

民有林 經營計劃에 關한 研究¹

—地域森林計劃에 있어서 木材生産豫測—

崔鍾天² · 南雲秀次郎³

Studies on the Forest Management Planning in Non-national Forests¹

—The Prediction of Wood Production in a
District Forest Planning—

Jong Cheon Choi² · Hidejiro Nagumo³

要 約

지역삼림계획에 있어서 목재생산을 예측하는 모델을 작성하고 그 계산예를 제시하였다. 목재생산예측의 방법으로서는 減段率法이 이용되고 있다. 鈴木는 감마분포에 의해서 삼림의 수명을 결정하지만 본 예측 모델에서는 현재 삼림의 수명분포로서 적당하다고 생각되는 와이분포나 감마분포 중 어느쪽을 사용해서라도 목재생산을 예측할 수 있도록 시스템화 하였다. 본 시스템은 분기별 수확량, 축적량, 노동량 등의 경영 정보를 제공하게 되며 지역삼림계획 책정에 있어 유효한 수단으로 이용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The model and its example were provided to predict wood production for a district forest planning. The method of Gentan probability is widely accepted for the prediction of wood production. The suggested model is different in the decision of cutting age distribution from that of Prof. Suzuki; the former can use either Weibull distribution or Gamma distribution, but the latter is possible only by Gamma distribution. This developed system can be used not only for establishing a district forest planning, but also for providing forest management information, such as periodic harvest volume, growing stock, labor requirement, and so forth.

Keywords: Forest management planning, Gentan probability, cutting age distribution.

¹ 接受 10月 16日 Received on October 16, 1987 (tr.)

² 江原大學校 林科大學 College of Forestry, Kangweon National University, Chuncheon 200, Korea.

³ 日本東京大學校 農學部 Fac. of Agr., Univ. of Tokyo, Tokyo 113, Japan.

緒 論

日本の 森林法에서는 현재 모든 삼림계획구에 있어서 5년마다 10년간의 地域森林計劃을 수립하도록 되어 있다. 이 계획은 全國森林計劃에서 제시하고 있는 계획의 목표 및 기준에 따라서 지역의 특성을 살려서 작성하게 된다.³⁾

最近 日本에서는 사회·경제적으로 많은 변화가 일어났다. 임업을 둘러싼 농산촌 경제의 이러한 구조적 변화가 진행되는 과정에서 日本 삼림의 人工林化는 착실히 진행되었다.

그러나 요즘은 급격한 농산촌 인구의 감소와 老齡化 趨勢의 深化로 인하여 임업에 여러가지 문제가 발생하고 있다. 그중에서, 間伐을 비롯한 保育問題가 가장 심각하게 대두되고 있다.

현재 이 문제를 해결하기 위해 다각적인 施策이 講究되고 있다. 이 要間伐林分の 증대라는 문제는 戰後, 인공림 확대운동이 크게 성공했기 때문에 그는리적 귀결로서 임업정책의 중대한 과제로 되어 있다.

그러나 문제는 이 뿐만이 아니다. 금후, 이들의 인공림이 主伐의 시기를 맞이할 때에도 수급조절에 있어 구조적인 어려움을 겪게 될 것이다. 만약 현재의 목재수급구조에 큰 변화가 없다고 가정하면, 이제까지 많은 노력을 기울여 왔으나 목재가 적정가격수준으로 거래될 가능성이 희박하다.

이를 해결하기 위해, 지금까지 다져 온 목재의 생산, 유통, 가공기구를 정비하여 산지여건에 따라 이용체제를 재정립하는 일은 매우 중요하다.

그런데 이같은 구상을 할 경우, 우선 필요한 일은 일정한 지역으로부터 장래, 얼마만큼의 목재가 생산될 것인가 하는 정보를 수집하는 것이다.

이에 대한 연구는 1950년대 중반부터 시작되었으며 鈴木의 滅毀率모델이 이 연구의 성과로서 나타났다.⁴⁾ 鈴木는 林齡遷移行列 결정을 위한 壽命分布로서 감마분포를 想定하고 있다. 이 모델은 지역삼림계획을 수립할 경우 목재생산 예측의 수법으로 널리 이용되고 있다.

