

等高帯状3伐生産システムの基本設計

—九州大学北海道演習林のカラマツ人工林を対象として—

今田盛生^{*1} · 光田 靖^{*2} · 吉田茂二郎^{*3} · 溝上展也^{*3} · 村上拓彦^{*3}

今田盛生・光田 靖・吉田茂二郎・溝上展也・村上拓彦：等高帯状3伐生産システムの基本設計—九州大学北海道演習林のカラマツ人工林を対象として— 九州森林研究 59：69—74，2006 九州大学北海道演習林の北部一帯のカラマツ人工林（約430ha）を1作業級と想定した保続生産システムとして、「等高帯状3伐生産システム」を基本設計した。このシステムの要点は3伐—人工植栽方式を採用し、伐期齢90年、主伐間隔年数15年、間伐林齢15、30、45、60、75年（間伐間隔年数を一定化し、主伐間隔年数と一致化）の育林プロセスに基づいて、3伐結合年伐区を30個（輪伐期90年/皆伐年伐区結合数3個）設定し、さらにそれらを等高線方向に3分割して等高帯状3伐区を計90個（3伐結合年伐区30個×3分割）設定して、山腹上部から下部に向い、伐採面下部になるべく多くの安定化林分を残置しながら、等高帯状3伐区の伐採—更新を進めるところにある。

キーワード：保続生産システム、帯状伐採方式、3伐方式、カラマツ人工林

I. はじめに

九州大学北海道演習林（3,713ha）の北部一帯には、約430haのカラマツ人工林が造成されている。この人工林は、1952年に発生した山火跡地の早期緑化を基本方針として造成されたことから、その造成当初においては種々の側面からの計画考慮の余裕がなかったというのが実状である。

現段階では、45～55年生に達したこれらのカラマツ人工林に関する研究が進展し、皆伐—人工植栽方式に基づく育林プロセス（光田ほか，2001，2003；今田ほか，2005）の研究成果については実用レベルに達した。しかしながら、それらの研究に基づく保続生産システム（今田ほか，2005）については、実用レベルに達した研究成果は見られない。

そこで、これらのカラマツ人工林を1作業級と想定し、その保続生産システムの基本設計を試みた。そのシステムに名称を付するとすれば、「等高帯状3伐生産システム」が妥当であろう。このシステムの基本設計内容を明らかにしたのがこの論文である。

なお、この等高帯状3伐生産システムという研究上の成果が、実際上人工林に適用試験されるか否かは、直接的には九州大学北海道演習林によって判断されるべきであり、全く別次元の問題であることを冒頭に断っておきたい。

II. 想定作業級の立地的・技術的概況

1 作業級と想定したカラマツ人工林の分布状態を示すと図-1

のとおりである。この図から明らかなように、山火跡地に造成された人工林であることから、山火事が地形に対応していないのに伴って、人工林境界線が地形に対応せず、沢から尾根まで植栽されている場合や、山腹斜面の中腹まで、あるいは下部に止められている場合もある。

その林齢は、早期緑化が進められたことから、45～55年に集中しており、大面積皆伐跡地の人工林の様相を呈している。したがって、現状の林齢の側面から、森林誘導（今田ほか，2005）に着手するにあたって主伐順序を計画考慮する余地がない状況にある。

この想定作業級は、面積が430haであるが、その標高は図-1に示すように約200～400mの間であって、緩傾斜地が多く分布する丘陵性の地形を呈している。その地形上の特徴から、主要な各稜線の標高差が比較的小さいこともあって、等高線方向に沿った帯状伐採が進めやすい条件下にあるといえる。

このカラマツ人工林には、図-2に示すように、間伐の実施に応ずる林道が既設されており、その密度は約70m/haに達している。この保続生産システムの設計にあたっては、これらの既設林道の利活用を十分に考慮すべき現状にある。

この想定作業級一帯の年降水量は770mmであり、さらに急傾斜地がわずかに分布するにすぎないことから、崩壊地はきわめて少ない現状にあり、小面積皆伐による斜面崩壊の危険度は高いと推察される。

