

先進 企業의 生産－分配네트워크 戰略 評價模型 事例 研究

Investigation on Production－Distribution Network Evaluation Models of World Class Companies

문 상 원**

논문접수일 : 94. 5

게재확정일 : 94. 10

초 록

우리기업들은 물류합리화의 중요성은 인식하면서도 대개의 경우 이를 위한 노력은 단면적 수준에 그치고 있는 실정이다. 따라서 기업들이 국제경쟁력을 유지하기 위하여 필요한 전체적이고 일관적 시각에서의 물류시스템혁신 방안에 대한 연구가 절실히 요망되고 있다.

본 논문에서는 물류의사결정지원을 위한 실용적 모형의 개발노력을 부분적 합리화 모형, 일관적 합리화 모형, 그리고 국제물류 합리화 모형의 순으로 체계적으로 정리해 보았다. 다음으로, 물류모형이 갖추어야 할 바람직한 특성들에 비추어 기존 모형들의 장단점을 분석하고, 이에 근거하여 향후의 모형개발 노력방향을 제시하였다.

* 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

** 한국방송통신대학교 경영학과 교수

I. 물류의사결정 모형의 조건

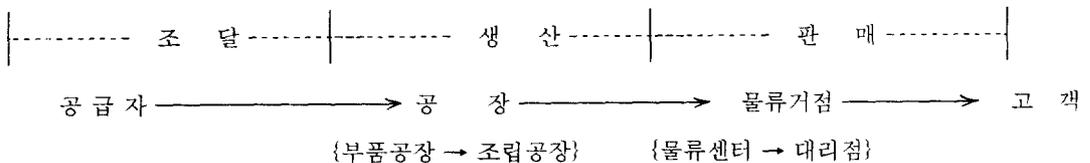
물자가 필요한 시점에 필요한 양 만큼 필요한 장소에 있게 만드는 활동인 물류가 큰 관심의 대상이 되고 있는 것은 바로 오늘날 우리가 직면한 국제경쟁상황에 기인한다. 문제의 심각성과 중요성에 비추어 볼 때 각사는 국제적인 시각에서 물류시스템을 장기적이고 체계적으로 검토하여 정리해 나가야 할 것이므로 본 논문에서는 이러한 목적에 유용할 수 있는 계량모형의 연구에 초점을 두고자 한다.

1. 물류의사결정의 영역과 문제유형의 분류

시장경쟁력을 유지 또는 향상시키기 위한 물적흐름은 구매, 생산, 판매의 전분야에서 일관적으로 합리화되어야 마땅하며, 결코 어느 일부분의 최적화만으로 해결될 문제가 아니다. 따라서 우리는 물류 영역을 <그림 1>과 같이 원자재의 조달, 생산공정상에서의 반제품의 이동, 물류거점을 거쳐 고객에게로 전달되는 완제품의 이동 등 supply chain 전체의 시각에서 이해하는 것이 필요하다.

<그림 1>

물류의 영역



그러나 물적흐름의 합리화를 위한 수 많은 의사결정을 동시에 수행함은 불가능할 뿐만 아니라 실제 경영관행에도 부합되지 못한다. 따라서 우리는 의사결정 영역을 <표 1>과 같이 장기적이고 전략적인 성격을 지니는 것과 단기적이고 전술적인 성격을 지니는 것으로 구분하여 계층적 의사결정절차(Hierarchical Planning Procedure[14])를 적용하는 것이 합당하다고 본다.

<표 1>

물류의사결정영역의 구분

장기 의사결정 영역	단기 의사결정 영역
<ul style="list-style-type: none"> · 물류거점에 관한 의사결정 <ul style="list-style-type: none"> - 입지 - 규모 · 공장입지 및 규모에 관한 의사결정 <ul style="list-style-type: none"> - 입지 - 규모 - 제품라인의 할당 · 기타(정보시스템의 구축 등) 	<ul style="list-style-type: none"> · 수배송 정책의 결정 <ul style="list-style-type: none"> - 유통경로 - 유통수단 · 재고정책의 결정 <ul style="list-style-type: none"> - 서비스 수준 - 적정재고 · 기타(포장, 하역 등)

2. 물류의사결정에 있어서의 통합적 접근방법

물류관련의사결정 모형들은 크게 물류시설계획, 재고정책, 그리고 수배송정책에 관련한 모형들로 나누어 볼 수 있는데, 대다수의 기존 모형 특히 이론적 모형들은 그 나름대로 의미와 유용성을 지닌 것으로 해석될 수도 있으나 경우에 따라서는 현실에 적합하지 않은 가정, 특수 상황에만 적용될 수 있는 해법 등 비범용성의 제약을 안고 있다. 더구나 범용성이 인정되는 경우라 할 지라도 물류의 전체적인 관점이 아닌 특정부분에서의 최적화를 지향하는 한계점을 지니고 있는 수가 많다[5]. 물류시스템의 최적화가 전체적인 관점에서 일관성있게 합리화되어야 하는 이유는 부분적인 최적화는 타 부분의 비합리성에 의해 그 효과가 제대로 나타나지 않을 경우도 있고, 경우에 따라서는 특정부분에 대한 근시안적인 최적화가 전체적 합리화 노력을 저해할 수도 있기 때문이다. 따라서 물류의사결정은 물류의 전체적 관점에서 체계적으로 이루어져야 합리적이라 하겠다.

II. 물류의사결정을 위한 실용모형의 개발현황

물류관련 의사결정모형들은 학계에서 개발된 이론적 모형들과 실제 문제해결을 위해 산업계에서 개발되어 쓰이고 있는 모형들로 대별해 볼 수 있는데 여기서는 실용모형들을 중심으로 정리해 보고자 한다. 이론적 물류모형들에 관하여는 [4]를 참조하기 바란다.

1. 실용모형의 개발현황

산업계에서는 학계에서 이루어진 이론모형들을 실용화하려는 노력이 이루어져 왔는데, 극히 최근(1980년대 후반)까지는 물류체제의 일관적 합리화 보다는 수송, 재고 등 기능별 합리화에 그 주안점이 주어져 왔다. 여기서는 우선 이러한 기능별 모형들의 발전현황을 살펴보기로 한다.

수송모형을 의사결정에 가장 적극적으로 활용하고 있는 기업으로 American Airlines社를 들 수 있다. Abara [8]의 모형은 AA社의 항공 스케줄 작성을 위해 개발된 것으로 수익 극대화, 비용 최소화, 항공기 이용을 최적화 등 다양한 목적 함수를 취할 수 있으며 동 모형의 최적화에는 ILP가 쓰여지고 있다. 이 외에도 AA社가 사용중인 모형으로서 ASAS [46], Anbil [9]의 모형, Smith, Leimkuhler and Darrow [43]의 모형 등이 있다.

항공수송모형에서 우리가 간과할 수 없는 것으로서 Military Airlift Command(MAC)시스템 [30,41]을 들 수 있다. 이는 미공군과 Oak Ridge 국립연구소가 공동 개발한 항공기 일정계획지원시스템으로서 평상시 및 전시에 물자와 인원의 최적수송을 도모함을 목적으로 하고 있다. 동 시스템은 수 많은 의사결정대안을 신속히 평가하며 사용자에게 유연성 있는 통제가 가능하여, 1990~91년의 걸프전에서 미국의 승리에 큰 역할을 담당한 것으로 알려지고 있다.

이 외에도 수송전문회사의 모형으로서 Yellow Freight社에서 개발한 모형 [29]을 들 수 있는데, YF社는 동 모형에 의해 운송비용의 절감과 서비스의 향상을 지속적으로 달성하고 있다.

제조업체의 수송합리화를 위한 모형으로서는 Kekre et al. [34], Geoffrion, Graves and

Lee [28], van Vliet, Boender and Rinnooy Kan [45] 등의 모형을, 배송합리화를 위한 모형으로서 Fisher, Greenfield and Jaikumar [25] 등을 들 수 있다.