이같은 점을 감안하여 本 研究에서는 삼림의 수명분포로서 현재 적당하다고 생각되는 와이블분포와 감마분포를 이용하여 어느쪽의 경우에도 목재생산에 예측할 수 있도록 시스템화 하였다.^{1,2)} 本 시스템은 分期別 수확량, 축적량, 노동량 등의 경영정보를 제

공하게 되며 地域森林計劃 策定에 있어 유효한 수단으로 이용될 수 있을 것이다.

木材生産豫測 모델

일정한 지역내 목재생산을 예측하는 경우, 다음 두가지 방법을 생각할 수 있다. 하나는 대상지역에 있어서 과거부터 현재까지의 삼림경영 현황을 분석함으로써 미래의 예측을 가능케 하는 하나의 임업현상의 설명에 인식의 관심을 두는 접근방법이고, 다른 하나는 현재까지의 삼림자원에 대한 평가에 근거하여 보다 바람직한 임업발전의 전략과 청사진을 제시하고자 하는 새로운 임업현상의 창조에 인식의 관심을 두는 접근방법이다. 여기서는, 위의 방법론들 사이에 상호 연관성이 있지만, 당위론적 방법보다는 인식론적 방법에 더 큰 비중을 두고 모델을 작성했다.

삼림의 상태를 표현하는 방법에는 여러가지가 있다. 가장 대표적인 방법은 삼림을 林班, 小班으로 나누어 각각에 관해서 면적, 수종, 임령 등을 기재하는 방법이다.

그러나 이것은 경영문제의 공간적 구조를 표현하는 방법으로서는 적절하지 않다. 무엇을 경영요소로 할 것인가는 삼림을 기술하는 목적에도 관계하지만 그같은 움직임 가장 확실히 표현하는 것으로서 鈴木의 임령공간 이론이 있다.⁴⁾ 이것은 영급면적을 구성요소로한 벡터로서 삼림의 상태를 표현하는 것이다.

삼림은 시간이 경과함에 따라 그 상태는 변화해간다. 그 변화하는 모습을 간단히 표현하는 하나의 방법은 이것을 영급배치의 변화로서 기술하는 일이다. 지금 林分構造를 이해하기 위하여 어느 삼림의 0영급(未立木地), 1영급, 2영급, ……의 면적을 각각 $a_0, a_1, a_2, ……$ 로 표시하고 이들 수치의 한組를 벡터로 취급하기로 하자. 이론적으로는 齡級은 無限個가 될 것이나, 충분히 큰 영급으로 n영급까지 생각한다면 그 이상 자라는 것은 없다고 보아도 좋다. 또 記述을 간단히하기 위하여 未立木地인 0영급은 없는 것으로 한다.

그러면 이때 임령구성을 표현하는 벡터로서, n차원의 벡터를 도입하면 $\mathbf{a}=(a_1, a_2, a_3, …… a_n)$ 로 된다. 이와같이 벡터를 사용하면 위에서 말한 삼림의 현재, 10년 후, 20년 후의 상태는 $\mathbf{a}_0=(0, 0, 9, 8, 0, ……)$, $\mathbf{a}_1=(3, 0, 0, 7, 0, ……)$, $\mathbf{a}_2=$

(5, 3, 0, 0, 2, ……) 등으로 표시할 수 있다.

위의 예에서 알 수 있는 바와 같이 이러한 벡터는 시간에 따라 변화한다. 그러므로 n 차원의 벡터공간 W 를 가상하고 그 내부에 현재, 10년 후, 20년 후를 표시하는 벡터 $\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2$ 등이 흐르고 있다고 생각할 수 있다. 여기에서 생각하고 있는 임령별 면적을 성분으로 하는 n 차원 벡터 $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3, \dots$ 등을 임령벡터라 부르고 임령벡터가 그 내부에서 움직이고 있다고 생각되는 n 차원의 벡터공간을 鈴木는 임령공간이라고 이름 붙였다.⁴⁾

이처럼 임령공간을 정의하면 齡級配置의 예측이라고 하는 것은 임령공간상의 어느 一點에서 출발해서 시간의 경과와 동시에 그 點이 어떻게 이동해 가는가를 예측할 수 있는 것이라고 생각할 수 있다. 여기서 이 點의 이동을 어떻게 기술하면 좋을까 하는 모델을 생각해 보기로 한다.