Imada,M., Mitsuda,Y., Yoshida,S., Mizoue,N. and Murakami,T.: Fundamental designing of sustainable production system with three clear-cuttings in contour belts followed by planting - For Japanese larch plantation on the experimental forest of Kyushu University in Hokkaido -

*1 九州共立大学工学部 Fac. Engin. Kyushu Kyoritsu Univ., Kitakyushu 807-8585

*2 森林総合研究所 For.& Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687

*3 九州大学農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

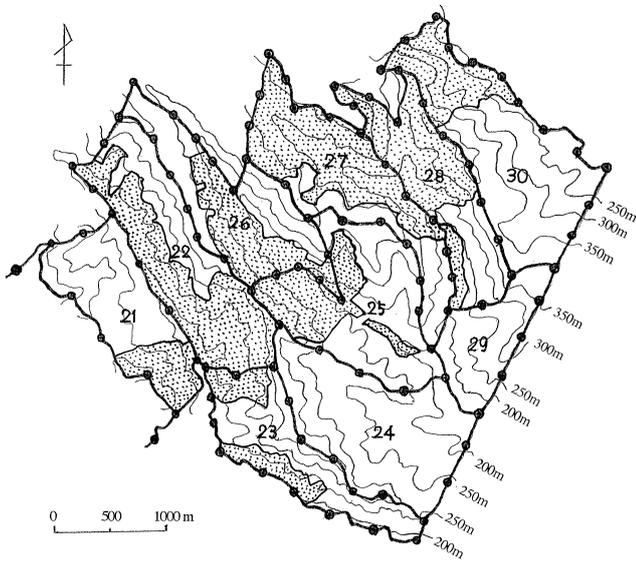


図-1. 九州大学北海道演習林の北部一帯におけるカラマツ人工林の分布状態 (想定作業級の団地の構成状態)
注) カラマツ人工林内に介在する小面積の広葉樹天然生林も、便宜上カラマツ人工林に含めた。

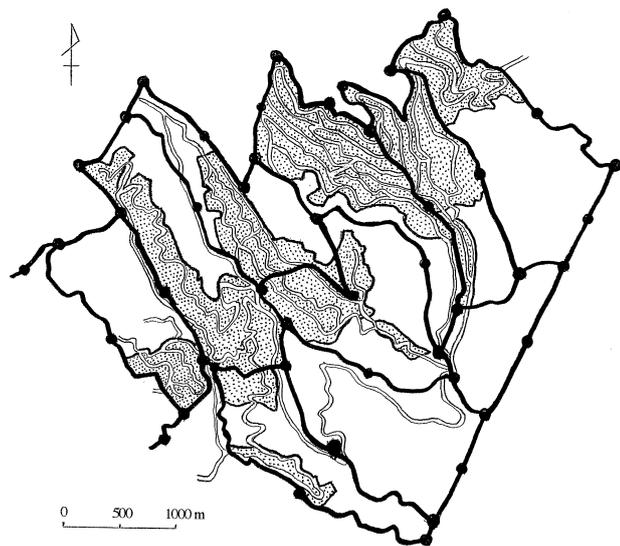


図-2. カラマツ人工林内の林道の開設状態
注) カラマツ人工林内のみの林道密度は約70m/ha

Ⅲ. 育林方式選定・育林プロセス設計

前述のような立地的・技術的諸条件を前提として保続生産システムの基本設計を試みる。その設計にあたっては、それに先行して育林方式が選定され、それに続いて育林プロセスが設計されているのが基本である (今田ほか, 2005)。ただし、実際には、育林プロセス設計がある程度進んだ途中段階からは、それに基づく保続生産システム設計にも着手し、相互にフィードバックを繰り返しながら両者の設計が進められる。

1. 育林方式選定

育林方式は、単位林地を対象とした伐採-更新の有機的結合手法であるが (今田ほか, 2005)、ここでの更新方式としては、北

海道地方のカラマツの更新特性から判断して、人工植栽方式を採用するのが妥当である。

それに応ずる伐採方式としては、やむなく採られた大面積育林方式から小面積育林方式への転換を図ることを目的として、漸伐方式に包括される3伐方式を採用する。この3伐方式とは、漸伐-天然更新方式における予備伐→下種伐→後伐という3段階の主伐回数をそれぞれ1回とし、同一更新面に対して主伐を3回に分け、その主伐ごとに3回の人工植栽を実施する方式である (今田, 1988; 今田ほか, 2005)。この方式によると、結果的には皆伐状態の林面を縮小分散化することが可能となる。