Kekre et al. [34]은 Heinz社와 Carnegie Mellon대학이 공동개발한 수송모형을 발표하였는데, 이 모형은 미국서부의 토마토 처리 공장으로부터 중서부의 완제품 공장까지 토마토 즙을 운송하는 데에 필요한 수송수단을 선택하고 그에 따른 비용 (자가 차량구입을 위한 투자비용, 운임 등)을 추정하는 데에 큰 공헌을 하고 있는 것으로 알려져 있다.

Geoffrion, Graves and Lee [28]에 의해 발표된 모형은 Geoffrion and Graves [27]의 이론모형을 미국 중서부의 식품회사인 Hunts-Wesson社의 분배시스템 및 수송계획을 지원하기 위해 실용화한 것이다. 그러나 동 모형은 그다지 자주 쓰이지 않는 것으로 알려지고 있다.

우리 나라에서도 수송합리화를 위한 모형개발 작업의 예를 찾아볼 수 있다. 李用雨 [6]가 발표한 바에 의하면 삼성전자는 국내 판매 종합물류시스템의 구축을 위해 전국 도로망을 Data Base화 하여 수송계획을 완전 자동화(시뮬레이션에 의해 차량별 적재량 및 수송노선을 최적화)하고자 노력하고 있다. 이의 일차적인 목적은 도서지방을 제외한 전국의 도로망을 컴퓨터에 입력시켜 신속하고 경쟁적인 수송계획을 수립하고 수송운임체계를 개선하는 데 있으며, 또한 이는 향후 종합물류정보시스템의 구축을 위한 기초 작업이기도 하다. 라연주, 송성현, 박순달 [1]은 복수차고, 복수차종, 복수공급처, 복수수요처라는 범용적 구조를 지닌 모업체의 배차계획 문제에 대해 전산화된 효율적 해법을 개발하였는데, 동 해법은 공급처 및 수요처의 상하차 작업시간대, 창고별 동시 상하차 작업 능력, 운전기사의 식사시간 등 다양한 제약조건을 수용하므로 타업체에도 널리 적용될 수 있는 것으로 설명되고 있다.

이와 같이 운송모형은 여러 각도에서 실용화가 진전되었다고 볼 수 있다. 한편 재고 및 시설에 관한 모형은 단일기능의 합리화 보다는 재고-운송의 상충관계 또는 시설-재고-운송의 상충관계를 고려한 일관물류 모형화하는 경향을 보여왔다.

물론 재고기능의 합리화를 대상으로 하는 모형으로서 IBM社에서 개발하여 사용하고 있는 Cohen et al. [23]의 모형, Ciba-Geigy社의 국제 재고관리를 위해 사용되고 있는 Fincke and Vaessen [24]의 모형, Pfizer社의 모형 [36], 美 해군의 모형 [26] 등 다수가 있으나 모형의 발전추세로 보아 다음에 설명하는 일관물류쪽으로 그 흐름이 이어질 것으로 보이며, 이는 바람직한 추세로 판단된다.

참고로 위 모형들 중 일부는 단순히 재고관리만을 위한 것이라기 보다는 분배 시스템 전체

의 합리화에 기여하는 것으로 볼 수 있다. Cohen et al. [23]의 모형은 IBM社의 미국내 부품 재고 및 고객서비스 관리를 목적으로 개발된 모형으로서 매우 유연성있는 계획 및 통제 시스템인데, 이를 이용하면 분배 네트워크 구조의 대안평가까지도 가능하게 된다. Ciba-Geigy에 의해 사용되고 있는 Fincke and Vaessen [24]의 모형은 국제 분배채널의 분석을 통하여 안전재고를 분배채널상의 어느 지점에다 두는 것이 분배비용을 최소화 할 것인가를 판단하게 해 주는 외에, 이를 통하여 어느 분배시설에 자동화 투자를 하는 것이 가장 경제성이 있는가에 대한 판단도 가능하게 하고 있다.

2. 일관 물류 모형의 개발현황

다음에서는 가중되는 경쟁상황하에서 기업경쟁력을 확보·유지하는 데에 현실적으로 보다 유용할 수 있는 모형, 즉 물적흐름의 전체적 관점에서 물류체제에 대한 전략 및 정책대안을 평가할 수 있는 모형의 발전현황을 정리해 보고자 한다.

물적흐름의 전체적 관점에서 시스템을 일관적으로 합리화하기 위한 시도는 Cohen, Lee and Moon [22]에서 찾아볼 수 있다. 이 논문에서 제시된 PILOT (Production, Inbound, Location, Outbound, Transportation)모형은 원자재의 공급자-부품공장-조립공장-물류센터-고객으로 이어지는 물류시스템을 거시적인 측면에서 어떻게 합리화 할 것인가에 주안점을 두고 있다.

그리고 이와 연관되어 재고 및 운송정책의 평가를 위해 SCOPE모형 [16]이 개발된 바 있다. 계층적 의사결정의 관점에서 볼 때 재고정책이나 운송정책은 시설계획보다는 하부적인 의사결정 영역이므로 SCOPE(Supply Chain OPERations Evaluator)모형에서는 PILOT모형에 의해 도출된 전략대안을 그 Input으로 사용한다. 즉 시설계획이 이루어졌다는 전제하에서 그러한 시설제약하에 적절한 재고 및 운송정책의 수립을 지원하는 것이 SCOPE의 주목적이 된다. PILOT에서의 전략 대안의 설정 또는 대안별 평가작업은 주로 수리계획법(LP, MIP 등)을 이용해서 행하고 있으며, SCOPE에서의 정책대안 평가는 시뮬레이션에 의해 이루어지고 있다.

최근에 와서는 일관물류 합리화에 대한 개념이 비교적 널리 확산되어 현실적으로 유용한 모형을 개발하고자 하는 노력이 가속화되기 시작하였다. Campbell [18], Carlisle et al. [19],

Martin, Dent and Eckhart [38], Ploos van Amstel [40], Robinson, Gao and Muggenborg [42], Van Roy [44] 등은 이의 결과라 볼 수 있다.

Ploos van Amstel [40]은 공급자로부터의 자재반입, 생산 그리고 분배과정을 거쳐 물품이 고객에게 전달되는 전기간을 pipeline의 개념으로 인식하고, 이러한 pipeline에 의해 소요되는 leadtime의 중요성을 고찰하였다. Leadtime의 단축은 재고의 감축과 고객만족의 향상을 동시에 가져다 줄 수 있는 것이다.

Van Roy [44]는 공장, 정제소, 분배센터, 고객을 포괄하는 정유회사의 LPG공급체제 합리화 노력에 대한 연구결과를 발표하였다. 저자는 동 문제를 수리계획 및 네트워크식 접근방법을 통하여 해결하려 하였는데, 모형의 주요 결정변수로서는 공장과 분배센터의 갯수, 생산수준, 분배센터와 공장의 재고수준, 각 단계별 수송량, 차량과 운전자의 수, 교대시간, 고객의 분배센터에의 할당 등이 있다.

Campbell [18]은 단일 공급처로부터 다수의 목적지까지 물품을 운반하는데 있어서 수송비용, 재고비용 및 터미널 비용 등을 고려하여 총비용을 최소화하는 모형을 설정하였다. 공급처로부터 터미널까지의 수송, 터미널로부터 고객까지의 배송 그리고 터미널 운용에 소요되는 총비용을 최소화 하기 위해 수송물량의 크기, 배송물량의 크기, 터미널의 수, 그리고 배송정류장수 등을 최적화하는 것이 이 모형의 목표이다. 여기에서 행해지고 있는 수송비용, 재고비용 및 터미널비용간의 상관관계에 대한 분석은 물류정책의 수립에 매우 유용한 것으로 생각되어진다. Robinson, Gao and Muggenborg [42]도 네트워크 기법을 이용하여 이와 유사한 기능을 수행하는 모형을 개발하여 실제 사용중에 있다.

