

Simulation Model에 의한 林分狀態의 變動豫測^{1*}

— 林分蓄積의 變動을 중심으로 —

禹 鍾 春²

Prediction of Changing Forest Conditions Using a Simulation Model^{1*}

Jong Choon Woo²

要 約

本 研究에서는 森林經營計劃期間 10년 동안의 林分 蓄積變化狀態를 豫測하기 위하여 Simulation Model이 開發되고 實際林分에 適用된다. 江原道 麟蹄郡 麒麟面 鎮東2里 소재 中部營林署 麟蹄管理所 관할 國有林 3,844ha를 대상으로 開發된 Simulation Model에 의해 林分蓄積變動狀況이 推定된다. 이때 森林經營計劃者의 伐採計劃에 따라 두개의 假定下에 Simulation Model 두개가 反復 實行된다. 10년간의 生長과 收穫을 推定하기 위해 각 樹種別 生長方程式이 誘導된다.

Simulation Model 1과 2, 두 모델에 의해 豫測된 10년 동안의 林分蓄積狀況을 보면 10-14%의 차이를 보이고 있다. 이것은 Simulation Model 構成의 重要性을 示唆해 주며 森林經營計劃者의 意思決定을 통해 殘存 林木蓄積에 미치는 影響이 크다는 것을 보여 준다.

ABSTRACT

This paper discusses the applicability of two simulation models for a ten year planning period in order to predict changing forest conditions. Two simulation models therefore were developed and applied to 3,844 ha of a national forest in Kangwondo province, which is managed by Joongbu Forest District Headquarters. Growth functions of three species were derived and used to predict the residual timber volume over time. Two alternative cutting schedules caused 10-14% difference in the residual timber volume in the end of ten year planning period. This suggests the important of correct decision-makings of forest managers in forest management planning.

Key words : Simulation, simulation model, growth function, forest condition, forest management planning.

緒 論

오늘날 經營經濟學的인 모든 取扱行爲들은 항상 變化하는 그리고 문제점이 많은 周邊 環境속에서 이루어진다. 이와같은 取扱行爲들은 動的이며 합

理的이고 항상 未來指向的이다. 이때 적절한 방법의 선택과 설정을 통해 미래의 目標에 도달하는 것이 중요한 目的이 된다. 未來指向的 활동이 經營計劃의 과제이며 목표수행과정의 道具가 된다.

林業에 있어서 하나의 중요한 課題는 가능한한 保續的으로 木材生産을 할 수 있도록 森林을 경영

¹ 接受 1990年 12月 10日 Received on December 10, 1990.

² 江原大學校 林科大學 College of Forestry, Kangweon National University

* 이 論文은 1989年度 文教部 支援 韓國學術振興財團의 新進教授 學術研究助成費에 의하여 研究되었음.

하고 管理하는 것이다. 木材生産의 保續性을 위해서는 삼림의 經營過程에서 적절한 취급방법들(育林作業, 施業, 伐採等...)이 長期的으로 計劃되어야 한다. 계획 이라고 하는 것은 影響因子들의 相互關聯性 및 주요 目標에 대한 作用을 綜合적으로 다룰 수 있어야 目標指向的인 計劃이 될 수 있다. 이에 부응해서 森林이 하나의 시스템으로서 觀察되고 分析될 수 있어야 한다. 森林이라고 하는 시스템을 구성하는 因子들(林木本數, 材積, 生長量 등...)의 變動狀況을 분석하고 綜合함으로써 전체 森林의 狀態變化가 豫測될 수 있다. 특히 시뮬레이션모델은 높은 融通性과 복잡한 狀況에 대처할 수 있는 適用力을 가지고 있으므로 여러 學問分野에서 사용되고 있으며 林業에서도 널리 利用되고 있다.

未來의 山林造成을 위해 責任意識을 갖는 森林經營計劃者가 주어진 狀況하에서 가능한 좋은 計劃의 開發을 원한다면 항상 제공된 計劃의 補助手段이 요구된다. 이것은 研究와 經驗을 통해 계속해서 우리의 知識이 확장되고 森林取扱方法들의 효율적 關聯性이 점점 뚜렷하게 認識되고 있다는 데 근거한다.

시뮬레이션은 복잡한 問題의 解決을 위해 補助手段으로 기여할 수 있으며 시뮬레이션을 통해 森林의 문제들이 概括적으로 그리고 構造적으로 표현될 수 있다는 長點이 있다.

