

무연탄 수요예측및 공장규모 결정에 관한 사례연구

오 형술*, 김 명수, 이 영해**, 박 동권, 김 용택***

Abstract

All most factories producing briquets in Seoul are currently located at residential districts. The coal dusts scattered from these factories are making serious problems in living. To get rid of this environmental pollution, moving these factories to places of mining coals is considered now. For doing this project, first, annual briquet demands are forecasted using regression analysis and then, optimal factory capacities to be built are obtained based on forecast demands using LP. To validate factory capacities obtained above simulation is conducted using SLAM II.

1. 서 론

장래의 수요예측을 하는 방법에는 크게 정성적인 방법(Qualitative Methods)과 시계열분석 방법(Time Series Methods) 그리고 인과분석 방법(Casual Methods) 등이 있으며 좀더 자세하게 분류하면 정성적인 방법에는 Delphi, Market Research 그리고 Historical Analogy 방법 등이 있으며, 인과분석 방법에는 회귀분석(Regression Analysis)과 구조분석(Structure Analysis) 등이 있다. 일반적으로 회귀분석은 종속변수의 변동과 설명변수의 변동관계를 분석하므로써 장래의 수요변동을 예측하는 것으로서 비교적 장.단기 예측에 알맞고 정확도도 높아 널리 이용되어 오고 있다. 이러한 이유로 본 연구에서도 회귀분석을 통하여 민수용 무연탄 수요를 예측하였으며 앞에서 예측한 수요 예측치 중에서 1992년도의 600만(톤/년) 규모의 수요를 기준으로 하여 선형계획법에 의한 확정적 모형의 해를 구한후 이 결과를 시뮬레이션에 의하여 재평가 하는 방법으로 공장및 집하소의 적정규모를 결정하였다.

* 수원전문대학 공경과
** 한양대 산업공학과
*** 대한석탄공사 기술연구소

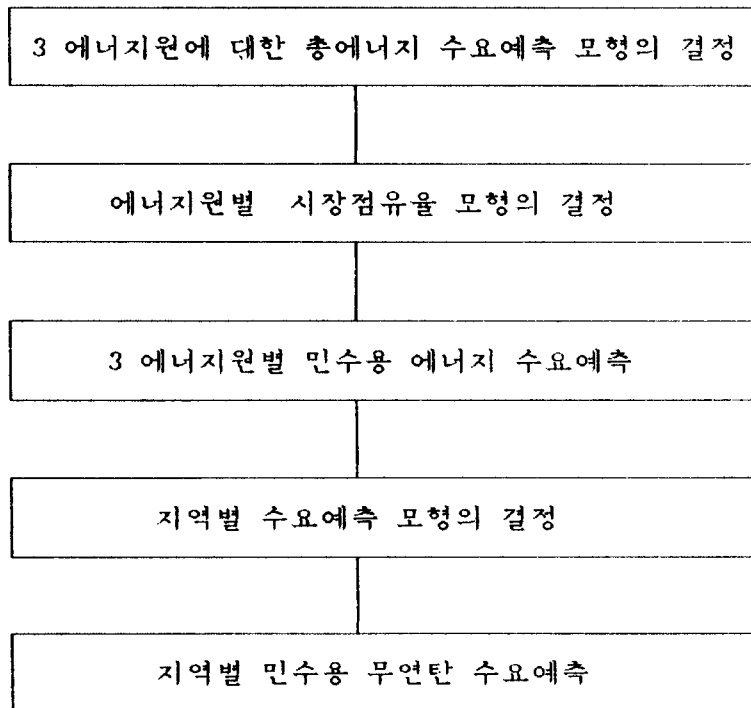
2. 민수용 무연탄 수요예측

가. 수요예측방법 및 모형설정

(1) 수요예측의 접근방법

가정, 상업용으로 구성된 민수용 에너지의 총수요를 추정하는데 있어서 과거의 소비실적치나 가격에 관한 자료의 신뢰도와 정확성이 문제시되어 민수용에너지원중 소비실적 수치나 가격측면에서 비교적 신뢰도가 높은 무연탄과 석유 그리고 가스등 3가지 에너지에 관한 자료가 수요예측을 하는데 사용되었다.

본 연구에서 수요예측을 위한 접근방법은 다음의 [그림 1]과 같다.



