山林資源의 最適配分模型 開發에 관한 研究

張 哲 洙* 李 廣 遠** 張 宇 煥***

Ⅰ. 序 論
Ⅱ. 最適 山林資源配分模型
Ⅲ. 模型의 應用과 事例分析
Ⅳ. 要約 및 結論

Ⅰ. 序 論

지난 20년간 산지에 대한 우리의 기본 시각은 국토자원으로서의 산지의 효율적 이용보다는 어떻게 하면 헐벗은 산지를 푸르게 녹화할 것이냐에 있었다. 산림녹화라고 하는 국가적 우선 과제에 의해 산지의 임업적 이용조차도 크게 제약을 받아 왔다. 그러나 산림이 녹화된 오늘의 시점에서 볼 때 조성된 산림 자원을 어떻게 효율적으로 관리·경영해 나갈 것이냐 하는 문제가 제기된다. 즉, 절대녹화 완성 단계에서 경제임업으로의 전환기에 직면한 현시점에서는 산림자원의 효율적인 경영 관리가 중요하게 대두되는 것이다.

* 招請研究員
** 研究委員
*** 責任研究員

주지하는 바와 같이 임업은 생산 기간이 매우 긴 임목을 主生産物로 하고 있다. 목재 생산 그 자체는 임목이라고 하는 산림생산 기반시설의 파괴를 전제로 하고 있는 까닭에 산림생산 기반의 지속적 유지와 생산으로부터 얻게 되는 수익의 保續을 이룰 수 있는 생산구조 체제를 갖추는 것이 임업에서는 필요하다. 일단 파괴된 산림이 원상태로 복구되려면 장구한 시간과 막대한 투자자금, 노력이 소요되기 때문이다.

따라서 산림생산 능력의 유지와 생산의 보속을 위해서는 항상 일정량의 임목 축적을 보유해야 하며 매년 또는 매 분기마다 임목이 수확될 수 있도록 영급이 배치되어야 할 것이다. 즉, 지속적 생산이 가능한 산림생산 구조가 되어야 한다는 것이다. 이를 위해서는 생산 목적에 맞는 경영 계획이 입안되고 수종의 선정에서부터 조림, 무육, 수확에 이르기까지 전체 시업 과정을 시스템화하여 체계적으로 이루어지도록 함으로써 資源의 낭비를 최소화할 수 있다.

자원의 효율적 배분 문제는 과거 한계분석 이론에서 다루어져 왔으나 세계 제2차 대전 직전에 산업연관분석, 선형계획법, 게

임이론 등과 같은 활동 분석이 중심이 된 선형경제학이 발달되면서 이 문제를 본격적으로 다루고 있다(박홍림, 1988). 활동 분석은 일차부등식 또는 일차등식에 의해 자원의 배분 문제를 다루고 있는데 특히 대형 계산기의 발달과 함께 선형계획법이 널리 사용되고 있다.

임업부문에서는 1955년 폴(Paull)과 월터(Walter)가 목재 수송비용을 최소로 하기 위해 선형계획법을 사용한 이래 최근에는 Timber RAM(Re-source Allocation Method : Navon 1971), MUSYC(Multiple-Use Sustained Yield Calculation : Johnson 1979), FORPLAN(Forest Planning : Johnson, 1980) 등과 같이 최적 산림자원 배분계획을 수립하기 위한 컴퓨터 패키지가 개발되어 실용단계에 있다. 선형계획법과 같이 한가지 목적을 최대 또는 최소화하는 기법 외에 여러가지 목적을 동시에 고려하여 자원배분 문제를 다루는 목표계획법이 있다. 목표계획법은 1973년 Field에 의해 임업에 소개된 이래 GOAL(Bartllet et al. 1978), MOP(Mendoza et al. 1986)와 같은 다목적 경영 컴퓨터 패키지가 개발되어 있다.

우리 나라에서는 권오복(1969 ; 1970)이 처음 선형계획법을 임목 수확량 조절을 위해 사용한 이래 조응혁(1978), 주인원(1984) 등에 의해 임목 수확 계획을 수립하는데 적용되었다. 이들 연구들은 단지 현실림을 대상으로 주벌 수확 계획만을 고려하고 있어 현실림의 수확 이후의 문제는 다루고 있지 않다. 장철수(1987; 1991)는 Timber RAM을 우리 나라 산림에 적용하고 적용상의 문제점, 유용성 등을 분석하여 제시하였으며 또한 목표계획법을 이용하여 목재 생산을 위한 모형을 제시한 바 있다. 권오복 등(1988 ; 1989 ; 1990)은 FORPLAN 모형의 기본 사상, 발달 과정, 모형 구성 등을 분석한 바 있다.