その主伐面の形状は、落水線方向の伐採を避け、等高線方向に沿った帯状とし、山腹斜面については流域保全に配慮して、伐採面下部になるべく多くの安定化林分 (15年生以上のカラマツ林分) を残置しながら、山腹上部から下部に向かって伐採-更新を進める方式を採用する。

2. 育林プロセス設計

育林プロセスは、前の育林方式を前提として、更新から主伐までの全育林過程にわたる育林作業の有機的一貫性のある長期時系列である (今田ほか, 2005)。ここでは、設計された育林プロセスの詳細にまではふれず、この保続生産システムの基本設計上必要と認められる要点のみを明らかにするに止める。

その第1の要点が伐期齢である。この想定作業級の現状における伐期齢は一部が50年とされているが、大部分は60年以上とされている (田代, 2002)。ここでの伐期齢を決定するにあたっては、3伐方式を採用することから、1回目と2回目、さらに2回目と3回目の主伐の間隔年数 (両者を同一年数とし、以下主伐間隔年数という) の倍数になるように調整する必要がある (今田ほか, 2005)。このような単位林地を対象とする伐期齢、したがって作業級を対象とする輪伐期と主伐間隔年数の関係が調整されていない場合には、作業級の保続生産システムが正常に稼働しないからである。さらに、同演習林の管理計画期間が10年 (したがって1

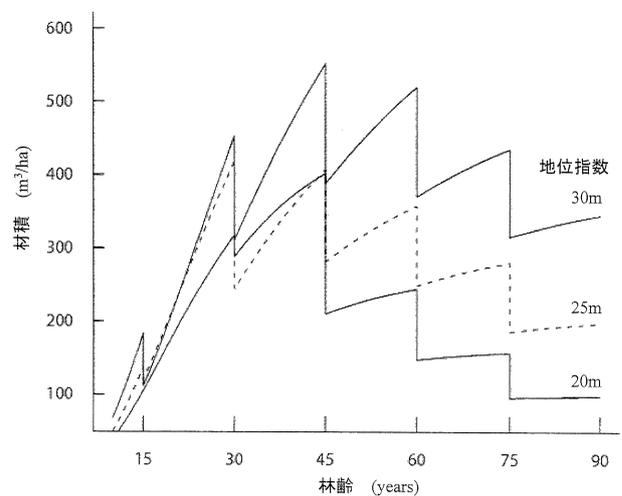


図-3. 等高帯状3伐生産システムにおける間伐プロセス
注) 樹高成長モデル (Mitsuda et al., 2003) および林分密度管理図 (日本林業技術協会, 1999) を応用し、間伐および90年生時皆伐による収穫収入の最大化を目的とした動的計画法により最適な本数間伐率を設定した。

齢級年数は10年が望ましい)であること、伐期齢の高齢化(したがって輪伐期の長期化)も考慮して、主伐間隔年数を15年とし、伐期齢をその倍数の90年(10年の倍数でもある)とする。

第2の要点は間伐プロセスである。この主伐間隔年数(15年)と間伐間隔年数を一致させ、初回間伐林齢を15年とし、以降15年間隔で一定化させ、30、45、60、75年の計5回の間伐を実施する間伐プロセスとする。その間伐プロセスを成長モデルの応用によ