獨逸에서는 Schöpfer와 Höfle(1970)가 시뮬레이션의 適用에 대한 13가지의 例를 발표한 바 있고 Bare(1971)는 美國을 중심으로 발표된 32가지의 適用例를 集大成한 바 있다. 독일에서의 시뮬레이션에 대한 研究動向을 보면 Spiecker(1974), Kynast(1977), Lehnhausen(1982), Jöbstl(1984), Riebeling과 Weimann(1984), Möhring(1986)등이며, 美國에서는 Gould와 O'Regan(1965), Pelz(1978) 등이 시뮬레이션모델을 開發하여 林業의 諸問題 解決을 위해 適用한 바 있으며 특히 Hoganson과 Rose(1984)는 最適 木材生産經營計劃을 위해 시뮬레이션기법을 適用하였다. 지난 1988년 9월 美國 Berkeley의 California 대학에서 있었던 IUFRO Conference에서는 "Forest Simulation Systems"라는 主題下에 각 分野의 論文 약 50여편이 발표되어 시뮬레이션의 適用

範圍가 廣範圍하고 多樣함을 확인했다. 國內에서는 權(1980, 1988), 趙(1978), 崔(1985, 1988), 張(1987, 1988, 1990) 등에 의해 시스템 分析法 및 O.R. (Operations Research) 技法에 의한 適用例가 紹介돼 있으며 禹(1989)는 Computer-Simulation의 適用例를 紹介하였다.

美國에서는 1985년 山林의 多目的 利用計劃에 적합한 모델로 FORPLAN (Forest Planning Model)이 開發되어 國有林經營計劃의 基本모델로 사용하고 있다. 이 모델 역시 시뮬레이션에 의해 林分變化狀態가 推定되고 있다.

本 研究에서는 林分構造解釋 및 林分狀態變化豫測을 위해 江原道 麟蹄郡 麒麟面 鎮東2里 소재 中部營林署 麟蹄管理所 관할 國有林을 대상으로 資料收集을 하여 分析하였다. 우선 시뮬레이션의 概念 및 特徵이 定義되고 시뮬레이션 適用을 위한 方法論이 概括적으로 설명된다. 蒐集되고 分析된 資料를 토대로하여 시뮬레이션 모델이 두가지 假定에 의해 開發된다. 이것은 森林의 中, 長期的 經營計劃期間 동안의 經營管理 方向設定을 위한 指針으로 적용될 수 있다.

資料 및 方法

研究地域現況

本 研究對象地域은 江原道 麟蹄郡 麒麟面 鎮東2里로서 麒麟面의 北東端에 위치하며 東側으로는 양양군과 郡界를 형성하고 北端은 설악산 國立公園 구역의 남쪽 境界部와 緣하고 있다. 이 지역의 最低地帶가 標高 600m로서 전반적으로 높은 標高를 이루며 平均高度가 800-900m인 山岳高原地帶이다. 對象地 전체의 地形은 左, 右 點鳳山 두 봉우리를 중심으로 V자형을 이루고 있으며 對象地 中央部는 완만한 계곡으로 이어져 내려오는 形態를 이루고 있다.

山林廳의 簡易 山林土壤圖 分析에 의하면 평탄한 肥沃地인 I級地는 전혀 없고 農耕地로서 분류된 土壤은 0.8%에 불과하며 岩石地는 鎮東國校 隣편 계곡의 좌우 稜線部와 쇠나드리 건너편의 山麓과 山頂部에 일부(0.8%) 분포하고 있다.

나머지 부분은 II-IV급지(88.2%)로 나타났다. II급지인 緩傾斜地는 對象地 북측의 삼거리를 중

심으로 한 계곡 좌의 山麓部分과 대상지 하단의 쇠나드리 남측 산록부에 분포한다. 1982년 부터 1987년 까지 年平均 降雨量은 春川測候所 인제분 실의 氣象資料에 의하면 1,118mm로 全國 平均보다 약간 적은편이며 降雨量의 약 75%가 6-8월인 夏季에 集中되고 있다.

