

# 原木入荷量の製材品出荷量に及ぼす影響

宮崎大学農学部 細田 高広・吉本 敦

## 1. はじめに

森林所有者の小規模経営による国産材丸太の不安定供給に対し、河川の流域を基本とした流域管理システムの構築が試みられている。しかしながら、これまでそのシステム構築の効率性に関する研究はなされていない。本研究では、原木不安定供給の製材品出荷に及ぼす影響についてシミュレーションによる定量分析を行った。以下その方法と結果について報告する。

## 2. 分析方法

本研究では、製材品消費地への毎月の出荷量を注文量にできるだけ近づけることによって、製材品の安定供給がなされることとする。図-1に、原木入荷・製材品出荷経路を示す。まず原木が直接林地から製材工場に入荷され、各消費地へ注文に合わせて製材工場から製品を出荷する。また、土場の建設により原木の貯木が可能となり、原木は直接製材工場または土場に行く場合が想定される。

今、仮に原木が毎月一定量で入荷されれば、常に安定した製材品出荷が可能となる。それに対し原木入荷量が毎月変動した場合、製品出荷量と各消費地の注文量との間に乖離が生じることになり、必ずしも消費地へ安定に製品を出荷できるわけではない。本研究では、目標計画法を用いて原木の不安定入荷から生じる毎月の製品出荷・注文量間の乖離を最小限にとどめることにより、製材品安定供給の達成を解析しようとした。

上述の問題は、目標計画法<sup>1)</sup>によって以下のように定式化でき、製材品出荷量と注文量との差の12ヶ月間の総和を最小にすることが目的である。製材品出荷量の注文量からの超過値を  $\{w_{i,j}\}$ 、不足値を  $\{w_{i,j}\}$  とすると、目的関数は、

$$(1) \min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} (w_{i,j} + w_{i,j})$$

となる。ここで、 $n$  は消費地の数を示す。

$w_{i,j}$ 、 $(w_{i,j})$  は第  $i$  番目の消費地における第  $j$  月の超過（不足）値を示す。制約条件には、

$$(2) X_{i,j} + w_{i,j} - w_{i,j} = D_{i,j} \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, 12$$

$$(3) \sum_{i=1}^n X_{i,j} = V_j \quad j = 1, \dots, 12$$

さらに、非負の制約条件

$$(4) X_{i,j}, w_{i,j}, w_{i,j} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, 12$$

を用いた。なお  $X_{i,j}$  は第  $i$  消費地への第  $j$  月の製材品出荷量、 $D_{i,j}$  は第  $i$  消費地の第  $j$  月の製材品注文量、 $V_j$  は第  $j$  月の原木入荷量を表す。制約条件(2)式は、各消費地の毎月の注文量  $D_{i,j}$  と製材品出荷量  $X_{i,j}$  の関係を表し、 $w_{i,j}$ 、 $w_{i,j}$  により常に左辺 = 右辺の等号関係が成立する。制約条件(3)式は、毎月出荷される全製材品はその月に工場へ入荷される原木から作られることを示している。

## 3. 分析結果

本研究では、原木入荷の不安定性を12ヶ月間の原木入荷量の標準偏差により表した。図-2は、0から10 ( $\text{m}^3/\text{月}$ ) 毎増加させた11の異なる標準偏差と、平均974.19 ( $\text{m}^3/\text{月}$ ) の正規分布より乱数を発生させ生成した原木入荷量の12ヶ月間の推移を表す。製材品出荷先には19ヶ所の消費地を想定した。それぞれの消費地における製材品注文量は12ヶ月間一定とし、それぞれ205.30, 190.47, 127.57, 111.59, 73.46, 57.86, 48.78, 31.93, 27.77, 25.37, 23.72, 19.59, 17.27, 3.90, 3.70, 3.30, 1.26, 1.17, 0.17 ( $\text{m}^3/\text{月}$ ) とした。原木入荷量の製材品出荷量に及ぼす影響の分析には、全消費地の月平均変動、

$$(5) \text{月平均変動} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{12} (X_{i,j} - X_{i,j-1})^2}{11}}$$

を用いた。目標計画法問題の解法には線形計画法ソフトウェアをCPLEXを使用し、下記5つの場合を想定し分析を行った。分析の結果は表-1に示した。なお、表-1の標準偏差値は、実際の算出標準偏差であり原木入荷量の変動を表す。

①土場建設を想定しない場合：土場がないため原木の貯木ができず、毎月の原木入荷量は全て製材品として消費地に輸送される。目的関数(1)式、制約条件(2)、(3)、(4)式の基で最適解を算出した。その結果、原木入

荷量の変動に対する製材出荷量の月平均変動の増加率はおよそ136%であった。すなわち、原木の不安定性の度合い以上に消費地への出荷が不安定になった。

②土場建設を想定した場合：土場を建設することにより、原木の貯木が可能となる。第j月での原木貯木量を $Y_j$ とすると、制約条件(3)式は、

$$(3)' \sum_{i=1}^n X_{i,j} + Y_j = V_j + Y_{j-1}, \quad j = 1, \dots, 12$$

となる。ただし、 $Y_0 = 0.0$ である。目的関数と他の制約条件は①と同じものを用いた。最適解を算出した結果、土場による原木入荷量変動の緩和により、製材品出荷量への影響が緩和されることが分かった。原木入荷の変動に対し、製材品出荷量の変動の増加率は平均38%であった。