Martin, Dent and Eckhart [38]는 4개의 공장, 200여개의 제품, 그리고 40여개의 수요지역(시장)의 구조를 지닌 판유리 제조업체인 Libbey-Owens-Ford社의 생산, 분배 및 재고관리를 지원하기 위한 대규모 선형계획 모형을 발표하였다. 동 모형은 시나리오 분석이 가능하며, 또한 공장별 연간 목표 생산량의 설정으로 연간예산 통제의 기준을 마련하는 부수적인 이점도 발생하게 하는 것으로 알려지고 있다.

Carlisle et al. [19]은 Marshalls社의 원자재 공급자, 공장, 소매점으로 이어지는 물류시스템의 설계에 관한 의사결정을 지원하기 위한 모형을 마이크로 컴퓨터에 구축하였다. 동 모형은 3개의 하부모형으로 구성되어 있는데 이들은 각각 원자재 반입, 완제품 운송 그리고 물류센터 입지에 관한 분석을 지원하고 있다. 동 모형은 앞에서 제시한 계층적 의사결정구조를 지

니기 보다는 기능별 의사결정 구조를 지니는 것으로 판단되어 진다. 각 모형의 최적화를 위해서는 Kennington and Helgason [35]의 수송코드가 이용되고 있다.

이 밖에 GM社가 사용하고 있는 모형으로서 TRANSPART 모형[15]을 들 수 있는데, 이는 동사가 자재, 부품 등을 최적비용으로 미국전역에 걸친 공장들에 운송하기 위한 의사결정을 지원하기 위한 것이다. 동 모형은 재고비용과 수송비용의 상충관계를 고려하고 있으며 현재 미국내 40개 이상의 GM공장들에 의해 유용하게 쓰여지고 있다.

위 모형들의 일반적 특징은 그 관심이 최적해를 찾기 위한 최신기법의 적용보다는 비교적 잘 알려진 기법 (예: LP, 수송기법, 네트워크 기법, ROVER기법 등)을 이용한 대안의 분석에 주어져 있다는 점이다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 현실모형의 유용성은 문제의 효율적 최적화 보다는 모형의 기능과 유용성이 경영의사결정자에게 적절히 이해될 수 있는가 및 대안 분석절차가 경영의사결정의 절차와 관행에 얼마나 부합되는가에 따라 인정받을 수 있다는 것을 실증해 주는 것이다. 그러나 아직 극히 일부의 모형을 제외하고는 일관물류합리화 및 계층적 의사결정절차에 충실히 부합하고 있는 경우가 거의 없다고 할 수 있다.

국내에서는 이재규 제위 [7]에 의해 (주)유공의 제품수요예측에서부터 원유구입 및 제품생산의 전과정을 지원하기 위한 전문가시스템이 개발된 바 있다. 예상수요 및 기술적 제약하에서 원유구입비, 운송비, 재고비 및 생산비를 최소화시키는 원유도입일정 및 공장가동일정이 동 모형에 의해 수립되어 질 수 있는데, 이는 정유산업에서의 일관 물류합리화를 위한 성공적 노력의 결과라고 볼 수 있다. 그러나 동 모형이 타산업에서 사용될 수 있는 범용성에는 한계가 있다.

3. 국제물류모형의 개발현황

국제물류모형에서는 환율변동, 국가간에 상이한 법인세율, 수입쿼타, 관세, 현지화율 등 국제경영에서 발생하는 주요 환경요인들이 고려되어야 하는데, 이를 대상으로 하는 논문발표는 1980년대에 들어서면서 점차 활기를 띠고 있다. Bender [12]는 Global Automotive Parts사의 구매결정, 공장 및 창고의 입지결정, 시설간 물자의 흐름, 수송수단의 결정, 시장별 가격정책, 부품 등의 이전가격 결정에 이용할 수있는 국제물류모형을 개발하였으며, Bender, Northup and Shapiro[13]는 International Paper사를 위한 국제경영계획시스템인 LOGS를

개발하여 동사의 구매, 생산, 판매 및 이전가격에 관한 최적안을 제공하였다. 최적해의 도출에는 계층적 구조가 채택되고 있으나, 양 모형은 공히 다양한 전략대안의 평가 보다는 단일 최적해의 도출에 주안점을 두고 있는 것으로 보인다.

물가와 환율의 변동을 감안한 국제공장입지계획 모형은 Hodder and Jucker [32]에 의해, 국제공장입지와 재무결정을 동시에 시도하는 모형은 Hodder and Dincer [31]에 의해 제시된 바 있는데, 이들은 모두 단순한 문제구조와 단일기간을 연구대상으로 하고 있다는 점에서 국제물류의 복잡다단한 구조 및 다수기간을 전제로 하는 환율변동분석과는 괴리가 있는 것으로 생각된다.

국제경영에서 생산능력의 유연성이 환율 또는 수요의 변동에 의한 위험을 완화하는 효과를 화폐가치로 계산한 논문으로는 Kogut and Kulatilaka [37], Audreou [10] 등을 들 수 있는데, 이들이 분석대상으로 한 물류구조 역시 과다하게 단순화되어 있어 현실적으로 적용하기는 어렵다. 국제기업의 구매, 생산 및 분배전략 대안들을 평가할 수 있는 실용 모형으로서는 우선 Cohen and Lee [21]의 Apple Computer사를 위한 모형을 들 수 있는데, 동 모형의 목적식은 전세계사업장에서의 총세후이익을 극대화하는 것이며, 국제경영과 관련한 제약조건 또는 환경요인으로 관세, 부품의 현지화율 등을 포함하고 있다. 구매-생산-분배구조와 관련한 각 대안별로 공장간 제품 및 생산량 할당, 원자재, 부품 및 완제품의 흐름, 그리고 이전가격을 최적화하는 것이 동 모형의 기능이며, 환율, 물가, 그리고 수요수준의 변동이 최적운용계획에 미치는 영향은 민감도분석에 의해 이루어진다. 이 외에도 Cohen, Fisher and Jaikumar [20], 文相源 [2] 등이 국제경영환경과 관련한 다양한 제약조건을 고려하여 이와 유사한 국제물류모형을 개발한 바 있다. 이들 중에서 전자는 이익극대화를, 후자는 비용극소화를 그 목적식으로 하고 있는데, 어느 것도 실제 적용된 적은 없다.

국제물류합리화를 달성하기 위해 개발된 매우 포괄적이고 실용적인 모형으로서 GM의 PLANETS [17]를 들 수 있다.

PLANETS는 Production Location Analysis NETWORK System을 줄인 말인데 동 시스템은 GM의 복잡한 경영의사결정을 계량적인 측면에서 지원하기 위해 개발된 것으로 이미 1974년에 그 초기 모형이 사용되어진 바 있다. 이 분석틀에 의해 지원될 수 있는 의사결정 영역으로는 ① 어떤 제품을 언제, 어디서, 어떻게 만들 것인가 ② 목표시장을 어디에 둘 것인가 ③ 어떤 자원을 사용할 것인가 ④ 어떻게 운송할 것인가 등과 같은 일종의 일관 물류의사결정

제 외에 ⑤ 자금사용계획까지도 포함되어 있다.

최근 Huchzermeier [33]는 환율변동하에서 국제 supply chain네트워크를 평가하기 위한 동적계획모형을 개발하였는데, 이 모형의 특징은 시설네트워크의 운용에 관한 의사결정과 재무의사결정을 함께 다루고 있다는 점이다. 동 모형의 목적식은 전세계에 걸친 세후이익의 총액을 극대화하는 것이며, 이를 위하여 모형은 시설네트워크계획, 물자이동계획, 그리고 재무에 관한 의사결정을 최적화하는 것이다. 이것은 일견 Cohen and Lee [21]의 모형을 확률적 모형으로 확장시킨 것으로 볼 수 있으나, 현실에서의 경영의사결정절차와는 다소 거리가 있다 하겠으며, 더우기 수학적 복잡성으로 인해, 현실문제에 적용되기는 많은 제약이 따를 것으로 보인다.