지금 「 n 영급에 달한 삼림은 그 分期內에 반드시 主伐하고, 伐採跡地는 반드시 同分期內에 再造林한다」라고 가정하자. 여기서 1 분기의 齡級의 폭과 같게 한다. 이상과 같이 규정하면 n 영급에 달하지 않은 삼림은 1 분기가 지나면 1 영급씩 증가하게 된다. 또 n 영급의 삼림은 모두 벌채되고 跡地에 재조림되어 1 영급으로 된다.

古典森林經理學에서, 이것은 改良期가 끝나고 法正狀態에 달한 후의 人工林에 대한 유일한 시업모델로 되고 있다. 이러한 시업이 행해지고 있는 삼림을 임령벡터로 나타내면, $\mathbf{a}_0 = (a_1^{(0)}, a_2^{(0)}, \dots, a_n^{(0)})$, $\mathbf{a}_1 = (a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, \dots, a_{n-1}^{(1)})$, $\mathbf{a}_2 = (a_{n-1}^{(2)}, a_n^{(2)}, \dots, a_{n-2}^{(2)})$, ……로 된다.

이 흐름을 수학적으로 표현하는 데에는 變換行列 T 가 필요하다. 지금 법정림 모델에 의한 變換행렬을 3 차원 벡터로 가정하자. $\mathbf{a}_0 = (a_1, a_2, a_3)$ 으로 하고, $T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ 로 한다.

그러면 $\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}_0 T = (a_3, a_1, a_2)$, $\mathbf{a}_2 = \mathbf{a}_1 T = \mathbf{a}_0 T^2 = (a_2, a_3, a_1)$, $\mathbf{a}_3 = \mathbf{a}_2 T = \mathbf{a}_0 T^3 = (a_1, a_2, a_3)$ 로 된다. 이에 의하면, 3 분기 후에는 삼림의 영급배치는 원상태로 돌아가게 된다. 이 T^2, T^3 는 각각 $T^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$, $T^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 로 된다. 따라서, 일반적으로 n 차원의 경우인 법정림 모델에 있어서도 위와 똑같이 해석할 수 있다.

그런데 현실의 삼림에 있어서는 위에서와 같이 단순한 모델로 施業을 설명할 수는 없다. 어느 영급에서 벌채되는 임분이 있으면 다음 영급으로 이동하는 임분도 있게 마련이다. 그래서 이러한 시업을 포

현하기 위해 가장 일반적인 變換행렬을 생각할 필요가 있다.

여기에서도 간단히 하기 위하여 벌채된 임지는 바로 재조림되는 것으로 가정한다. 지금 $P_{i,j}$ 는 현재 i 영급의 삼림이 다음 분기에 j 영급으로 이행하는 면적비로 정의한다. 삼림은 벌채되었거나 아니면 다음 영급으로 이행할 수밖에 없으므로 이 정의에 의해서는 $P_{i,j}$ 는 $j = i + 1$, 또는 $j = 1$ 이외의 값은 0로 된다.

우리들은 이제까지 수학적 의미에서 어느 상태에서부터 다른 상태로 이동하는 것은 變換이라는 의미에서 變換행렬이라는 명칭을 사용하였다. 그러나 그 내용은 삼림 영급의 遷移 방법을 기술하는 것이므로, 이 變換행렬을 임령전이 행렬이라 부르기로 한다.

여기서 이 $P_{i,j}$ 의 성질을 생각해 보면, 이것은 확률이라는 정의를 모두 만족한다. 따라서 $P_{i,j}$ 는 확률의 현상 형태이므로 鈴木는 영급전이 확률이라고 이름 붙였다.⁴⁾ 이러한 영급전이 확률을 알면, 이를 要素로 하여 임령전이행렬을 만들 수 있다. 영급별 면적으로부터 구성되는 영급벡터에 이 행렬을 곱함으로써 우리들은 다음 분기의 영급벡터를 용이하게 계산할 수 있는 것이다.

