

第3章 複数の大規模木質バイオマス発電所における 燃料木材の競合

—岩手県における大規模木質バイオマス発電所を事例に—

國井 大輔

1. はじめに

再生可能エネルギー由来の電力固定価格買取制度（FIT）の導入に伴い、バイオマスを利用した発電事業が注目され、2012年の制度開始から2015年11月までの累計買取電力量は、1,032,377万kWhとFIT認定事業からの合計買取電力量の12.6%を占めている。特に、間伐材等由来の木質バイオマスを利用した発電事業については、現在全国各地で新たな木質バイオマス発電所の建設および建設計画が進行中である。安藤（2014）によると、2012年7月から2014年4月末までに稼働もしくは計画が発表された発電所は81か所に上っており、全国の都道府県の中でも、岩手県、福島県、宮崎県、鹿児島県で木質バイオマス発電所の数が多くなっている。FITにおける設備認定に際し林野庁は事前のチェックシートを公開しており、未利用間伐材等を使用燃料とする場合について、燃料となる木材の安定供給や木材の既存利用への影響に関して確認をするため、都道府県林務担当部局等への事前説明と林野庁におけるヒアリングを求めている（資源エネルギー庁、online）。事前チェックシートでは、発電能力や使用燃料、燃料の使用量、購入予定価格などとともに、①木材の買い取り価格について、山側への還元が十分なされているか、②林業・山村地域等の活性化への配慮（地域内への波及効果、雇用創出、地域林業への効果）があるか、③燃料を安定調達できるか（どのように調達しようとしているか、施設から50km圏内の材の需要者に対する対応）、④山側への要望や課題、⑤住民や既存分野の関係者からのネガティブな反応とそれに対する対応、に関する記載項目があり、様々な方面への配慮がうかがえる。ただし、使用木材の需給バランスや他の需要者との競合に関する定量的な分析結果は求められていない。特に、木質バイオマス発電所のように、面的に広く薄く分布している資源を大規模需要へ安定供給する場合、燃料の収集範囲が広範囲に及ぶことから、立地条件や道路などのインフラを考慮した分析や同一燃料種を利用する他の需要者との競合関係の分析を、定量的に行うことが重要である。既存の研究では、バイオマスの供給可能量推計（上村他、2009、吉岡・小林、2006）や収集コスト分析（佐無田他、2011、山口他、2010、Yoshioka et al., 2011）、バイオマス利用プラントの建設最適地抽出（Panichielli and Gnansounou, 2008）に関する研究は行われているが、複数の需要に対する燃料木材の競合に関する研究は見られない。

複数の木質バイオマス需要における競合を分析するためには、各木質バイオマス発電所における木質バイオマス収集範囲を知る必要がある。つまり、各発電所の需要を満たすためには、燃料となる木材を需要地からどの程度離れた場所まで取りにいかなくてはならな

いかということを示す範囲である。この範囲を特定するためには、まずは発電所の周囲にどの程度木質バイオマスが分布しているかを把握し、その後需要量に応じて収集範囲を決定する必要がある。木質バイオマスの賦存する森林は発電所周辺に均一には分布しておらず、森林においても樹種や樹齢の違いにより、そこから供給できる材積量もさまざまであるため、発電所周辺の森林の樹種や材積量に応じた分布状況を把握する必要がある。また、木材を収集するための収集範囲の決定には、需要地点から半径何 km の円や、トラックでの輸送距離何 km の範囲、トラックでの輸送時間何分の範囲等による決定方法が考えられる。たとえば、経済産業省（2015）では、半径 50km における木材収集を例として挙げており、また上村他（2009）では大手製材所への聞き取り調査の結果として、輸送距離 50km 圏内の森林から 80%、100km 圏内からはほぼ 100%の原木を収集しているという結果が示されている。このような木質バイオマスの分布状況と収集範囲を分析することで、発電所で必要とする木材を収集するためにはどの程度の収集範囲になるかが判明し、これらを地図上に記載することによって、燃料となる木材収集範囲の競合具合が判明する。

ただし、このような分析を行う上では、どのようなデータを利用するかが問題となる。たとえば、Kinoshita et al.（2009）では、高知県の梶原村を対象として、資源量の把握に森林簿を利用しており、上村他（2009）は東北地方の3県を対象として、資源量の把握には植生図を利用し、収集範囲の把握には道路網のデータを利用している。また、Emer et al.（2011）では、広範囲の分析（北イタリア地方）では、土地利用図と統計値から資源量を分析し、狭範囲の分析（プリミエロ・バレー地域）では、資源量の把握には森林簿を利用して、収集範囲などには道路網のデータを利用している。このように、木質バイオマスの収集範囲や分析の対象範囲の規模に応じて利用されるデータが異なっており、これはデータの精度と容量に規定されている。詳細な材積量等のデータを利用するならば、より正確な分析結果を得ることができるが、大規模需要に合わせるような広範囲の分析を行う場合には、データ量が膨大になるために、多額の費用と時間がかかり費用対効果が低くなる。また、そもそも開発途上国などでは、後述の森林簿等の詳細なデータが入手できない場合もある。一方、小規模な需要に対して簡易的なデータを利用した場合には、データの精度によっては、需要に対する分析の誤差が大きくなりすぎてしまうことも考えられる。資源量の把握で利用されるデータでは、森林簿は林業施業の最小単位である林小班ごとに樹種、材積量等が管理されており、情報量の多い詳細なデータとして利用される。また、植生図は5万分の1や2万5千分の1の地形図の上に樹種による色付けなどがされており、比較的簡易なデータとして利用できるとともに、Web 上から全国のデータがダウンロード可能である。収集範囲については、道路網を考慮した詳細な分析や需要地を中心とした円による簡易な範囲設定などがある。道路網を考慮した分析を行う場合、地理情報システム（GIS）を利用する上でもより高度な技術が必要となるのに対して、需要地を中心とした円を利用する分析では、そのような高度な技術は必要とされない。この様に、木質バイオマスの資源量に関する分析を行う場合、需要の大きさに対して、まずは上述のような詳細データ及び簡易データに関する適正の検証は重要である。

