

経営上の制約を満たす森林経営計画の検討—東京大学千葉演習林の事例—

當山啓介・広嶋卓也・村川功雄・塚越剛史・大石諭・軽込勉（東大演）

要旨：2012年度から、森林施業計画に代わる制度として森林経営計画の運用が始まった。森林経営計画は、属地計画ならば対象林班の面積合計の半分以上を含まねばならない点、下限面積以上の間伐実施が求められる点や、間伐補助を受給するには単年度の平均間伐材搬出量 $10\text{m}^3/\text{ha}$ 以上が必要で、かつ森林経営計画の作成も要件になるとされている点などが特徴である。しかし、林業上の条件不利林分を抱える場合や、実施できる施業量に限りがある場合などには、森林経営計画に含める森林を限定して計画を作成することに合理性が生じる。本研究では、森林経営計画の要件と経営上の制約を同時に満たしながら最も広い面積を含む森林経営計画を探索する整数計画問題を定式化し、東京大学千葉演習林のデータに対して適用した。その結果、間伐業務に割ける労働力の制約が厳しいと間伐実施面積下限制約を満たすのが特に難しく、人工林の一部を計画範囲から除外せざるを得ないケースが指摘された。

キーワード：森林経営計画、東京大学千葉演習林、整数計画法

Abstract:In Japan, a new version of “Forest Management Plan (FMP)” system has started from 2012, which has some requirements: minimum area of thinning operation, minimum harvest volume /ha/yr through thinning for getting subsidy, and plan area requirement that more than half area of compartments must be included. However, it is reasonable to create FMP with excluding some stands in order to avoid constraints if some stands are unsuitable for efficient forestry or the practicable amount of forestry operation is limited. In this study, we formulated an integer programming which searches for feasible FMPs under required and operational constraints and maximizes plan area, and we calculated it using the data of the University of Tokyo Chiba Forest. The result showed that severe limitation of the practicable amount of forestry operation caused from labor shortage can make it difficult to avoid the constraint of minimum thinning area, meaning that they need to exclude some planted forest stands from FMP.

Keywords: Forest Management Plan, the University of Tokyo Chiba Forest, integer programming

I 森林経営計画制度の概要と課題

森林法に規定されている森林計画制度の下で、森林所有者およびその委託を受けた者は所有森林の管理運営方針を記載した森林施業計画を作成・提出することができ、この提出が補助金をはじめとする林政上の誘導政策の前提条件となる場合もあった。しかし、森林・林業再生プラン以後の議論に基づく2011年4月の森林法改正を受けて、2012年4月から、それまでの森林施業計画が森林経営計画に改められることとなった。

森林経営計画は、森林による公益的機能の発揮を謳いつつも、地域の民有林をこれまで以上に自主的に一体的に運営させることで林業生産性を向上させるとともに、そうした意欲ある主体に公的支援を集中させる狙いがある（例えば1,2）。森林経営計画の具体的な特徴としては、まず、森林施業計画の欠点を改め「集約化施業」を一層推進するために該当林班（単独あるいは連続する複数林班）面積の50%以上を計画対象に含めなければならない点（属地計画

の場合）や、2012年現在は移行措置があるものの、国による中心的造林補助である森林管理・環境保全直接支払制度の補助を受給するために森林経営計画の作成が必須になっていくとされている点が挙げられる。

また、2012年現在は例外もあるが、搬出間伐を推進するため ha あたり一定以上の材積を搬出することが間伐補助受給の条件となってきた。これにより、搬出間伐が重視される代わりに、伐捨間伐への補助が受給しにくくなると考えられる。例えば、全ての林分が若齢的林班で森林経営計画を樹立しても、おそらく採算の成り立つ搬出間伐がほとんどできず伐捨間伐ばかりになり、この林班は今後は単独では補助を受給できなくなる可能性がある。搬出間伐を促すことは合理的だが、自助努力が不可能な場合への対処法は明らかでない。

さらに、市町村森林整備計画に記載されている標準的施業の指針において示されている間伐の間隔・頻度から割り出される「下限面積」以上の間伐面積を5年間で確保する

Keisuke TOYAMA, Takuya HIROSHIMA, Isao MURAKAWA, Takeshi TSUKAGOSHI, Satoru OISHI, Tsutomu KARUKOME (University of Tokyo Chiba Forest. 770, Amatsu, Kamogawa, Chiba 299-5503), Search of “Forest Management Plan” which satisfies operational constraints in the University of Tokyo Chiba Forest