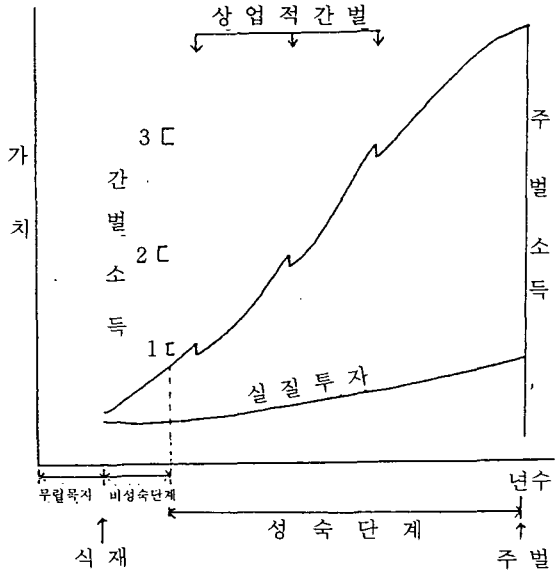
이에 본 연구는 선형계획법과 목표계획법을 서로 보완 사용하여 조림에서 수확에 이르기까지 현실림에 대한 시업 과정뿐만 아니라 현실림의 수확 이후 재조림된 갱신림에 대한 시업 과정을 포함하여 산림자원 배분모형을 설계하고 사례지역의 산림을 대상으로 적용, 분석해 봄으로써 장래 산림자원을 어떻게 관리·경영하는 것이 바람직한지를 모색해 보는 데 목적이 있다.

II. 最適 山林資源配分模型

1. 經營戰略

이 모형에서의 意思決定變數는 현재의 산림 상황뿐만 아니라 시간이 경과함에 따라 미래의 변모된 산림의 모습과 造林에서 最終收穫에 이르기까지 각종 산림 작업들을 나타내도록 정의된다. 즉, X_{ijk} 로 표시된다. 여기서 i는 현실림의 영급, j는 수종 그리고 k는 경영 전략의 번호를 나타낸다. 따라서 X_{ijk}는 j 수종에 속하는 i 영급의 임분이 k 번째 경영전략으로 관리될 경우의 경영면적을 의미한다. 단, 선택될 의사결정변수 X_{ijk}는 非負制約條件을 갖는다($X_{ijk} \geq 0$). 조림에서 최종 수확에 이르기까지 각종 시업을 체계화하기 위해 생육 단계에 따른 산림의 경제적 가치를 살펴본 것이 〈그림 1〉이다.

그림 1 임분의 생육 단계별 경제적 가치



그림에서 보듯이 조림 및 임목의 비성숙 단계에서는 풀베기, 덩굴치기, 가지치기 등과 같은 각종 撫育作業이 발생한다. 이 기간에는 생산이 없으므로 산림 투자가 많으나 임목이 성숙 단계에 들어서면서 소득이 발생하게 된다. 즉, 상업적 間伐을 통한 間伐所得과 해당 수종의 伐期齡에서의 主伐로 인한 主伐所得을 얻게 된다. 보통 주벌은 해당 수종의 벌기령에서 발생하게 되며 간벌은 주벌 이전까지 발생하게 된다.

그러나 산림은 여러 가지 수종이 각기 서로 다른 면적과 벌기령을 가지고 구성되어 있으므로 전체 산림을 대상으로 하는 경우 어떤 수종은 경영 목적에 의해 해당 벌기보다 낮은 연령에서 또는 보다 높은 연령에서 伐採되는 경우도 있고, 수익성 문제로 벌채되지 않고 남아 있는 경우도 생기게 된다. 또한 산주의 사정에 의해 벌채지를 未立木地로 남겨 둔다든지 임목 생장에 필요한 각종 除伐, 撫育作業 등을 제대로 하지 못하는 경우도 생길 것이다. 특히 임업 생산의 장기성과 저수익성으로 인해 산림에 재투자하기 보다는 벌채지를 다른 용도로 이용하려는 경우도 발생할 수 있다. 이러한 점들을 고려해 보면 造林에서 伐採에 이르기까지 전체 시업 과정을 체계화하여 경제성이 보장될 수 있도록 산림을 관리·경영하여 주는 것이 필요하다.

전술한 산림 시업 과정을 경영전략으로 구체화하기 위해 일정한 계획 기간중 현실림에 대한 수확은 벌기령과 상관없이 산주 개인의 의사에 맡긴다고 가정하자. 그 대신 벌채지는 곧바로 조림하여 갱신하며, 그 이후에는 제벌 및 무육작업과 간벌작업 등 山林施業을 체계적으로 진행하고 해당 수종의 벌기령에서 수확되는 것으로 가정한

표 1 林木收穫 豫定 및 각종 山林作業을 위한 경영전략(25년생 낙엽송림의 경우)

경영전략 / 분 기	1	2	3	4	5
1	C+S	T2	T2	T2	T2
2	P	C+S	T3	T3	T3
3	P	P	C+S		
4	PT	P	P	C+S	
5	T1	PT	P	P	C+S
6	T2	T1	PT	P	P
7	T3	T2	T1	PT	P
8	M	T3	T2	T1	PT
9	M	M	T3	T2	T1
10	M	M	M	T3	T2
합 계	B1	B2	B3	B4	B5

C+S : 현실림의 주벌 및 갱신 작업 P : 갱신림의 무육 T : 간벌 M : 산림 관리
PT : 예비 간벌 B:순수익 합계

한다면 〈표 1〉과 같은 경영전략을 작성할 수 있을 것이다. 이 표는 금후 50년 동안 낙엽송 25년생 임분에 대해 한 分期의 길이를 5년으로 하여 작성한 것이다.