そこで本章では、複数の木質バイオマス発電所による木材需要においてデータの適合性を検証したのち、どのような競合が生じているかを把握することを目的とする。本章ではまず、詳細なデータ（道路網・森林簿）と簡易なデータ（需要を中心とした円・植生図）による資源量分析結果の違いについて比較をし、利用するデータによってどの程度の誤差が生じているかを検証することで、当該規模の分析にはどのようなデータが適しているかを把握する。その後、複数の木質バイオマス発電所における木材の収集範囲の競合に関する検証を行う。また本章では、岩手県における木質バイオマス発電所を事例とする。その理由は、上述のように、岩手県は全国的にも木質バイオマス発電所の FIT 認定件数が多く、木材の競合が生じやすい環境にあると考えられるためである。本章の構成は、2. において、まず詳細なデータと簡易なデータによる分析の違いについて検証を行い、3. において複数の木質バイオマス発電所における木材収集範囲の競合に関する検証を行う。そして、4. で全体のまとめを行う。

2. 詳細データと簡易データによる資源量分析の検証

(1) 研究の概要

本節では、木質バイオマス発電所のような大規模な需要に対する資源供給可能量を分析する際に利用するデータに関して、詳細なデータと簡易なデータによる分析結果の違いについて比較検証する。対象は、1. で述べたように全国の中でも木質バイオマス発電の FIT 認定件数の多い岩手県において、実際に稼働中の発電所とする。まず木材の収集範囲の比較として、収集範囲の面積を算出する。その計算には、詳細なデータとして岩手県の道路網データ^①を利用し、簡易なデータとして対象とする発電所から半径 50km の円のポリゴン（円ポリゴン）^②を利用する。また、供給可能木材の材積量の比較を行うため、詳細なデータとして岩手県の民有林の森林簿および国有林の森林調査簿（樹種別）^③（以下これらをまとめて「森林簿」とする）を利用し、簡易なデータとしては岩手県の植生図および統計値を利用する。

(2) 発電所の概要

対象とした木質バイオマス発電所（発電所 X）について 2015 年 3 月のヒアリング調査結果に基づき概要を示す。当該発電所は最大出力 5800kW で、2014 年より稼働開始し、現状 800kW は発電施設内での自家消費であり、残りの 5000kW 分を売電している。発電所 X は自社製材工場において増産を行った場合のチップの安定的な出口を創出する目的で計画されたものであり、2011 年 3 月の東日本大震災においてバイオマスエネルギー利用の重要性を感じスタートさせものであるため、あくまで「副産物の利用」という立場で行っている。また、木質バイオマス発電所により木材の安定的な出口を供給することで、林業の底上げ

も目的の1つとなっている。発電事業については、基本的には自社から発生するチップのみでも経営が成り立つ規模を想定しており、万が一他から間伐材が集まらなくなった場合においても、事業継続が可能であると想定している。

木質チップの使用量は年間約90,000トンであり、そのうちの45,000トンが自社製材工場が発生する木質チップを利用しており、残りの45,000トンは、岩手県内で素材流通の調整を行っている素材流通組織を通じて丸太を購入し、施設内でチップ化して利用している。この素材流通組織から購入する間伐材は、今のところすべて国有林から出た木材である。木材は、おおよそ270トン/日で納入されており、樹種の割合としては、カラマツ：スギ：アカマツ＝35：60：5の割合である。発電所から発生する灰については、岩手県内のセメント会社に有償にて引き取ってもらっている。

