

信頼性・リスク評価からみた青函トンネルの開業効果

THE OPENING EFFECT OF THE SEIKAN TUNNEL IN RISK MANAGEMENT

高橋 清* 佐藤 馨一** 五十嵐 日出夫***

By Kiyoshi TAKAHASHI, Keiichi SATOH, Hideo IGARASHI

This study was made to analyze the flow of freight before and after the Seikan Tunnel went into service and examine the influence that the Seikan Tunnel has on the flow of freight in risk management.

In the future utilization of the Seikan Tunnel, there are 2 points to consider the change in freight systems along with the opening of the the Seikan Tunnel. 1) The aspect of time-value that travel time has. 2) Risk control against the delay in transportation systems and coping with time restriction. We apply the expression by the time axis and the space axis to the flow of freight and we call it the Activity Diagram. We, then, describe the flow of freight before the opening of the Seikan Tunnel using this Activity Diagram and compare it with the situation after the opening to describe the effect of the consolidation of transportation systems.

1. はじめに

24年の歳月をかけた世紀の大工事、青函トンネルが、1988年3月開業した。青函トンネル開業は、時間短縮や安定的な輸送により、移動の自由度を高め、利用者の選択の幅を広げ、北海道と本州の間の人と物の交流・輸送の活発化に貢献している。それに伴い、本州－北海道間の輸送動向においては旅客・貨物の両面で大きな変化がみられる。

旅客に関しては、青函トンネル開業の翌月である1988年4月において鉄道旅客が前年の約2倍以上の伸びを記録した。この理由としては青函トンネル開業後は連絡船時代と比較して所要時間が大幅に短縮されたことと、「トンネルフィーバー」と呼ばれるブームが起こったことによると思われる。

* 学生員 工修 北海道大学大学院 工学部 土木工学科 (〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

**正員 工博 北海道大学助教授 工学部 土木工学科

*** 正員 工博 北海道大学教授 工学部 土木工学科

一方貨物の輸送動向においては、鉄道貨物が所要時間の短縮と運賃の値下げによって他の交通機関と比較して大きな伸びを示している。鉄道貨物の競争相手としてはフェリーや内航コンテナ船、航空機が挙げられるが、信頼性の向上も加わって鉄道貨物の競争力は大きく増加している。

そこで本研究は、青函トンネル開通前後における貨物の流動を信頼性・リスクの観点より分析し、青函トンネル開通が貨物の流れにどのような影響を与えたかを明確にするものである。

特に物資の輸送は、物資を目的地へ運搬するという空間的・時間的離れを克服するだけでなく、所定の時刻までに到達し荷卸が終了するというサービスが要求される。つまり、物資輸送は空間的・時間的価値を創造する活動といえる。ある物資を、指定された時刻までに目的地へ移動しようとする場合、物資の内容、重量、容積、荷姿等によっても異なるが、目的地までの距離や輸送時間とともに、予

測される到達時刻、指定された到着時刻までに必ず到着することを検討した上で、輸送手段、輸送ルート及び出発時刻が決定される。

輸送機関は事故や悪天候等によって、旅行時間は遅れることがあり、特に自動車輸送では混雑・規制等の交通事情により遅れる頻度は大きい。また、海上輸送においては、フェリーの欠航・遅航による遅れが輸送システム上大きなリスクをとまう。

これら遅れの実態と、その遅れ時間に対して企業がどのような対応をとるかという点に関して、松本昌二、白水義晴¹⁾は、旅行時間の不確実性と到着時刻が指定された輸送の影響についての研究を行っている。また、松木裕幸、島崎敏一²⁾は、青果物における利用者の輸送機関出発時刻評価特性に関して、荷主の出発希望時刻と実際の出発時刻とのズレや、荷主の到着希望時刻と実際の到着時刻とのズレを考慮した研究を行っている。

本州北海道間の物流について、実態の調査・分析から一歩進んで、物流のモデル化・構造化を試みているものとして、谷口建、柳谷勝彦、佐藤馨一、五十嵐日出夫³⁾による研究がある。これは、北海道における主要移出農産物をとりあげ、鉄道とフェリーを競合する交通機関として、荷主が輸送機関選択行動をする際に考慮する要因を明らかにし、現在の輸送分担の実態を説明している。また、藤野研一、小池慎一郎⁴⁾により道路の信頼性評価に基づき、青函トンネル開通による物流ネットワークの影響を評価したものがあがるが、マクロ的すぎ実用的ではない。