[그림 1]수요예측을 위한 절차

(2) 수요예측 모형의 설정

(가) 3에너지원의 총 에너지 수요예측 모형

주로 가정, 상업용으로 구성된 민수용 총에너지 수요예측모형(Aggregated Energy Demand Forecasting Model)은 이들 총 에너지를 구성하고 있는 각 에너지원의 가중평

군가격치(Weighted Average Price) 혹은 Divisa 가격지수 그리고 이들 총 에너지 수요와 상관성이 높다고 판단되는 모든 경제변수들의 함수로서 나타낼 수 있는 바 그 일반식은 다음과 같다.

$$E_t = f (P_t, GNP_t, E_{t-1}, e_t) \text{ ----- (1)}$$

여기서

E_t : t년도 민수용 3에너지원의 총 에너지 소비실적

$P_t = \sum_i P_{it} (E_{it} / \sum_i E_{it})$: 가중평균가격지수

E_{it} : t년도 민수용 에너지원중 i에너지원의 수요

P_{it} : t년도 민수용 에너지원중 i에너지원의 가격

GNP_t : t년도 1인당 국민소득

e_t : t년도의 확률오차

한편 본 연구에서 고려된 민수용 총 에너지수요예측 모형은 위식 (1)과 유사한 것으로서 종속변수로서는 3에너지원에 대한 소비량이 되며, 설명변수로서는 무연탄, 석유 및 가스등의 3에너지원에 대한 가중평균가격지수와 국민 1인당 GNP를 사회, 경제 지표로 고려하였으며 전년도의 수요양태를 반영하기 위하여 총수요모델에 전년도 총수요를 반영하여 다음과 같은 자연대수 선형함수식을 선택하였다.

$$\ln E_t = A_0 + A_1 \ln P_t + A_2 \ln GNP_t + A_3 \ln E_{t-1} + e_t \text{ ----- (2)}$$

(나) 에너지원별 시장점유율 모형의 결정

본 연구의 민수용 3에너지원에 대한 시장점유율 모형은 3에너지원의 총 소비량에 대한 소비구성비율로 부터 무연탄의 소비구성비율에 대한 석유 소비구성비율과 가스 소비구성비율의 시계열 자료를 이용하여 에너지원간의 대체성을 반영한 (3), (4)식을 이용하여 89년 부터 95년까지의 단기예측에 사용하였으며, 그 이후 2010년 까지의 장기 수요예측에는 (5), (6)식을 사용하였다.

$$\ln(S_p / S_c) = A_0 + A_1 \ln Year_t + e_t \text{ ----- (3)}$$

$$\ln(S_g / S_c) = A_0 + A_1 \ln Year_t + e_t \text{ ----- (4)}$$

$$\ln(S_p / S_c)_t = A_0 + A_1 \ln P_{tc} + A_2 \ln P_{tp} + A_3 \ln P_{tg} + A_4 \ln GNP_t$$

$$+ A_5 \ln(S_p / S_c)_{t-1} + e_t \text{ ----- (5)}$$

$$\ln(S_g / S_c)_t = A_0 + A_1 \ln P_{tc} + A_2 \ln P_{tp} + A_3 \ln P_{tg} + A_4 \ln GNP_t$$

$$+ A_5 \ln(S_g / S_c)_{t-1} + e_t \text{ ----- (6)}$$

Year_t : 예측하고자 하는 t년도

P_{ti} : 에너지원의 가격(i=p,c,g p:석유, c:무연탄, g:가스)

S_p : 석유의 소비구성비율(E_p / ∑_i E_i)

S_g : 가스의 소비구성비율(E_g / ∑_i E_i)

S_c : 무연탄의 소비구성비율(E_c / ∑_i E_i)

$$S_p + S_g + S_c = 1$$

(다) 지역별 수요예측을 위한 모형의 결정

총 무연탄수요를 지역별로 배분하는 각 지역별 분담율의 설명 변수로 각 지역별 전년도의 무연탄 소비구성비율을 반영하여 다음과 같은 선형함수식을 이용하였다.

$$\ln S_{it} = A_0 + A_1 \ln S_{i(t-1)} + e_t \text{ ----- (7)}$$

S_{it} : t년도 i지역의 소비구성비율

S_{i(t-1)} : (t-1)년도 i지역의 소비구성비율

나. 수요예측 모형의 추정

(1) 입력자료

본 연구의 가정, 상업용등의 민수용에너지 총수요 및 에너지원별 시장점유율모형의 추정에 사용된 설명변수중 사회, 경제 변수들에 대한 자료는 [표 1]에 나타난 바와 같다. 또한 70년 부터 88년까지의 민수용 무연탄 및 석유, 가스의 소비량은 한국 에너지 경제 연구원(KEEI)의 에너지 통계연보(1988년)와 에너지 통계월보(1989.3)를 참고하여 작성하였다. 무연탄가격은 [표 2]에 나타난 바와 같이 현재 3.3Kg 소형탄의 가정도 배달가격을 기준으로 하였으며, 석유의 가격은 등유, 경유 및 B-C유등의 소비량을 고려하여 산출한 가중평균가격을 이용하였고, 가스가격으로는 프로판, 부탄, LNG 각각에 대한 일반용, 도시용의 소비량을 고려해서 산출한 가중평균가격으로 하였다.