(3) 分析方法

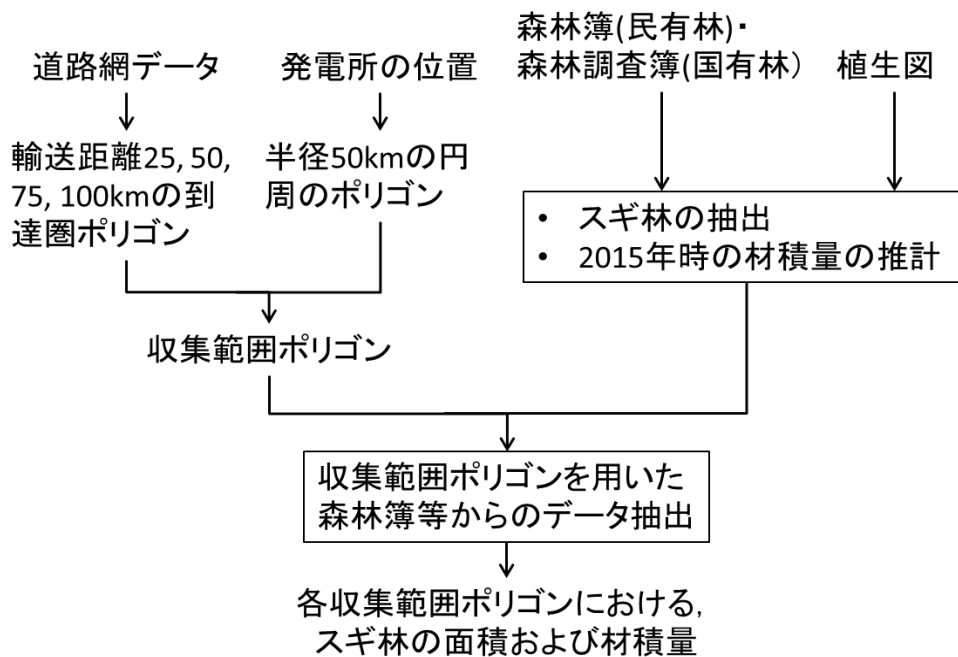
第1表 分析項目と利用データ

	詳細データ	簡易データ
収集範囲	道路網	円ポリゴン
材積量	森林簿	植生図・統計値

本分析では、発電所Xを対象とし、当該発電所で燃料として利用される木材は、スギの間伐材のみと仮定する⁽⁴⁾。また利用する詳細データとしては、収集範囲とその面積

を計算するために、道路網データとしてArcGIS Data Collection 道路網2014（岩手版）を利用し、発電所への供給可能木材の材積量を計算するために、岩手県の森林簿を利用した（第1表）。簡易データとしては、収集範囲とその面積の計算には発電所から半径50kmの円のポリゴン（円ポリゴン）を作成および利用し、材積量の計算には5万分の1の植生図および岩手県の統計値より算出した岩手県のスギ林の平均材積量を利用した（第1表）。

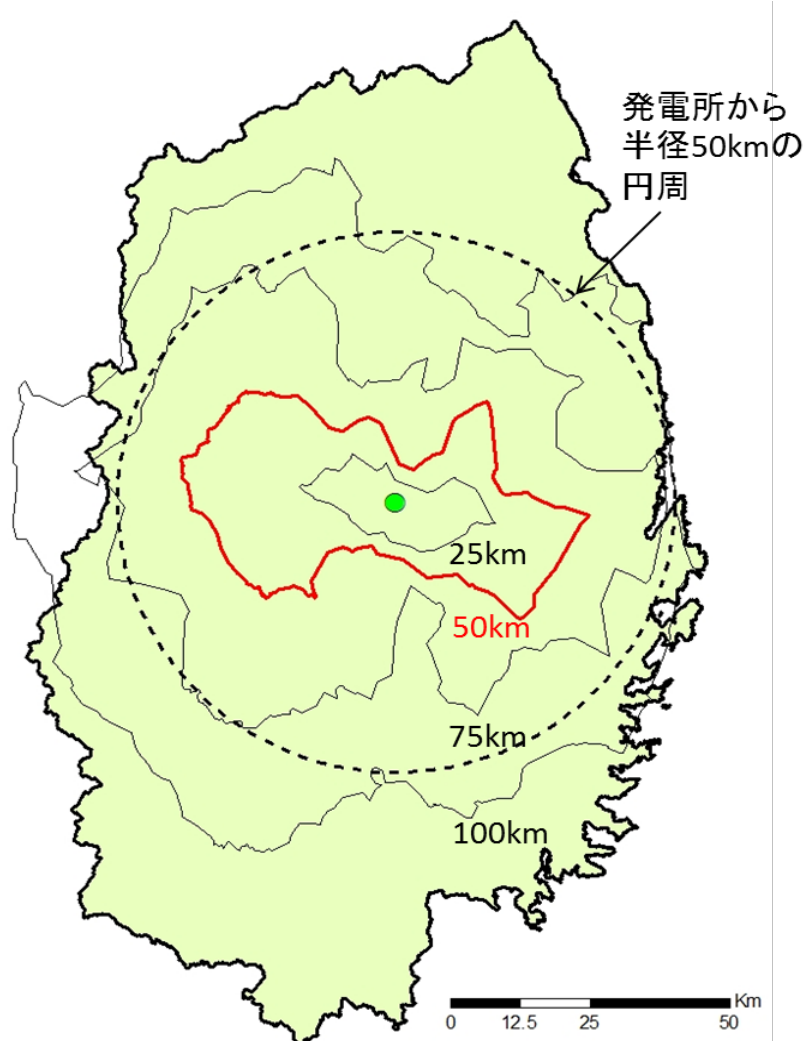
分析の概要を第1図に示す。まず、対象とする発電所における木材の収集範囲を推計するために、詳細データである道路網データを利用して、道なりに輸送した場合の距離（輸送距離）25、50、75、100kmで到達できる範囲である到達圏ポリゴン⁽⁵⁾を作成する。また、簡易データとして、発電所Xから半径50kmの円ポリゴンを作成⁽⁶⁾し、到達圏ポリゴンと円ポリゴンを合わせて収集範囲ポリゴンとする。この収集範囲ポリゴンにより木材の収集範囲面積の違いについて検証する。次に、森林簿および森林調査簿（森林簿）および植生図の分析を行う。まずは、森林簿のスギ林の林小班を抽出し、各林小班における年度の成長量がそのまま毎年続くと仮定して、民有林・国有林どちらも2015年時のスギの材積量を推計した。また植生図は、生物多様性センターの植生図第5回調査（1994年～1998年）⁽⁷⁾を利用し、植生図の植生区分における集約群落名の「スギ・ヒノキ・サワラ群落」をスギ林として抽出した。植生図では各スギ林の材積量を求めることができないために、スギ林の材積量は、岩手県（2015）から計算した岩手県の平均スギ材積量（397.2m³/ha）を、植生図から求めたスギ林の面積に乗じることで算出した。その後、森林簿および植生図と収集範囲ポリゴンを重ね合わせ、各収集範囲ポリゴンに含まれるスギ林を抽出し⁽⁸⁾、収集範囲におけるスギ林の面積および材積量を算出した。