Ⅲ. 물류의사결정지원 모형의 실예

여기에서는 앞에서 소개한 모형들중 일부를 선정하여 이들에 대해 좀 더 구체적인 분석을 행함으로써, 실용모형에 대한 이해를 증진시킴과 동시에 이들 모형이 지닌 특성을 정리하고자 한다. 다음에서는 물류모형의 유형을 운송관리모형, 재고관리모형, 일관물류모형, 국제물류모형으로 분류하여 각 유형별로 2개씩의 사례를 제시하고 있다.

1. 운송관리모형

운송은 일반적으로 비교적 중,장거리에 걸쳐 물품을 운반하는 수송과 단거리에 있는 고객에게 물품을 배달하는 배송으로 구분할 수 있는 바, 여기서는 이들 각각의 예를 들기로 한다.

1.1. Heinz사의 수송모형

(1) 의사결정상황

Heinz사는 다음과 같은 불균형적인 환경특성을 지니고 있어서 시장수요에 맞추어 중간제품인 토마토즙을 산지의 토마토처리 공장으로부터 완제품공장으로 수송하기 위한 수송수단의 선정문제가 항상 논의 대상이 되어왔다.

- * 토마토 처리물량의 80% 이상이 서해안지역에 위치
- * 완제품공장은 전국, 특히 중서부지역에 산재
- * 토마토 수확시기는 7~10월 중순에 집중
- * 수요시기는 연중 큰폭으로 변동

현재 동사는 sholle bag에 의한 운송(변동비만 소요)에 의존하고 있는데, 초기투자를 요하는 tank car의 도입이 경제적 타당성을 지니는가 및 도입의 경우 tank car와 sholle bag을 어떤 방식으로 혼합운용할 것인가에 대한 분석을 위해 모형을 개발하게 되었다.

(2) 모형의 역할

모형은 아래 3가지 대안의 평가를 위해 사용되었다.

- <대안 1> tank car만 사용
- <대안 2> sholle bag만 사용
- <대안 3> tank car와 sholle bag을 혼용

분석의 결과, 적정 대수의 tank car(기본적이고 안정적인 수요에 사용)와 sholle bag(계절 수요에 사용)을 혼용할 경우 sholle bag에만 의존할 경우보다 약 10%의 비용절감이 예견되었다. 그러나 이는 1회 왕복소요시간을 8일로 가정한 경우이고 실제왕복시간이 2일 정도는 길어질 가능성은 충분히 잠재하여, 왕복시간이 10일로 길어질 경우에는 오히려 tank car의 도입이 비용을 증가시키게 됨을 민감도분석을 통해 알게 되었다. 또한 tank car의 긴 감가상각기간을 감안할 때 투자의 이점이 별로 신통치 못하다는 결론을 얻게되었다.

(3) 모형의 효과

모형에 의한 분석 이전에 내부 담당자들이 tank car 투자와 관련하여 행한 분석에서는 계절적 수요가 아닌 연평균 수요수준을 사용하여 투자효과를 과대평가하였으나, 모형에 의한 체계적 분석을 통하여 tank car 투자가 불필요하다는 공감대를 형성할 수 있었으며, 내부 담당자들로서도 이러한 체계적 분석방법에 대해 배울 기회를 가지게 되었다.

1.2. Du Pont사의 배송모형

(1) 의사결정상황

Du Pont사는 냉장을 요하는 특수 병원소모품의 유일한 공급자로서 동 제품의 1,500여 고객은 미국과 캐나다에 산재한 약 1,000개의 도시에 위치하고 있었다. 또한 동 제품은 연 40% 가량의 고객증가율을 나타내었으며, 이에 따라 운송비용도 급속히 늘어나는 추세를 보여 연간 U\$ 1mil.을 초과하기에 이르렀으므로, 운송비용절감 방안을 강구하기에 이르렀다. 동사가 당면한 의사결정과제는 크게 다음과 같이 2가지로 구분된다.

전략적 과제 : 전국에 산재한 기존의 4개 지역물류센터와 1개 위성터미널의 이전, 확대, 신설 등에 관한 의사결정

전술적 과제 : 새로운 고객의 유입에 따른 배송루트의 효율적 조정

(2) 모형의 역할

미국 펜실바니아대에서 개발된 ROVER(Real-Time Optimizer for Vehicle Routing)모형을 이용하여 배송차량별 고객할당과 고객별 배송순서를 결정하고, 최적화된 결과를 그래픽을 통해 볼 수 있게 하였으며, 모형의 지속적인 발전을 통하여 현재 다음과 같은 문제들의 의사결정을 지원하고 있다.

* 운송수단의 선정

* 터미널별 및 루트별 고객할당

* 고객별 지정배송시각, 운전자의 근무시간 등 다양한 제약조건을 수용하는 배송순서의 결정

* 분배시설계획 : 분배시설대안의 평가에는 ROVER 모형이 큰 역할을 해 왔으며 이러한 역할은 향후에도 지속될 것으로 생각된다.

(3) 모형의 효과

기존의 4개 지역물류센터를 1개로 줄이는 대신 6개의 위성터미널을 운용하게 되었으며, 앞으로도 수요의 증가에 따라 위성터미널을 늘려나갈 것을 고려 중에 있다. 위성터미널의 이전 및 신설과 더불어 배송루트의 최적화를 통하여 약 15%의 배송비용이 절감되었다. 또한 Du Pont 내부 전문가에 의한 모형활용으로 매 6개월 마다의 배송루트조정 및 분배시설계획의 수시 평가가 가능하게 되었다.

2. 재고관리모형

재고관리는 생산 및 판매계획과 밀접한 관계에 있으며, 다음에 제시되는 사례들도 이같은 특성을 지닌다.

2.1. Pfizer사의 모형

(1) 의사결정상황

Pfizer사 의약사업부의 supply chain은 크게 (i) 요소물질의 배양 및 추출 (2개의 공장), (ii) 요소물질과 타물질과의 혼합 (4개의 공장), 그리고 (iii) 완제품을 고객에게 분배하는 단계로 구성되고 있다.

높은 금융비용, 제약업계의 급성장 및 지속되는 높은 재고수준 등에 의해 재고관리의 필요성이 절실하게 되어 3년 반에 걸친 4단계의 모형개발작업이 이루어졌다:

- i > 재고와 관련한 회계, 정보, 평가기준상의 문제점 파악
- ii > 모형의 필요성과 목표를 설정 (재고의 집중관리, 책임소재의 명확화, supply chain의 단계별 특성에 맞는 모형개발 등)
- iii > 모형의 설계
- iv > 모형의 구축 및 운용

(2) 모형의 역할

모형은 수요예측, 생산계획, 재고관리 및 자재구매를 일관성있게 관리할 수 있도록 하는데 주안점을 두고 있는데, supply chain 구성 부문별 모형의 주요역할을 요약해 보면 다음과

같다.

* 완제품 lot size 및 안전재고: (s, S)시스템을 적용하여 화폐액으로 환산한 재고목표를 설정하여 재고수준을 평가, 관리함으로써 2년간에 U\$ 8.8 mil.의 재고감축과 연평균 U\$ 250,000의 changeover 비용을 절감함.

* 재공품 및 원자재 재고: 완제품의 생산계획과 재고관리는 본부에서 행하여 지고, 원자재와 재공품의 관리는 MRP 등의 기법을 이용하여 개별공장에서 이루어진다.

* 요소물질 batch size 및 안전재고: changeover 특히 세척시에 높은 비용이 들기 때문에 batch size와 순서는 changeover 비용과 재고비용을 종합적으로 고려하여 결정한다.

(3) 모형의 효과

완제품 lot size 부문에 U\$ 2.9 mil., 완제품 안전재고 부문에 U\$ 5.9 mil., 원자재재고 부문에 U\$ 5.8 mil., 요소물질 안전재고 부문에 U\$ 5.1 mil. 등 총 U\$ 23.9 mil.의 재고감축을 달성하게 되어, 결과적으로 연평균 U\$ 3.6 mil.의 이자 및 보험료를 절감하게 되었으며, 전국적으로 주당 U\$ 778,000의 backorder가 U\$ 31,000 수준으로 하락(약 95% 감소)하는 등 고객서비스가 기대 이상으로 향상되어 서비스율 99.98%를 달성하기에 이르렀다.