표에서 첫번째 경영전략은 현존림을 첫 분기에 벌채하고 갱신하며 그로부터 10년 동안 무육작업을 그리고 그 다음에 예비간벌(무육 간벌), 1차, 2차, 3차 간벌을 한 다음 벌기까지 산림 유지 및 관리를 하는 경영전략을 나타낸다. 두번째 경영전략은 현실림을 간벌하고 두번째 분기 즉, 5년 후인 30년생이 되었을 때 주벌 수확하고 갱신하며 그후로는 첫번째 경영전략과 동일하나 시업이 이루어지는 시기는 다르게 된다. 그리고 이와 같은 경영전략에 의한 경우 계획기간말에 존재하게 될 산림의 모습 또한 다르게 된다. 즉, 경영전략 1에 의한 경우 계획기간말의 산림은 50년생이 되며 경영전략 2에 의한 경우 계획기간말에는 45년생 임분이 된다. 여러 가지 수종이 서로 다른 면적과 벌기령을 가지고 하나의 산림을 구성하고 있으므로 이러한 경영전략들은 수종별 영급별로 각각 만들어져야 한다. 이와 같이 함으로써 만약 산주의 경영 목적이 일정한 계획 기간중에 얻게 되는 순수익의 최대인 경우 수종별 영급별로 주어진 경영전략들 가운데서 가장 높은 순수익을 보장하는 경영전략들이 수종별 영급별로 선택될 수 있을 것이다.

2. 目的函數

목적함수는 산림으로부터 얻을 수 있는 純收益의 現在價를 최대로 하도록 정의된다. 즉, 계획 기간중에 얻게 되는 總所得(間伐 및 主伐所得)에서 總費用(각종 산림작업비)를 감한 순수익이 현재의 시점에서 최대가 되도록 하는 것이다. 산림소득과 비용의 크기 및 그들이 발생하는 시기는 경영전략에 따라 각각 다르므로 목적함수는 다음과 같이 표시된다.

(1) $$\text{Max.} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} B_{ijk} X_{ijk}$$

i : 영급

j : 수종

k : 경영전략

B_{ijk} : j 수종의 i영급 임분이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우의 순수익 현재가

X_{ijk} : j 수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우의 면적 (ha)

(2) $$B_{ijk} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} (P_{ijk} V_{ijk} - S_{ijk})}{(1+r)^b} + \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} (P'_{ijk} V'_{ijk} - D_{ijk})}{(1+r)^h} + \frac{H_t}{(1+r)^t}$$

P_{ijk} : 수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우 m^3 당 주림목 가격

V_{ijk} : j수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우 ha당 주림목 재적

S_{ijk} : j수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우 ha당 비용 및 조림 무육비

r : 할인율 b : 주벌 기간

h : 간벌 기간 t : 무육 기간

P'_{ijk} : j수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우 m^3당 간벌목 가격

V'_{ijk} : j수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우 ha당 간벌목 재적

D_{ijk} : j수종의 i영급이 k번째 경영전략에 의해 수확될 경우 ha당 간벌비

H_t : t년도의 ha당 무육비

3. 制約條件

가. 面積 制約條件

면적 제약조건은 현실림을 구성하고 있는 각 수종별 영급 면적으로 표시되며 경영전략에 의해 계획 기간중에 발생하게 되는 각종 산림작업별 면적은 수종별 영급 면적을 초과 할 수 없도록 제약하기 위해 사용된다.

$$(3) \quad \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} \leq A_{ij}$$

여기서 A_{ij}는 j수종의 i영급 면적을 나타낸다.

나. 法正 齡級配分 制約條件

계획 기간중에 현실림의 영급 분배가 법정 영급 배분이 되도록 현실림의 산림면적을 제약하게 된다. 전술한 지속적 임업 생산을 위해 매분기별 수확될 主伐面積을 일정하게 함으로써 경영전략에 의해 발생하게 되는 각종 산림작업별 면적은 法正收穫面積을 초과할 수 없도록 제약하기 위해 사용된다.

$$(4) \quad \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} \leq NA_j$$

NA_j : j 수종이 계획기간말에 존재해야 할 법정 영급 면적(= A_j/h)

h : 총계획기간의 길이 또는 j 수종의 벌기령

4. 經營戰略의 評價

경영의 목표가 무엇인가에 따라 상기한 목적함수와 제약조건들의 사용은 달라지게 되며 선택될 의사결정변수 또한 달라지게 된다. 선택될 의사결정변수들은 계획 기간중에 경영 목표를 가장 경제적인 방법으로 달성하도록 하는 경영전략들에 의해 표시되는 경영면적이 된다. 이것의 결정 과정은 심프렉스(simplex) 해법에 의하게 되는데 예를 들어 목적함수가 순수익 최대인 경우 생산량이 제로인 생산 과정에서 출발하여 가장 높은 단위당 생산물의 순수익을 가져오는 경영전략들을 하나씩 대체함으로써 더 이상 유리한 경영전략이 없다고 판정되면 그것을 최적해로 하게 된다. 그때 결정된 의사결정변수 즉, 경영면적은 계획 기간중에 조림에서부터 주벌에 이르기까지 각종 산림작업들의 작업시기를 나타내는 경영전략에 따라서 관리된다. 예를 들어 낙엽송 I 영급 3ha 임분에 대하여 선택된 의사결정변수가 X_{123}=2ha, X_{124}=1ha라고 가정하면 여기서 2는 낙엽송림을, 1은 I영급, 3과 4 는 경영전략의 번호를 나타내므로 낙엽송 I영급 임분의 총면적 3ha중 2ha는 3번째 경영전략에 의해 그리고 나머지 1ha는 4번째 경영전략에 의해 관리되어야 함을 나타낸다.