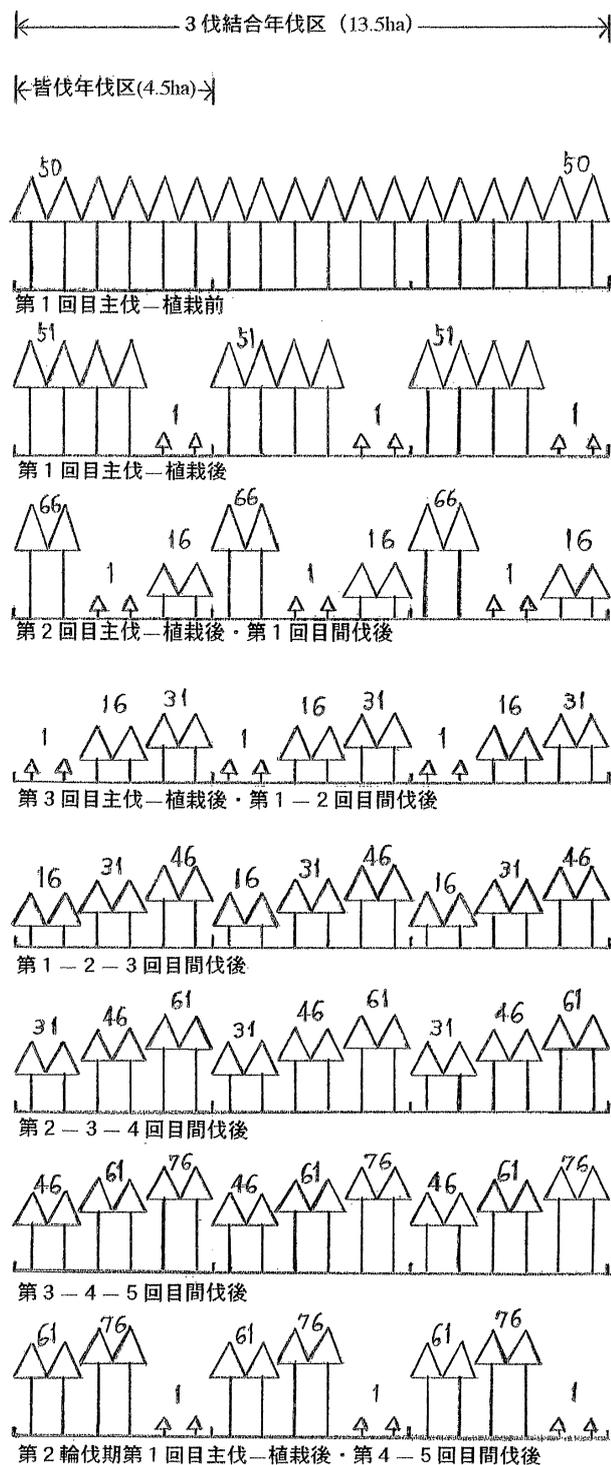


図-4. 3伐結合年伐区の育林プロセス
 注) 伐期齢: 90年, 主伐間隔年数: 15年,
 間伐林齢: 15, 30, 45, 60, 75年 (15年一定間隔)

り動的計画法によって設計すると図-3のとおりである。

このように主伐間隔年数と、間伐間隔年数を一定化した上で一致させるという時間的制御により、この保続生産システムが正常に稼動する森林施業段階では、図-4、-5に示すように主伐林分(90年生)-75年生間伐林分-60年生間伐林分を落水線方向に連結させるという空間的制御が可能となり、さらに45年生-30年生-15年生間伐林分も同様であって、主間伐集材作業が効率的に進められるというメリットが生じる結果となる。

IV. 3伐結合年伐区の設定

前述のような育林方式と育林プロセスに基づき、等高帯状3伐生産システムの基本設計を進める。その基本設計の最初の手順が「3伐結合年伐区」の設定である。ここでは、この想定作業級に皆伐方式を採用した場合をベースとしてその設定手法を論述する。このような論述方法をとった方がその設定手法を理解しやすいと判断したからである。

1. 皆伐年伐区の結合

この等高帯状3伐生産システムを適用する約430haのカラマツ人工林に輪伐期90年の皆伐-人工植栽方式を採用して森林細部組織計画(今田ほか, 2005)を策定したと仮定する。この作業級内には、林道敷・保護樹帯等の付帯設備用地として30ha前後が与えられたと仮定した場合、標準面積4.5ha(≒400ha/90年)の皆伐年伐区が90個設定される。この皆伐-人工植栽作業級の森林細部組織をそのままにして、その作業級にこの3伐-人工植栽方式を採用したと仮定する。