또한 setup 비용, 긴급운송비용 등의 절감으로 인해 동 모형의 효과는 연간 U\$ 8 mil.에 이르고 있으며 해가 갈수록 그 수치는 더욱 증가될 것으로 전망된다. 더우기 동 사의 타사업부에서도 위 모형의 사용을 추진중에 있다.

2.2. Ciba-Geigy사의 모형

(1) 의사결정상황

Ciba-Geigy사는 스위스에 위치하며, 4개의 사업부로 구성된 국제기업이다. 이 중 1개 사업부가 그 시장이 치열한 경쟁을 요하는 성숙기에 접어들게 됨으로서, 이제 품질과 가격이 매우 중요한 경쟁요소로 인식되고 있으며 이윤도 매우 낮은 수준에 이르렀다. 따라서 동 사업부의 입장에서는 수요예측, 생산계획, 재고관리, 운송관리 등 물류부문에서 모기업과 계열기업을 포괄하는 과학적관리의 필요성을 인식하게 된 것은 당연한 일이라 할 수 있겠다.

이에 따라 동사는 생산계획으로부터 고객배송에 이르기까지의 모든 단계를 포함하는 모형을 구축하게 되었다.

(2) 모형의 역할

모형은 GPSS 유형의 시뮬레이션기법을 이용하여 수요변동, 리드타임 등 불확실성에 대응한 다양한 재고 및 운송정책, 생산정책 등의 영향을 평가하고 있는데, 그 역할을 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

- * 모기업과 계열기업의 안전재고수준을 달리하면 서비스수준, 평균재고수준, 총분배비용, 이윤 그리고 고정자산에 어떠한 영향을 미치는가
- * 직송정책을 실시할 경우 어떤 잇점이 있을 것인가
- * 생산계획의 단위기간 및 대상기간, 연간생산횟수, 예측기법, 계열기업의 주문기간 등이 재고자산과 분배비용에 어떠한 영향을 미치는가

(3) 모형의 효과

모형은 동사가 당초 기대했던 분배비용의 절감 뿐 아니라, 분배채널상의 군데군데에 묶여있는 자산을 축소시키기 위하여 기업이 향후 어떤 부분에 노력을 집중해야할 것인가에 대한 정보도 제공해 주었다. 또한 잘 계획되고 자동화된 재고관리와 분배센터 운영은 기업으로 하여금 생산직후 밀어내는 push 방식의 배분정책을 필요치 않게 한다는 점도 모형을 통하여 인식하게 되었다.

3. 일관물류모형

물류의사결정은 원자재공급자-생산시설-분배시설-시장으로 이어지는 supply chain 전체의 합리화에 주안점이 주어져야 한다는 원칙은 앞에서 충분히 논의된 바 있다. 다음에서는 이러한 개념에 근거한 일관물류모형의 예가 제시되고 있다.

3.1 Libbey-Owens-Ford사의 일관모형

(1) 의사결정상황

LOF사의 판유리제품 사업부는 미국내 4개 공장에서 약 300개에 달하는 수요처(해외고객 포함)에 다양한 판유리제품을 생산, 공급하고 있는데, 200여 가지의 제품, 4종의 색상, 26종의 두께, 3가지의 품질, 기타 다양한 절단유형과 포장형태 등 공장운용계획상 고려해야할 요소가

복잡다단하다.

이와 관련한 의사결정을 까다롭게 만드는 대표적인 요인으로서 상이한 색상의 제품생산을 위한 changeover시에 발생하게 되는 수일간의 생산량에 해당하는 off-grade를 들 수 있다. 이러한 요인에 의해 생산주기가 10개월에 달하고 있는 실정이며 생산주기중 특정 color의 생산량은 향후(생산주기가 다시 돌아올 때 까지)의 동 제품 재고수준 및 결품수준을 결정하게 된다. 과거의 운용계획은 공장별로 배정된 고객에 대한 결품방지에 그 목표가 주어져 있었으며, 기업전체의 입장에서 수익을 극대화하는 것은 후차적인 문제였다. 이러한 상황을 극복하기 위하여 기업 전체의 입장에서 4개 공장(필요한 경우 공장을 추가로 건설)과 기능별 조직(마케팅, 생산, 물류 등)을 통합적으로 관리할 수 있는 물류계획모형의 필요성을 인식하게 되었다.

(2) 모형의 역할

모형의 기본적인 역할은 12개월로 이루어지는 계획기간에서 월별 및 공장별로 최적의 생산, 재고 그리고 분배량을 결정하는 것이며, 이러한 결정은 물론 top level에서 이루어지는 특정 제품 또는 특정고객의 특정공장에의 할당, 개괄적 공장운용 지침 등의 제약조건하에서 이루어진다. 구체적인 생산순서와 일정은 공장관리자의 자율에 맡겨지고 모형은 이에 대해 feedback(예: 쌍대가격)을 제공하여 효율적인 일정계획 수립을 유도하고 있다. 또한 동 모형은 차회계년도중 각 공장의 연간생산수준을 결정함으로써 공장별 예산수립의 합리성을 제공하기도 한다. 이 외에도 유사시 등 필요한 경우에 모형을 이용한 각종 대안의 평가가 가능하다.

(3) 모형의 효과

모형의 운용으로 매년 다음과 같은 효과가 예상되어지고 있다.

- * 공장별 고객할당 조정으로 연간 U\$ 700,000 이상의 비용절감
- * 공장간 철도수송설비 투자를 확대함으로써 연간 U\$ 700,000 가량의 비용절감
- * 절단방식의 합리화로 인해 연간 U\$ 1.8 mil.의 비용절감 등

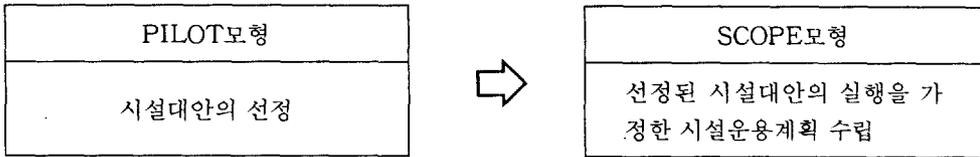
이 외에도 과거 추진되고 있었던 생산비용절감을 위한 공장간 생산할당 변경은 오히려 연간 U\$ 900,000에 달하는 총비용의 증가를 초래함을 발견할 수 있게 되었고, 시설운용과 마케팅의 합리화로 인해 고객서비스가 향상되고 판매손실이 줄어들게 되었다. 또한 의사결정과 이의

실행이 신속해지는 등 그 효과가 다양하게 나타나고 있다.

3.2. BAH 컨설팅사의 PILOT-SCOPE 모형

PILOT-SCOPE 모형은 세계적 경영컨설팅사인 Booz, Allen & Hamilton(BAH) Co.가 물류컨설팅을 위해 개발하여 미국 우수기업들의 물류합리화작업에 사용하고 있는 실용모형이다. 물류의사결정은 크게 시설계획과 운용계획으로 나뉘어지는 바, PILOT은 전자에 SCOPE는 후자에 사용되며, 이 두 모형은 <그림 2>와 같이 일관적으로 연결되어 있다.

<그림 2> PILOT과 SCOPE의 기능 분담



3.2.1. PILOT

(1) 의사결정변수

PILOT 모형은 아래 4가지의 전략적 의사결정에 초점을 두고있다.