林分現況

本 研究에 사용된 資料는 2次에 걸친 現地調査와 中部營林署 麟蹄營林計劃區에 대해 調製된 제6 차기 營林計劃書를 통해 얻어졌다. 森林經營計劃 期間은 1990년 1월 1일 부터 1999년 12월 31일까지 10년이다. 總 計劃面積은 20,379ha인데 그 중 인제군 기린면 진동리 소재 管轄面積은 9,091ha이다. 이 9,091ha 중에서 計劃對象面積은 1989년 “國有林이 多目的 經營모델 研究”의 대상지역이었던 3,900ha로 하였다. 이 3,900 중에서 20林班과 小班의 除地 53ha와 젓나무 林分 3ha를 제외하면

3,844ha에 이른다(Table 1). 젓나무 林分은 I 齡級으로 精確한 材積推定이 곤란하여 제외시켰다. 이 연구대상지역에는 20林班부터 33林班까지 총 14개 林班에 65개 小班으로 行政區域上의 林, 小班 분포를 이루고 있다. 가장 큰 面積은 24임반의 438ha이고 33임반이 203ha로서 가장 작은 面積을 보유하고 있다. 齡級別 面積分布를 보면 IV齡級이 1,833ha로 전체의 48%를 차지하고 있고 齡級別 蓄積分布 역시 IV영급이 123,559m³으로 전체의 약 47%를 점하고 있다. 樹種別 면적분포를 보면 闊葉樹가 3662ha로 전체의 약 95%를 점하고 있으며 수종별 축적분포 역시 전체의 약 96%에 해당하는 254630m³을 나타내고 있다(Table 1). 이 지역은 특히 天然保護林으로 지정된 면적 1949ha (22-27林班)을 포함하고 있다. 이 중에서 젓나무 林分 2ha를 제외한 1947ha가 시뮬레이션 모델에 적용되었다. 이 保護林의 영급별 분포를 보면 III 齡級 이상이 거의 全部를 차지하고 樹種別 분포를

Table 1. Volume(m³) and Area(ha) distribution for each species and age classes

Species	Volume (Area)	%	Age Class					
			I	II	III	IV	V	VI
Larch (<i>Larix leptolepis</i>)	10143 (126)	3.8 (3)	(2)		10143 (124)			
Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>)	781 (56)	0.3 (2)	(15)	60 (17)	721 (24)			
Hardwood (<i>Quercus</i>)	254630 (3662)	95.9 (95)			26380 (422)	123559 (1833)	75357 (1041)	29334 (366)
Sum	265554 (3844)		0 (17)	60 (17)	37244 (570)	123559 (1833)	75357 (1041)	29334 (366)
%		100 (100)	0 (0)	0 (0)	14 (15)	47 (48)	28 (27)	11 (10)

Table 2. Volume(m³) and Area(ha) distribution for each species and age classes without reserved forest of nature

Species	Volume (Area)	%	Age Class					
			I	II	III	IV	V	VI
Larch (<i>Larix leptolepis</i>)	9279 (112)	8 (6)			9279 (112)			
Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>)	60 (29)	0 (2)	(12)	60 (17)				
Hardwood (<i>Quercus</i>)	112870 (1756)	92 (92)			10443 (233)	73771 (1080)	19677 (311)	8796 (132)
Sum	122209 (1897)		(12)	60 (17)	19722 (345)	73771 (1080)	19677 (311)	8796 (132)
%		100 (100)	0 (1)	1 (1)	16 (18)	60 (57)	16 (16)	7 (7)

Table 3. Volume (m³) and Area (ha) distribution for each species and age classes in reserved forest of nature

Species	Volume (Area)	%	Age Class						
			I	II	III	IV	V	VI	
Larch (<i>Larix leptolepis</i>)	864 (14)	0.6 (1)	(2)		864 (12)				
Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>)	721 (27)	0.5 (1)	(3)		721 (24)				
Hardwood (<i>Quercus</i>)	141760 (1906)	98.9 (98)			15937 (189)	49785 (753)	55680 (730)	20358 (234)	
Sum	143345 (1947)		0 (5)	0 (0)	17522 (225)	49785 (753)	55680 (730)	20358 (234)	
%		100 (100)	0 (0)	0 (0)	12 (11)	35 (39)	39 (38)	14 (12)	

보면 闊葉樹 林分이 面積, 蓄積에서 모두 98.99%를 차지하고 있다(Table 3). 이 保護林 1,947ha를 제외한 나머지 林分 1,897ha가 經營計劃대로의 伐採가 가능한 地域으로 20, 21, 28, 29, 30, 31, 32, 33林班 등 8개 林班 41개 小班에 이른다. 이 지역의 面積, 蓄積分布 역시 98% 이상을 III 齡級 이상이 차지하고 樹種別 分布에서는 闊葉樹가 面積, 蓄積 모두 92%를 점하고 있다(Table 2).