지금 임령공간상에 어느 영급 벡터 \mathbf{a}_0 를 생각해 보자. 이것이 1 분기 후 \mathbf{a}_1 로 된다면 $\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}_0 P_0$ 로 표현할 수 있는 임령전이행렬 P_0 가 존재해야 할 것이다. 이처럼 생각하면, 일반적으로 k 분기의 영급벡터 \mathbf{a}_k 는 $\mathbf{a}_k = \mathbf{a}_{k-1} P_{k-1} = \mathbf{a}_0 P_1 P_2 \dots P_{k-1}$ 로 된다. 이것이 \mathbf{a}_0 부터 k 분기 후에 \mathbf{a}_k 로 遷移해 가는 수학적 표현이다.

그런데, 여기서 어느 상태에 있는 삼림이 금후 어떻게 변화해 갈 것인가를 예측하기 위해서는 우선 임령전이행렬을 예측하는 것이 필요하다. 그런데 본 모델에서는 이것만으로 불충분하다. 왜냐하면 기존의 인공림에 대해서 擴大造林面積이 流入하기도 하고 또 林地轉用에 의해서 인공림이 다른 목적으로 이용되기 위하여 流出해 가는 것도 있기 때문이다.

지금 k 분기에 있어서 영급벡터를 \mathbf{a}_k , 林齡遷移行列을 P_k , 擴大造林을 벡터로 표시해서 \mathbf{b}_k , 轉用面積벡터를 \mathbf{c}_k 로 하자. 그러면 다음 $k+1$ 분기의 期首인 인공림의 영급별면적 \mathbf{a}_{k+1} 은 $\mathbf{a}_{k+1} = \mathbf{a}_k P_k + \mathbf{b}_k - \mathbf{c}_k$ 로 표시할 수 있다. 따라서 다음 지점의 삼림상태를 정확히 계속하기 위해서는 $P_k, \mathbf{b}_k, \mathbf{c}_k$ 의 값을 알아야 한다.

임령전이 확률이거나 減除率 中 어느쪽의 하나를

일면 林齡遷移行列을 만들 수 있다. 어느 지역에서 주요 수종에 관해서 감단율을 결정하는 일은 그 지역의 임업생산 특성을 규정하게 된다. 만약 삼림의 수명분포 函數形을 결정할 수 있으면 감단율을 계산할 수 있게 된다.

鈴木는 감단율의 수명분포로서 감마분포를 想定하고 있다. 이것에 관해서는 실제 사용하고 있는 면에서 여러가지 문제가 지적되고 있다. 감단율은 삼림의 수명을 결정하는 일이다. 이를 잘 近似시킬 수 있는 함수가 존재하는가 아닌가에 대해서는 알 수 없다. 장래 더 연구가 진행될 경우 감단율 추정을 보다 정확히 할 수 있는 함수가 찾아지기를 기대하지만 벌채라는 事象은 간단히 자연적으로 정해지는 것이 아니고 변동이 심한 경제환경에 크게 영향을 받는다는 점에 유의해야 한다.

따라서 아무리 연구가 진행되어도 그 추정 精度에는 각각 한계가 존재하게 마련이다. 이러한 경우 우리들은 논리적이며 가능한 일반성이 있는 함수를 사용하는 것이 바람직하다. 최근 널리 이용되고 있

는 것이 와이블분포이다.⁹⁾

와이블분포의 매개변수는, 평균 벌채령, 그 분산 및 주별이 개시되는 시기를 알면 결정할 수 있다. 그래서 우리들은 본 모델을 이용해서 실제의 伐採事例를 기초로 이들의 수치를 결정하고 감단율을 계산하여 그림 1처럼 목재생산예측을 하게 된다.

資料 및 方法

본 연구는 日本九州地方 어느 한 縣의 삼나무 인공림 180,254 ha를 대상으로 수행하였다. 이 縣의 삼림면적은 588,000 ha, 민유림면적은 縣 삼림면적의 약 68%에 해당하는 403,000 ha로 되어 있다. 민유림 중 인공림면적은 237,000 ha로 인공림율이 약 59%에 달한다. 인공림의 수종분포는 삼나무 76%, 소나무 10%, 편백 9% 순으로 되어 있고 이중 가장 높은 비율을 점하고 있는 삼나무 인공림을 연구대상으로 하였다.