ことが求められる点も特徴である。ただ、標準的間伐間隔は平均値であるので下限面積も「平均的な下限面積」であるべきであり、成長の遅い林分しか抱えていない林班では、あるべき標準的間伐間隔はより長く、下限面積はより短くなるはずである。しかも、市町村森林整備計画に記載されている標準的施業の指針において示されている間伐の間隔は「標準伐期齢以下で10年、以上で15年」である場合が多い。市町村がこれを主体的に修正することはできるものの、一般に、間伐が遅れ気味であった平均的な民有林での間伐実施間隔では許容されないことがわかる。高頻度な搬出間伐実施は十分な搬出材積の確保を難しくして間伐の採算性を低下させる可能性もある(3)。

II 研究の目的

現在の林業を取り巻く条件下でも人工林管理に求められる間伐等を実施するためには、補助金受給を期待するのが一般的であり、そのために森林経営計画を可能な範囲で作成することが求められる。その際、森林所有者間の協同に基づく「集約化施業」すなわち路網の整備等を通じた効率化を推進して制約を満たすことが期待されている。しかし、地形等の不利な条件を抱える森林の場合、現状を改良する余地が少ない場合もあり得る。そのような場合に森林所有者側としては、一部の林分を計画から除外することで間伐実施下限面積を小さくしたり平均搬出材積を高くしたりして、制約達成を可能にすることができる。賛否はともかく、このような手段で「虫食い状」の森林経営計画を作成することには残念ながら合理性がある。

本研究は、様々な理由により搬出間伐の実施や大面積の間伐実施が容易でない条件を抱える森林における森林経営計画の作成を想定し、計画作成に際してどの制約が強い制約となるかを検証することを目的とする。具体的には、制約を満たすために一部の林分を森林経営計画から除外することを許容しながら森林経営計画に含める面積(以下、計画面積)を最大化する試算を行い、その結果を分析する。

さらに、人工林小班は往々にして除地を含んでいたり一部が不成績造林地となるが、計画対象森林全体においてこの全てを事前に把握するのはほとんど不可能であるため、森林経営計画作成時には主に帳簿面積で間伐実施下限面積を算出することになる。一方、補助金受給を意図する間伐実施においては、測量図面と検査を伴う実面積が実績値となり、帳簿面積よりも実面積が減少する場合が多い。逆に、縄伸び等によって帳簿面積より実面積が大きいこともあり得る。このように、実面積が帳簿面積と比べて系統的・非系統的にばらつくとしても、最終的に制約を満たさねば補助の受給はできない。したがって、間伐実施面積の

制約を満たすためには、森林経営計画の作成段階からある程度の余裕を見ておく必要がある可能性があり、この点の影響の程度も検証する。

なお、本研究では、各小班の施業の動向が他の小班での生産性などに影響を及ぼさないものとする。また実際には、樹冠の疎密度によって要間伐林であるか否かを判断する規定があるため、森林の現況とこの判断の運用によっては計画の姿が異なるものとなる可能性がある。

III 対象地と方法

対象地は東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林(以下、千葉演習林)とする。千葉演習林は搬出間伐が容易な林分が少なく、また大面積の間伐実施が困難な状況にあり、本研究は、制約を抱える森林における森林経営計画作成の検証例と見なすことができる。

千葉演習林は千葉県南部の鴨川市と君津市の2市にまたがっており、複数の集落を含む民有地を取り囲むような形状をしているが、ほぼ全域が地理的に連続している。また、東京大学は千葉演習林のほかにも6箇所の森林を演習林等として運営しているため、全体を単一の計画として扱わねばならない属人計画の樹立は難しい。したがって、本研究は千葉演習林全域を対象に、森林経営計画を属地計画として作成することを想定する。

千葉演習林は100年生を超える人工林を擁し、地形等の制約から林業収益性は低いものの、教育研究の観点から小面積皆伐を継続的に行っている(4)。千葉演習林においては現在、基本的に地拵植栽から除伐は職員が直営で行い、間伐・主伐は森林組合と民間業者に委託している。これまでの間伐の委託面積は毎年10ha程度であるが、直接的な教育研究活動業務も多く抱えることから、間伐等の委託のために必要な測量等の業務の大幅な増加が難しく、労働力あるいは間伐実施量に強い制約がある状況である。もちろん、間伐実施が赤字である場合の費用負担の増加も許容され難い。

計算の元とするデータは2012年時点の県森林簿を用いた。これによると、千葉演習林は48林班で2,229ha、うちスギ・ヒノキ林が717ha、749小班である。これらの林班は千葉演習林の林分のみで構成され、他の所有者所有林は含まれていない。本研究ではスギ・ヒノキ林のみを生産林とし、他の樹種の小班や、スギ・ヒノキ林でも試験林などは非生産林扱いとする。そのうち間伐対象齢級の面積は516ha、611小班である。ただし、実際には直近5年間の間伐実施小班は間伐実施面積下限値の算出対象から除外され、間伐面積に関して言えば非生産林と同じ扱いができるが、ここでは除外していない。また、本研究の計算では非