以上より本研究は、青函トンネル開通前後における貨物の流動を分析し、青函トンネル開通による物流システムの変化を、信頼性・リスクの観点よりとらえることを目的とする。また物流システムの変化を荷主事業者はいかに評価しているかをアンケート・ヒアリング等により分析し、青函トンネル開通が貨物の流れにどのような影響を与えたかを明確にするものである。

2. 青函トンネル開通による貨物輸送の変化

2-1 北海道本州間貨物輸送の推移⁵⁾

図-1は1976年から1986年までの北海道本州間輸

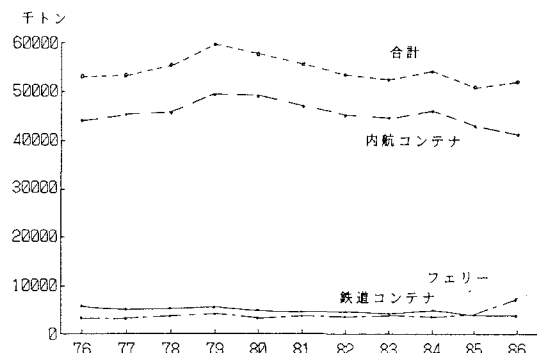


図-1 本州北海道間物流動向

送機関別輸送総量の推移を示したものである。貨物輸送量は、6,000万トンから5,000万トンへと減少傾向にある。交通機関別の割合としては、いまだに内航海運が大きな割合を占めるが、近年減少傾向であり、それに代わってフェリーによる輸送量が約300万トン増加している。また、鉄道輸送についても、1985年まで減少傾向にあるが、ほぼ400万トン前後で推移している。

2-2 鉄道貨物の時系列変動分析

青函トンネルが開通し、鉄道コンテナ輸送の条件の向上により、北海道本州間の競争力が格段に上昇した。では、青函トンネル開業前後において鉄道コンテナ輸送はどの様に推移したのだろうか。

そこで、鉄道コンテナの推移が青函トンネル開業前後においてどの様に推移したかを明らかにするためにEPA(Economic Planning Agency Method)法による時系列分析を行った。EPA法は時系列分析による予測技法の一つであり、特に日本の景気変動等を考慮し、予測制度の高い分析モデルである。⁶⁾

EPA法の基本的考えは移動平均法に立脚しており、その特徴は時系列データの特性に基づいて移動項を与えることにある。すなわち、不規則変動の対前年変化率と季節変動の対前年変化率の比を示す季節変化率の大きさにしたがって移動項が決定されるということである。EPA法の計算手順は図-3に示すように、(1)傾向変動(2)循環変動(3)季節変動(4)不規則変動の4つの要素からなっている原系列から、ある過程の基に季節変動要素をまず分離し、ついで不規則変動要素を分離し、そして

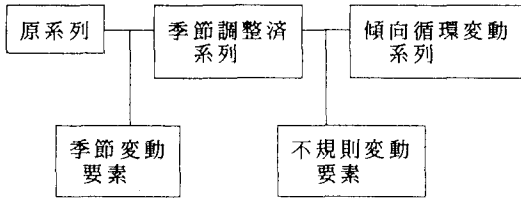
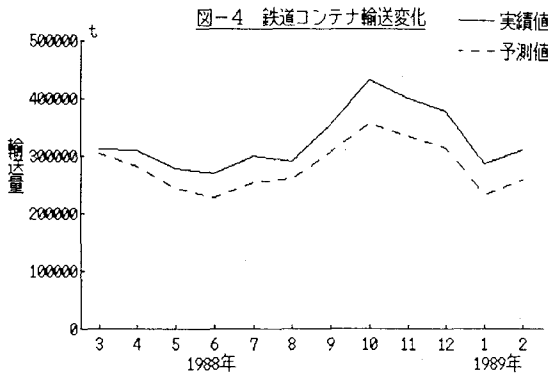
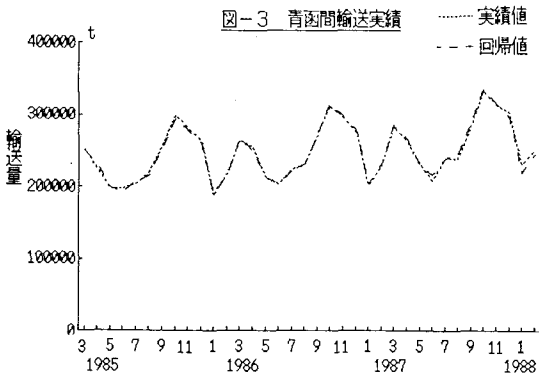