第1図 分析の概要

(4) 分析結果

まず、詳細データを利用した輸送距離（25、50、75、100km）と簡易データを利用した半径 50km の円ポリゴンによる収集範囲の違いを比較した結果を示す（第2図）。赤い線で示した輸送距離 50km の収集範囲と点線の円で示した半径 50km の円による収集範囲が大きく異なっていることがわかる。具体的にその収集範囲の面積を比較してみると、輸送距離 25、50、75、100km における収集範囲面積はそれぞれ 312、1704、5335、10582km²であり、半径 50km の円による収集範囲面積は 7847km²となった。つまり、収集範囲を半径 50km の円で想定していた場合、それと同等の収集範囲面積を得ようとする、実際には輸送距離で 75km から 100km の範囲から木材を収集する必要が生じるといえる。本分析における詳細データと簡易データの比較では、詳細データは簡易データの 21.7% の面積にすぎず、輸送距離としては 1.5 倍から 2 倍の差が生じる。3. の分析においても、大規模木質バイオマス発電所における収集範囲においては、輸送距離を利用した収集範囲の分析を採用するのが好ましいと考えられる。



第2図 木質バイオマス発電所から半径 50km の円と道路距離 (25, 50, 75, 100km)の範囲

次に、詳細データとしての森林簿と、簡易データとしての植生図を利用した際の比較結果について考察する（第2表）。収集範囲ポリゴンおよび円ポリゴンにより抽出したスギ林から算出した面積と材積量は、共に森林簿の方が大きくなり、植生図におけるスギ林面積は森林簿における面積の 50%から 87%（平均 73%）、同総材積量は 68%～95%（平均 81%）となった。つまり、詳細データとして森林簿を利用した分析結果よりも、簡易データとして植生図を利用した分析結果の方が過小評価される可能性が示唆された。この原因は、森林簿と植生図におけるスギ林の分布状況の違いによる影響が大きいと考えられ、特に輸送距離 25km, 50km においては分析結果の差が大きくなることから、収集範囲が小さくなるほど分析結果の差も大きくなる傾向にある。本分析のような、収集範囲が半径 50km の円の範囲を想定するような規模の場合は、その誤差は詳細データ、簡易データともに面積で 20%、

材積量で 10%程度の誤差が生じると想定され、森林簿等の詳細データの利用が望ましい。ただし、森林簿等の詳細データが入手できない場合について植生図等の簡易データの利用も可能であるが、上述のような誤差を考慮する必要がある。また、たとえば 2014 年より FIT の対象として新設された 2000kW 未満の間伐材等由来の木質バイオマスを利用した発電に関する分析を行う場合には、本事例よりもさらに小さな収集範囲の設定が見込まれるために、植生図のような簡易データよりも、森林簿のような詳細データの利用が適していると考えられる。

第 2 表 森林簿と植生図を利用した岩手県内のスギ林面積および総材積量

	森林簿(国・民)		植生図		植生図/ 森林簿 (面積)	植生図/ 森林簿 (材積量)
	スギ林面積 (km ²)	総材積量 (千m ³)	スギ林面積 (km ²)	総材積量 (千m ³)		
輸送距離25km	27	807	14	548	0.52	0.68
輸送距離50km	153	5,600	100	3,970	0.65	0.71
輸送距離75km	567	20,090	442	17,557	0.78	0.87
輸送距離100km	1,214	43,957	1,053	41,804	0.87	0.95
円ポリゴン (50km)	826	30,246	654	25,963	0.79	0.86
岩手県全体	2,000	78,267	1,537	61,045	0.77	0.78

注 1. 森林簿の総材積量は、2015 年現在の材積量を計算した結果である。

注 2. 植生図の総材積量は、平成 25 年度岩手県林業の推計（岩手県，2015）における岩手県内のスギ林の平均材積量 397.2 m³/ha を利用して計算した。