5. 目標計劃模型

상기한 경영모형들은 선형계획법을 이용하여 계획 기간중에 순수익 현재가의 극대화를 경영 목적으로 하고 제약조건으로 총산림면적, 법정 영급 분배를 사용하고 있다. 그러나 이와 같은 경우 주어진 자원을 충분히 사용하지 못하거나 또는 주어진 제약조건을 만족시키지 못해 문제의 해가 구해지지 않는 경우도 생길 수 있다. 한편으로는 법정 영급 분배는 제약조건이라기보다는 한 가지 목표로 상정할 경영목표이기도 하다. 그러므로 이들을 경영목표로 상정하고 각 목표의 우선순위는 경영자의 의사에 의해 결정되도록 할 필요가 있다. 이와 같은 경우 목표계획 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

목적함수:

$$(5)\quad \text{Min.}\ \{\ K_1(H_1, P_1),\ K_2(H_2, P_2),\ K_3(H_3, P_3)\}$$

목표 및 자원 제약 :

$$(6)\quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} C_{ijk}\, X_{ijk} + H_1 - P_1 = G_i$$

(순수익 현재가치의 최대화)

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} + H_2 - P_2 = G_2$$

(법정 영급 분배)

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} + H_3 - P_3 = B_j$$

(수종별 총산림면적)

X_{ijk} , H_i , $P_i \geq 0$

H_i : 미달성 편차(−)

P_i : 초과 달성 편차(+)

K_i : 우선순위

G_i : 목표수준

B_j : 자원제약량

III. 模型의 應用과 事例分析

1. 分析에 사용된 資料

이 연구는 산지이용 계획모형 수립(이광원 1991)시 사례 지역인 강원도 평창군 봉평면 원길리 618.3ha 가운데 임업생산 지역으로 분류된 484.3ha를 대상으로 하였다.

가. 현실림의 구성 상태

〈표 2〉는 사례지역내의 대표 수종인 강송, 낙엽송, 잣나무, 참나무의 영급별 면적 분포를 나타낸다. 여기서 영급은 임분 연령을 5년 단위로 나타낸 것으로 예를 들어 I 영급은 1−5년생 임분을 의미한다. 산림의 구성 내용을 살펴보면 강송 소나무림이 41.1%로 가장 많은 면적을 차지하고 있고 잣나무림이 7.8%로 가장 작은 면적을 차지하고 있다. 영급 분포 상황을 살펴보면 VII영급(35년생)이상의 임분은 전체 산림의 6.9%에 불과한 반면 유령림인 I−VI영급의 임분이 93.1%를 차지하고 있고 유령림의 영급 구조 또한 불규칙하여 보속적인 임업생산을 위한 산림 생산 구조를 가지고 있다고 볼 수 없다.

표 2 봉평 원길리 수종별 영급별 면적

단위: ha

수 종	영 급											합 계
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	(%)
강 송	2.4	3.2	20.0	70.8	32.5	46.7	19.7	0.9	1.9		0.8	198.9(41.1)
낙 엽 송	60.5	14.5	5.1	42.7	6.8	7.6						137.2(28.3)
잣 나 무	9.1	2.0	7.9	7.8	0.6	0.1	0.4	0.8		9.2		37.9(7.8)
참 나 무	28.4	7.4	32.7	12.4	20.3	9.1						110.3(22.8)
합 계	100.4	27.1	65.7	133.7	60.2	63.5	20.1	1.7	1.9	9.2	0.8	484.3
(%)	(20.7)	(5.6)	(13.6)	(27.6)	(13.4)	(13.1)	(4.2)	(0.3)	(0.4)	(1.9)	(0.1)	(100.0)

나. 시업 수준 및 목재 가격

〈표 3〉은 사례 지역에 대한 현지 조사 결과를 수종별 시업 수준으로 정리한 표로서 지위지수, 간벌령, 평균 벌기령, 영급별 노동 투입량, 주벌 및 간벌재 가격, 그리고 노동비용 등을 포함하고 있다. 여기서 지위지수는 임지의 생산 능력을 나타내며 지위지수가 클수록 임지의 생산 능력은 그만큼 좋다는 것을 의미한다.

표 3 수종별 사업수준 및 목재가격

區 分		참나무	잣나무	낙엽송	소나무
地 位 指 數		10	8	12	10
初 期 伐 採 齡		20	40	25	20
間 伐 齡		20	20	15	15
		0	25	20	20
		0	30	25	25
平 均 伐 期 齡		30	50	30	50
齡級別	0- 5 (1)	15	56	46	52
勞 動	5-10 (2)	16	54	14	34
投入量	10-15 (3)	12	9	10	11
(人/ha)	15-20 (4)	12	22	8	9
	20-25 (5)	5	10	8	10
	25-30 (6)	7	2	6	2
	30-35 (7)	6	2	2	2
	35-40 (8)	2	2	2	2
	40-45 (9)	2	2	2	2
	45-50 (10)	2	2	2	2
	50-55 (11)	2	2	2	2
	60-65 (12)	2	2	2	2
木材(主伐材)가격(원/㎥)		65,000	39,000	41,000	43,000
木材(間伐材)가격(원/㎥)		26,700	25,400	26,700	28,000
勞 動 費 (원 / 人)		25,000	25,000	25,000	25,000

2. 前提條件 및 分析方法

1) 총계획기간은 50년으로 하며 한 분기의 길이는 전술한 영급의 길이와 동일한 5년으로 하였다.

