクス診断を通してタスクフォースに伝えられる。ここではさらに，以後の再構築プロセスで必要な情報が収集される。具体的には，顧客のニーズや市場の動向，ロジスティクスの目的，現行ネットワークの概要，サプライチェーンにおける自社の位置付け，ロジスティクス・コストと成果のベンチマークに関する情報である。

第三のステップでは，現行ネットワークと代替ネットワークを数量的に分析する。ここで利用される分析手法は最適化法，シミュレーション，ヒューリスティック法である。最適化法は「最善の」解決策を探索するものであり，シミュレーションは仮想的パラメータを与えることによってネットワークを実際に動かしてみるものであり，ヒューリスティック法は最適解決策を提供するものではないが，柔軟な応用性を持っている。こう

した定量分析からコストとサービス水準のトレード・オフが数量的に把握され、各ネットワークの有効性が評価される。こうして望ましいネットワークの構造が明らかになる。

ステップ4では、望ましいネットワーク構造のもとで、ロジスティクス施設の立地の検討に入る。ロジスティクス施設の建設予定地の特質を分析するのがここでの作業になる。その分析には定量的側面と定性的側面がある。定量分析の多くは上述したステップ3ですすでに行われている。したがって以下では特に労務環境、輸送問題、市場と顧客への近接性、生活水準、租税と産業発展誘因、サプライヤのネットワーク、地価と社会インフラ、企業の選好といった点から、立地選定の定性的側面について述べる。

このステップでは、立地検討タスクフォースを別に設けて、地形、地質、輸送環境、労務環境等々、立地に関わるさまざまな情報の収集と分析にあたらせる必要がある。施設の設計に必要な情報も収集する。このタスクフォースには、社内の人的、物的資源のほか、社外のコンサルティング企業の参加を考慮してもよい。

立地検討タスクフォースに委ねられる最初の課題は、立地先として明らかに適切さを欠く地域を排除して、候補地を一次的に絞り込むことである。これによって候補地の数を減らし、残った候補地について詳しく立地分析する。

次に、ステップ3と4の結果として示されたネットワークと立地先を、ステップ1で確認されたネットワークの目的と制約条件に照らし合わせて評価する。これが第5のステップになる。サードパーティー・ロジスティクスの活用如何は、企業の経営戦略のほか、コストと提供するサービス水準に配慮してこの段階で結論をだす。

最後のステップは効果的な実施計画の策定である。実施計画は、現在のロジスティクス・ネットワークから最適なロジスティクス・ネットワークに移行するための手引書（ロードマップ）になる。企業はスムーズでタイムリーな実施に必要な資源をゆだねることが重要である。

ロジスティクス・ネットワークを再構築するためのステップ4は、立地先として候補にあがった特定地域の属性を分析することである。表1は、地域と用地に関する主な立

表 1 主な立地決定要因

地域の決定要因	用地の決定要因
労務環境	輸送アクセス（高速道路、空港、港湾、鉄道）
輸送環境	労働力の確保
調達源と市場への近接性	土地取得費用と関連税制
自治体の姿勢	都市計画による地域区分
地価	
企業の選好	

地決定要因を示したものである。これらの要因は一般的な意味において重要度の高い順に掲げているが、それは個々のケースによって異なる。

個々の立地決定要因の重要性は産業や企業によって異なる。例えば、アパレルや家庭家具・雑貨のような労働集約型産業では、労働力の確保と労働コストが重視される。また、競争が激しくロジスティクス・コストを重視する製菓、飲料、印刷・出版のような産業でも、労働コストならびにそれ以外のロジスティクス関連コストが非常に重要になる。これに対して、コンピュータ、同周辺機器、半導体、産業用精密機器のようなハイテク製品のメーカーは、高度な技術力を持つ要員の確保可能性と、販売市場への近接性を重視する。