伐期齡 決定

伐期齡은 中部營林署 麒麟營林計劃區에 대한 제 6차기 營林計劃書와 山林廳 발행 營林計劃書例規集을 근거로 하여 平均伐期齡을 산출한다. 즉 落葉松 30년, 잣나무 50년, 闊葉樹(참나무류) 70년을 가지고 각 樹種別 面積比例로 계산하면 平均伐期齡은 약 70년이 된다.

伐採量 決定

森林經營計劃書期間 10년간의 伐採量 범위를 決定하기 위하여 古典的 收穫調節方法의 하나인 Paulsen-Hundeshagen 公式法에 의하여 連年伐採量을 산출하고 이 량에 10년을 곱하면 된다. Paulsen-Hundeshagen 公式는 다음과 같다.

$$H_i = dGZ_u \times \frac{V_w}{V_n}$$

여기에서,

- H_i : 伐採量(ha당, 年間)
- V_w : 現實材積(ha당)
- V_n : 法正材積(ha당)
- dGZ_u : 伐期平均生長量(ha당)

그리고 10년의 森林經營計劃期間 동안 收穫量의 最大를 위해 線形計劃모델(Linear Programming Model)이 사용된다. 이때 伐採時期, 伐採場所, 伐採量등이 最適化된다. 研究對象地域 林分の 保續性 實現과 法正狀態 유도를 위해 위의 方法들이 채용될 수 있다. 本 研究에서는 위의 方法을 이용한 계산이 目的이 아니고 本 論文의 범위를 벗어나므로 韓國林政研究會의 “國有林의 多目的 經營 모델 開發 研究報告書(1989)”에서 이 林分을 중심으로 계획된 각 小班別 伐採面積에 따른 伐採量을 이용하기로 한다. 여기에서 계산된 伐採面積은 10년의 計劃期間 동안 271ha가 伐採된다. 이것은 全體 施業面積 1,897ha를 平均伐期齡 70년으로 나누고 다시 計劃期間 10년을 곱해줌으로서 얻어진다. 그리고 위의 計劃모델에 의해 각 小班別 伐採面積이 산출되는데 이렇게 算出된 伐採面積이 ha당 재적을 곱하면 經營計劃期間 초기의 伐採量 21,438m³이 산출된다.

Simulation

시뮬레이션은 Emshoff와 Sisson(1971)에 의하면 “어느 狀況을 構成하는 因子들이 그 狀況의 動的인 性格을 豫測하기 위하여 Computer상에서의 實行이 가능한 數學的이고 論理的인 과정들에 의해 표현될 수 있는 狀況모델”이라고 定義될 수 있다.

시뮬레이션이라고 하는 말은 위에서 定義내린 바와 같이 시뮬레이션이라고 하는 의미로, 그리고 모델로 부터 해답을 얻기 위해 이 모델을 作動시킨다는 의미로 사용될 것이다. 시뮬레이션은 종종

마지막 段階의 方法으로서 언급되기도 하는데 그 이유는 다른 방법들(線形計劃法, 定數計劃法 등...)이 문제의 해답을 줄 수 없을때 마지막으로 이 방법이 採用되기 때문이다. 시뮬레이션은 거의 모든 문제에 비교적 쉽게 이용될 수 있는 融通性을 가지고 있으며 복잡한 상황을 다룰 수 있는 效率性도 가지고 있다. 시뮬레이션은 극소수의 다른 방법들(線形計劃法 등...)과 마찬가지로 시스템의 성격에 대한 洞察力을 제공해 준다.

그러나 이 방법은 프로그램 作成과 Computer계산시간에 있어서 많은 費用이 들 수 있다. 시뮬레이션은 最適化 技法이 아니므로 最適의 解를 발견하기 위해서는 이 모델이 反復的으로 실행되어야 하며 시간을 節約하고 費用을 줄이기 위해서는 探索技法이 채용되기도 한다. 확률모델의 경우에 있어서 하나의 결과는 단지 點推定值에 불과하며 이 點推定值의 주위에 信賴限界를 구축하기 위해서 시뮬레이션은 다른 방법들(시뮬레이션 이외의 O. R. 기법들)과는 비교도 안될 정도로 복잡한 시스템을 취급하는데 있어서 중요하고 價値있는 方法이다. 또한 시뮬레이션은 다른 形態의 모델들(線形計劃法 등)과 쉽게 결합될 수 있는 長點을 가지고 있다.