본 모델을 계산함에 있어서 우선 주별개시시기,

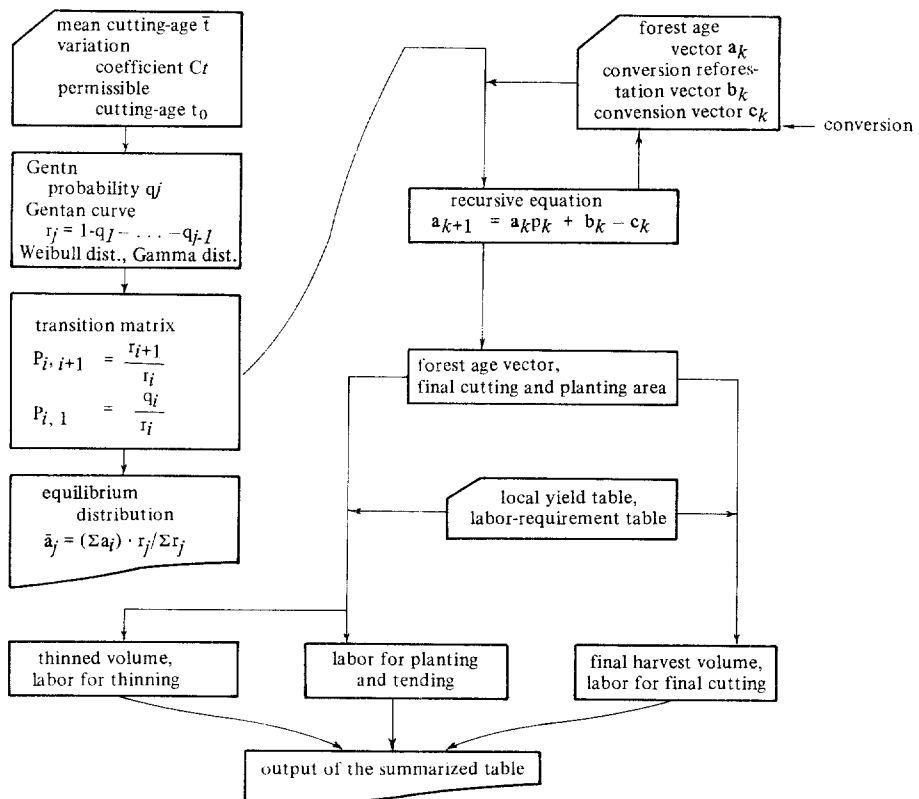


Fig. 1. Flow chart of the system

변이계수 그리고 평균벌채령을 알아야 한다. 이들의 관해서는 이 지역의 삼나무 인공림 벌채사례로부터 주별개시시기 25년, 변이계수 26%, 그리고 평균 벌채령을 35년으로 정하였다.

다음에 영급별 면적, 확대조림예정량, 수확표 및 삼림사업에 필요한 각종 노동량 등 여러가지 자료가 필요하게 된다. 이에 대해서도 대상지역의 실정을 고려해서 결정했다.¹⁾ 위의 자료에 기초를 두어 감마분포와 와이불분포에 따른 2종의 모델을 설정하였다.

현실의 지역내 임업생산에서는 임업의 경제환경이나 노동력 변화 등에 따라 주별개시시기, 평균벌채령, 그 분산은 끊임없이 변화해 간다.

이같은 점을 감안해서 필자들은 減段率法을 이용하여 어떠한 조건하에서도 목재생산을 예측할 수 있는 시스템을 개발하여 계산을 수행하였다.

結果 및 考察

계산은 미리 이 시스템을 일괄해서 실행하는 알고리즘을 개발해서 日本 東京大學 大型計算機 센터 HITAC M 280 H를 이용해서 수행했다.²⁾ 이하 표 1, 2는 前述한 모델에 기초가 되어 나타난 목재생산 예측의 결과이다.

각 분기의 諸量은 모두 1분기간(5년)의 합계이다. 따라서 매년 생산예측량은 이 수치를 5년으로 나누는 것이 필요하다.

이 표에서는 縱軸이 영급별 면적이고 橫軸은 분기를 나타내고 있다. 예를들면 제 1열이 예측개시시점의 期首齡級 配置이고 괄호안에 쓰여진 숫자가 그 분기마다의 영급별 벌채면적을 나타내고 있다. 그리고 點線의 아래 부분이 각 분기에 있어서 여러가지 임업활동에 관한 수치를 나타내고 있다. 10분기 다음 세운 이 영급배치의 극한분포, 즉 광의법정상태를 나타내 주고 있다.