Ⅲ. 立地選定モデル：グリッド法

工場や在庫拠点の立地点は、すでに述べたように、ORを使った最適化法やシミュレーションモデルによる方法、ヒューリスティック法という三つの方法を使って求められる。最後に挙げたヒューリスティック法は単純なグリッド法として知られており、複数の市場と複数の調達源がある場合の費用最小化立地点を、表計算ソフトを使って簡単に求めることができる。グリッド法は本質的に、調達部材と販売製品を最小費用で輸送するための工場や在庫拠点のような固定施設の立地をある広さを持つ地域内で決定しようとするものである。この方法はきわめて実地的な方法である。

在庫拠点を想定して最適立地点を考えてみる。グリッド法は工場とそこで製造された製品の販売市場が固定されており、消費量や販売量が既知であると仮定している。まず、工場と販売市場を含む地域全体をグリッド状に仕切り、このグリッド座標によって各々の工場と市場を識別する。そして、次式にこれらの位置座標をインプットし、トンマイル・センターを求める。これが費用最小化立地点になる。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m d_i S_i + \sum_{j=1}^n D_j M_j}{\sum_{i=1}^m S_i + \sum_{j=1}^n M_j}$$

ただし

C = トンマイル・センター

d_i = 原点から部材調達源 i までの距離

D_j = 原点から販売市場 j までの距離

S_i = 部材 i の調達重量 (数量)

M_j = 製品 j の販売量

しかしこの式を利用できるのは部材と製品の単位あたり運賃 (賃率) が同じ場合である。いうまでもなく運賃率は貨物によって異なる。一般的に、製品の賃率は部材の賃率よりも高く、これを考慮した場合に費用最小化立地点は製品の販売市場近くにシフトする。したがって、製品の輸送距離は短くなり、低賃率貨物 (部材) の輸送距離を長くなる。

したがって、種々の貨物によって異なる運賃率に配慮して、上式を以下のように修正する。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m r_i d_i S_i + \sum_{j=1}^n R_j D_j M_j}{\sum_{i=1}^m r_i S_i + \sum_{j=1}^n R_j M_j}$$

ただし、 R_j = 製品 j の運賃率 r_i = 部材 i の運賃率

Coyle他によりながら、計算例を紹介しておこう。図2は工場をバッファロ、メンフィス、セントルイスにもち、アトランタ、ボストン、ジャクソンビル、フィラデルフィア、ニューヨークを販売市場とする米国企業が新たな在庫拠点立地先を選定する事例を示したものである。