[표 1] 수요예측을 위한 사회, 경제 입력자료

| 구분 년 도 | 국민총생산(10억) ('80년 불변) | 인구수 (천 명) | 1인당 GNP (천 원) |
|-----------|---------------------------|--------------|------------------|
| 1970 | 17,013 | 32,241 | 528 |
| 1971 | 18,564 | 32,883 | 565 |
| 1972 | 19,547 | 33,505 | 583 |
| 1973 | 22,279 | 34,103 | 653 |
| 1974 | 24,177 | 34,692 | 697 |
| 1975 | 25,816 | 35,281 | 732 |
| 1976 | 29,286 | 35,849 | 817 |
| 1977 | 32,408 | 36,412 | 890 |
| 1978 | 35,981 | 36,969 | 973 |
| 1979 | 38,503 | 37,534 | 1026 |
| 1980 | 36,672 | 38,124 | 962 |
| 1981 | 39,089 | 38,723 | 1009 |
| 1982 | 41,212 | 39,326 | 1048 |
| 1983 | 46,109 | 39,929 | 1155 |
| 1984 | 50,003 | 40,513 | 1234 |
| 1985 | 52,705 | 41,056 | 1284 |
| 1986 | 59,188 | 41,569 | 1424 |
| 1987 | 66,320 | 42,082 | 1576 |
| 1988 | 74,314 | 42,593 | 1745 |

자료: 경제기획원 조사통계과, 인구통계과 제공

[표 2] 민수용 에너지원별 가격 및 가격지수

(단위 : 원/1000 Kcal)

| 년 도 | 무연탄 | 석 유 | 가 스 | 가중평균가격 |
|------|-------|-------|-------|--------|
| 1970 | 1.19 | 1.58 | 2.90 | 1.21 |
| 1971 | 1.29 | 2.23 | 3.20 | 1.33 |
| 1972 | 1.45 | 2.86 | 6.40 | 1.52 |
| 1973 | 1.45 | 3.64 | 8.20 | 2.56 |
| 1974 | 1.98 | 6.92 | 15.94 | 2.23 |
| 1975 | 2.31 | 8.04 | 26.29 | 2.66 |
| 1976 | 2.37 | 8.03 | 26.29 | 2.75 |
| 1977 | 3.46 | 7.90 | 24.62 | 3.93 |
| 1978 | 3.46 | 7.63 | 21.67 | 4.35 |
| 1979 | 5.60 | 11.50 | 31.09 | 6.84 |
| 1980 | 7.56 | 21.18 | 55.80 | 10.80 |
| 1981 | 9.59 | 24.95 | 73.61 | 14.98 |
| 1982 | 10.41 | 27.81 | 66.61 | 15.40 |
| 1983 | 10.41 | 27.62 | 60.00 | 15.57 |
| 1984 | 10.41 | 27.32 | 59.66 | 15.69 |
| 1985 | 11.10 | 27.03 | 58.21 | 16.16 |
| 1986 | 11.73 | 23.02 | 57.23 | 16.51 |
| 1987 | 12.32 | 21.75 | 46.80 | 16.77 |
| 1988 | 12.85 | 17.59 | 39.29 | 16.37 |

자료: 1)KEEI, "석탄산업 구조개선을 위한 연구", 1987
2)KEEI, 에너지 통계월보, 1989, 3

(2) 모형의 추정과 결과분석

에너지 수요예측모형에 사용할 필요한 입력자료의 수집이 완료되면 이들 자료들을 앞에서 설정한 총수요예측 모형식(2)과 시장점유율 모형식(3,4,5,6)에 통계용 컴퓨터 패키지인 MINITAB을 이용하여 구하고자 하는 모형들의 모수들을 추정하게 된다.

[표 3]은 최종적으로 확정된 민수용 에너지 총수요예측 모형과 시장점유율 모형의 방정식을 나타낸다.