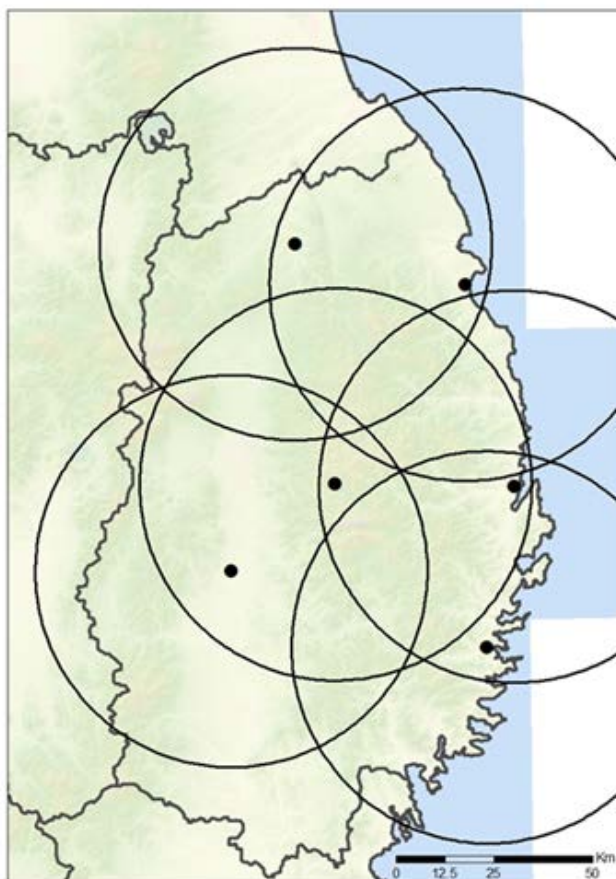
3. 複数の木質バイオマス発電所における木材収集範囲の競合の検証

(1) 研究の概要

本節においては、岩手県における複数の木質バイオマス発電所における木材の競合について分析を行う。2016 年 3 月現在、岩手県内において稼働中もしくは計画・建設中の 2000kW 以上の木質バイオマス発電所は混焼を合わせ 6 カ所（A～F とする）存在している。これらについて各発電所を中心とする 50km の円を収集範囲として描いてみると、ほぼ岩手全県が収集範囲に含まれ、さらには多くの場所で 2 つ以上の発電所における収集範囲が重なり合っていることがわかる（第 3 図）。このような状況においては、集材範囲が重なりあっている場所では、発電所間での燃料需要の競合が危惧されるが、木材の競合に関しては定量的な検証がされていない。そこで本節では、岩手県内の 6 つのバイオマス発電所の需要を岩手県内のスギ間伐材で賄うと仮定した場合に、どのような競合が生じるかについて検証を行った。

(2) 分析方法

対象とした森林は、岩手県内の森林簿に記載されているスギ林とする。そのスギ林の 25, 35, 45 年生のスギ林を体積当たり 30%の間伐率で間伐し、間伐した木材のうちの 30%を搬出、さらに搬出した間伐材のうち 40%を発電用のチップとして利用するとした⁽⁹⁾。木材の収集範囲は、前節を参考に、各発電所から輸送距離 25km, 50km, 75km, 100km として分析を行った⁽¹⁰⁾。また各発電所において、発電に必要な燃料木材材積の想定量(需要量とする)は、安藤(2014)から 1000kW あたり 13,895m³と推計し⁽¹¹⁾、各発電所の最大出力量に掛け合わせることで求めた。F 発電所については、混焼発電であるために、需要量は岩手県(2015)より計算した。なお、乾燥重量から材積量への換算係数は 2.2(林野庁企画課, 2016)を用いた。ただし、実際には現在稼働中の発電所では、スギ間伐材以外の木材や建築廃材等も同時に利用していたり、自社の製材所で発生するチップも利用していたりするが、本分析ではすべての発電所が岩手県内で発生するスギ間伐材を利用すると仮定している。



第3図 岩手県における6つの木質バイオマス発電所から半径50kmの円の重なり具合の様子

(3) 分析結果

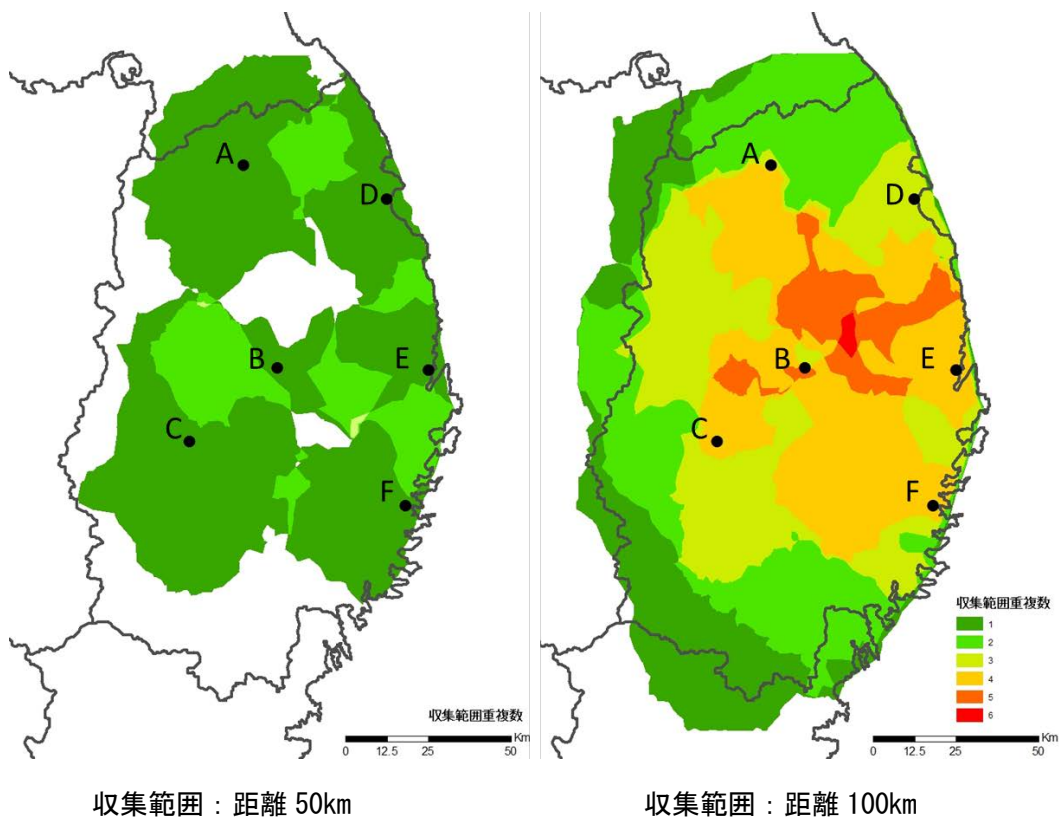
各発電所における需要量に関して分析を行い、結果を第3表に示す。6つの発電所において輸送距離50kmの範囲内で需要量を満たすことができる施設は、混焼発電で需要量の少ないFの1か所のみであり、Cで75km、BとEで100km、AとDでは岩手県内における輸送距離100kmの収集範囲内のスギ間伐材では需要を満たすことができなかった。本分析では木材の供給を岩手県内のスギ林のみに限っているが、AとDは青森県との県境近くに立地しているため、青森県からの供給を想定していると考えられる。