표 1, 2에 의하면 현재 幼齡林의 면적이 극히 많고 壯齡, 老齡林이 적은 상태가 10년, 20년, 30년 지나는 가운데 광의법정상태로 서서히 접근해 가는 것을 알 수 있다.

본 생산예측 모델에 의해서 생산예측을 하는 경우, 그 精度에 가장 큰 영향을 주는 것이 林齡遷移行列이다. 이 계산에 기초가 되고 있는 것이 壽命分布인데 표 1, 2는 감마분포와 와이불분포에 따른 결과이다.

표 1, 2의 극한상태를 보면 벌채면적은 감마분포

의 모델쪽이 크지만, 총 수확량은 와이불분포의 모델쪽이 크다. 이것은 와이불분포의 모델이 幼齡林인 4영급 이하에서 벌채하지 않도록 되어 있으므로 실제 임업활동에 적용가능성이 높다고 해석된다.

이 밖에도 수명분포로서는 여러가지 함수가 있다. 이들의 함수 중 민유림의 벌채동향에 관해서는 어느 쪽이 보다 정확한 예측이 될 수 있는 가는 말하기 어렵다. 또 아무리 삼림의 수명을 연구해도 그 분포가 종국적으로 오직 바른 함수라고 말할 수 없다.

이들의 몇개의 함수가 기껏해야 현실의 삼림 수명을 近似的으로 나타낼 수 있는데 지나지 않는다고 필자들은 생각한다. 표 2의 결과로 나타난 와이불분포도 이러한 함수의 하나이지만, 현재 여러분야에서 널리 이용되고 있다. 이것은 그 취급에 있어서 편리하기 때문이다.

임업생산의 안정성을 측정하는 하나의 방법은 평균벌채령과 그 분산이라고 볼 수 있다. 일반적으로 평균벌채령이 높고 그 분산이 적은 만큼 그 지역의 임업생산 활동은 안정하다고 할 수 있다.

임업생산처럼 경제·사회적 현상을 대상으로 하는 것은 임목이라는 자연물만을 취급하는 경우와는 달리 나라의 정책에 의해서도 큰 영향을 받는다. 따라서 그 예측도 이러한 상황을 고려해서 하여야 한다.

장기생산 예측의 목적은 어떤 가정하에서 장래의 목재생산이 어떻게 될 것인가에 대해서 하나의 전망을 하는 일이다. 여기서 기술한 방법은 지역임업 진흥의 정책을 검토할 경우에 유효한 수단이 될 것으로 생각된다.

引用 文 獻

1. 崔鍾天, 1985. 森林施業計劃의 策定에 關する 研究, 日本 東京大學校 博士學位論文集, 330 p.
2. 南雲秀次郎·古池篤, 1981. 民有林의 施業計劃 策定에 關する 研究 (1), 地域森林計劃における人工林의 伐採量および造林面積의 決定, 日本林學會誌, 63 : 79 ~ 89.
3. 森林計劃研究會(編), 1977. 森林計劃의 實務, 432 p. 地球社, 東京.
4. 鈴木太七, 1963. 木材의 生産豫測について(2), 林業における收穫豫定の數學的 研究, 54 p. 科學技術廳資源局資料 第53號.
5. Weibull, W. 1951. A statistical distribution function of wide applicability. Jour. of Appl. Mech : 293 ~ 297.