[표 3] 민수용 에너지 수요 및 점유율 예측모형

| 구분 모형의 종류 | 추정된 선형회귀모형의 방정식 | R ² | D.W |
|------------------|---|----------------|------|
| 총수요 예측모형 | $\text{LnEt}=3.02+0.113\text{LnPt}+0.534\text{LnGNPt}+0.252\text{LnEt}_{-1}+e_t$ (2.59)(2.21) (3.17) (1.199) | 98.2 | 2.08 |
| 시 장 | $\text{Ln}(S_p/S_c)=-3.112+0.197\text{LnYear}_t+e_t$ (-16.41)(8.26) | 86.1 | 0.43 |
| 점 유 율 | $\text{Ln}(S_g/S_c)=-6.333+0.345\text{LnYear}_t+e_t$ (35.63)(15.39) | 95.6 | 0.85 |
| 모 형 | $\text{Ln}(S_g/S_c)_t=-15.5+0.126\text{LnPt}_c-0.039\text{LnPt}_p-0.153\text{LnPt}_g+2.06\text{LnGNPt}+0.634\text{Ln}(S_g/S_c)_{t-1}+e_t$ (-4.35)(1.52) (-0.330) (-0.75) (4.51) (5.72) | 99.5 | 2.17 |
| | $\text{Ln}(S_p/S_c)_t=-0.129\text{LnPt}_c-0.023\text{LnPt}_p+0.239\text{LnPt}_g-0.0015\text{LnGNPt}+0.902\text{Ln}(S_p/S_c)_{t-1}+e_t$ (-1.14) (-0.14) (0.86) (-0.03) (7.29) | 98.5 | 2.19 |
| 수도권 지역 구성비율모형 | $\text{Ln Si}_t= 0.641 + 0.835 \text{Ln Si}_{(t-1)} + e_t$ (1.07) (5.47) | 65.2 | 1.94 |
| 서 울 지역 구성비율모형 | $\text{Ln Si}_t= 0.130 + 0.961 \text{Ln Si}_{(t-1)} + e_t$ (0.36) (9.95) | 86.1 | 2.15 |

주:()안의 값은 추정된 계수들에 대한 t값

R² : 결정계수

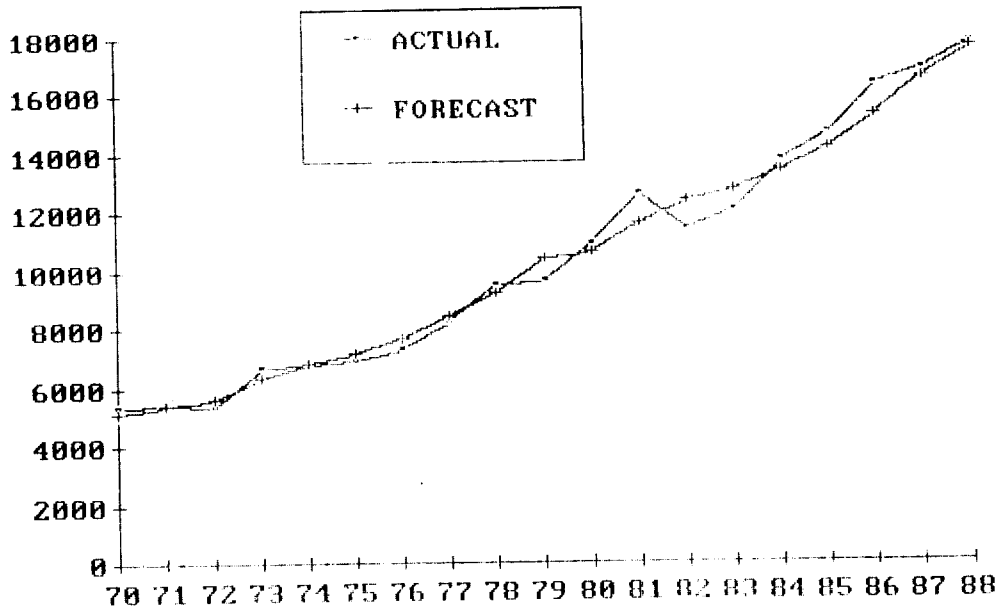
D.W: DURBIN-WATSON 통계량

추정된 총수요예측 모형을 살펴보면, 우선 1인당 소득탄력치의 절대치(0.534)가 가격탄력치의 절대치(0.113)보다 높아 우리나라 민수용 에너지의 총수요는 에너지 가격에 대한 반응보다 소득에 대한 반응이 더 민감하게 작용하고 있는 것으로 나타나 있다

소득에 대한 탄성치는 0.534로서 소득 변동의 효과만을 고려한다면 1인당 소득이 10%증가됨에 따라 민수용 3에너지원의 총수요는 약 5.34%만큼이 증가함을 의미한다.