第3表 岩手県内の6発電所における材の収集範囲と利用可能材積量の関係

		(単位:m ³)				必要な材積 の想定量
		25km	50km	75km	100km	
A	国有林	351	2,286	5,266	9,186	86,087
	民有林	7,105	17,779	23,945	33,187	
	合計	7,456	20,065	29,211	42,372	
B	国有林	456	1,334	9,174	21,924	79,889
	民有林	1,282	8,035	28,983	72,436	
	合計	1,738	9,369	38,157	94,360	
C	国有林	2,117	9,565	21,580	25,826	86,087
	民有林	6,361	35,035	69,510	103,556	
	合計	8,478	44,600	91,090	129,382	
D	国有林	316	664	789	2,264	192,835
	民有林	2,029	7,235	17,132	27,119	
	合計	2,345	7,899	17,920	29,383	
E	国有林	307	1,231	4,027	7,195	41,322
	民有林	4,079	11,488	23,781	56,706	
	合計	4,386	12,719	27,808	63,901	
F	国有林	537	4,053	7,434	9,263	6,600
	民有林	9,320	35,045	61,449	82,443	
	合計	9,857	39,097	68,883	91,706	
合計						492,819

第3表のように、ほとんどの発電所が100km以上の輸送距離を収集範囲とする必要があったため、次に6つの発電所における輸送距離50kmと100kmの収集範囲を地図上に示し、各発電所による木材の収集範囲の重複具合を考察する。第4図は、6つの発電所における木材の収集範囲を重ね合わせたものであるが、収集業者数が1の場所では、その場所を木材の収集範囲とする発電所が1か所であることを示しており、この場所では競合は起きていない。一方、収集業者数が2以上になると、2つ以上の発電所の収集範囲が重なり合っていることを示し、競合が起きていることを表している。まず6つの発電所における輸送

距離 50km による収集範囲すべてを重ね合わせた場合（第4図左），多くの場所で1つの発電所による独占状態を示す収集業者数1となった。けれども，Bの周辺では，収集業者数が2の場所がみられ，これはBが岩手県の中央部に位置しているために，周囲の発電所との競合範囲の割合が他の発電所に比べて高くなったと考えられる。さらに，輸送距離を100kmに広げた場合には（第4図右），岩手県全体が6つの発電所による木材の収集範囲の中に含まれ，その多くの場所で収集業者数2以上と，競合が生じる可能性が示された。特に，BやEにおいては，発電所の周囲において収集業者数が4以上の場所が多くなり，自らの発電所の直近においても競合が生じる可能性が高い。発電所における競合具合を数値で表すと第4表になる。輸送距離50kmの場合の収集事業者数をみると，79.4%の範囲は他の発電所と競合なく木材を収集可能となる。一方，輸送距離を100kmとすると，6つの発電所の収集範囲全体の95%が2か所以上の収集範囲と重なり合っており，50%以上が4か所以上の発電所の収集範囲が重なっていた。第3表によると，4つの発電所で輸送距離100km以上の収集範囲が必要となることが示されており，6つ全ての発電所が稼働した場合には，岩手県の多くの森林で発電用の木材の競合が起きると予想される。



第4図 輸送距離50km および100kmにおける木材の競合の様子

第4表 複数の発電所における収集の競合具合

収集事業者数	道路距離50km		道路距離100km	
	収集範囲に含まれる面積 (ha)	割合 (%)	収集範囲に含まれる面積 (ha)	割合 (%)
1 (重複なし)	12,541	79.4	5,506	4.5
2	3,225	20.4	20,343	16.7
3	21	0.1	33,116	27.2
4 (重複あり)	0	0	50,961	41.8
5	0	0	11,588	9.5
6	0	0	432	0.4
合計	15,786	100	121,946	100

ここで、岩手県におけるスギの間伐実施状況と本分析結果を比較する。第5表に、2008年度から2012年度までの岩手県におけるスギの間伐実施状況を示した。2012年度は他の年度と比べて著しく間伐量が少ないため、2008年度から2011年度までの平均値を計算すると、平均の間伐材積量は421,590m³となり、岩手県内のスギ間伐材のみを燃料とした場合、間伐した木材をすべて搬出し発電に利用したとしても、6つの発電所の需要(492,819m³)を完全に満たすことはできない。また、2012年の実績値として、間伐材の主な用途としては、製材・加工材としての利用が52.7%、丸太としての利用が6.7%、原材料(チップ)としての利用が40.6%となっており(岩手県, 2015)、岩手県の平均間伐材積量をすべて搬出した場合においても、チップとして利用できる木材は168,636m³程度となり、さらに供給可能性が減少するはずである。

本分析では、発電所で必要とされる燃料すべてを岩手県内で生産される間伐材由来のチップと仮定し、必要な木材材積量に関しては、文献値をもとにして一律に決定している。実際には、2.の発電所Xなどのように、自社で発生する木質チップを利用しつつ、外部からカラマツを購入するケースや、輸入のパームヤシ殻や建築廃材なども利用する発電所がある。さらに、大小の製材所や製紙工場など、既存の間伐材需要が多く存在するため、極めて複雑な需給関係が発生し、収集範囲の設定にも影響することに留意が必要である。