Table 1. Computation result: Gamma distribution

AGE CLASS	Budget period						
	1	2	3	.....	9	10	Equilibrium
1	20975.36 (0.01)	18045.07 (0.00)	19556.67 (0.01)	.....	27022.99 (0.01)	26375.32 (0.01)	28078.51 (0.01)
2	44693.87 (8.98)	20975.35 (4.21)	18045.07 (3.63)	.....	2934.82 (5.90)	27022.98 (5.43)	28078.51 (5.64)
3	41263.37 (249.69)	44684.89 (270.40)	20971.13 (126.90)	.....	31922.34 (193.17)	29340.92 (177.55)	28072.86 (169.87)
4	36290.23 (1508.70)	41013.68 (1705.07)	44414.49 (1846.45)	.....	32211.25 (1339.12)	31729.17 (1319.08)	27902.99 (1160.01)
5	19182.15 (2393.61)	34781.53 (4340.15)	39308.61 (4905.06)	.....	28391.03 (3542.73)	30872.12 (3852.33)	26742.98 (3337.08)
6	7079.46 (1655.15)	16788.53 (3925.09)	30441.37 (7117.06)	.....	20478.00 (4787.67)	24848.30 (5809.43)	23405.89 (5472.20)
7	4454.44 (1506.26)	5424.31 (1834.21)	12863.44 (4349.73)	.....	12490.80 (4223.73)	15690.32 (5305.64)	17933.69 (6064.23)
8	2812.40 (1194.47)	2948.18 (1252.14)	3590.09 (1524.76)	.....	7628.08 (3239.75)	8267.07 (3511.14)	11869.46 (5041.13)
9	1461.39 (720.22)	1617.93 (797.57)	1696.05 (835.86)	.....	5100.93 (2513.90)	4388.32 (2162.70)	6828.34 (3365.21)
10	890.62 (486.14)	741.17 (404.56)	820.57 (447.90)	.....	5512.41 (3008.89)	2587.04 (1412.11)	3463.12 (1890.31)
11	662.86 (389.34)	404.48 (237.58)	336.61 (197.71)	.....	2311.82 (1357.89)	2503.52 (1470.49)	1572.81 (923.82)
12	233.78 (145.92)	273.52 (169.67)	166.90 (103.54)	.....	953.93 (523.61)	953.93 (591.76)	648.99 (402.60)
13	151.85 (98.24)	88.76 (57.42)	103.84 (67.18)	.....	176.73 (114.33)	320.46 (207.31)	246.39 (159.40)
14	58.98 (39.44)	53.61 (35.85)	31.34 (20.95)	.....	26.31 (17.60)	62.40 (41.73)	87.00 (58.17)
15	43.46 (29.85)	19.54 (13.42)	17.76 (12.20)	.....	7.16 (4.92)	8.72 (5.99)	28.82 (19.79)
16	0.0 (0.0)	13.61 (9.56)	6.12 (4.30)	.....	2.14 (1.50)	2.24 (1.57)	9.03 (6.34)
17	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	4.06 (2.90)	.....	0.58 (0.41)	0.64 (0.46)	2.69 (1.92)
18	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	.....	0.20 (0.14)	0.16 (0.12)	0.77 (0.56)
19	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	.....	0.09 (0.07)	0.05 (0.04)	0.21 (0.15)
20	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	.....	0.02 (0.02)	0.02 (0.02)	0.06 (0.06)

TOTAL AREA	* 180254.	187874.	192374.	.....	203473.	204973.	204973.
GROWING STOCK	* 13516986.	17942048.	22553232.	.....	25154704.	26002912.	27689232.
EXPANSIVE	* 7620.	4500.	3000.	.....	1500.	1500.	0.
CUTTING AREA	* 10425.	15057.	21566.	.....	24875.	25875.	28078.
CLEAR CUT VOLUME*	2564915.	3238363.	4838710.	.....	7435239.	7405475.	8439264.
THINNED VOLUME *	2914273.	4096325.	4536649.	.....	3282987.	3411889.	2975560.
TOTAL VOLUME *	5479188.	7384688.	9375359.	.....	10718226.	10817364.	11414524.
CLEAR CUT LABOR *	1374023.	1761573.	2592094.	.....	3983054.	3967107.	4520910.
THINNING LABOR *	949793.	1532122.	1716685.	.....	1240909.	1324071.	1150179.
TOTAL CUT LABOR *	2323816.	3293695.	4308779.	.....	5223963.	5291178.	5671089
PLANTING LABOR *	3507134.	2913452.	2705699.	.....	3491598.	3412971.	3478810.