다음으로 가격탄력치의 크기를 살펴보면 소득탄성치의 절대치보다 적은 0.113으로서 역시 가격변동의 효과만을 고려한다면 3에너지원의 가중평균 가격지수가 10%증가함에 따라 총에너지 소비량은 약 1.13%가 증가하는 것으로 나타났다.

또한 총수요예측 모형으로 계산한 추정치와 실제수요를 비교하기 위하여 그림으로 나타내면 다음과 같다.



[그림 2] 1차에너지수요추정 결과(단위:1000TOE)

다. 수요예측을 위한 입력자료의 전제 및 가정

장래수요를 예측하기 위해서 선행되는 작업은 모형내에 포함되어 있는 여러개의 설명변수에 대한 미래예측이다. 이들 설명변수의 예측은 그와 관련된 내적, 외적 변화요인이 복합적으로 관련되어 있는 데다가 정책변수가 작용하고 있어 용이치 않다. 그러나 통상 과거의 추세, 정부의 정책계획등 전문기관의 자료를 최대한 활용하여 작성하였는 바 이들 입력자료에 대한 제 가정과 배경은 다음과 같다.

(1) GNP 전망

국민 총생산 전망은 한국산업개발연구원(KDI)의 2000년대를 향한 국가장기발전구상 및 경제기획원의 잠정전망치를 참고하여 작성하였는 바 시나리오별(I, II, III)로 년평균증가율이 5, 6, 7%로 전망되었다.

(2) 에너지가격 전망

수요예측을 위하여 사용되는 에너지원간의 가격인상율은 에너지원별의 과거실적치와 전문기간의 참고자료틀 최대한 활용하여 [표 4]와 같이 작성하였다. 특히 에너지가격은 정책적인 측면이 강하기 때문에 공해가 없으며 발열량이 높은 LNG 보급정책에 따른 가스가격의 지속적인 하락과 원유가의 국제적인 가격하락의 추세와 앞으로 예견되는 가격의 안정적 경향에 비추어 본다면 무연탄가격의 상대적인 상승요인에 따라 앞으로 무연탄가격은 올라갈 것으로 예상된다.

시나리오 I-III에 따라 무연탄가격의 증가율을 2%-3%로 정하였고 석유가격 인상율은 한국산업연구원(KIET)에서 발표한 자료와 I.E.A와 OECD의 석유가격 전망자료를 참고하여 시나리오 I-III에서 각각 -0.5-3%로 정하였다. 그리고 가스는 석유가격에 연동시켜서 움직이는 것으로 간주하였다.

[표 4] 에너지가격 증가율의 기본가정

| 시나리오 | 에너지 | 년평균 증가율(%) | | | |
|------|-----|------------|-------|---------|-----------|
| | | 81~88 | 89~95 | 96~2000 | 2001~2010 |
| I | 무연탄 | 4.9 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 석유 | -4.2 | -1.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 가스 | -6.7 | -1.0 | 2.0 | 2.0 |
| II | 무연탄 | 4.9 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| | 석유 | -4.2 | -0.5 | 2.5 | 2.5 |
| | 가스 | -6.7 | -0.5 | 2.5 | 2.5 |
| III | 무연탄 | 4.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| | 석유 | -4.2 | 0.5 | 3.0 | 3.0 |
| | 가스 | -6.7 | 0.5 | 3.0 | 3.0 |

주:가격은 (원/1000 Kcal)을 기준으로 산정

라. 수요예측 결과 및 분석

[표 5]은 민수용 무연탄수요를 GNP와 에너지가격 증가율에 따른 시나리오별로 예측한 것이다. 기준안에 의하면 전국의 무연탄 수요는 1990-2000년 기간에 년평균 13.6% 수요감소추세를 보여 2000년에는 5,300천톤으로 예상된다. 그리고 2000-2010년에는 년평균 20.6%의 상당히 빠른 감소추세를 보여 2010년에는 500천톤으로 예상된다.

이는 소득수준의 향상 및 취락구조의 변화에 따라 우리나라의 민수용 에너지원이 무연탄에서 석유나 가스등으로 급속히 대체되어 가는 현상을 반영하는 것이라 할 수 있다.

서울의 경우 1989-1995년까지의 무연탄 수요는 년평균 10.7% 감소하며, 1995-2000년까지는 년평균 14.0% 감소하며, 2000년에는 1,700천톤으로 예상된다. 2000-2010년에는 년평균 21%로 급격히 감소하여 2010년에는 수요가 160천톤 정도로 전망된다.

