

정유 제품 수송 경로 개선 및 물류 센터 고정화를 통한 물류 네트워크 최적화

배경철, 김종환, 박상진*
 동국대학교 화학공학과
 (sjpark@dongguk.edu*)

**Oil Product Supply Chain Network Optimization
 through Transportation Routing improvement**

KyungCheol Bae, JongHwan Kim, SanJin Park*
 Dept. of Chemical Engineering, Dongguk University
 (sjpark@dongguk.edu*)

서론

유사 이래 최고의 고유가 환경아래에서 많은 기업체들은 원가 절감이라는 명제를 안고 생존하기 위한 여러 가지 시도를 하고 있다. 특히 정유회사의 경우 유가 상승이 원자재비 향상에 미치는 시간이 다른 산업보다 짧고, 장치 산업의 특성상 공정의 탄력성이 떨어진 다. 따라서 기간산업이라는 유리한 사업 환경아래에 있음에도 불구하고 여타 산업보다 고유가 시대에 대처하여 보다 빠르고 적절한 대응력이 요구 된다.

이를 위하여 정유사들은 지난 수 십년 간의 수요 예측, 생산 및 생산 계획 최적화, 자산 관리 등의 분야에 많은 투자하였지만, 생산 계획과 연계한 물류센터, 저유소 및 최종 소비자로의 수송 경로는 아직 최적화 되지 않은 상태이다. 본 연구에서는 시장 변화에 보다 빠르게 대처하기 위한 물류 운영 업무 절차에 대해 새로운 방안을 제시하고, 상용 최적화 소프트웨어를 사용하여 정유사의 최적 1,2차 수송 경로를 설정, 분석하여 출하지 고정화를 통한 물류 비용 절감 효과를 알아보하고자 한다.

현 물류 네트워크 운영 시스템

정유사에서 물류센터(DC, Distribution Center)로의 수송을 1차 수송, 물류센터에서 최종 납지로의 수송을 2차 수송이라 한다. 본 연구에서 대상으로 삼고 있는 기업은 직영, 위탁, 대송 및 교환 사업장을 포함한 11개의 물류 센터와 시/군구 및 읍/면/동 단위의 수송 지역으로 구분되는 20,000여개의 최종 납지를 보유하고 있다.

수송 수단으로는 유조선(Vessel), 송유관(Pipeline), 기차(RTC), 트럭(T/T)으로 구분 되며 유조선/송유관/기차의 경우 타 정유사의 수송 계획과 연계하여 설비 운영 업체와 연간 2 회 정도의 가격 조정을 갖는다. 트럭의 경우 차량 지입제(3PL, 3rd Pary Logistics)로 운영 하고 있다. 수송 제품은 U/G, Kero, HTO, DSL 등을 포함한 20여개 이다. 모든 물류 데이터는 전사적 자원 관리 시스템(ERP)로 통합되어 관리된다. 물류 네트워크 재설계를 위한 외부 변화는 비용적인 측면과 운영적인 측면으로 나눌 수 있다.