図-2 EPA法計算フロー

トレンド・循環系列を求めていく方法である。(図-2)

1985年3月から1988年2月のデータを用いてEPA法により分析、及び予測を行った。傾向変動には1次の回帰式をあてはめた。その結果に基づき実績値を実線で、回帰値を点線で示したのが図-3である。モデルの寄与率は0.987とよく実績値を説明している。



次に、青函トンネルが開業した1988年3月から一

年間の予測を行い実績値と比較したものが図-4である。青函トンネル開業の年では実績値が予測値を大きく上回っていることが明かとなった。

2-3 鉄道コンテナと他の交通機関との関係

鉄道コンテナ輸送量の変化と他の交通機関との関係から考察すると以下ようになる。図-5は各交通機関の貨物輸送における対前年同月比である。内航コンテナについては3月、4月については鉄道コンテナと同様の動きを見せていたが、5月以降は鉄道と正反対の動きを見せており、コンテナ輸送において競合関係が生じていると考えられる。

また、所要時間の短さを売り物にしている海峡フェリー・中距離フェリーは共に減少の傾向がみられる。これは鉄道の所要時間の短縮による影響により、鉄道コンテナの増加分、減少していると考えられる。

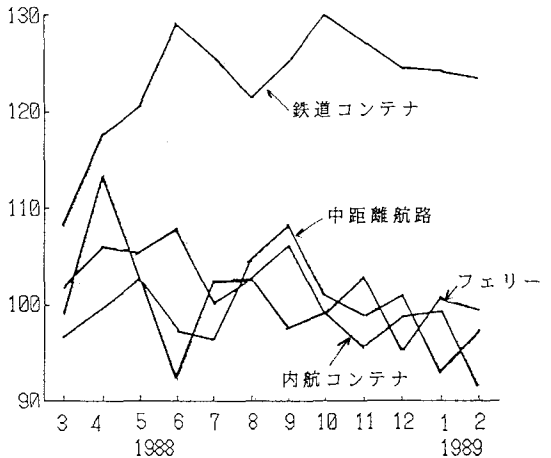


図-5 貨物輸送量前年同月比

3 青函トンネル開通に伴う貨物輸送システムの変化

3-1 青函トンネルにおける物流システムを捉える2つの視点

青函トンネルの開業にともない鉄道貨物の輸送体系は大きく変化することとなった。要因としては以下の点を上げることが出来る。

- 1) 津軽海峡を横断する時間の大幅な短縮
- 2) 積み替え時間が無くなり、機関車を付け替えるだけの時間で済む

だけの時間で済む

3) 輸送料金の算定が津軽海峡線の実距離 157kmで計算され運賃が低下

4) 海運を経由しないため天候による影響を受けにくくなった

5) 連絡船時代に比べて輸送能力が増加した等、青函トンネルが開通により多くの面で鉄道コンテナの競争力は高まり、貨物の流動が大きく変化したことが明かとなった。

しかし、量的な変化の比較だけでは貨物流動の変化の本質を捉えることはできない。今回青函トンネル開業に伴ってフェリー等から鉄道貨物への乗り換えが顕著なのは宅配便・生鮮食料品といった時間制約の影響を大きく受ける貨物が中心である。つまり、青函トンネルの開業によって各交通機関が輸送する貨物の内訳が変化しつつあり、そのなかでも鉄道コンテナには時間制約の強い一言い換えると時間価値の大きい一貨物がフェリーから転移しつつある。