[표 5] 민수용 무연탄 수요전망 (단위:1000톤)

| 년 도 | 상 한(I-I) | | | 기 준 안(II-III) | | | 하 한(III-III) | | |
|------|----------|--------|-------|---------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
| | 전 국 | 수도권 | 서 울 | 전 국 | 수도권 | 서 울 | 전 국 | 수도권 | 서 울 |
| 1988 | 22,926 | 10,894 | 8,232 | 22,926 | 10,894 | 8,232 | 22,926 | 10,894 | 8,232 |
| 1990 | 20,203 | 9,667 | 7,117 | 19,976 | 9,558 | 7,037 | 19,683 | 9,418 | 6,934 |
| 1995 | 11,544 | 5,579 | 3,902 | 11,040 | 5,335 | 3,732 | 10,402 | 5,027 | 3,516 |
| 2000 | 5,696 | 2,764 | 1,862 | 5,308 | 2,576 | 1,735 | 4,879 | 2,368 | 1,595 |
| 2005 | 2,487 | 1,209 | 791 | 1,878 | 913 | 597 | 1,361 | 661 | 433 |
| 2010 | 897 | 436 | 279 | 528 | 257 | 164 | 295 | 143 | 92 |

주: '88년은 실적치임

3. 공장 및 집하소의 적정규모 결정

가. 공장 및 집하소 규모(capacity)결정을 위한 모델

(1) 변수(variables)정의

X_1 : 공장의 생산규모(톤)

X_2 : 집하소 규모(톤)

I_i : i월의 재고수준($i=1,2,\dots,12$)

(2) 계수(coefficients)정의

C_1 : 공장의 생산규모에 대한 단위 변동비용(원/톤)

C_2 : 집하소 규모에 대한 단위 변동비용(원/톤)

C_3 : 재고량에 대한 단위 보관비용(원/톤)

D_i : i 월의 평균 수요량

T : 월 수송능력(톤)

(3) 모델 설정

최적의 공장 생산규모와 집하소 규모를 결정하기 위한 문제는 다음과 같은 목적식과 제약식으로 표현된다.

$$\text{Min } C_1X_1 + C_2X_2 + C_3\sum I_i$$

$$\text{S.T. } X_1 \leq T$$

$$X_2 \geq I_i, i=1,2,\dots,12$$

$$I_i - I_{i-1} + D_i \leq X_1, i=1,2,\dots,12$$

$$I_i \geq 0, i=1,2,\dots,12$$

나. 공장 및 집하소에 대한 단위 변동비용과 재고비용

(1) 공장 규모에 대한 단위 변동비용 ($C_1=16,100$ 원/톤)

92년도를 기준으로 하여 600만(톤/년)의 생산규모로부터 톤당 단위 변동비용을 산출하였다. ($C_1=16,100 * P$, P :생산량)

(2) 집하소에 대한 단위 변동비용($C_2=8,970$ 원/톤)

집하소에 대한 단위 변동비용은 현재의 이문지역과 수색지역의 비축장을 최대한으로 활용한다는 가정하에 산출하였다. ($C_2=8,970 * I$, I :비축량)

(3) 재고비용($C_3=2,313$ 원/톤.년)

소형탄을 기준으로하여 공장도 가격과 수송비를 반영한 가격에 특별자금인 하저자금 이자율 5%를 고려하였다.

$$C_3 = 277(\text{개/톤}) * 167(\text{원/개}) * 0.05$$

$$= 2,313(\text{원/톤.년})$$

다. 공장 및 집하소의 적정규모 결정과 이에 따르는 월별 수요량과 생산량 수송능력이 780,000(톤/월)으로 제한되어 있을때 기초 재고량(I0)과 안전 재고량을 0으로 하는 제약식하에서 공장의 최적규모와 집하소 규모를 결정하였다.

공장과 집하소의 단위 변동비용(C1, C2)과 재고량의 보관비용(C3) 그리고 기준년도의 수요량을 Lindo(선형계획 패키지)로 수행한 결과 공장의 최적규모는 780,000(톤/월), 집하소 규모는 127,800(톤/월)으로 결정되었다. 이에 따르는 월별 수요량과 재고량 그리고 생산량은 다음의 [표 6]와 같다. 그리고 앞에서 결정한 공장의 단위 변동비와 집하소의 단위 변동비 그리고 재고량의 보관비용을 고려한 연간 총비용은 약 144억 6천 6백만원이 소요될 것으로 추정되었다.