(1) 비용 측면

- 수요
- 수송비
- 고정비 변화 등

(2) 운영 측면

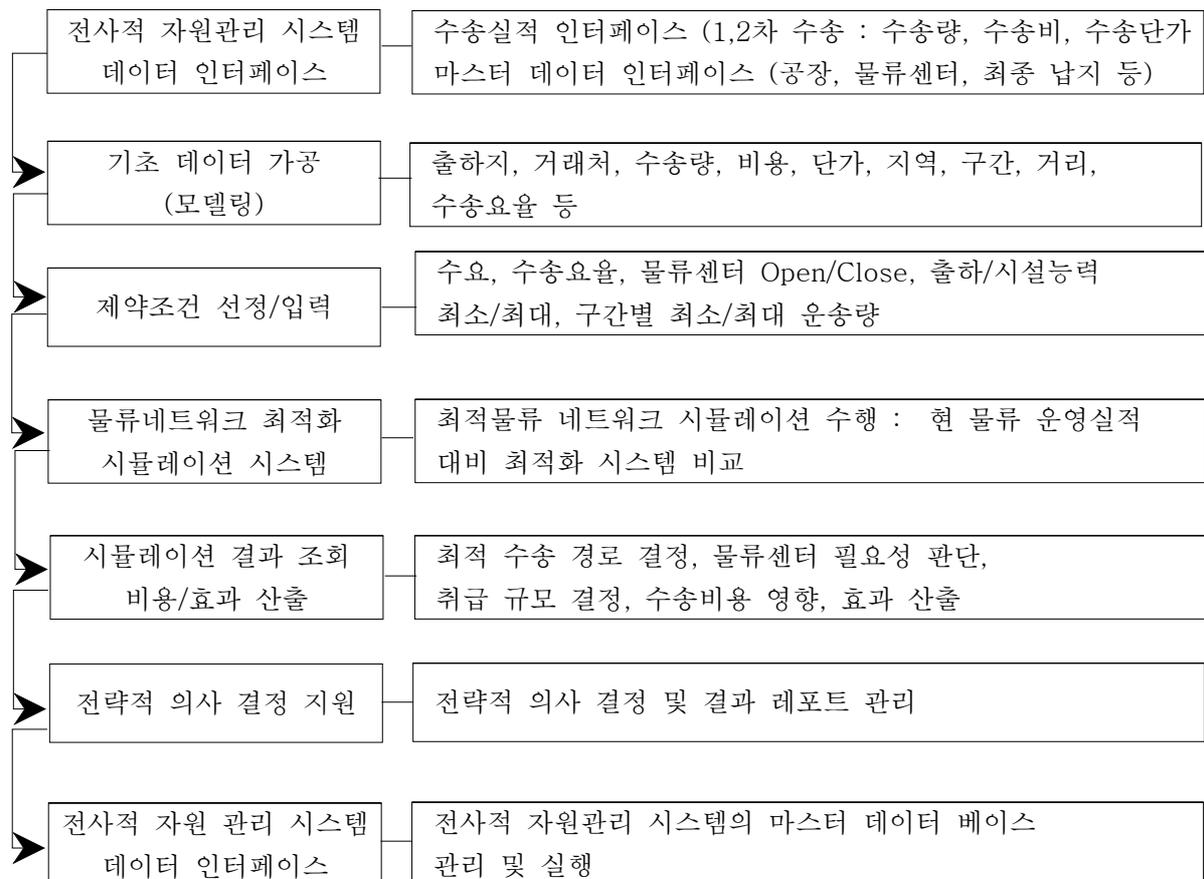
- 정부 규제 강화
- 경쟁사

- 유종 재배치
- 시설 능력 변동
- 출하지 고정화 확대/축소 등

이러한 환경 변화에 적절하게 대처하기 위해 적기에 최적 물류 네트워크를 재설계하기 위한 시뮬레이션을 실행하여야 한다. 하지만 현 업무절차는 물류운영 실적을 평가하기 위해 전사적 자원 관리 시스템의 데이터 베이스로부터 다운로드 한 후, Spread sheet를 이용하여 수작업으로 집계/산출 하도록 하고 있다. 이렇게 수작업으로 이루어지는 업무절차는 중/장기 물류운영실적 (1차 수송, 2차 수송 물량, 비용, 단가)의 평가를 적절한 시점에 할 수 없을 뿐만 아니라 이를 적기에 최적의 물류 네트워크 재설계에 반영하기가 어렵다.

개선 방향

1,2차 소송비의 운임요율이 애기치 않게 바뀌거나, 물류센터의 운영/시설 사고와 같은 갑작스러운 외부 변화에 적절한 시점에 대처하지 못함으로써 발생하는 기회 손실 비용은 고스란히 기업이 부담이 된다. 물류 네트워크의 운영이 비효율적인 이유는 시스템 지원의 부재로 인한 업무 체계화 와 조정 기능이 매우 미흡하고, 전산 인력 및 현업 담당자의 변경으로 인한 후임자의 시스템의 이해도 부족으로 네트워크 재설계 및 시뮬레이션이 사실상 이루어지고 있지 않기 때문이다. 이러한 비효율적 업무를 개선하기 위해 제안하는 업무 절차는 아래와 같다.



물류 네트워크 시뮬레이션

수송비용 산출 및 최적화된 수송 경로 및 비용 산출을 위해 본 연구에서는 CPLEX

Solver를 채택한 상용 소프트웨어(Supply Chain Designer, SSA Global)를 사용하였다. 물류 네트워크 모델링을 위한 전제 조건 및 제약 조건은 다음과 Table 1.에 나타난다.

Table 1. 물류 네트워크 모델링을 위한 전제 조건 및 제약 조건

항 목	입력 항목 (분류 번호)	비 고
제 품	U-G (1004)	
	DSL 0.05% (1036)	
	DSL 0.003% (1041)	
공 장	정유 플랜트 (9999)	
물류센터	인천항동물류센터 (2100)	
	서울물류센터 (2110)	
	성남터미널 (4100)	
	고양터미널 (4200)	
최종 납지	237개 지역 단위	
제약 조건	각 물류센터의 상품별 최소/최대 출하능력	
1차 수송단가 (복합)	상품별 (단위: 원/Liter)	2005년 1월 기준
2차 수송단가	각 TrZone의 상품별 (단위: 원/Liter)	2005년 1월 기준

다음과 같은 Case Study를 통해 물류센터의 Open/Close를 반영 및 물류센터 출하능력을 고려한 최적 수송 경로를 선정하고 이를 통한 수송비용 절감 효과를 알아본다.