- * 공장의 입지 및 규모
- * 공장별 제품(부품, 반제품 및 완제품) 할당
- * 원자재 공급처 및 물량의 선정
- * 물류거점의 입지 및 규모

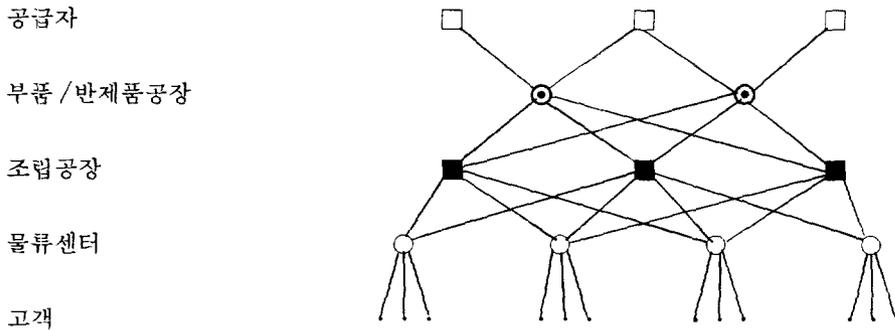
(2) 모형의 구조 및 역할

PILOT모형의 구조는 <그림 3>에서 보는 바와 같다. 원자재의 반입비용, 공장 및 물류센터의 고정비용 및 변동비용, 공장간 이송비용, 그리고 물품이 공장-물류센터-고객으로 흘러가는데 드는 운송비용 등을 최소화하기 위한 시설입지 및 제품할당을 계획하는 것이 이 모형의 주목적이라 할 수 있다.

이 모형은 다양한 시설대안의 신속한 평가를 가능하게 하며, 원재료 반입, 생산 및 완제품 운송비용, 그리고 고정 및 변동비용간의 상충관계를 분석하는 데에 매우 유용한 것으로 평가되고 있다.

<그림 3>

PILOT 모형의 구조



3.2.2 SCOPE

(1) 의사결정상황

시설구조(예 : PILOT으로부터 도출된 시설입지 및 규모, 제품할당 및 시설간 물동량 등)와 상위정책(예 : 서비스수준, 신속성 등)의 제약조건하에서 아래와 같은 세부사항을 도출, 평가한다.

* Stock Keeping Unit(SKU)별 서비스수준, 예산 및 재고한도의 설정, 일회생산량의 한도 설정, 기준재고회전율의 설정 등의 세부정책

* 생산 lot size, 안전재고, 재주문점 등의 구체적 운용지수 설정

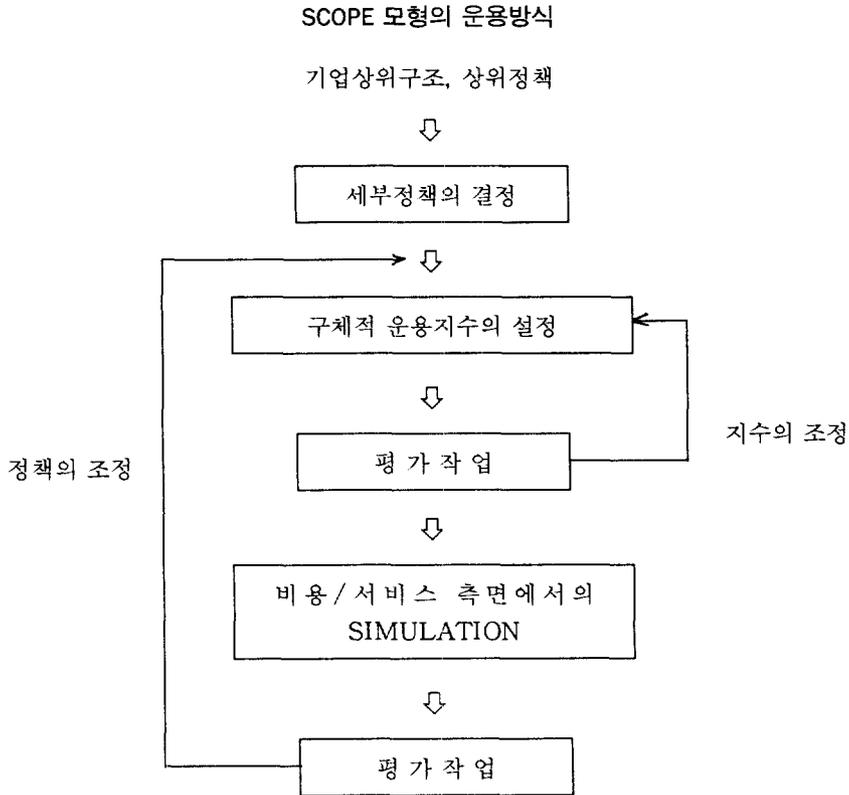
참고로, SCOPE모형은 PILOT모형과는 달리 생산, 자재 및 수요의 불확실성을 직접 모형화하고 있는 것이 특징이라 할 수 있다.

(2) 모형의 구조 및 역할

위의 의사결정은 <그림 4>와 같은 절차를 거쳐 이루어지며, 이는 크게 다음과 같은 3가지 부문에서의 합리화로 요약된다.

- * 자재재고에 관한 의사결정: 일회주문량, 재주문점, 재고수준 등
- * 재공품재고(WIP)에 관한 의사결정: 생산 lot size, WIP재고수준 등
- * 판매재고에 관한 의사결정: 재주문점 또는 발주기준점, 발주문량 등

<그림 4>



위 절차에서 평가되는 비용요인으로는 생산비용, 운송비용, 재고비용, 설비유지비용, 결품비용 등이 포함되며, 서비스요인으로는 서비스수준과 신속성이 함께 고려된다.

4. 국제물류모형

기업의 국제화 추세에 따라 그 필요성이 증대되고 있는 국제물류합리화를 위하여는 기업 특성에 맞는 모형의 적극적 개발이 필요하다. 여기에서는 이미 개발되어 사용되고 있는 선진 모형들을 소개하고자 한다.

4.1. Global Automotive Parts사의 LOGS 모형

(1) 의사결정상황

미국내 자동차부품 공급업체인 동사는 해외 부품업체의 급격한 시장잠식으로 인하여 위기에 직면하게 되었다. 이에 대한 외부 경영자문의 결과, 국제경쟁에 적극 대처할 수 있는 방안으로서 원자재나 부품의 조달 그리고 생산입지 및 판매시장을 과감히 국제화함이 요망되었다. 따라서 국제적 시각에서 모든 비용요소의 상충관계를 분석하여 최적의 시스템을 모색하는 데에 유용한 모형을 도입하기에 이르렀다.

(2) 모형의 역할

모형에 의해 처리될 수 있는 주요 의사결정변수들은 다음과 같다. 동 모형의 구조는 앞서 소개한 PILOT 모형과 유사한 다층적 구조를 지니며, 이에 국제적 요소가 가미된 것이 특징이라 할 수 있다. 또한 동 모형은 비용이 아닌 이익의 최적화를 목표식으로 취하고 있다.

- * 공급자 선정: 공급자별 공급물품의 종류, 수량, 가격 및 대상공장
- * 시설계획: 공장 및 물류센터의 입지, 규모 및 취급제품
- * 시장배분: 시설별로 취급대상 고객을 할당
- * 공급자-공장-물류센터-고객으로의 물적흐름 네트워크
- * 기타 수송수단의 결정, 항구의 선정과 해당 물동량 및 비용산정, 제품별, 시장별 가격정책, 시설간 이전가격 등

위와 같은 모형의 산출물들이 현실적인 대안이 되기 위해서는 모형이 제시하고자 하는 정책 수준보다 상위에 위치하는 전략적 고려사항(예: 지역적 안배, 고용의 안정 등)이 제약조건으로 작용해야 하는데, LOGS 모형은 이러한 상호작용을 가능하게 한다.

(3) 모형의 효과

LOGS 모형의 효과는 크게 두 가지로 나뉘어질 수 있는데, 첫째는 사용자가 민감도분석 등을 통하여 전체 물류시스템에 대한 보다 깊은 이해를 할 수 있다는 것이며, 둘째는 보다 폭넓은 대안평가를 통하여 이익증대를 꾀할 수 있다는 것이다.