生産林を計画に含めることにデメリットがないため、一つの林班内の非生産林はまとめて1小班として扱っている。

千葉演習林は、堆積岩が地上に隆起した後に激しく浸食されてきた急峻な地形が特徴であり、緩斜面は非常に少ない。このため、これまでの収穫は林道脇の小班であってほとんど架線集材で行われてきており、地利条件の悪い小班は現状では収穫実施が困難である。この地利条件を主な根拠として、千葉演習林では人工林を長伐期林(地利条件が比較的良い。生産林の37%)と超長伐期林(地利条件が悪く当面主伐しない。生産林の63%)に分けて管理している。本研究では搬出間伐ができるのは長伐期林のみとし、超長伐期林では伐捨間伐のみ実施できるとした。なお、間伐材の搬出材積については便宜的に、森林簿記載の林分材積の20%とした。なお、地利条件が比較的良い長伐期林でも実際には搬出間伐が困難な林分も存在することに注意が必要である。

また、対象地での標準伐期齢はスギ45年、ヒノキ50年であるが、間伐実施面積下限値の算出対象とされている年齢は4齢級(16年生)以上、標準伐期齢の2倍までである。

本研究は、各小班を森林経営計画へ含めるか否かを決定変数とし、計画面積最大化を目的変数とする整数計画問題として計算した。その際、各小班の間伐実施年も決定変数とし、算出された計画面積の下で間伐実施面積を最大化して制約を満たせることを確認した。森林経営計画の規定に従った制約式としては前述の、計画面積を林班の50%以上とする対林班計画面積割合制約、間伐実施面積下限制約、各年 ha あたり搬出材積下限制約を設け、その他に、計画期間である5年間は補助を受給するため各年の間伐面積の下限を5haとする制約、間伐実施を委託するための業務に割ける労働力に対応する「各年の間伐実施面積上限制約」(必要な間伐業務労働力は間伐実施面積に比例すると仮定し、労働力制約を面積で代替的に表現する。以下、L制約)を設けた。

その上で、3通りのL制約(L=10が対象地の現状値。割ける労働力を増やす想定としてL=30, 50を想定)、2通りの「帳簿面積に対する実面積の割合」(減少率。以下、d。実面積が帳簿面積通りとするd=1と対象地での皆伐例を参考にd=0.8を想定)を想定し、各シナリオの計算結果を比較した。

計算には(株)数理システム NUOPT ver. 13.1.5 を用いた。

なお、大規模な整数計画問題はNP困難であり、厳密解を導出するのは難しい。本研究の問題も厳密解は一定時間内に導出されなかったが、厳密解の存在する上界・下界は導出され、この上下界のギャップはいずれのシナリオでも0.01ha未達であったことから、導出された計画面積は制約

内の最大値であると判断できた。

また、対象地は前述のように連続した森林で構成されているが、一部の小班あるいは林班を森林経営計画に含めずに除外する場合、計画森林が2つ以上の島状に分断され、単一の属人計画として認められなくなる可能性がある。ただ、本研究の問題では該当林班を計画に組み入れる場合、非生産林を組み入れることで制約は満たしやすくなるため、非生産林を必ず含めることになる。対象地では広葉樹林が約6割の面積を占め、かつ広葉樹林と接していない人工林が非常に少ないため、計画森林の地理的連続性は担保しやすい。したがって本研究では、得られた計画森林の地理的連続性を確認することとめた。

さらに厳密には、間伐時に実面積が判明した場合は計画面積も修正すべきだが、本研究はこの点は表現していない。

IV 結果

全てのシナリオにおいて、48個の林班全てが計画範囲に含まれることになった。また、ほとんどの林班では林班面積の1/2以上が計画範囲に含まれた。ただし、計画面積、特に計画に含まれた間伐対象年齢人工林の面積は大きく異なった(表-1)。(d=1.0, L=50)シナリオでは全ての小班を計画に含めることができた。一方、最も計画面積が小さいのは制約が最も厳しい(d=0.8, L=10)シナリオの1832.78haであり、全面積の82.2%を含んでいるが、間伐対象年齢人工林に限って言えば23.2%しかカバーできていない。これは、間伐実施下限面積がL制約下で実施可能な範囲内となるほど計画面積が小さくなるような解しか実行可能解とならなかったことを表している。

dを0.8と想定する場合、間伐実施面積が想定より2割小さくなってしまったため、間伐実施面積下限制約を満たしにくくなる。このため、d=1.0の場合よりもさらに間伐対象年齢人工林を計画から除外して、計画面積を減らさざるを得ない結果となった。

各制約を比べると、間伐実施面積下限制約とL制約のみが各シナリオにおいて有効な制約であることがわかる。なお、間伐実施面積を最大化しているためL制約が常に有効であるが、(d=1.0, L=50)シナリオで間伐実施面積下限制約が有効でなくなったことからわかるように、L制約が十分に緩ければ全ての小班を計画に含めることができる。