第5表 岩手県におけるスギ間伐実施状況
(単位:面積:ha, 材積:m³)

	面積	材積
2008	6,162	467,406
2009	5,248	395,891
2010	4,707	407,709
2011	5,543	415,352
2012	3,418	231,932

出所:岩手県(2015)より著者作成。

4. おわりに

本章では、複数の木質バイオマス発電所による木材需要により、どのような競合が生じるかを把握するために、まずは利用するデータについての検証を行った後に、実際の競合状況の分析を行った。詳細なデータと簡易なデータを比較したところ、県レベルの規模を対象とした分析には、植生図を利用した場合の面積および材積量の分析結果は、森林簿を利用した場合よりも 10%から 20%のマイナスとなり、森林簿を利用した分析が好ましいと考えられる。また、詳細データが入手できず植生図等の簡易データを利用する場合には、その結果に対して、10%から 20%の誤差が生じていることを考慮する必要がある。

また競合関係については、事例とした岩手県では、発電所稼働に必要な木材を確保するためには、輸送距離 50km の収集範囲ならば他の木質バイオマス発電所との競合は 20%程度であるが、必要木材確保に問題が生じることが予想される。一方、輸送距離 100km の場合は、木材の確保は輸送距離 50km に比べると大きく改善するものの、収集範囲の 95%以上で発電所間の競合が生じることが明らかとなった。競合する範囲については、発電所周囲の森林分布や発電所の規模、隣り合う発電所との距離によって左右されるものの、本研究のように GIS を利用した定量的な分析を行うことで、より正確な競合地域や競合の状態を把握することができる。

本研究で残された課題としては、まず、詳細データとして道路網データを利用したが、利用した道路データは、道路幅などの情報を加味していない。たとえば上村他（2009）では、大型トラックによるチップの輸送を想定するために、私道や幅員 1.5m 未満の道路を除外した分析を行ったり、集材範囲として搬出距離 500m 以内を作業エリアとして設定したりしている。本分析においても、木材の競合範囲の設定においてより細かい設定が必要である。また、実際の事業運営において、県境によって集材範囲を設定することはないはずである。本分析では岩手県内で発生するスギ林の間伐材を利用すると設定しているが、より詳細な分析のためには、樹種の幅を広げることと、集材範囲を岩手県外にも広げることが必要である。競合範囲の分析においては、各発電所では必要となる木材の量が異なり、それによって集材範囲も異なるために、それらを加味した集材範囲と競合範囲の分析が必要となる。

木質バイオマスのエネルギー利用において、そのエネルギーを電力のみに利用した場合、発電効率は 20~25%と考えられておりそのほかの大部分は熱として放出されてしまうために、熱をうまく使うことが重要とされている（渡邊，2002）。ただし、大規模な木質バイオマス発電により放出される熱は膨大な量となるが、発電所の立地としては山間部であることが多く、熱の需要先を見つけることが困難な状況である。FIT の認定が 2000kW 以下の中規模以下の発電を重視し始めたことから、熱の需要地に近い場所での事業展開も期待される場所である。さらには、FIT の導入により木質バイオマス発電の事業が急拡大したことのように、熱エネルギーへの政策的な支援により事業展開や技術革新を誘導することができるかもしれない。木質エネルギーの利用に関する研究においても、電熱併給に関する分

析が望まれる。

注

- (1) 本分析で利用した道路網データは、ESRI ジャパンで販売している ArcGIS データコレクション道路網 2014（岩手版）であり、当該データは住友電気工業株式会社の拡張版全国デジタル道路地図データベース（ADF）を加工して開発した全国道路ネットワーク データセットである。道路・交差点間の接続性や右左折禁止、一方通行などの交通規制情報を有していることが特徴であり、幹線道路、主要道路、一般道路などの階層分けがされている。
- (2) ポリゴンとは、多角形からなるデータであり、各頂点が座標値で管理されているベクタデータのことである（高橋他，2005）。
- (3) 岩手県における民有林の森林簿は、岩手県よりデータ貸与していただいたものであり、2012年現在の情報となっている。また国有林の森林調査簿は、林野庁よりデータ貸与していただいたものであり、各林班からのデータ取得年次は 2009 年から 2013 年の範囲となっている。
- (4) 実際には、対象とする木質バイオマス発電所では、カラマツ・スギ・アカマツを利用しているとのことであったが、本分析では分析データの容量を抑えることと、3. における分析と利用樹種をそろえることを目的として、スギのみを利用木材として分析を行っている。そのため、実際の対象とする発電所の状況とは一致するものではない。
- (5) 到達圏ポリゴンの解析には、ArcGIS10.3.1 の Network Analyst を利用した。当該分析における使用道路条件では、一般道路のみを利用すると想定し、有料道路と高速道路を除外した。
- (6) 円ポリゴンは、発電所 X の緯度経度の情報より、ポイントデータを作成し、バッファー処理によりポイントから 50km の円状のポリゴンを作成することで、発電所 X から半径 50km の円ポリゴンを作成した。
- (7) 植生図は、生物多様性センターのホームページ（環境省自然環境局，online）よりダウンロードした。当該ホームページで GIS データとしてダウンロード可能な縮尺 5 万分の 1 の植生図は、第 1 回調査（1973 年）、第 2 回調査（1983～1987 年）、第 3 回調査（1987～1988 年）、第 4 回（1989～1993）、第 5 回調査（1994～1998 年）がある。本分析ではその中でも最も新しいものである第 5 回のものを用いた。縮尺 2 万 5 千分の 1 の植生図も GIS データとして整備されつつあるが、2016 年 4 月現在、岩手全県のデータが整備されていないため、本分析においては、縮尺 5 万分の 1 の植生図を利用する。ただし、縮尺 2 万 5 千分の 1 の植生図を利用する場合には、5 万分の 1 のものよりもデータ量が大きくなるため、注意が必要である。
- (8) 収集範囲の中に含まれる森林簿のスギ林の林小班の抽出は、ArcGIS の属性検索により、「収集範囲ポリゴンと交差する」ものを選択した。つまり、収集範囲ポリゴンの境界部分においては、林小班がポリゴンからはみ出しているも、林小班の一部でも収集範囲ポリゴンと重なっていれば選択されることになる。これは、一般的に林小班は林業施業の最小単位であるため、一度の施業では収集範囲ポリゴンと重なる一部分だけではなく、林小班の全体を施業すると考えたためである。また、植生図の分析においては、ArcGIS の Clip 処理を利