4.2. GM사의 PLANETS 모형

(1) 의사결정상황

수 백개의 시설을 통하여 이루어지는 수 천가지 제품의 생산 및 분배 문제를 다루어야 하는 GM으로서는 주기적으로 또는 수시로 발생하는 수많은, 복잡다단한 의사결정문제를 합리적으로 처리할 수 있는 시스템이 필요함은 당연하다. 수 년 이상의 공사기간과 수 천만 내지 수 억 달러의 예산이 소요되는 시설변경의 경우 의사결정의 과오로 발생할 수 있는 손실은 막대한 것이며, 더구나 가속화되고 있는 시장 및 경쟁 상황의 변화에 따라 새로운 전략 및 정책 대안의 평가가 지속적으로 요망되고 있으므로, GM은 전세계에 산재해 있는 관리자들을 대상으로 폭넓은 의견수렴절차를 거쳐 중요 의사결정변수와 요인들을 선정하고 모형의 개발에 착수하였다.

(2) 모형의 역할

모형은 본사에서 뿐만 아니라 전세계 모든 사업장에서 이용될 수 있으며, 이 때 의사결정자는 개별 상황에 근거하여 현실적 대안들을 필요에 따라 여러 각도에서 분석할 수 있다.

이 분석들에 의해 지원될 수 있는 의사결정변수로는 (i) 어떤 제품을 언제, 어디서, 어떻게 만들 것인가, (ii) 목표시장을 어디에 둘 것인가, (iii) 어느 자원을 사용할 것인가, (iv) 어떻게 운송할 것인가 등과 같은 일종의 일관물류의사결정 문제 외에 (v) 자금사용계획 까지도 포함되어 있다. 이것은 GM의 생산 및 판매처가 전세계에 걸쳐있기 때문에 생산·판매 시설의 입지, 운용 그리고 제품의 운송정책, 재고정책 뿐 아니라 외환관리까지도 기업의 자금사정에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

PLANETS는 의사결정자가 원하는 대로 전략 또는 정책 대안과 시나리오를 설정하면 시스템 전체적인 관점에서 그것을 평가하여 주며, 이러한 개념은 자동차 산업에서 뿐만 아니라 타 산업에서도 광범위하게 적용될 수 있으리라 여겨진다.

PLANETS에서는 수리계획기법인 MIP가 정책대안의 평가를 위한 module로서 주로 사용되고 있다.

(3) 모형의 효과

현재 약 80건에 이르는 PLANETS의 활용에 의한 주요 의사결정 결과 U\$ 1 bil.을 상회하

는 비용절감이 추정되는 바, 이는 평균적으로 2~3%를 상회하는 비용절감 효과로 산정되어진다. 이 외에 PLANETS는 보다 많은 미래 시나리오의 설정과 평가를 지원하고 있으므로 이로 부터 오는 유형 및 무형의 효과는 지대할 것으로 판단된다.

IV. 물류의사결정 모형의 GAP과 연구 방향

1. 理想과 現像과의 乖離

물류의사결정모형은 대체로 현실을 과다하게 단순화한 문제를 효율적으로 최적화 하는 데에 치중하였거나(이론모형의 경우: [4] 참조), 아니면 전체 시스템이 아닌 부분적 합리화를 도모하기 위한 지원기능을 수행하는 한계점을 지니고 있었다(실용모형의 경우: [5] 참조).

물류시스템을 일관적 내지 국제적으로 평가할 수 있는 모형은 '80년대 초반까지는 거의 찾아볼 수 없으며 극히 최근에 와서 PILOT [3, 22]-SCOPE [16], PLANETS [17] 등에 의해 이의 본격적 시도가 이루어지고 있다. 현재로서는 다음 절에서 설명하게 될 서비스 수준과 비용, 수익과의 연관성 분석기능, 경영의사결정절차와 합치되는 물류의사결정 지원시스템의 구조설정, 그리고 기업 국제화에 따른 국제물류요인의 모형화 등 해결해야 할 과제가 산적해 있다 할 것이다.

국내의 경우에는 물류의사결정과 관련한 모형의 개발이 더욱 미진하여, 일부 제조업체들이 수배송의 합리화를 위해 개발한 모형, 소수의 창고기기 메이커들이 개발한 창고배치 지원모형, 공장내 생산계획을 위한 모형 등 물류체제의 부분적 합리화를 위한 모형들 외에 일관 또는 국제물류합리화를 위한 체계적 모형개발은 찾아보기 힘든 형편이다.

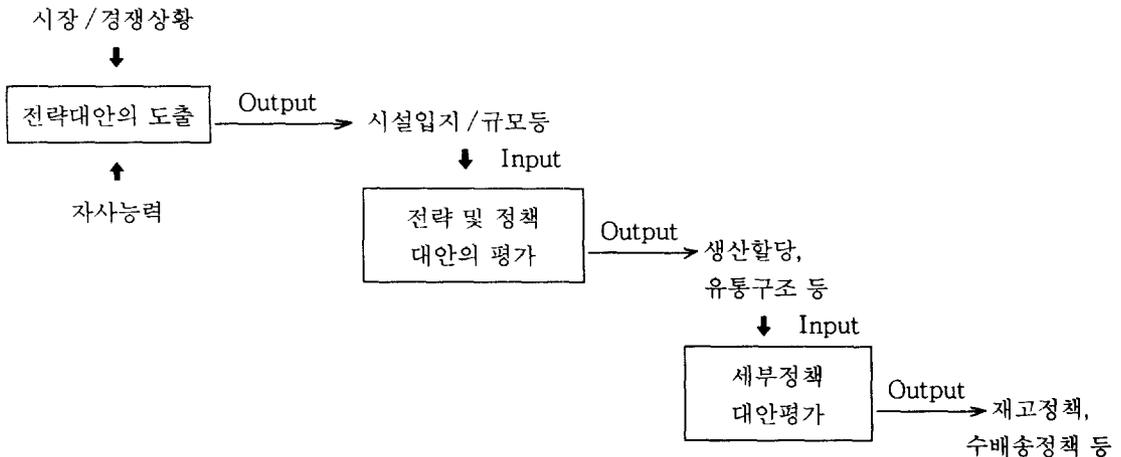
2. 바람직한 모형개발 연구방향

기존 모형에 있어서 최적화 또는 대안평가의 기준은 주로 비용에 치중되어 왔다. 그러나 시장경쟁에서 고객만족의 중요성이 강조되고 있는 요즈음, 대안평가의 기준을 비용에만 두는 것

은 부적절하므로 물류의사결정을 위한 모형화에는 비용과 서비스의 상충관계를 분석하는 기능이 요구되고 있다. 이러한 요청에 부합하여 Ballou [11], Perreault and Russ [39] 등은 전략대안의 평가에 서비스 기준을 도입하고 있으나, 그 기준으로는 대개 물류시설과 고객과의 거리 또는 운송소요시간이 사용되어지고 있는 정도이다. 비용위주의 전략 또는 정책대안의 평가기준을 탈피하여 서비스와 비용, 수익간의 상충관계를 분석할 수 있는 모형의 적극적 개발이 필요하며, 기업이 국제화함에 따라 표준화(규모경제의 달성을 위한 집중화)와 차별화(서비스 증대를 위한 지역분권화)의 상충관계가 수익이 미치는 민감도가 커지는 상황에서 이러한 필요성은 더욱 증대되고 있다.