Simulation 方法論

시뮬레이션을 이용하기 이전에 시뮬레이션 모델을 開發하고 사용하는데 따른 段階別 過程을 확인해 보는 것은 중요한 일이다. 확인 가능한 段階의 수와 그들이 실행되는 順序는 문제의 特殊性格에 따라 다르게 나타난다. 그러나 시뮬레이션모델 실행의 共通的이고 一般의인 단계별 과정과 순서가 作成될 수 있다. Figure 1은 시뮬레이션 과정에서 일반적으로 채용될 수 있는 分析 및 順序의 주요 단계가 설명된 흐름도이다. 여러 단계에서 각 過程이 전 단계로 還元되고 있음을 주시해 볼 수 있다. 이것은 성공적인 문제해결을 위해 중요한 特徵들 중에서 하나를 예시해 주고 있다. 단계는 새로운 부수적 情報가 얻어질 때 문제의 修正을 위해 항상 필요하다.

예를 들면 資料(data)를 參照하여 分析할 때 종종 문제의 再構成을 야기시킨다. 이 재구성은 문제 전체가 아니라 문제를 強調하는데 있어서의 變化만을 포함하지만 문제의 완전한 再構築으로 이끌 수도 있다. 복잡한 시스템을 다루는데 있어서 分析家들은 이따금 문제의 첫번째 定義에서 너무 많은 因子들을 포함시켜 문제의 動的 性格을 적절히 표현할 수 없으므로 인해 추후 修正이 불가피함을 발견한다. 시뮬레이션의 실제적 실행은 거의

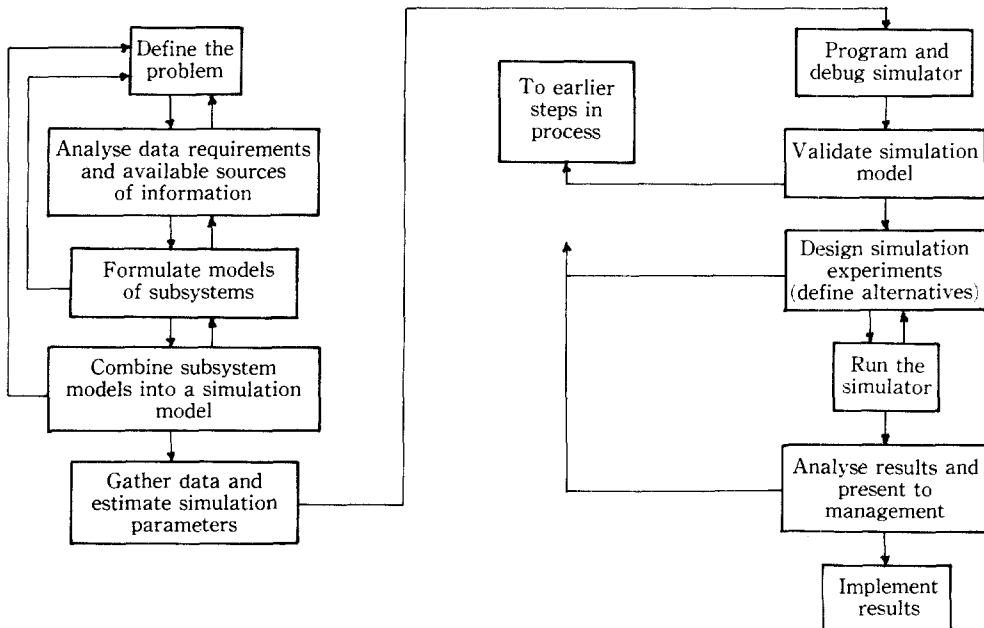


Fig. 1. Flow chart of steps in the use of simulation

항상 새로운 代案을 제시하게 되고 그러므로해서 다시 實驗設計로 환원하게 된다. 모델구성은 科學的 技術과 마찬가지로. 모델 構成過程을 표현하는 흐름도를 사용하는데 있어서 어려운 점은 그 과정이 실제보다 더욱 科學的으로 보이게 하는데 있다. Figure 1의 흐름도는 단지 하나의 指針에 불과하며 복잡한 實際世界의 시스템을 더욱 壓縮의 이고 造作 가능한 시뮬레이션 모델 속으로 끌어들이는데 필요한 創造的 跳躍을 自動的으로 創出하는 방법으로 解釋되어서는 안된다.