用し、収集範囲ポリゴンに含まれる森林のみを抽出した。この場合には、収集範囲ポリゴンがスギ林のポリゴンを横断する際は、収集範囲に含まれる部分のみを選択し、それ以外の部分は除外した。これは、植生図は施業単位で分割されておらず、樹種による分類であるためである。

- (9) この設定は、第2章の岩手県西和賀町における間伐状況をもとに設定した。西和賀町では、間伐材の搬出率は27%であったが、本章の分析においては30%とした。
- (10) 収集範囲の分析に利用した道路網データが岩手県およびその周囲までに限られているために、県境付近にある発電所においては、完全に輸送距離を満たすだけの収集範囲を分析できなかったわけではない。
- (11) 安藤（2014）によると、5,700kWの木質バイオマス発電所において、年間利用木材はおよそ60,000トン（WB40%）であり、乾燥重量（DB）としては36,000トンとなる。これに換算係数2.2（林野庁，2016）を乗じると、年間需要量は79,200m³となる。また、鹿児島県内における木質バイオマス発電所へのヒアリング調査による発電規模と燃料用丸太の利用量は、5750kW級の発電規模で79,200m³と、本計算と同様の結果となった。

[引用文献]

- 安藤範親（2014）「未利用材の供給不足が懸念される木質バイオマス発電—地域別需給推計と展望—」『農林金融 2014.6』, pp.364-378.
- Emer, B., Grigolato, S., Lubello, D., Cavalli, R., (2011) "Comparison of biomass feedstock supply and demand in Northeast Italy" *Biomass and bioenergy* 35, pp.3309-3317.
- 岩手県（2015）『いわて木質バイオマスエネルギー利用展開指針～「みどりのエネルギー」利用日本一に向けて～』。
- 上村佳奈・久保山裕史・山本幸一（2009）「北東北三県における木質バイオマス供給可能量の空間的推定」『日本エネルギー学会誌』88(10), pp. 877-883.
- Kinoshita, T., Inoue, K., Iwano, K., Kagemoto, H., Yamagata, Y., (2009) "A spatial evaluation of forest biomass usage using GIS" *Applied Energy* (86), pp.1-8.
- 環境省自然環境局（online）「環境省自然環境局生物多様性センターホームページ」
<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-023.html>（2016年5月19日アクセス）。
- 経済産業省（2015）「小規模な木質バイオマス発電の推進について」
http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/017_01_00.pdf（2016年4月8日アクセス）
- Panichelli, L., Gnansounou, E., (2008) "GIS-based approach for defining bioenergy facilities location: A case study in Northern Spain based on marginal delivery costs and resources competition between facilities" *Biomass and Bioenergy* 32, pp.289-300.
- 資源エネルギー庁（online）『FIT設備認定における事前チェックについて』
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/setsubi_bio/mokusitu_bi

o_check.pdf (2016年4月8日アクセス)。

林野庁企画課 (2016) 『平成 26 年 木材需給表』 <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001138689> (2016年5月19日アクセス)。

佐無田啓・内山洋司・岡島敬一 (2011) 「茨城県におけるバイオエネルギー生産と輸送の最適化分析」『エネルギー・資源』 32(2), pp.16-23。

高橋重雄・井上孝・三條和博 (2005) 『GIS の基礎知識 高橋朋一編,事例で学ぶ GIS と地域分析』, 古今書院。

渡邊裕 (2002) 「木質系バイオマスによる発電・熱供給事業の採算性と今後の市場展望, バイオマスエネルギーの特性とエネルギー変換・利用技術—地域特性に合った技術選定・最適プロセスの構築から事業採算性・市場展望まで—」『株式会社エヌ・ティー・エス, 2002年, 東京』, pp.151-177。

Yoshioka, T., Sakurai, R., Aruga, K., Sakai, H., Inoue, K., (2011) “A GIS-based analysis on the relationship between the annual available amount and the procurement cost of forest biomass in a mountainous region in Japan” *Biomass and Bioenergy* 35, pp. 4530-4537.

吉岡拓如・小林洋司 (2006) 「中山間地域におけるエネルギー利用が可能な森林バイオマス資源量と収穫・輸送コスト」『第 57 回日本森林学会関東支部大会発表論文集』, pp. 335-338。

山口鈴子・有賀一広・村上文美・斎藤仁志・伊藤要 (2010) 「栃木県佐野市における用材と林地残材収穫の経済性を考慮した林地残材収穫量と収穫費用算定モデルの構築」『日本エネルギー学会誌』 89(10), pp.982-995。