図2 製造工場と製品販売市場に位置

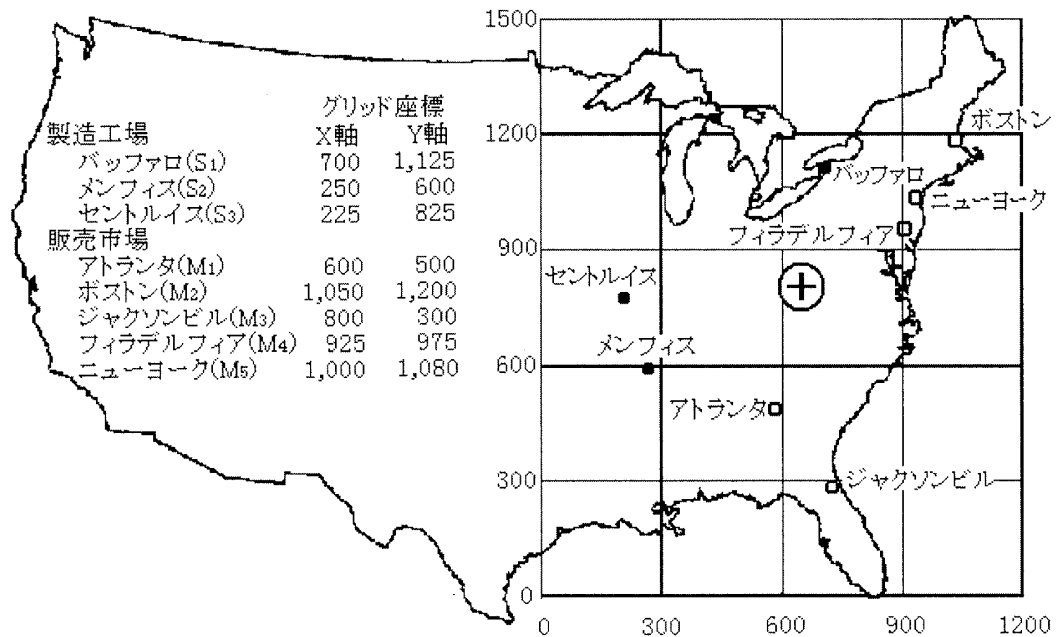


表1 在庫拠点立地のグリッド解

工場と販売市場	運賃率	輸送量トン	グリッド座標		計 算	
	(A)	(B)	x 軸	y 軸	(C)	(D)
バッファロ (S ₁)	\$0.90	500	700	1,125	315,000	506,250
メンフィス (S ₂)	\$0.95	300	250	600	71,250	171,000
セントルイス (S ₃)	\$0.85	700	225	825	133,875	490,875
合 計		1,500			520,125	1,168,125
アトランタ (M ₁)	\$1.50	225	600	500	202,500	168,750
ボストン (M ₂)	\$1.50	150	1,050	1,200	236,250	270,000
ジャクソンビル (M ₃)	\$1.50	250	800	300	300,000	112,500
フィラデルフィア (M ₄)	\$1.50	175	925	975	242,813	255,938
ニューヨーク (M ₅)	\$1.50	300	1,000	1,080	450,000	486,000
合 計		1,100			1,431,563	1,293,188
					横軸	縦軸
				分子: $\sum rds =$	520,125	1,168,125
				+ $\sum RDM =$	1,431,563	1,293,188
				合 計	1,951,688	2,461,313
				分母: $\sum rS =$	1,330	1,330
				+ $\sum RM =$	1,650	1,650
				合 計	2,980	2,980
				グリッドセンター	655	826

備考1 (C) = (A) * (B) * x 軸移動, (D) = (A) * (B) * y 軸移動
 2 運賃率はトンマイルあたりドル

表1は、表計算ソフトを利用した計算例を、在庫拠点立地の関連データとともに示したものである。工場と販売市場のグリッド座標は図2と同じである。簡単化のために、この企業は製品を1種類だけ生産するものとする。グリッド平面上の最小費用センターを決定するために、グリッド式から座標を計算する。

表1で右端二つの欄はグリッド式を使って得た値である。最初の計算欄は、x軸方向の分子（それぞれの工場と販売市場に関する、賃率×x座標値×数量）の計算である。表1の下半分はグリッド式の分子と分母を計算したものである。この例における在庫拠点の最小費用立地点は（655, 826）である。図2には最小費用立地点が+で示されている。

上の例では在庫拠点の立地点を求めた。工場の立地点も同様の方法で求めることができる。ただし上の例の工場はその場合の部材調達源に対応する。

グリッド法はWhat if 分析に対しても柔軟である。What if 分析は感度分析とひじょうによく似ている。ネットワーク・プランニングで使用するコストや輸送量等々の情報には誤差がつきまとうものである。したがって考えられるいくつかのケースを準備して、それぞれのケースにグリッド法を適用して、その結果を比較検討することも大切になる。これを称してWhat if 分析と呼んでいる。