中期計劃을 위한 Simulation Model 모델構成

森林經營計劃期間 10년 동안의 林分 變動狀況을 豫測하기 위해 하나의 시뮬레이션 모델이 展開되었다. 研究對象地域인 中部營林署 麟蹄營林計劃區域 중에서 麒麟面 鎮東2리 소재 3.844ha의 林分現況이 分析資料로서 Computer에 入力된다.

Figure 2의 시뮬레이션 모델 흐름도에서 볼 수 있는 바와 같이 우선 林班, 小班, 樹種別 面積, 林齡, 地位指數, 平均生長量, 連年生長量, 材積 등이 입힌다. 입힌 資料를 토대로하여 計劃期間 10년 동안 어느 伐採時點(間伐 및 主伐)까지의 生長量이 樹種別로 유도된 生長方程式에 의해 계산된다.

伐採時點에 도달하면 이미 계산된 計劃伐採量이 제거되고 殘存林分의 生長量이 나머지 計劃期間인 n년간에 대해 역시 生長方程式에 의해 계산된다. 그리고 이 生長량이 殘存林分의 蓄積量에 보태져서 總蓄積量이 계산되어 새로운 林分의 變動狀況이 표현된다.

이 過程이 計劃期間의 끝까지 10년 동안 반복되어 生長과 收穫에 따른 임분의 變化하는 蓄積狀況이 보다 精確하게 豫測될 수 있다.

여기서는 中期計劃에 따른 經營計劃期間 10년 동안의 變化狀態만을 고려하였으나 이 시뮬레이션 모델의 反復實行을 통해 長期計劃에 따른 林分蓄積의 變化상태를 持續的으로 관찰할 수 있으며 計劃 林分의 목표달성 여부 즉 保續性 實現을 위한 法正狀態의 도달 여부가 效率的으로 檢討될 수 있다.

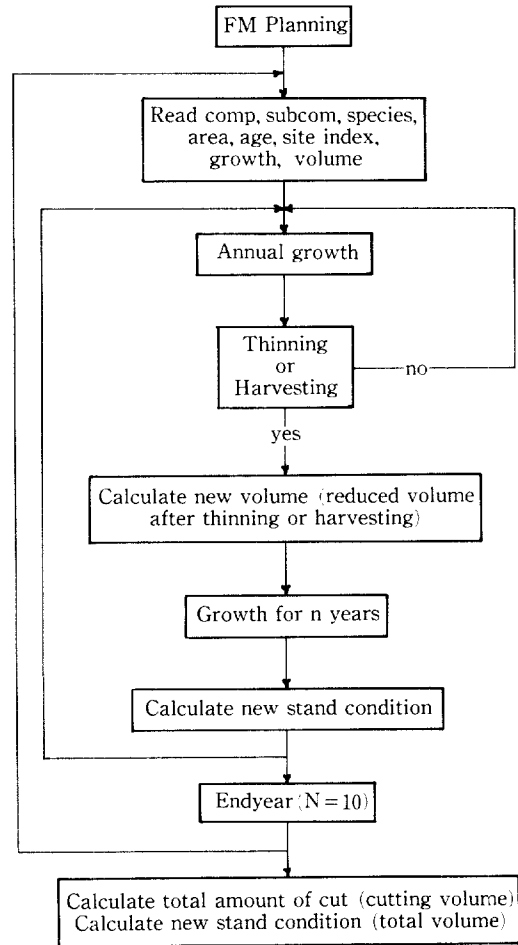


Fig. 2. Flow chart for Simulation model

樹種別 生長方程式 유도

生長方程式은 林分의 生長過程을 가능하면 永久標準地에서의 生長量調査를 토대로 하여 모델화해야 한다.

生長量은 일반적으로 다음과 같은 方程式에 의해 계산될 수 있다.

$$\text{生長量} = f(\text{林齡, 材積, 連年生長量, 平均生長量, ……})$$

위와 같은 기존의 生長方程式이 제시돼 있지 않으므로 여기에서는 收穫表(산림청 발행 林業技術, 1981) 상의 수치를 이용하여 Table 4에서 보는 바와 같이 生長方程式을 유도하였다.

生長方程式은 江原大學校 電子計算所의 SPSS-X Package를 이용하여 계산했다.