2) 수종별 수확량의 예측은 표준 수확표(산림청, 1981)에 생장곡선식을 적용하여 추계한 자료를 사용하였다.[1]
간벌 및 갱신림의 주벌과 간벌 수확량은 표준 임분 수확표의 값을 사용하였다.

3) 계획 기간중의 경영목적은 산림으로부터 얻을 수 있는 순수익 현재가를 최대로 하는데 있다. 따라서 다음과 같은 대

[1] 수종별 수확량은 아래의 생장곡선식을 이용하여 추정된 자료를 사용하였다.

강 송 : $Y = 309.02 - 294.019 \times 0.76278^t$
$\chi^2 = 0.103883 < \chi^2_{9-1} = 15.51$

낙엽송 : $Y = 367.63 - 333.674 \times 0.8753^t$
$\chi^2 = 0.028499 < \chi^2_{9-1} = 15.51$

잣나무 : $Y = 11613.51 - 1627.394 \times 0.9747^t$
$\chi^2 = 2.031193 < \chi^2_{9-1} = 15.51$

참나무 : $Y = 89.24 - 71.634 \times 0.7541^t$
$\chi^2 = 0.060839 < \chi^2_{9-1} = 15.51$

안을 설정하여 비교 분석한다.

대안 I : 계획 기간중 순수익 현재가의 최대만을 목적으로 한다.

대안 II : 계획 기간중 법정 영급분배 구조를 갖춘 산림생산 구조로 현실림을 개편하는 제약조건하에서 순수익 현재가의 최대를 목적으로 한다.

4) 민감도 분석을 하기 위하여 분기별 수확면적은 법정 영급면적[2]에 대해 변동폭을 ±5%, ±10%, ±15%로 그리고 분기별 수확량은 장기 보속수확량[3]에 대해 변동폭을 ±5%, ±10%, ±15%로 하였다.

5) 순수익 현재가를 사정하기 위하여 사용된 할인율은 산림개발 이자율인 3%로 한다.[4]

6) 수확된 임지는 즉시 재조림하여 갱신되는 것으로 가정한다.

7) 상기한 대안별 분석에서 주어진 자원이 완전히 사용되지 못하거나 또는 최적해를 구하지 못하는 경우에는 보완작업으로 목표계획법을 사용하여 최적해를 구한다.

3. 計算結果 및 考察

먼저 각 대안에 의할 경우 현재의 산림생산 구조는 장래 어떻게 변할 것인가 그리고 그에 따른 비용과 수익은 얼마나 될 것인가를 살펴보았다. 〈그림 2〉에서 보는 바와 같이 대안 I 에 의한 장래의 산림생산 구조는 현실림의 산림생산 구조를 크게 변화시키지 못하고 있다. 즉, 현실림은 유령림의 영급 구조를 가지고 있는 반면 대안 I 은 5년생이 15.5%, 10년생이 30.6%, 그리고 50년생이 38.2%로 이들이 전체 산림면적의 84%를 차지하는 불규칙한 영급 배분 구조를 보여 주고 있다.

이것은 대안 I 이 산림으로부터 얻게 되는 순수익 현재가만을 최대가 되도록 자원을 배분하고 있기 때문이다. 결국 순수익만을 최대로 산림 작업을 실행할 경우 장래의 산림은 현재보다도 더 좋지 않은 생산 구조를 갖게 된다는 것을 알 수 있다. 이에 비해 대안 II 에 의한 경우 영급의 배분 구조가 안정되어 있어 장래의 산림은 보속적 임업 생산을 할 수 있는 산림생산 구조를 갖추고 있는 것으로 볼 수 있다. 35~50년생 임분의 영급 면적이 작게 나타나고 있는 것은 참나무와 낙엽송의 벌기령이 30년으로 짧은 반면 잣나무와 강송은 50년으로 긴 벌기령을 가지고 있기 때문이다. 이와 같은 산림생산 구조를 갖게 될 경우 계

표 4 대안별 순수익 현재가의 비교

단위:원

대 안	I	II*	차 액 (I − II)
총순수익 현재가	976,315,012	725,644,460	250,670,552
연간 순수익 현재가	19,526,300	14,512,889	5,013,411
ha당 연간 순수익 현재가	40,319	29,967	10,352