③土場建設による原木貯木量の最小化を考慮した場合：さらに、土場での原木貯木量最小化も考慮した場合の分析を行った。目的関数は、

$$(1)' \min Z = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{12} (w_{i,j} + w_{i,j}') + \sum_{j=1}^{12} Y_j$$

となる。制約条件には(2), (3)', (4)式を用いた。分析の結果、原木入荷量変動に対する製材品出荷量変動の増加率は②の場合の倍近くの68%となった。つまり、原木貯木量の最小化により製材品出荷量変動の増加率が約30%上昇したことになる。

④土場建設・製材品販売による利益を考慮した場合：次に、目的関数の超過値・不足値への製材品販売利益による重み付けをした場合の影響を調べた。この重み付けは、言い換えれば多くの利益が期待される消費地にはできるだけ製材品の安定供給を図ろうとすることを意味する。目的関数は、

$$(1)' \max Z = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{12} (w_{i,j} + w_{i,j}') P_i$$

となる。 $P_i$ は第i消費地へ出荷した場合の製材品販売による製材品単位当たりの利益を表す。ここでは土場の

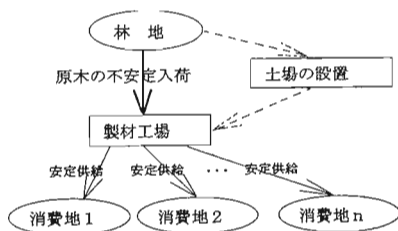


図-1 原木入荷・製材品出荷ネットワーク

表-1 原木入荷量変動に対する製材品出荷量の月平均変動

	* 平均増加率 (%)	原木入荷量変動 (標準偏差: 単位 $m^3$ )										
		0.00	11.35	25.64	32.77	33.24	40.46	49.25	73.02	78.94	94.43	99.10
①土場を想定しない場合	136	** 0.00	17.09	40.93	46.24	54.00	53.71	75.79	115.64	114.01	121.76	114.64
②土場を想定した場合	38	0.00	4.73	16.06	19.10	12.22	13.56	23.04	6.77	34.42	32.74	46.81
③貯木量の最小化	68	0.00	10.61	14.73	25.67	27.83	34.74	29.39	37.74	68.41	62.20	61.95
④利益重み付け	25	0.00	4.73	16.06	19.10	12.22	13.56	21.28	6.77	17.50	15.68	27.81
⑤利益重みと安定供給維持	23	0.00	4.73	16.06	19.10	12.22	13.56	21.28	6.77	17.50	15.68	20.26

\* : 原木入荷量変動に対する製材品出荷量変動の増加率    \*\* : 製材品出荷量の月平均変動 ( $m^3$ /月)

建設を想定し、制約条件には(2), (3), (4)式を用いた。原木入荷量変動に対する製材品出荷量変動の増加率は25%となった。これは②に比べ約13%の減少になるが、その内訳を見ると、原木入荷量の変動が小さいところでは製材品出荷量の変動は変わらず、最後の3つの原木入荷量変動で倍近くの違いが見られただけであった。

⑤土場建設・製材品販売による利益・製材品安定出荷維持を想定した場合：最後に、目的関数の超過値・不足値への製材品販売による重み付け、土場の建設、かつ製材品の安定出荷維持を想定した場合を分析した。すなわち④の制約条件に次の制約条件、

$$(6) X_{i,1} \leq X_{i,2} \leq \dots \leq X_{i,11} \leq X_{i,12} \quad i = 1, \dots, 19$$

を用い、製材品の安定出荷維持を図った。製材品の安定出荷維持制約のため、④に比べ製材品出荷量変動は僅かに減少し、原木入荷量変動に対し23%の増加率を示した。原木入荷量変動が小さい場合は④との違いは全く観察されなかった。

#### 4. 結論・考察

今回は、シミュレーション手法を用いて原木入荷量の製材品出荷量に及ぼす影響についての定量分析を行った。その結果、土場等の原木貯木機能が存在しない場合は、原木入荷そのものを安定供給しなければ消費地での製材品出荷量の安定化は図れないことが分かった。その場合、森林資源の経営管理の充実により原木の安定供給を目指したシステム構築が不可欠となる。また、原木貯木機能が存在する場合、製材品出荷量の安定化はかなり達成されるが、原木貯木によるキャリング・コスト等を考慮した場合の原木入荷から製材出荷に至るまでの効率性も今後分析していく必要がある。

#### 引用文献

- (1) 福川忠昭:オペレーションズ・リサーチ, 20(2), 53~58, 1975

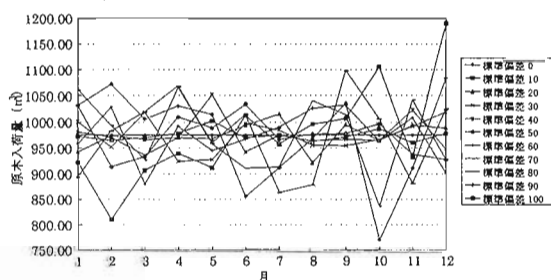


図-2 乱数発生による原木入荷量の推移