その場合の各皆伐年伐区(標準面積: 4.5ha)における育林プロセスは図-4の模式図のとおりである。すなわち、第1回目の主伐(当生産年度の成長休止以後に伐採, 以下同様)により1皆伐年伐区内の立木材積の約1/3が収穫され、その伐採跡地に人工植栽(主伐翌年度の成長開始直前に植栽, 以下同様)が行われる。ついで、初期成長の早いカラマツ植栽樹が15年生に達し安定化したときに、第2回目の主伐により残りの約1/2(当初の立木材積に対しては約1/3強)の立木材積が収穫され、その伐採跡地に人工植栽が行われる。さらに、15年(当初からでは通算30年)が経過した時期に、第3回目の主伐により残存立木材積の全部(当初の立木材積に対しては約1/3強)が収穫された後に人工植栽が行われ、1皆伐年伐区の更新が完了する。

このような育林プロセスをたどると、主伐年伐量に関しては皆伐-人工植栽作業級の場合とは異なった手法をとらねばならない。すなわち、皆伐-人工植栽作業級の場合には各生産年度の主伐年伐量は単一の皆伐年伐区(標準面積: 4.5ha)の主伐によって得られるが、3伐-人工植栽作業級の場合には単一の皆伐年伐区からは主伐年伐量の約1/3しか得られないことから、3個の皆伐年伐区からそれぞれ約1/3ずつの立木材積を収穫して各生産年度の主伐年伐量としなければならない。

したがって、3伐-人工植栽作業級では、各生産年度における新植・下刈・除伐・枝打・間伐等を包括した森林誘導、さらにそれが進展し保続生産システムの正常な稼動が可能となった以降の森林施業(今田ほか, 2005)は、単一の皆伐年伐区ではなく、つねに3個の皆伐年伐区を一組とし、それを単位として進められる

状3伐区の設定である。図-5に示すように、各3伐結合年伐区(13.5ha=900m×150m)を等高線方向に3分割して3回の主伐面を設定する。その等高線方向の帯状の主伐面をここでは「等高帯状3伐区」と称する。この保続生産システムは、その等高帯状3伐区を基軸とすることから、その名称を「等高帯状3伐生産システム」とした。

この等高帯状3伐区の標準面積は、皆伐年伐区のそれと同一の4.5ha(900m×50m)であり、帯幅(落水線方向)50m、帯長(等高線方向)900mが標準となる。

図-5に基づいて、想定作業級の一部を対象として実際に等高帯状3伐区を設定した場合を例示すると図-6のとおりである。この対象地は想定作業級最南部の第21林班であり、その面積が25.93haであることから、3伐結合年伐区(標準面積:13.5ha)が2個設定される面積規模にあると判断される。したがって、それを等高線方向に3分割した等高帯状3伐区の設定数は6個となる。この図から明らかなように、等高帯状3伐区の帯幅・帯長、したがって面積(3.11~4.23ha)も地形に制約されることから一定ではなく、部分的には帯長方向が等高線方向でない場合もみられる。図-5の模式図を実際の林地に適用する過程では、この程度の変則的な設定状態は許容されるものと考えられる。

VI. 主間伐林分の連結配置とそれによる伐出作業の効率化

図-5のように落水線方向の帯幅(標準50m)が狭く、等高線方向に長い帯長(標準900m)をもつ等高帯状3伐区単独では、主間伐材の伐出作業効率の低下というデメリットが生じるのが通例である。このデメリットを解消する方策として、この等高帯状3伐生産システムでは、育林プロセス設計において主伐間隔年数を一定化(15年)し、さらに間伐間隔年数も一定化(15年)した上で、両者の間隔年数を一致(15年)させる方策を講じた。

このような単位林地を対象とした時間的制御によって、この保続生産システムが正常に稼動する森林施業過程では、図-7の主伐-植栽順序に示すように、主伐の対象となる90年生の等高帯状3伐区林分の直下に、75年生間伐の対象となる等高帯状3伐区林分が連結され、さらにその直下に60年生間伐の対象となる等高帯状3伐区林分が連結されるという作業級を対象とした空間的制御