ここで二つのケースを設定して立地点の変化を見ることにしよう。最初に、ジャクソ

表2 運賃率変化のWhat if 分析

工場と販売市場	運賃率	輸送量トン	グリッド座標		計 算		
	(A)	(B)	x 軸	y 軸	(C)	(D)	
バッファロ (S ₁)	\$0.90	500	700	1,125	315,000	506,250	
メンフィス (S ₂)	\$0.95	300	250	600	71,250	171,000	
セントルイス (S ₃)	\$0.85	700	225	825	133,875	490,875	
合 計		1,500			520,125	1,168,125	
アトランタ (M ₁)	\$1.50	225	600	500	202,500	168,750	
ボストン (M ₂)	\$1.50	150	1,050	1,200	236,250	270,000	
ジャクソンビル (M ₃)	\$2.25	250	800	300	450,000	168,750	
フィラデルフィア (M ₄)	\$1.50	175	925	975	242,813	255,938	
ニューヨーク (M ₅)	\$1.50	300	1,000	1,080	450,000	486,000	
合 計		1,100			1,581,563	1,349,438	
					横軸	縦軸	
					分子: $\sum rds=$	520,125	1,168,125
					+ $\sum RDM=$	1,581,563	1,349,438
					合 計	2,101,688	2,517,563
					分母: $\sum rS=$	1,330	1,330
					+ $\sum RM=$	1,838	1,838
					合 計	3,168	3,168
					グリッドセンター	664	795

(C), (D), 運賃率については表1. 備考を参照

ンビルまでの輸送手段を鉄道からトラックに変更したケースである。表2は、運賃上昇によって費用最小化立地点をジャクソンビルの方向にシフトさせる、すなわち新しい立地点の座標は(664, 795)になり、元の立地点(655, 826)から東南にシフトすることを示している。結論的には、運賃上昇が(工場～在庫拠点)と(在庫拠点～市場)のどちらの領域で起きたかによって、費用最小化立地点は販売市場か工場のいずれかの方向にシフトする。

次のWhat if分析は工場を変更したケースである。バッファロ工場を閉鎖し、メンフィスからの調達量を500トン増やすと想定する。表3はその結果を示したものである。バッファロから調達していた部材のすべてをメンフィスから調達することによって、新しい費用最小化立地点はメンフィス方向(元の立地点の南西方向)にシフトする。同様に、新しい市場が生まれたり、既存市場で販売量が増加したりすれば、費用最小化立地点はその市場の方向にシフトする。

上で示したグリッド法は立地選定の出発点である。そこには次のような理由がある。第一に輸送費は唯一の立地決定要因でない。第二にグリッド法は静学的手法であり、得られた立地点は特定時点でのみ最適である。調達量や販売量が増えれば運賃率が変わり、工場や販売市場の地理的変化とともに、最小費用立地点も変わる。第三に実際の運賃率は距離逓減体系をとっており、輸送距離の延伸とともに比例的以下の割合でしか増大しないにもかかわらず、グリッド法は距離に関して線型の運賃率を仮定している。第

表3 工場変更のWhat if 分析

工場と販売市場	運賃率	輸送量トン	格子座標		計 算	
	(A)	(B)	横軸	縦軸	(C)	(D)
バッファロ (S ₁)	\$0.90	0	700	1,125	0	0
メンフィス (S ₂)	\$0.95	800	250	600	190,000	456,000
セントルイス (S ₃)	\$0.85	700	225	825	133,875	490,875
合 計		1,500			323,875	946,875
アトランタ (M ₁)	\$1.50	225	600	500	202,500	168,750
ボストン (M ₂)	\$1.50	150	1,050	1,200	236,250	270,000
ジャクソンビル (M ₃)	\$2.25	250	800	300	450,000	168,750
フィラデルフィア (M ₄)	\$1.50	175	925	975	242,813	255,938
ニューヨーク (M ₅)	\$1.50	300	1,000	1,080	450,000	486,000
合 計		1,100			1,581,563	1,349,438

	横軸	縦軸
分子: $\sum rds =$	323,875	946,875
+ $\sum RDM =$	1,581,563	1,349,438
合 計	1,905,438	2,296,313
分母: $\sum rS =$	1,355	1,355
+ $\sum RM =$	1,838	1,838
合 計	3,193	3,193
グリッドセンター	597	719

(C), (D), 運賃率については表1. 備考を参照

四に最適立地点の実際の地形を考えていない。得られた最適立地点が時として海上だったり、大きな湖沼の上だったりする。

したがって立地候補地を特定範囲に絞りこむ方法として、グリッド分析を適用するのが適切な使い方である。

IV. おわりに

本論は、冒頭で触れたように、混乱状況を脱したとはいえないロジスティクスの考え方を整理することを第一の目的としている。こうした整理は、同じく混乱を呈している3PLを適切に理解するためにも避けて通ることができないステップである。