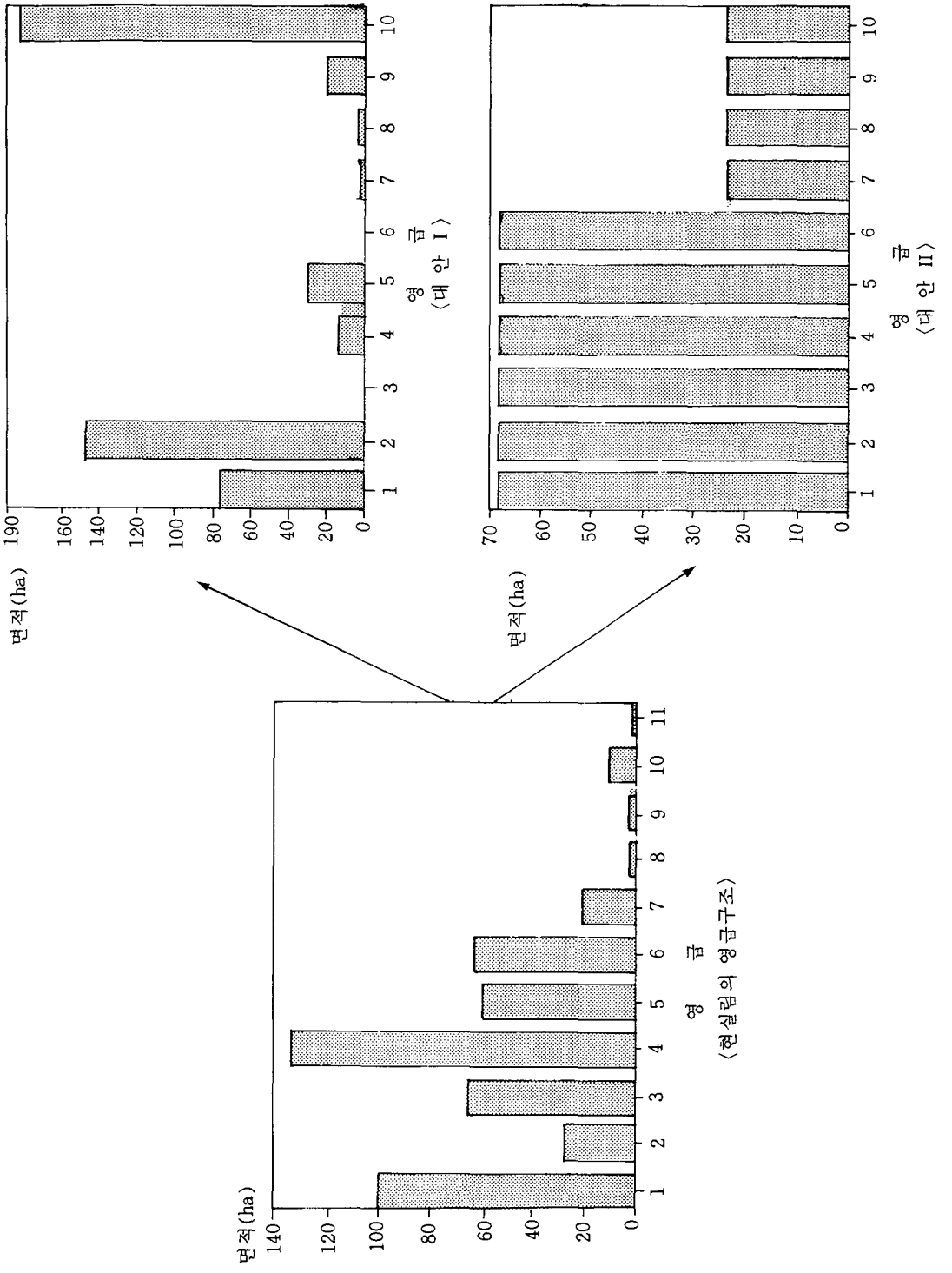
* 계획기간말 산림의 영급 구조가 법정 영급 구조를 갖도록 모든 자원이 배분되지 않아 식 (5)로 표시되는 목표계획법을 사용하여 최적해를 구한 값임.

[2] 법정 영급 면적 : {(수종별 산림면적)/(수종별 벌기령)} × 분기년수(=5년)

[3] 장기보속 수확량 : {(수종별 법정생장량 × 해당 수종의 면적)} .

[4] 산림개발 이자율은 산림개발기금에서 지원되는 정책금융 이자율을 사용하였음.

그림 2 계획기간말 대안별 영급구조



획 기간중 산림으로부터 얻게 되는 순수익은 대안 I 보다 작게 된다〈표 4〉.

〈표 4〉에서 보는 바와 같이 대안II는 대안I에 비해 총순수익 현재가는 25,067만원만큼 작다. 이것은 ha당 연간 10,352원에 해당하는 액수이다. 순수익에서의 이러한 차이는 현재의 불규칙한 영급 구조를 법정 영급 구조로 유도하기 위해 잃어버리게 되는 기회비용에 해당된다. 바꾸어 말하면 현재와 같은 산림생산 구조를 50년내에 보속생산이 가능한 산림생산 구조로 바꾸기 위해서는 순수익에서 ha당 연간 10,352원의 손실은 불가피하다는 것이다. 물론 모든 산림 소유자에게 보속생산이 바람직한 것은 아니다. 그러나 일단 산림생산 기반이 되는 임목이 수확되고 나면 다시 수확에 이르기까지 장구한 시간·노력과 비용이 필요하게 된다. 과거와 같이 농산촌 노동력이 풍부하지도 않고, 인건비가 비싸고 또한 고령화, 부녀화되어 가고 있는 현재의 농산촌 실정에서 산림녹화시와 같은 상황을 기대하기란 쉽지 않다. 그러나 보속 생산은 지속적인 목재생산을 통해 시장 목재가격의 안정화를 도모할 수 있고, 계속해서 산림작업이 발생하게 되므로 임업 노동력을 항시 확보할 수 있으며, 산림 사업을 하는 기업의 재무구조를 튼튼하게 하는 등 임업 및 지역경제에 크게 기여할 수 있는 장점이 있다. 결국 이러한 점들을 고려해 볼 때 현재에 다소 손실을 본다고 하더라도 현실림을 법정 영급 상태로 전환하는 대안II의 결과가 바람직할 것이다.