Table 8. Changing conditions of stand volume in reserved forest of nature without harvesting (24 subcompartments)

year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stand vol-ume	146709	149979	153144	156208	159173	162045	164825	167516	170123	172647

간의 生長量이 계산되고 하는 過程이 10차년도 까지 反復實行된다. 제10차 년도에는 이와같은 과정의 反復실행을 통해 157,153m³이 되었다. 이 蓄積量은 시뮬레이션 모델 1에 의해 계산된 最大 蓄積量, 즉 1차년도에 伐採한 경우의 말기재적 142,513 m³보다 약 9% 더 많은 蓄積量을 보이고 있어 시뮬레이션 모델 2에 의한 計劃方法이 推薦될 수 있겠다.

Table 8은 天然保護林分의 10년 동안의 林分蓄積變化狀態를 시뮬레이션한 表이다. 이 林分은 保護林分으로 계획대상에서 除外되었으므로 伐採量은 없고 단지 計劃末期까지 10년 동안 매년의 蓄積增加狀態가 앞에서 설명한 樹種別 生長方程式의 도움으로 계산되었다. 초기에 146,709m³ 이던 것이 10년 후에는 172,647m³으로 초기보다 약 18% 증가하였다.

考 察

本 論文에서는 시뮬레이션 모델의 效率性和 融通性 그리고 복잡한 시스템 分析을 위한 높은 適用性을 이용하여 江原道 麟蹄郡 麒麟面 鎮東3里 소재 國有林 3,844ha 面積에 265,554m³을 對象으로 林分의 變化狀態를 10년의 森林經營計劃期間 동안 豫測해 보았다. 生長量 파악을 위해 生長方程式이 樹種別로 유도되었는데 生長에 影響을 끼치는 더 많은 因子들이 生長方程式에 포함된다면 더 정확한 情報를 얻을수 있을 것이다. 특히 永久標準地 調査를 통해 정기적으로 정확한 data가 얻어진다면 더욱 效果的일 것이다. 또한 시뮬레이션 모델을 구축하는데 있어서 偶然한 木材利用量(눈사태에 의한 被害木 伐採, 暴風雨에 의한 被害木 伐採, 山林病害蟲에 의한 被害木 伐採등)이 고려된다면 더욱 效果적인 林分의 變動狀況이 豫測될 것이다.

森林經營計劃期間 10년 동안 林分의 變化狀態는

伐採時期의 變動을 통해 다르게 나타나게 되는데 시뮬레이션 모델 1의 경우 초기에 伐採하는 假定과 말기에 伐採하는 假定을 통해서 만도 最終材積에 있어서 약 3%의 차이를 나타내고 있다.

시뮬레이션 모델 1(Table 6)의 1차년도 말기의 材積은 시뮬레이션 모델 2(Table 7)의 6차년도의 材積과 비슷하고 시뮬레이션 모델 1의 10차년도 말기의 材積은 시뮬레이션 모델 2의 4차년도의 材積과 비슷함을 알수 있다. 全體的으로 經營計劃期間 말기의 재적을 두 모델을 중심으로 比較해 보면 시뮬레이션 모델 2의 경우가 더 많은 林分 蓄積狀態를 나타내고 있다. 이 모델의 가정은 매년 총 伐採量의 10%씩 제거하는 것으로 모델 1의 경우보다 훨씬 小面積伐採를 하게되므로 林地의 生産力 保存을 위해서도 더 나은 效果를 가질 것이다.

시뮬레이션 모델 1과 2, 두 모델에 의해 豫測된 森林經營計劃期間 10년 後의 林分蓄積狀況을 보면 서로 10-14%의 차이를 보이고 있다. 이것은 모델의 假定을 어떻게 하느냐에 따라 상당히 敏感한 反應을 나타내므로 모델構成時 주의깊은 洞察이 필요함을 알 수 있다.

이와같은 分析은 정확하고 合理的인 森林經營計劃樹立을 위해 귀중한 情報를 제공할 것이며 특히 效率의 伐採計劃을 위해 매우 중요할 것이다.

引 用 文 獻

1. Bare, B.B. 1971. Application of Operations Research in Forest Management, a Survey, Quantative Science Paper, Univ. of Washington, No. 26.
2. Bare, B.B., Briggs, Rosie and Schreuder. 1984, A survey of system analysis models in forestry and the forest products industries. European journal of operational research, North-Holland-Amsterdam, p.1-18.