Case 1. 현 제약 조건(물류센터 출하능력)에서의 최적 수송 경로 및 비용

Case 2. 성남 터미널 폐쇄가정 최적 수송 경로 및 비용

Case 3. 인천항동물류센터의 출하능력을 무한대로 했을 때의 최적 수송 경로 및 비용

결과 및 고찰

Table 2. 각 Case별 수송비 변화량 (원/년)

		현 행	Case 1	Case 2	Case 3
2차 수송	U-G	6,128,512,052	6,248,476,291	8,282,901,057	8,282,901,057
	DSL 0.05%	8,050,155,475	7,991,208,660	10,296,300,506	10,296,300,506
	DSL 0.003%	2,621,084,151	3,189,040,977	3,389,239,990	3,389,239,990
	소 계	16,799,751,679	17,428,725,929	21,968,441,553	21,968,441,553
1차 수송	U-G	8,021,360,293	5,742,547,867	2,499,445,016	2,499,445,016
	DSL 0.05%	8,882,532,106	7,047,947,685	3,144,501,610	3,144,501,610
	DSL 0.003%	2,863,115,828	1,215,612,013	1,002,065,341	1,002,065,341
	소 계	19,767,008,228	14,006,107,566	6,646,011,968	6,646,011,968
합 계	36,566,759,908	31,434,833,495	28,614,453,520	28,614,453,520	
(변동량)	-	-14.0%	-21.7%	-21.7%	

물류센터의 처리 능력의 조건에서 최적 수송 경로를 설정함으로써 14%의 수송비 절감의 효과를 얻을 수 있다. 이때 인천항동물류센터의 처리용량이 최대치를 나타내고 있는데, 이는 인천항동물류센터가 유조선을 통해 정유소로부터 제품을 받기 때문에 1차 수송단가가 월등히 낮기 때문이다. 성남 터미널을 폐쇄 했을 경우 인천항동물류센터의 활용율이 두 배 가까이 늘어나며 21.7%의 수송비 절감 효과를 확인 할 수 있었다. 인천항

동물류센터의 출하능력을 무한대로 했을 경우 Case 2와 같은 효과를 나타내고 있는데 이는 마찬가지로 낮은 1차 수송단가 때문으로 해석된다. 하지만 인천동물류센터의 처리능력을 현재보다 훨씬 크게 늘리는 것은 현실적으로 어렵다. 따라서 인천동물류센터의 저유비를 포함한 기타 운영비용을 고려하여 나머지 시장 수요에 대한 경인 지역의 물류센터 확보해야한다. 이번 연구를 통해 전사적 자원 관리 시스템과 연계한 연속적인 업무 절차 개선 방안을 제시하고 물류 네트워크 재설계를 통한 수송비용 절감 효과를 확인 할 수 있었다. 향후 연구에서는 수송유율 변경, 물류센터의 처리능력 조정, 물류센터 개설 및 폐쇄를 고려한 물류비 절감 방안을 제시하고자 한다.

Table 3. 각 Case별 각 물류센터 출하량 (BBL/년)

	현행	Case1	Case 2	Case 3
인천항동물류센터	5,792,066	12,000,000	23,903,670	23,903,670
서울물류센터	9,360,054	8,491,731	0	0
성남물류터미널	7,541,863	1,111,237	0	0
고양물류터미널	3,311,243	4,402,256	2,101,555	2,101,555
합 계	26,005,226	26,005,224	26,005,225	26,005,225

Table 4. 물류센터별 1차 수송단가 (2005년 1월 기준 복합단가)

물류센터	제품	복합단가 (원/L)
인천항동물류센터	U-G	1.42
	DSL 0.05%	1.42
	DSL 0.003%	1.42
서울물류센터	U-G	5.528
	DSL 0.05%	5.528
	DSL 0.003%	5.528
성남터미널	U-G	6.885
	DSL 0.05%	6.885
	DSL 0.003%	6.885
고양터미널	U-G	3.74
	DSL 0.05%	3.412
	DSL 0.003%	3.412

참고문헌

1. Anna Nagurney and Dmytro Matsypura, Global supply chain network dynamics with multicriteria decision-making under risk and uncertainty, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 41, Issue 6, 2005, Pages 585-612
2. E.P. Schulz, M.S. Diaz and J.A. Bandoni, Supply chain optimization of large-scale continuous processes, Computers & Chemical Engineering, Vol. 29, Issue 6, 2005, Pages 1305-1316
3. G. Guillén, F.D. Mele, M.J. Bagajewicz, A. Espuña and L. Puigjaner, Multiobjective supply chain design under uncertainty, Chemical Engineering Science, Vol. 60, Issue 6, March 2005, Pages 1535-1553
4. S. D. Mokashi and A. C. Kokossis, Application of dispersion algorithms to supply chain optimization, Computers & Chemical Engineering, Vol. 27, Issue 7, 15 July 2003, Pages 927-949