대안II에 의해 계획기간말의 법정 영급 배분구조를 갖도록 분기별 수확면적을 제약할 경우 주벌 및 간벌 수확량, 수확면적 그리고 총 노동량을 살펴보면 〈표 5〉와 같다.

표에서 보는 바와 같이 주벌 수확면적은 68.61ha로 매 분기마다 동일한 면적이 수확되며 이에 따른 주벌 수확량은 최저 10,177m^3 에서 최고 12,342m^3 까지 분기별로 생산된다. 그리고 간벌의 경우 수확면적은 1분기에 가장 많은 205.3ha였으나 2분기

표 5 법정 영급 배분 구조 가정시(대안 II) 분기별 수확면적, 수확량 및 노동량

분기	수확면적 (ha)			수확량 (m^3)			노동량*
	주벌	간벌	합계	주벌	간벌	합계	(명)
1	68.61	205.30	265.30	10,177.39	4,315.39	14,492.78	15,928
2	68.61	150.63	219.24	12,019.99	1,789.43	13,809.42	15,754
3	68.61	128.00	196.61	12,342.03	915.93	13,527.96	17,000
4	68.61	101.98	170.59	11,464.02	1,006.79	12,470.81	16,987
5	68.61	112.00	180.59	11,816.22	1,371.97	13,188.19	18,234
6	68.61	149.45	218.06	12,237.16	2,330.53	14,567.69	19,916
7	68.61	161.69	230.30	12,335.65	2,432.76	14,768.41	21,846
8	68.61	161.69	230.30	12,024.67	2,432.65	14,457.32	24,092
9	68.61	141.80	210.41	12,081.36	2,101.46	14,236.82	25,863
10	68.61	121.91	190.52	12,246.99	1,387.88	13,634.87	28,639

* 노동량은 조림,무육,간벌 및 주벌 작업에 소요되는 총노동량임

이후에는 분기별로 100~161ha사이에서 작업이 이루어지고 있으며, 이에 따른 수확량은 역시 1분기에 가장 많은 4,315m³이 생산되고 2분기 이후에는 915m³~2,432m³정도를 분기별로 생산하고 있다. 이와 같은 주벌 및 간벌작업 사업량의 확보와 함께 전체 산림 작업을 위해 필요한 노동력을 분기별로 살펴보면 최저 15천명에서 최고 28천명의 산림 노동자가 소요되며 이는 평균 20,426명으로 매년 평균 4,085명이 조림, 무육, 간벌 및 주벌 작업에 투입되는 것으로 나타났다. 이것은 임업 노동자의 연간 평균 노동일수 150일을 기준으로 할 때 27명이 전업으로 산림 작업을 할 수 있는 사업량에 해당되며 현재 1개 산림작업단의 구성 인원이 9명임을 감안해 보면 3개 작업단을 매년 운영할 수 있게 된다.

분기별 수확면적이나 수확량을 변화시킬 경우 이들은 목적함수에 어떠한 영향을 미치며 또한 순수익의 크기는 어떻게 변할 것인가를 살펴보았다. 〈표 6〉은 분기별 수확면적과 수확량의 크기를 분기별 법정 수확면적과 분기별 장기 보속 수확량에 대해 각각 ±5%, ±10%, ±15%로 변화시켰을 경우 순수익의 크기를 나타낸다. 예를 들어 계획기간말의 법정 배분 구조 가정시(대안 II)분기별 법정 수확면적은 68.61ha이며 이 면적은 한 분기 동안 반드시 수확되어야 하는 면적의 크기를 나타낸다. 그러나 분기별 수확 가능면적을 분기별 법정 수확면적에 대해 ±5%만큼 변동폭을 주게 되면 분기별 주벌 수확 가능 범위는 최소 65.18ha에서 최대 72.04ha가 되고 실제 수확은 이러한 수확 가능 면적 범위내에서 이

표 6 분기별 수확면적 및 수확량의 조절에 따른 순수익 현재가의 변화

단위:원

구 분	± 5%	± 10%	± 15%
수확면적	740,686,980	752,080,400	763,335,210
수 확 량	737,702,460	753,490,740	764,370,190

루어지게 되므로 법정 수확면적보다 크거나 작게 될 것이다. 그러므로 이때의 순수익 현재가는 〈표 6〉에서 보듯이 〈표 4〉의 대안II에 의한 72,564만원에서 74,069만원으로 증가하게 된다.

수확량의 경우도 수확면적의 경우와 마찬가지로 분기별 수확량의 크기를 장기 보속수확량에 대해 ±5%만큼 변동폭을 주게 되면 순수익 현재가의 크기는 73,770만원으로 증가하게 된다. 이와 같이 분기별 수확면적 또는 수확량의 제약 수준에 변화를 주었을 경우 그 변동폭이 클수록 분기별 수확할 수 있는 면적 및 수확량의 범위는 커지게 되고 순수익의 현재가는 증가하게 된다(표 6참조).