そこで青函トンネル開業など交通施設整備に伴う、物流システムの変化を考える場合には以下の2つの視点が必要がある。

1) 所要時間のもつ時間価値的側面

①輸送時間の変化にともなう輸送費用の変化

②輸送時間の変化にともなう市場圏域

・販売価格の変化

2) 物流システムの信頼性・リスク管理

時間制約における事故、悪天候等による遅れの対応

3-2 所要時間のもつ時間価値的側面

青函トンネル開通による鉄道コンテナの輸送時間は図-6に示すように、札幌～東京は4時間17分、札幌～大阪は5時間25分の短縮となった。これにより、札幌東京間の所要時間は17時間から20時間となりフェリーを利用したトラック輸送より所要時間の短い列車が出現する事となった。輸送料金については札幌～東京間の5トンコンテナが青函連絡船時代には6万8,500円であったものが、青函トンネルを利用することによって6万円となり8,500円やすくなることとなる。

また、従来の時間価値によって交通整備効果を説明する方法では便益と所要時間との関係を連続的と

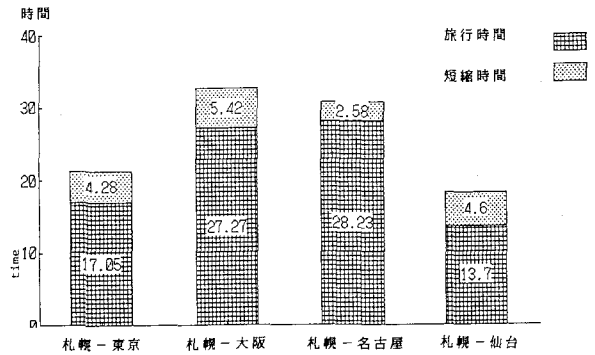


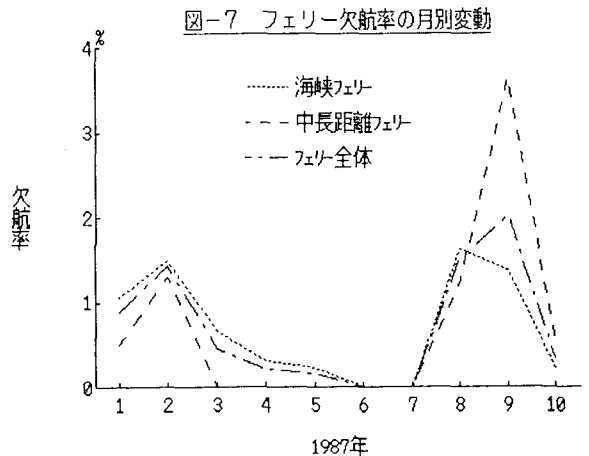
図-6 輸送時間の変化

して抜かっており、青函トンネル開業による鉄道コンテナの所要時間短縮は、輸送費の低減に大きく寄与し便益を得ることとなる。しかし、便益～所要時間関係は不連続性とも考えることが出来る。例えば、貨物輸送にはどうしても必要とされる時間の拘束がある。しかし、輸送時間が3時間短縮されたことにより、これまでに比較してより遠くまで市場圏となったり、品質の低下を避けることにより、価格の上昇など、荷主がより高い便益を得ることが出来る。

3-3 物流システムの信頼性・リスク管理

(1) 交通機関の遅れに対する対応

貨物の輸送計画を立てるときは、交通機関の遅れや欠便のリスクを考えなければならない。前述したような悪天候によるものや、事故、交通事情などがリスクの原因となっている。交通機関の遅れリスクへの対応として、余裕時間の設定を行わなければならない。



天候による影響は、北海道と本州間のフェリー航路欠航率で見ることが出来る。図-7に示すように、1987年の欠航率は季節により多少の変動はあるが1%から3%となっており、これに遅れ時間をも含めると大きな影響があると考えられる。⁷⁾

青函トンネルの開業による鉄道コンテナ輸送の実現により、以上のような欠航、遅航によるリスクは解消された。このことにより、トラック輸送の場合、台風等の影響で船が止まると航空便にのみに頼るしかなかったが、コンテナ輸送もでき安定輸送が可能となった。