Table 2. Computation result: Weibull distribution

AGE CLASS	Budget period						
	1	2	3	.....	9	10	Equilibrium
1	20975.36 (0.0)	16160.45 (0.0)	17803.62 (0.0 )	.....	25650.84 (0.0)	25161.36 (0.0)	27372.60 (0.0)
2	44693.87 (0.0)	20975.36 (0.0)	16163.45 (0.0 )	.....	28294.52 (0.0)	25650.84 (0.0)	27372.60 (0.0)
3	41263.37 (0.0)	44693.67 (0.0)	20975.36 (0.0 )	.....	31581.87 (0.0)	28294.52 (0.0)	27372.60 (0.0)
4	36290.23 (0.0)	41263.37 (0.0)	44693.87 (0.0 )	.....	32853.30 (0.0)	31591.87 (0.0)	27372.60 (0.0)
5	19182.15 (2308.70)	36290.23 (4367.77)	41253.37 (4966.32)	.....	29964.33 (3606.41)	32853.30 (3954.11)	27372.60 (3294.47)
6	7079.46 (1773.73)	16373.45 (4227.57)	31922.46 (7998.04)	.....	20575.42 (5155.08)	26357.93 (6603.86)	24078.13 (6032.67)
7	4454.44 (1508.41)	5305.73 (1790.68)	12645.87 (4282.27)	.....	11737.08 (3974.52)	15420.33 (5221.78)	13045.46 (6110.72)
8	2812.40 (1146.39)	2945.04 (1200.86)	3509.05 (1430.36)	.....	7046.12 (2872.13)	7762.56 (3164.17)	11934.73 (4864.82)
9	1461.39 (678.77)	1666.01 (773.81)	1745.18 (810.58)	.....	5417.60 (2516.30)	4173.98 (1938.68)	7069.91 (3283.75)
10	890.62 (456.58)	782.62 (401.21)	392.20 (457.59)	.....	6132.03 (3169.24)	2901.30 (1487.36)	3786.16 (1940.99)
11	662.86 (367.39)	432.84 (240.57)	361.41 (211.40)	.....	2781.54 (1541.69)	3012.79 (1669.86)	1845.17 (1022.70)
12	233.78 (139.08)	235.07 (174.52)	193.47 (114.27)	.....	1090.43 (644.06)	1239.86 (732.32)	822.67 (485.80)
13	151.85 (94.57)	95.70 (59.60)	120.95 (75.33)	.....	235.94 (146.94)	446.36 (276.00)	336.68 (209.69)
14	58.98 (38.42)	57.23 (37.31)	36.10 (23.51)	.....	37.34 (24.32)	68.99 (57.97)	126.99 (82.73)
15	43.46 (29.43)	20.56 (13.52)	19.96 (13.52)	.....	10.93 (7.40)	13.01 (8.81)	44.26 (29.97)
16	0.0 (0.0)	14.03 (9.83)	6.64 (4.65)	.....	3.37 (2.36)	3.53 (2.47)	14.29 (10.01)
17	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	4.21 (0.0 )	.....	0.89 (0.64)	1.01 (0.73)	4.28 (3.09)
18	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0 )	.....	0.28 (0.21)	0.25 (0.18)	0.19 (0.88)
19	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0 )	.....	0.11 (0.08)	0.07 (0.06)	0.31 (0.24)
20	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0 )	.....	0.02 (0.02)	0.03 (0.03)	0.08 (0.08)
TOTAL AREA	* 160254.	187574.	192374.	.....	203473.	204973.	204973.
GROWING STOCK	* 13316986.	18207654.	23105376.	.....	25779984.	25717984.	28422528.
EXPANSIVE	* 7620.	4300.	3000.	.....	1500.	1500.	0.
CUTTING AREA	* 8540.	13304.	20391.	.....	23661.	25120.	27373.
CLEAR CUT VOLUME*	2367472.	3152409.	9801992.	.....	7416744.	7443339.	8507557.
THINNED VOLUME	* 2995652.	4297740.	4775486.	.....	3987719.	3602536.	3054098.
TOTAL VOLUME	* 5365124.	7450149.	9577478.	.....	10904453.	11045875.	11561655.
CLEAR CUT LABOR	* 1269526.	1548744.	2572423.	.....	3973147.	3987389.	4557494.
THINNING LABOR	* 985260.	1507004.	1509452.	.....	1317193.	1408701.	1152105.
TOTAL CUT LABOR	* 2234545.	3295745.	1381655.	.....	5290290.	5396090.	5739599.
PLANTING LABOR	* 3435925.	2757454.	2537013.	.....	3354353.	3283287.	3394199.