なお、本研究の仮定の元では、平均搬出材積下限制約は全てのシナリオで有効な制約とならなかった。これには、千葉演習林は予想搬出量が大きくなる高齢級小班の割合が高いことが影響したと考えられる。年齢構成がもっと若い場合や林分材積に対する搬出材積の比率が本研究の想定値である20%より低い場合は、平均搬出材積下限制約が

有効な制約となりやすいと予想される。また、補助需給のための毎年5ha以上の間伐実施制約は、2,000ha以上ある千葉演習林が対象であることもあり、間伐実施下限面積を満たす過程で自動的に満たしていたと言える。

V 考察

本研究では非生産林を含めることもあり、全林班を森林経営計画に含められる結果となった。また、全てのシナリオで対象地面積の8割以上の計画面積を確保することができる結果となったため、包括的な森林経営計画が作成できたようにも見える。しかし、間伐が必要とされる人工林のカバー率はシナリオにより大きく異なった。

表1からわかるように、実行可能解が存在するようになるまで間伐実施面積の上限と下限が調整される必要があり、労働力制約が厳しいときは間伐実施面積下限制約を満たすことが困難で、これを緩和するために間伐対象年齢級人工林の一部(($d=0.8$, $L=10$)シナリオにおいては76.8%)を森林経営計画から除外せざるを得ないという結果となったが、これは2012年現在聞かれる状況にも即したものである。本研究では森林所有者側の労働力制約を想定したが、森林組合等に事業量や労働力の限界がある場合も同様のことが起こり得るだろう。

実面積と帳簿面積の乖離が20%あるとする $d=0.8$ のシナリオでは、 $d=1$ のシナリオと比べて間伐対象年齢級人工林を最大で11.6%余計に除外しなければならなかった。このように、実面積と帳簿面積の乖離は制約を満たすために無視できない要因であることが確認された。

本研究により、森林経営計画の作成上の制約を満たすことが難しい場合、制度本来の趣旨とそぐわない面はあるが、制約が実施可能な範囲内に収まる値となるように計画面積を限定すればよいことが確認された。そのようにして、状況が許すようになった時点で計画面積を追加していくのが合理的である。それが許されなければ、意欲があっても状況が許さない森林所有者は森林経営計画を主体的に作成できないこととなる。

なお、以上の検討はいずれも千葉県の2012年時点の制度下におけるものである。森林経営計画制度や市町村森林整備計画は改良の途上にあり、制度や運用方法に変更があれば異なる結論となることも予想される。

VI 引用文献

- (1) 梶山恵司(2012) 森林・林業再生プランの背景と目指すところ—再生プランへの疑問に答える, 森林技術, 838 : pp.4-10
- (2) 佐藤宣子(2011) 小規模所有者排除の「森林経営計画」の問題, 林業経済, 63(11) : pp.22-26
- (3) 當山啓介・龍原哲・白石則彦(印刷中) 多様な条件下でのシミュレーションによるスギ人工林の伐期と間伐体系の検討, 日本森林学会誌
- (4) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林(2012) 千葉演習林第13期教育研究計画(2011(平成23)年度~2020(平成32)年度), 演習林, 51 : pp.27-66

表1. 各シナリオの結果と有効な制約
Fig.1 Results and binding constraints of scenarios

	d=1			d=0.8		
	L=10	L=30	L=50	L=10	L=30	L=50
計画面積 (ha)	1862.78	2127.09	2229.11	1832.78	2067.09	2227.09
全体に対する割合	83.6%	95.4%	100.0%	82.2%	92.7%	99.9%
うち、間伐対象年齢級人工林 (ha)	150.00	414.31	516.33	120.00	354.31	514.31
全体に対する割合	29.1%	80.2%	100.0%	23.2%	68.6%	99.6%
この時の間伐実施面積下限 (ha)	50.00	150.00	201.01	40.00	120.00	200.00
平均間伐実施面積 (ha/yr)	10.00	30.00	50.00	10.00	30.00	50.00
平均搬出材積 (m ³ /ha/yr)	20.57	22.52	26.08	24.64	27.90	26.43
計画面積が林班の1/2未満の林班数	1	0	0	1	0	0
得られた解において有効な制約 (○:有効)						
対林班 計画面積割合						
間伐実施面積下限	○	○		○	○	○
各年ha搬出材積下限 (補助用)						
各年間伐実施面積下限 (補助用)						
各年間伐実施面積上限 (L制約)	○	○	○	○	○	○

d: 帳簿面積に対する実面積の割合

L: 各年間伐実施面積上限 (ha) (労働力制約に相当)

なお、平均搬出材積は解における結果であり、最大値ではない。