(2) 時間制約への対応

貨物輸送における時間制約は以下のようなものがある。

- a) 到着時間の制約
- b) 出荷時間の制約
- c) 輸送時間の制約

以上のような時間制約は、卸売市場の開始時間や生産者側の事情などで決定する。この時間制約に対応するためには、より時間信頼性のある物流システムが必要となる。通常、この時間制約の中にリスクのための余裕時間を組み込み、この中で荷主がどのような交通手段を用いるかを決定する。

そこで、本研究では、制約時間を満たす輸送機関決定を記述するため、時間制約、余裕時間、活動の3者を結び付ける手法である、Activity Based Approachの「時空間モデル」を用いる。このモデルにおける時間軸と空間軸とによる表現を貨物の流動に当てはめ、Activity Diagramと名付ける。このActivity Diagramを用いて青函トンネル開業前の流通を記述し、次に開業後の状況と比較することによって物流システムの時間信頼性による青函トンネルの効果を記述する。

ケーススタディーとしては特徴的な動きを示している道南-東京間の牛乳輸送を選び、青函トンネル開業以前と開業後の流通形態を比較し開業の効果を明かとする。⁸⁾

まず北海道内の産地から首都圏の消費地までの牛乳の生産販売工程を調べた。牛乳の場合、商品価値に大きく影響する因子は

- 1) 製造日付の新しさ：2日遅れでは商品価値が大きく下がる。
- 2) 製造産地：北海道直送のブランドによる商品価値向上。

以上の2つである。これより荷主の交通機関に対するニーズは「道内工場で生産した牛乳を翌日の朝までに店頭へ届ける」であることが分かる。^{9), 10)}

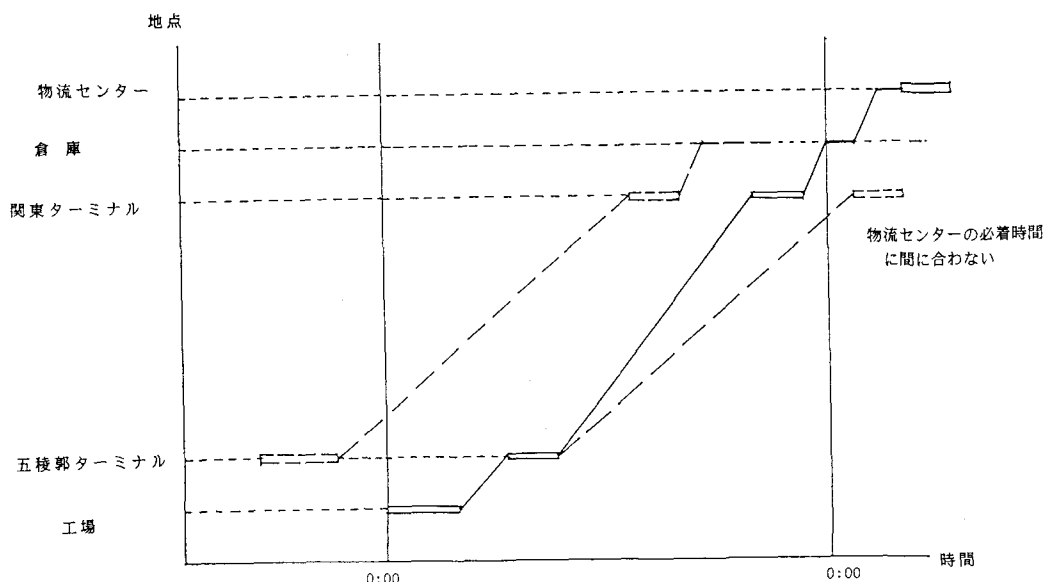


図-8 青函トンネル開業により生まれた可能ダイヤ

これから ActivityDiagram 上で時間制約と余裕時間の設定を行い、青函トンネル開業によって時間制約がどのように克服されたのかを表すのが図－８である。青函トンネル開業による輸送時間の短縮は約４時間であるが、４時間の短縮により牛乳輸送において製造日翌日販売という経済的時間制約が達成され、大きな効果を及ぼしていることが記述される。