그리고 물류의사결정은 일관적으로 이루어져야 하므로, 이를 돕기 위한 모형도 일관적으로 수립되어야 한다. 그런데 <표1>에서 보는 바와 같이 물류의사결정은 계층적으로 이루어지는 것이 합당하며, 의사결정의 각 단계에서 유용한 모형의 종류가 틀리므로, 일관모형이 되기 위해서는 성격이 다른 모형간의 결합이 요구된다. 즉 <그림 5>에서와 같이 모형간의 Input과 Output이 연쇄성을 지니는 구조를 지향하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

<그림 5> 계층적 의사결정과 모형의 연결



참고 문헌

1. 라연주, 송성헌, 박순달. “제품수송을 위한 일일 배차계획 시스템의 개발”, 「전산활용연구」, 5(1), 1992, 27-48.
2. 文相源. “國際 生産네트워크 運用모델-設計와 解法”, 「生産管理研究」, 제1권 제2호, 1990, 61-78.
3. 文相源. “생산·분배시설의 구축 및 운용계획 지원 시스템의 實例”, 「物流學會誌」, 2, 1992, 1-14.
4. 文相源. “물류의사결정을 위한 계량모형의 현황과 발전방향”, 「經營科學」, 제 11 권 제 2 호, 1994, 99-131.
5. 文相源. “국제 LOGISTICS 의사결정을 위한 계량모형의 현황과 연구방향”, 「物流學會誌」, 4, 1994.
6. 李用雨. “전국 도로망의 NETWORK모형화”, 「物流學會誌」, 1, 1991, 127-137.
7. 이재규, 김민용, 송용욱, 윤한성. “UNIK-유공: 정유산업 일정계획 전문가 시스템”, 「經營科學」, 9(2), 1992, 121-142.
8. Abara, J. “Applying Integer Linear Programming to the Fleet Assignment Problem”, *Interfaces*, 19(4), 1989, 20-28.
9. Anbil, R. et al. “Recent Advances in Crew-Pairing Optimization at American Airlines”, *Interfaces*, 21(1), 1991, 62-74.
10. Andreou, S. “A Capital Budgeting Model for the Evaluation of Flexible Plant Capacity”, General Motors Research Laboratories, December, 1988.
11. Ballou, R. H. *Business Logistics Management*, 2nd Ed., Chapter 10, Prentice-Hall Inc., 1985.
12. Bender, P. S. “International Logistics: Organizing for Profit”, *Distribution*, October, 1981.
13. Bender, P. S., W. D. Northup, and J. F. Shapiro. “Practical Modeling for Resource Management”, *HBR*, March-April, 1981, 163-173.

14. Bitran, G. R., and A. C. Hax. "On the design of hierarchical production planning systems", *Decision Sci.* 8, 1977, 28-55.
15. Blumenfeld, D. E. et al. "Reducing Logistics Costs at General Motors", *Interfaces*, 17(1), 1987, 26-47.
16. Booz, Allen & Hamilton Co. *Supply Chain Operations Evaluator: Interpretation of Model*, 1986.
17. Breitman, R. L., and J. M. Lucas. "PLANETS: A Modeling System for Business Planning", *Interfaces*, 17(1), 1987, 94-106.
18. Campbell, J. F. "Designing Logistics Systems by Analyzing Transportation, Inventory and Terminal Cost Tradeoffs", *Journal of Business Logistics*, 11(1), 1990, 159-179.
19. Carlisle, D. P. et al. "A Turnkey, Microcomputer-Based Logistics Planning System", *Interfaces*, 17(4), 1987, 16-26.
20. Cohen, M. A., M. L. Fisher and R. Jaikumar. "International Manufacturing and Distribution Networks: A Normative Model Framework", in: K. Ferdows(ed.), *Managing International Manufacturing*, North-Holland, 1989, 67-93.
21. Cohen, M. A. and H. L. Lee. "Resource Deployment Analysis of Global Manufacturing and Distribution Network", *J of Mftg. and Opns. Mgt.*, 2, 1989, 81-104.
22. Cohen, M. A., H. L. Lee, and S. Moon. "An Integrated Model for Manufacturing and Distribution Systems Design", Working Paper #87-07-03, Department of Decision Sciences, Wharton School, U. of Pennsylvania, 1987.
23. Cohen, M. A., et al. "Optimizer: IBM's Multi-Echelon Inventory System for Managing Service Logistics", *Interfaces*, 20(1), 1990, 65-82.
24. Fincke, U., and W. Vaessen. "Reducing Distribution Costs in a Two-Level Inventory System at Ciba-Geigy", *Interfaces*. 18(6), 1988, 92-104.
25. Fisher, M. L., A. Greenfield, and R. Jaikumar. "VERGIN: A Decision Support System for Vehicle Scheduling", Working Paper HBS 86-62, Division Research, Harvard Business School, January, 1982.

26. Gardner, E. S. "A top-down approach to modelling US Navy inventories", *Interfaces*, 17(4), 1987, 1-7.
27. Geoffrion, A. M., and G. W. Graves. "Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition", *Management Science*, 20, 1974, 822-844.
28. Geoffrion, A. M., G. W. Graves, and S. Lee. "Strategic Distribution System Planning: A Status Report", in: A. C. Hax (ed.), *Studies in Operations Management*, North Holland, 1978.
29. Graham, B., J. Braklow and W. B. Powell. "Ongoing Network Optimization: Yellow Freight Coordinates Operations to Improve Service and Reduce Costs", *Franz Edelman Video Library*, TIMS, 1991.
30. Hilliard, M. R. et al. "Scheduling the Operation Desert Shield Airlift: An Advanced Automated Scheduling Support System", *Franz Edelman Video Library*, TIMS, 1991.
31. Hodder, J. E. and M. C. Dincer. "A Multifactor Model for International Plant Location and Financing under Uncertainty", *Computer and Operations Research*, 13(5), 1986, 601-609.
32. Hodder, J. E. and J. V. Jucker. "International Plant Location under Price and Exchange Rate Uncertainty", *Engineering Costs and Production Economics*, 9, 1985, 225-229.
33. Huchzermeier, A. "Global Manufacturing Strategy Planning under Exchange Rate Uncertainty", Doctoral Dissertation, Decision Sciences, Wharton School of the University of Pennsylvania, 1990.
34. Kekre, S., et al. "A Logistics Analysis at Heinz", *Interfaces*, 20(5), 1990, 1-13.
35. Kennington, J. L. and R. V. Helgason. *Algorithms for Network Programming*. John Wiley & Sons, New York, 1980.
36. Kleutghen, P. P., and J. C. McGee. "Development and implementation of an integrated inventory management program at Pfizer Pharmaceuticals", *Interfaces*, 15(1), 1985, 69-87.

37. Kogut, B. and N. Kulatilaka. "Multinational Flexibility and the Theory of Foreign Direct Investment", Working Paper, University of Pennsylvania, 1988.
38. Martin, C. H., D. C. Dent and J. C. Eckhart. "Integrated Production, Distribution and Inventory Planning at Libbey-Owens-Ford", *Interfaces*, 23(3), 1993, 68-78.
39. Perreault, W. D. and F. A. Russ. "Improving Physical Distribution Decisions with Trade-off Analysis", *Int'l J. of Physical Dist.*, 7, 1977, 117-127.
40. Ploos van Amstel, M. J. "Managing The Pipeline Effectively", *Journal of Bus. Logistics*. 11(2), 1990, 1-25.
41. Rappoport, H. K. et al. "A Planning Heuristic for Military Airlift", *Interfaces*. 22(3), 1992, 73-87.
42. Robinson, Jr., E. P., L. Gao and S. D. Muggenborg. "Designing an Integrated Distribution System at DowBrands, Inc.", *Interfaces*, 23(3), 1993, 107-117.
43. Smith, B. C., J. F. Leimkuhler and R. M. Darrow. "Maximizing Revenues through Optimum Control of the Amount of Product Offered at Various Prices: Yield Management at American Airlines", *Franz Edelman Video Library*, TIMS, 1991.
44. Van Roy, T. J. "Multi-level production and distribution planning with transportation fleet optimization", *Management Science*, 35(12), 1989, 1443-1453.
45. van Vliet, A., C. G. E. Boender and A. H. G. Rinnooy Kan. "Interactive Optimization of Bulk Sugar Deliveries", *Interfaces*, 22(3), 1992, 4-14.
46. Vasquez-Marquez, A. "American Airlines Arrival Slot Allocation System (ASAS)", *Interfaces*, 21(1), 1991, 42-61.