그러나 순수익의 증가는 결국 분기별로 좀 더 많은 수확면적 또는 수확량을 요구하게 되므로 계획 기간중 법정 영급 배치의 실현은 어렵게 된다. 여기서 제약인자로서 수확면적 또는 수확량의 사용은 임업생산이 시장 수요에 탄력적으로 대처할 수 없는 특성을 고려해 볼 때 목재 가격 및 노동 비용의 변화를 어느 정도 완화시킬 수 있는 유용한 정책수단이 될 수 있을 것이다.

Ⅳ. 要約 및 結論

이 연구에서는 산림자원이 조성되어 경영의 단계에 들어선 지역을 대상으로 선형계획법과 목표계획법을 이용한 산림자원 배분모형을 제시하고 분석하여 보았다. 분석에서 알 수 있듯이 현재에 다소 손실을 보더라도 장래의 산림생산 구조는 보속생산이 가능한 법정 영급배분 구조를 갖는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 즉, 계획기간말의 법정 영급배분 구조를 전제로 한 대안Ⅱ는 대안Ⅰ에 비해 ha당 연간 10,352원 만큼 순수익이 작지만 현재의 불규칙한 산림생산 구조를 50년 후 보속생산이 가능한 법정 영급배분 구조 상태로 전환시키고 있다. 이와 같이 법정 영급배분 구조를 갖는 산림으로 유도할 경우 매분기별 주벌 수확면적은 68.61ha , 주벌 수확량은 최저 10,177m^3 에서 최고 12,342m^3인 것으로 나타났으며 이에 따른 조림, 무육작업, 간벌, 주벌 등 각종 산림 작업에 투입되는 소요 노동력은 매년 평균 4,085명인 것으로 추산되었다.

한편 본 모형에서는 현실림과 갱신림을 계획 기간중 모두 포함하고 있다. 이와 같은 경우 갱신되는 수종은 현실림의 수종과 동일하다는 가정을 하고 있어 현재의 수종별 면적 분포는 장래에도 변하지 않게 된다. 그러므로 현재의 수종 분포를 장래에도 그대로 유지하는 것이 바람직하느냐 하는 문제가 발생하게 된다. 만약 바람직하지 않다고 한다면 산림 소유자가 자신이 원하는 수종을 선택하고 현재의 산림 구조를 어떻게 바꾸어 나갈 것인지를 계획하여 모형에 포함시켜야 할 것이다. 금후 이러한 점들에 대한 기초적이고 체계적인 연구가 보다 실증적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

권오복, "Linear Programming에 의한 벌채량 조절", 춘천농과대학 논문집, 제3호, 1969, pp.25－31.

권오복, "Linear Programming에 의한 벌채량 조절(Ⅱ)", 춘천농과대학 논문집, 제4호, 1970, pp.3－10.

권오복, 장철수, 양윤석, "삼림경영 계획 모델의 적용성 연구 : FORPLAN구조", 한림지, 78(1), 1989, pp. 1－10.

_____, "삼림경영 계획 모델의 적용성 연구 : FORPLAN의 수확 구조", 강원대 연연보, 제8호, 1988, PP. 25－38.

박홍림, 「경제학 원론」, 박영사, 1988, pp.844－865.

산림청, 「임업기술」, 1981.

이광원 외 5인, 「농산촌 소득 증대를 위한 산림 자원의 효율적 이용 개발 모형 연구」, C91－2, 1991, 한국농촌경제연구원.

이상문, 백종현, 「어퍼레이션스 리서어치」, 경음사, 1987.

장철수, "한국의 임업경영에 대한 Timber RAM의 적용성", 강원대학교 박사 논문집, 1987.

조응혁, "시스템 분석에 의한 산림 수확조절에 관한 연구", 서울대 박사 논문집, 1978.

주인원, "선형계획법을 이용한 수확조절 방법에 관한 연구", 서울대 석사 논문집, 1984.

Bartlett, E. T., K. E. Bottoms and R. P. Pope, 「GOAL : Multiple Objective Program-

ming」, Range Science, Series No. 2, Range Science Department, College of Forestry and Natural Resources, Corolado State University, 1978.

Chang, C. S., "The Use of a Multi−Criteria Technique in Korean Timber Management", Proceedings International IUFRO S.4.02 and S.6.04 Symposium, 1990, Publications of Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. WSL/FNP, CH−8903, Birmensdorf, Swizerland, ISBN 3−905620−06−5, 1991, pp. 143−154.

Field, D. B. "Goal Programming for Forest Management", *For. Sci.* (19), 1973, 125−135.

Johnson, K. N. and D. B. Jones, "A user's Guide to Multiple−Use Sustained Yield Scheduling Calculation(MUSYC)," Timber Management, USDA For.Ser., Ft. Collins, Co., 1979.

Johnson, K. N., D. B. Jones and B. M. Kent, 「Forest Planning Model(FORPLAN): User's Guide and Operations Manual」 *Land Management Planning*, USDA For. Ser., Ft. Collins, Co., 1980.

Mendoza, G. A., G. E. Campbell and G. L. Rolfe, "Multiple Objective Programming : An Approach to Planning and Evaluation of Agroforestry Systems, Part 1: Model Prescription and Development", *Agricultural Systems*, 1986, 22: 243−253.

Navon, D. I., 「*Timber RAM User's Manual.* 」, Pacific Southwest For. and Range Exp. Station, USDA For. Ser., 1971.