４ 荷主企業からみた青函トンネルの開業効果

４－１ 荷主企業に対するアンケート調査概要

青函トンネルの開業による物流システムが、前述のように大幅に信頼性が増加した。そこで荷主企業が、青函トンネルの開業による物流システムの変化についていかなる評価を有しているか、「北海道における海運振興に関する調査報告書－青函トンネル供用が北海道・本州間物流体系に与える影響調査－」によるアンケート調査により分析を行う。^{11)、12)}

アンケート調査の対象企業は、北海道に工場、事務所等があり北海道外へ貨物を出荷している製造業、卸売業、小売業、農・漁業共同組合等1200社とした。調査は郵送法により、有効回答 373件、回収率31.1%という高い回収率の調査結果を得た。また、アンケート調査に回答のあった企業から地域別にヒアリング対象事業者を選び、最終的に31社から詳しい情報を聞くことができた。

表－１は回答企業の地域別・業種別分類を示したものである。地域別に見ると、札幌地区が全体の41.6%を占め、室蘭地区の15.8%、旭川地区の12.3%、釧路地区の 8.8%となっている。

表－１ 地域別業種別企業数 (単位: 件、%)

業種別 地区別	製造業	卸売業	小売業	農漁業 組合	その他	有効 回答	構成比
札幌	160	26	2	18	6	155	41.6
函館	15	2	0	13	0	30	8.0
室蘭	42	5	0	10	4	59	15.8
帯広	20	1	1	1	2	24	6.4
釧路	26	3	1	2	1	33	8.8
北見	20	0	1	6	0	26	7.0
旭川	24	7	0	13	3	46	12.3
合計	253	44	5	63	16	373	100
比率	67.8	11.8	1.3	16.9	4.3		

業種別出荷地割合を見ると、最近１ヶ年間の道外への貨物出荷量約 498万トンの内、関東地方が最も多く38.3%、ついで東北地方27.1%、中部地方13.9%、関西地方12.3%であった。(表－２)

表－２ 業種別出荷地割合 (単位: %)

地区別 業種別	東北	北陸	関東	中部	関西	中国	四国	九州	合計
製造業	29.1	3.9	35.0	15.4	11.5	1.7	0.5	2.9	100
卸売業	3.7	5.1	53.9	5.5	16.4	4.9	3.0	7.5	100
小売業	3.6	0	60.7	3.6	21.4	0	0	10.7	100
農漁組合	4.6	2.6	55.6	10.2	24.1	1.0	0.7	1.2	100
その他	44.3	0.4	50.4	1.5	3.2	0	0	0.2	100
平均	27.1	3.6	38.3	13.9	12.3	1.6	0.5	2.7	100

注) 有効回答数(267件)の企業別出荷地割合を示す

４－２ トンネル開業による輸送機関の変更

表－３は青函トンネルの開業後、調査時点までに輸送機関を変更したか否かについて質問し、その結果を地区別に集計したものである。

「輸送機関を変更した」という荷主企業は全体の22.9%あり、「近く変更する予定である」というのが 8.9%であった。したがって青函トンネルの開業によって、31%の企業が輸送機関の利用変更をしたか、計画中であることが明かとなった。

地区別の変更状況を調べると、「変更した」と回答したのは帯広地区が最も多く31.3%、ついで北見地区の28.6%、旭川地区、札幌地区の25.0%であった。「変更した」+「計画中」と回答した業種別の企業数を調べると、農・漁業共同組合が23件(50%)卸売業17件(45.9%)、製造業45件(23.3%)であった。

表－３ 地区別輸送機関の変更状況 (単位: 件、%)

地区別 項目	札幌	函館	室蘭	帯広	釧路	北見	旭川	合計	構成比
変更したものである	28	5	5	5	5	6	10	65	22.9
変更する予定がある	11	1	4	1	1	0	5	23	8.1
変更しない	76	18	33	10	19	15	25	196	69.0
計	116	24	42	16	25	21	40	284	100.0

表－４は「変更した65件」+「計画中23件」の回答について、輸送機関の変更内容を取りまとめ

たものである。変更件数の多いのは「トラック→鉄道コンテナ：56件」、「海上コンテナ→鉄道コンテナ：13件」、「航空便→鉄道コンテナ：9件」であった。

表－4 輸送機関の変更内容
(単位：件、%)