[표 6] 공장의 규모가 780,000(톤/월)일때 월별 수요량과 재고량 그리고 이에 따르는 생산량(톤)

| 월 구분 | 수요량(D _i) | 재고유지량(I _i) | 생산량(P _i) |
|------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | 774,000 | 0 | 774,000 |
| 2 | 769,800 | 0 | 769,800 |
| 3 | 705,600 | 0 | 705,600 |
| 4 | 489,000 | 0 | 489,000 |
| 5 | 255,000 | 0 | 255,000 |
| 6 | 104,400 | 0 | 104,400 |
| 7 | 34,800 | 0 | 34,800 |
| 8 | 80,400 | 0 | 80,400 |
| 9 | 341,400 | 105,600 | 447,000 |
| 10 | 757,800 | 127,800 | 780,000 |
| 11 | 811,800 | 96,000 | 780,000 |
| 12 | 876,000 | 0 | 780,000 |

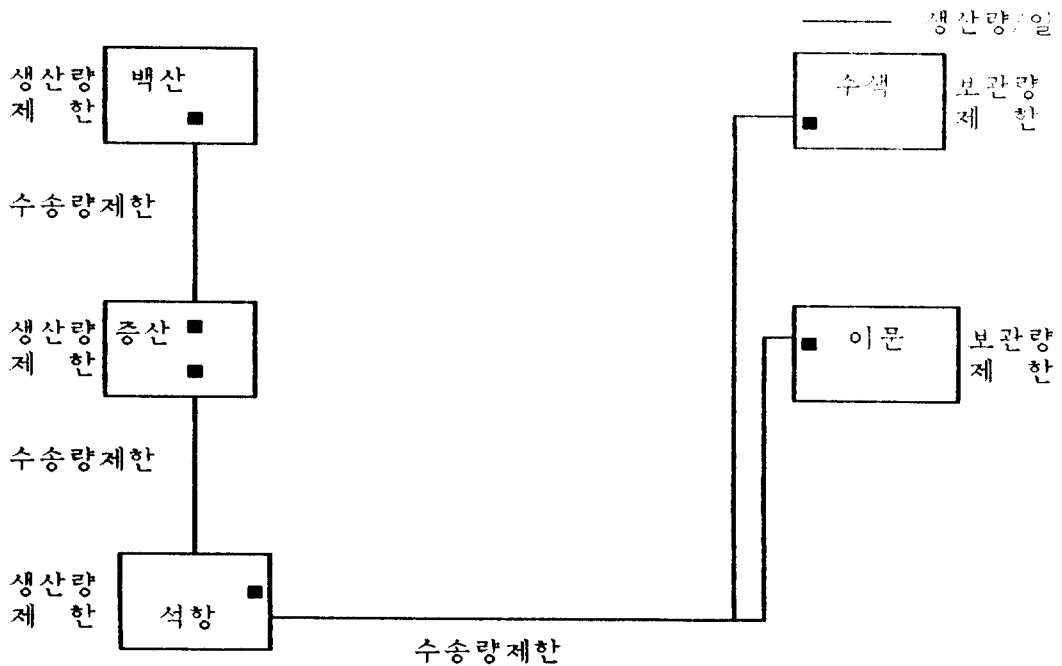
*생산량(P_i)=수요량(D_i)+현월의 재고량(I_i)-이월재고량(I_{i-1})

4. 시뮬레이션 수행과 결과 분석

LP모델에 의해서 구한 공장의 최적규모가 현실적으로 타당한지 확인하기 위해 네트워크를 구성하여 시뮬레이션 전용언어인 SLAM II를 사용하여 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

가. 상황 설명

산탄지의 연탄공장은 세곳으로 백산, 석항, 증산이고, 집하소는 두곳으로 이문, 수색이다. 산탄지에서의 연탄 생산량은 기준년도인 1992년도의 수요량을 월별로 예측하고 거기서 일일 생산량을 구한 다음 그 생산량의 1/3을 각각 산탄지의 연탄공장에서 일정하게 생산한다. 집하소의 수요량도 마찬가지로 1992년도의 수요예측량에서 매년 월별의 분산과 편차를 구한후, 일일 수요량을 정규분포로 발생시킨다. 연탄공장에서 집하소까지의 수송시간은 삼각분포로 가정하였다.