ロジスティクスや3PLに関するこれまでの議論は、荷主企業や物流企業のマネジメントを中心においたものである。そこには交通経済論や海運経済論が伝統的に重視してきた政策論の視点がほとんど抜け落ちている。市場競争分析の視点も著しく薄弱である。ロジスティクスではこれらに変わって、システム論や最適化理論、マーケティング論が重要な位置を占めている。一見したところ輸送も物流も、そしてロジスティクスも大きな違いがないように見えるにもかかわらず、経済学的アプローチを得意とする研究者が容易にロジスティクスの分野に踏み込めなかった理由がここにある。

3PLはそもそも規制緩和の結果として生まれた産物である。規制緩和 (= 競争促

進)の理論的背景はパレートの「競争均衡の最適性」にある。これはミクロ経済学の基本的命題である。経済学から生まれた3PLがその後斯学から手を差し伸べられていないというのは、皮肉でもある。

3PLは荷主企業から見れば「ロジスティクス業務の一括外部委託」である。両者の間には委託契約が取り結ばれる。委託契約では受託企業が契約した業務の処理を行う。これと対極をなすのが請負契約であり、引受企業は契約した業務の完成を目的とする。委託企業と受託企業はいずれも一般的指揮監督関係に入らず、独立して業務にあたる。委託契約では一括委託する業務の範囲を明確にしなければならない。

その範囲が問題となるが、委託する業務が「一括」したものであるからには、その範囲には少なくとももっとも重要な基本業務であるネットワークの構築業務が含まれていると解するのが自然である。したがって3PL企業はネットワーク構築能力を備えていなければならない。

本論ではこうした背景の下で、物流センターの立地選定問題に着目した。言及した選定手法はもっとも実践的なグリッド法である。使いやすさから言ってこれに勝るものはないけれども、実際の選定に当たっては最適化理論やシミュレーションモデルも活用しなければならない。

3PLせよ、その起源であるサプライチェーン・マネジメントにせよ、委託者と受託者はパートナーシップあるいはコラボレーションという上下関係のない形で結ばれている必要がある。しかしながら、とりわけわが国の企業風土を見た場合、そのようなことが一般的に可能なのかどうか、疑問視せざるを得ない。ロジスティクスにかかるノウハウはもちろんのこと、企業規模的にも巨大な製造企業や流通企業に見合う大きさを備えていなければならない。いずれの点についても現状は満足すべき状況にない。わが国政府は規制を緩和する形で競争促進政策を推進するだけでなく、ロジスティクス産業もしくは企業の育成にも関心をもち、そのための戦略を用意すべきであると考え。

主な参考文献

- 1) 阿保栄司著『ロジスティクスの基礎』税務経理協会, 1998年
- 2) 武城正長, 国領英雄著『現代物流—理論と実際—』晃洋書房, 2005年
- 3) 日本海運集会所編『入門海運・物流講座』社団法人日本海運集会所2004年
- 4) 高橋輝夫・ネオ-ロジスティクス研究会,『ロジスティクス—理論と実践』白桃書房, 1997年
- 5) Coyle, John J., Edward J. Bardi and C. John Langley Jr., *The Management of Business Logistics*, 7th ed. South-Western, 2003
- 6) Gourdin, Kent N., *Global Logistics Management*, Blackwell, 2001
- 7) Ballou, R. H. *Business Logistics Management*, Prentice Hall, 1999
- 8) Taylor, D., *Global Cases in Logistics and Supply Chain Management*, Thomson Learning, 2001
- 9) Kasilingam, Raja G., *LOGISTICS and TRANSPORTATION : DESIGN AND PLANNING—*, Kluwer Accademic Publishers, 1998, 3rd ed., 2003