3. Bastide, J.G.A. und Bol, 1969. Die Simulation als Hilfsmittel für forstliche Forschungsarbeiten. De Dorschkam Wageningen, Niederlande, Forstarch, Hannover, Jg. 40, p.7-11.
4. Buongiorno, J. and Gilles, 1987. Forest management and economics. Macmillan publishing company, New York.
5. Chang, C.S. 1990. Multi-Criteria decision making in natural resource management : Goal Programming.
6. 趙應赫. 1978. 시스템分析에 의한 森林收穫調節에 관한 研究. 서울大學校 博士學位 論文集.
7. 崔鍾天. 1985. 森林施業計劃의 策定에 관한 研究. 日本東京大學校 博士學位論文集.
8. _____. 1988. 시스템分析에 의한 地域森林計劃 策定에 관한 研究. 江原大學校 林科大學 演習林報告書 第8號.
9. Dykstra, D.F. 1984. Mathematical programming for natural resource management. McGraw-Hill book company.
10. Emshoff, J.R. and Sisson, 1971. Design and use of computer simulation models, Macmillan company.
11. Gould, E.M. and O'Regan. 1965. Harvard forest papers, Simulation. A step toward better forest planning. harvard forest, petersham.
12. 韓國林政研究會. 1989. 國有林의 多目的 經營 모델개발 研究報告書.
13. Henne, A. 1984. Simulation langfristiger Betriebsablaufe-Rückker zum Fachwerk? Der Forst-und Holzwirt, 39. Jg./Nr. 14/15.
14. Hillier, F.S. and Lieberman, 1990. Introduction to operations research. 5th Edition, Holden-Day, Inc.
15. Hoganson, H.M. and Rose, 1984. A simulation approach for optimal timber management scheduling. forest sci., vol. 30, No.1.
16. IUFRO. 1978. Simulation techniques in forest operational planning and control Dept. of forestry technique and forest products, agricultural univ., the Netherlands.
17. _____. 1988. Forest simulation systems, univ. of california, Berkeley, Division IV and VI meeting.
18. 張哲洙. 1987. 韓國의 林業經營에 대한 Timber RAM의 適用性. 江原大學校 博士學位 論文集.
19. Jöbstl, H.A. 1978. Unternehmensplanung in der Forstwirtschaft. österreicher Agraverlag, 1141 Wien.
20. 中部營林署. 1989. 麒麟營林計劃區 第6次期營林計劃書.
21. Kurth, H. und Gerold. 1978. Simulationsmodelle für die Nachhaltregelung. Beiträge für die Forstwirtschaft, Heft 2.
22. 權五福. 1980. 人工林的 simulation model. 江原大學校 論文集 第14輯.
23. _____, 張哲洙· 梁充碩. 1988. 森林經營計劃 모델의 適用性 研究. 江原大學校 林科大學 演習林報告書 第8號.
24. Kynast, R. 1977. Ein Modellexperiment für die Simulation der Holznutzung. Dissertation, Univ. Freiburg.
25. Lehnhausen, H. 1982. Computerunterstützte zeitliche und räumliche Simulation forstliche System an den Beispielen Holzrückeprozeß und Materialfluss auf einen Holzhof. Dissertation, Univ. Göttingen.
26. Möhring, B. 1986. Dynamische Betriebsklassen Simulation. Dissertation Univ. Göttingen.
27. Pelz, D.R. 1978. Illinois forest management game program documentation. univ. of Illinois, forestry staff paper 78-2.
28. Riebeling, R. und Weimann, 1984. Simulation langfristiger Entwicklung und Ertragsleistung der Buche in Schelder Wald. Der Forst-und Holzwirt, 39. Jg. Nr. 14/15.
29. Rose, D.W. 1984. A critical review of mathematical programming in forest resource planning. IUFRO S4.04 Symposium an forest management planning and managerial economics, Tokyo in Japan.
30. 山林廳. 1981. 林業技術.
31. Schöpfer, W. und Höfle. 1970. Unternehmensforschung(Operations Research). Eine Bibliographie der Anwendungen in Forst-und Holzwirtschaft. Mitt. der Baden-Württemberg FVA Heft 25.

32. Spiecker, H. 1974. Die Simulation als Entscheidungshilfe in der forstlichen Planung. Dissertation Univ. Freiburg.
33. Weimann, H.J. 1985. Simulation von Minderungen des Grundflächenzuwachses für Normalwald-Modelle Eiche, Fichte und Kiefer. FA, 56. Jg.
34. Woo, J.C. 1987. Planung des jährlicher Hiebsatzes mit Simulation und linear Programmierung. Dissertation Univ. Freiburg.
35. 禹鍾春. 1989. Computer-Simulation에 의한 森林經營計劃. 江原大學校 林科學 演習林報告書 第9號.