変 更 内 容		件数	構成数
トラックから	鉄道コンテナへ	56	
	海上コンテナへ	0	
	航空便へ	0	
鉄道コンテナから	鉄道コンテナへ	5	
	海上コンテナへ	2	
	航空便へ	0	
海上コンテナから	鉄道コンテナへ	0	
	海上コンテナへ	13	
	航空便へ	0	
航空便から	鉄道コンテナへ	3	
	海上コンテナへ	9	
	航空便へ	0	
計	トラックへ	8	9.1
	鉄道コンテナへ	78	88.6
	海上コンテナへ	2	2.3
	航空便へ	0	0
計		88	100

鉄道コンテナへ転換した輸送品目をみると野菜・果物、水産品、化学工業品、金属・機械工業品、食料品が多く、北海道発貨物の特性をよく反映している。輸送機関変更の理由で全体を通じて最も多かったものは、「輸送コストが安くつく：61.6%」であり、「輸送時間が早い：50.5%」、「出荷量の単位が適している：34.9%」、「確実に届先に到着する：26.7%」であった。(表－5)

4－3 青函トンネル開業に対する荷主の評価

荷主企業の青函トンネル開業に対する評価は、今後の北海道における物流体系を考える上できわめて重要である。表－6は青函トンネル開業の評価を業種別にまとめたものである。この表から次の事が明らかとなった。

1) 全体的な評価として「安全確実輸送で取引先の信用が高まる：40.5%」がいちばん多く、ついで「輸送コストが安くなる：31.6%」、「出荷計画に合わせて便利に利用できる：29.1%」、「到着日配達ができる：22.5%」となっている。2) 業種別に調べると、製造業はデータ数の多いこともあって全体傾向とよく類似している。卸売業も全体傾向とよく類似しているが、「在庫圧縮調整がうまくいく：

表－5 業種別の変更理由
(単位：件、%)

業 種 別	製造業		卸売業		小売業		農・漁業 共同組合		その他		合 計	
	実数	比率	実数	比率	実数	比率	実数	比率	実数	比率	実数	比率
輸送時間が早い	20	45.5	11	61.1	0	0	14	60.9	0	0	43	50.0
輸送コストが安い	30	68.2	11	61.1	3	100	9	39.1	1	100	53	61.6
出荷単位が適している	13	29.5	9	50.0	0	0	10	43.5	0	0	30	34.9
出荷時間単位に見合っている	4	9.1	1	5.6	0	0	1	4.3	0	0	7	8.1
到着時間が市場時間に適している	1	2.3	2	11.1	0	0	2	8.7	0	0	5	5.8
確実に届先に到着する	15	34.1	5	27.8	0	0	3	13.0	0	0	23	26.7
運送業者の選択による	3	6.8	2	11.1	1	33.3	2	8.7	0	0	6	7.0
保冷コンテナ等がある	4	9.1	5	27.8	0	0	3	13.0	0	0	12	14.0
輸送コストが適している	7	15.9	1	5.6	0	0	0	0	0	0	8	9.0
その他	1	2.3	1	5.6	0	0	0	0	0	0	2	2.3
有効回答数	44		18		3		23		1		86	

表－6 業種別の評価
(単位：件、%)

業 種 別	製造業		卸売業		小売業		農・漁業 共同組合		その他		合 計	
	実数	比率	実数	比率	実数	比率	実数	比率	実数	比率	実数	比率
取引の範囲が拡大される	21	13.6	5	13.2	2	50.0	11	22.4	0	0	37	15.0
在庫圧縮調整がうまくいく	10	6.5	10	26.3	1	25.0	1	2.0	0	0	17	6.9
安全確実輸送で取引先の信用が高まる	60	39.0	23	60.5	1	25.0	17	34.7	4	57.1	100	40.5
到着日配達ができる	45	28.2	20	52.6	0	0	5	10.2	0	0	63	25.5
輸送コストが安くなる	51	33.1	23	60.5	2	50.0	16	32.7	2	28.6	78	31.6
出荷計画に合わせて便利に利用できる	42	27.3	17	44.7	1	25.0	14	28.6	1	14.3	72	29.1
その他	4	2.6	1	2.6	0	0	1	2.0	0	0	6	2.4
有効回答数	154		38		4		49		7		247	