が可能となる。この3者の落水線方向の連結状態は、いずれの生産年度においても、想定作業級内を移転しながら、どこかの一カ所に現出する。さらに、この図には45年生-30年生-15年生間伐の対象となる等高帯状3伐区林分についても、同様な連結状態、現出状態であることが示されている。

したがって、主間伐材の伐出作業は、50m×900mの等高帯状3伐区単独ではなく、つねに150m×900mの3伐結合年伐区が対象となり通常の伐出作業面とかわりなく、さらにその対象作業現場は、生産年度ごとに移転するものの、430haの想定作業級中の2カ所に限定されることから、その作業効率の低下は回避できると考えられる。

なお、45~55年生のカラマツ人工林をこの等高帯状3伐生産システムによる保続生産林へ誘導する過程(森林誘導過程:第1輪伐期間)においても、図-4に示すように森林誘導が進展するにつれて、主間伐林分が連結化されてゆく。

VII. おわりに

九州大学北海道演習林の北部一帯のカラマツ人工林を対象とした等高帯状3伐生産システムに基づき、森林誘導を進める過程(第1輪伐期間)では、現状の林齢が45~55年生に集中し、しかも主伐間隔年数が15年であることから、生産年度ごとの主伐収穫量に大きな変動(基本的には増大変動)を生じるものと予測される。その大きな変動は、間伐収穫量によってある程度調整できるとしても、主間伐総収穫量も大きく変動する結果となろう。そのような変動は森林誘導過程においては許容されるものと考えられる。

この保続生産システムによる森林誘導過程は、原則として90年に及ぶ。したがって、森林誘導が近い将来に着手されると仮定すると、その進展につれて、作業級内を移転しながら現出する主伐対象の等高帯状3伐区林分の林齢は高齢化し、その最終段階では伐期齢の90年をはるかに超えて135~145年前後に達する結果となる。したがって、この保続生産システムの適用試験は、北海道十勝地方のカラマツ人工林の超長伐期施業試験をかねることにもなる。前述の主間伐総収穫量の増大変動は、カラマツ人工林がこのような超長伐期にも耐え得るという前提にたっている。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	山腹上部
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	山腹中部
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	山腹下部
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	山腹上部
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	山腹中部
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	山腹下部

図-7. 等高帯状3伐生産作業級における3伐結合年伐区の主伐-植栽順序

注1) 輪伐期:90年, 主伐間隔年数:15年, 間伐林齢:15, 30, 45, 60, 75年(15年一定間隔)

注2) —: 3伐結合年伐区界 —: 等高帯状3伐区界

注3) 主伐-植栽順序の逆順が当作業級内の林齢となる。したがって、この主伐-植栽順序そのものを当作業級内における林齢とみなしてよい。ただし、各生産年度の秋期(成長休止期)における主伐直前の林齢である。

注4) この図から、各生産年度において、90年生(主伐)-75年生(第5回目間伐)-60年生(第4回目間伐)林分, 45年生(第3回目間伐)-30年生(第2回目間伐)-15年生(第1回目間伐)林分が山腹斜面の落水線方向に逆順で連結していることがわかる。

この等高帯状3伐生産システムは、北海道十勝地方のカラマツ人工林を対象として設計されているが、このシステムに内包されている森林組織上の基本的枠組みは、立地条件が類似した他地方のスギ・ヒノキ等の人工林、さらに帯状複層林（溝上ほか，2002；溝上，2004）にも応用可能な場合があると考えられる。

最後に、この論文に関連した資料を快くご提供いただいた九州大学北海道演習林の古賀信也林長をはじめ、関係職員の方々に深甚なる謝意を表す。

引用文献

- 今田盛生（1988）日林誌 70：425-432.
今田盛生ほか（2005）森林組織計画，258pp，九州大学出版会，福岡。
Mitsuda,Y. et al（2001）J. For. Res. 6：87-93.
Mitsuda,Y. et al（2003）J. For. Res. 8：199-207.
溝上展也ほか（2002）日林誌 84：151-158.
溝上展也（2004）森林科学 41：28-34.
田代直明（2002）九大北海道演習林第6次森林管理計画書，61pp，九大演習林，福岡。
（2005年11月14日 受付；2005年12月22日 受理）