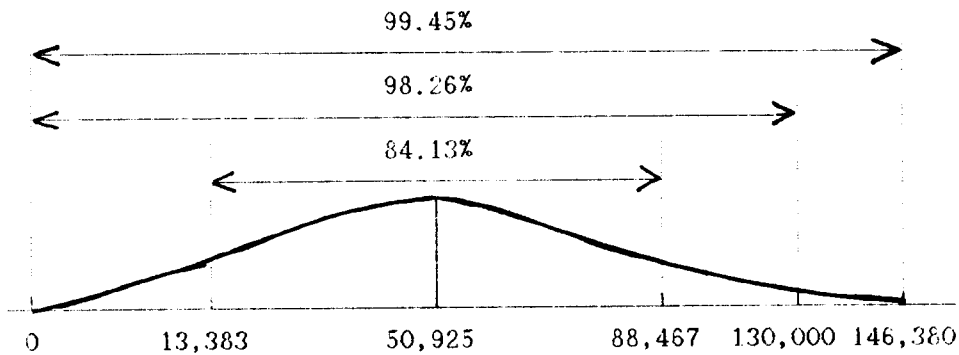


[그림 3] 연탄공장과 집하소간의 연탄 흐름도

나. 시뮬레이션의 결과 분석

산탄지의 연탄공장의 규모를 780,000(톤/월)로 하였을 때, 집하소에 기초재고(50,000톤)를 두는 경우와 두지않는 경우로 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션의 기간은 1년으로 하였다. 이 두 경우에 대한 시뮬레이션의 결과를 보면 기초재고가 있는 경우는 재고량이 최고 142,530톤이 남아있고, 품질이 발생하지 않았다. 또한 기초재고가 없는 경우도 재고량이 최고 146,380톤으로 품질이 발생하지 않았다.

공장규모가 780,000(톤/월)이고 기초 재고량이 없는 경우의 시뮬레이션 결과를 다시 살펴보면 평균 재고량이 50,925(톤/일)이며 이에 대한 산포가 37,542(톤/일)으로 재고량에 대한 분포는 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 재고량에 대한 분포도

이처럼 시뮬레이션의 결과가 L.P에 의한 최적규모와 차이가 있는 것은 시뮬레이션을 수행하는데 있어서 수리적 모형에서는 반영할 수 없는 수송시간을 반영하였으며 이로 인한 수송시간 변동에 따른 재고량이 수리적 모형에 의한 재고량보다 많아질 수 있다. 그러나 위의 그림에서 보는바와 같이 L.P의 최적해인 780,000(톤/월)의 공장규모와 130,000(톤/일)의 집하소 규모가 타당한 최적해가 된다.

References

1. 한국에너지경제연구원, 한국의 에너지 미래, 1987.
2. 한국에너지경제연구원, 에너지 통계연보, 1988.
3. 경제기획원, 한국통계연감, Vol. 35, 1988.
4. 한국산업경제연구원, 석탄광의 실태 및 기술개발 방향 설정에 관한 연구, 1989.
5. 동력자원연구소, 석탄 공급기지 설치방안에 관한 연구, 1982.
6. 안병훈. 이인호, "한국의 1차 에너지 수요추정에 관한 연구". 에너지연구, 1982/여름
7. 김덕영. 김진영, 미니탭 매뉴얼, 크라운 출판사, 1989.
8. 김성집, 현대경제성공학, 창지사, 1986.
9. Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, and L. J. Lau, "Transcendental Logarithmic Production Frontiers," this REVIEW, pp. 28-45, Feb. 1973.
10. Berndt, E. R. and Wood, D. O., "Technology, Prices and the Derived Demand for Energy," Review of Economics and Statistics 57, NO. 3 pp. 259-268, 1975.
11. Hudson, E. A. and Jorgenson, D. W., "U.S. Energy Policy and Economic Growth 1975-2000," Bell Journal of Economics and Management Science, 5, No. 2, pp. 461-514, 1974.
12. Anderson, K. P. "Residential Energy Use: An Econometric Analysis," Rand Corporation, Report No. R-1297, Oct. Santa Monica, Calif, 1973.
13. Chern, W. S. and Just, R. E. "A Generalized Model for Fuel Choices with Application to the Paper Industry," Energy Systems & Policy, Vol. 4, No. 4, 1980.
14. S. G. Kapoor, P. Madhok, and S. M. Wu, "Modeling and Forecasting Sales Data by Time Series Analysis," Journal of Marketing Research, Vol. XVIII, pp. 94-100, Feb. 1981.
15. Alan B. Pritsker, Introduction to Simulation and SLAM II, Third Edition, 1966.
16. Mokhtar S. Bazaraa, John J. Jarvis, Linear Programming and Network Flows, 1966.