26.3%」という回答が目目される。 アンケート調査票では得られない情報についてヒアリング調査を実施し、青函トンネル開業の効果や輸送機関変更について尋ねた。以下はその内容を要約したものである。

a) トラックから鉄道コンテナへ

○東京などは翌日配達が可能となり、トラック輸送で時々発生していた「フェリーの欠航、遅航」および「陸上輸送面での障害」のなくなったことが、取り引き上有利となった。

○夜間出発の列車ダイヤが增強され、特に東京方面については夕方でも出荷できるようになった。

○クールコンテナ列車が設置されたことにより、野

菜・果物、水産品、酪農品等の輸送に利用できるようになった。輸送能力の小さいことに不満があるが、トラックに比べてコスト面で割安感がある。

○取引先から鉄道コンテナを利用するようにと、指定される事が多くなった。

○確實定時輸送が保証されるようになったので、輸送中の商品も在庫として管理することが可能となった。

b) 海上コンテナから鉄道コンテナへ

○鉄道の列車ダイヤが大幅に改善され、しかも輸送能力も増強されたので便利となった。

○従来はあまり時間的に急がないものを海上コンテナで輸送していた。しかし、最近は取引先からの注文形態も変化してきたし、出荷型頻度化の傾向にあるためルートやダイヤの豊富な鉄道コンテナを利用せざるを得なくなった。

○在庫圧縮や出荷の多頻度化に対応するため、これまでは商品の先送りを行ってきた。しかし先送りによる受荷体制の整備や、在庫金利負担の増加より取引先より断られるケースが多くなった。

5 おわりに

本研究の成果以下のようにまとめることができる。青函トンネル開通による物流システムは、信頼性・リスクの点において飛躍的な進歩を見せた。特に、指定された時刻までに目的地へ移動させなければならない場合、自動車輸送による交通事情や、海上輸送における遅れが輸送システム上大きなリスクとなっていた。本研究では、物流システムを所要時間の時間価値の側面と信頼性・リスクの点より評価した。特に、時間制約と時間信頼性についてアクティビティ・ダイヤグラムにより青函トンネル開通による変化を記述することができた。

また物流システムの変化を荷主事業者はいかに評価しているかをアンケート・ヒアリング等により分析し、青函トンネル開通が貨物の流れにどのような影響を与えたかを明確にすることができた。

謝辞

本研究を進めるに当たり、(財)北海道物流システム開発研究センターの貴重な資料を提供させていただいた。ここに記して深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 松本昌二、白川義晴、旅行時間の不確実性が時刻の指定された物資輸送に及ぼす影響、土木学会論文集、1985年
- 2) 松木裕幸・島崎敏一、青果物(土物)における利用者の輸送機関出発時刻評価特性に関する研究、第40回年次学術講演会講演概要集、1985年
- 3) 谷口建・柳谷勝彦、佐藤馨一、五十嵐日出夫北海道における主要移出農産物の輸送機関選択行動に関する研究、第40回年次学術講演会講演概要集、1985年
- 4) 藤野研一、小池慎一郎、道路信頼性評価に基づく今後の鉄道等物流ネットワークに関する研究、土木計画学研究講演集、1989年
- 5) 北海道運輸局、青函トンネル開業後の物流動向(速報)
- 6) Kiyoshi TAKAHASHI, Keiichi SATO, Hideo IGARASHI, The Opening Effect of The Seikan Tunnel in Passenger and Freight, The 5th World Conference on Transport Research, Yokohama, Japan, July, 1989
- 7) (財)北海道物流システム開発研究センター、物流統計情報、昭和63年12月号
- 8) 北海道酪農畜産課資料、(農林水産省「牛乳乳製品統計」より)
- 9) 日本国有鉄道貨物局、「86'貨物時刻表」
- 10) (社)鉄道貨物協会、「88'貨物時刻表」
- 11) 財団法人北海道物流システム開発センター、北海道における海運振興に関する調査報告書—青函トンネル供用が北海道・本州間物流体系に与える影響調査、1989年
- 12) 佐藤馨一、五十嵐日出夫、青函トンネルの開業は北海道に何をもたらしたか、運輸と経済第50巻第3号、1990年