

平成24年度農林水産政策研究所シンポジウム
「東北地域の農山漁村の再生・活性化に向けて」

2012年11月29日

於 ホテルメトロポリタン盛岡

家庭における 木質バイオマス利用の効果分析 ：西和賀町における薪利用を事例に

澤内大輔・國井大輔
(農林水産政策研究所)

バイオマスとは

「動植物に由来する有機物である資源のうち
化石資源（石油、石炭など）を除くもの」
(バイオマス活用推進基本法)

- 化石資源と異なり、**再生可能**な資源
- 大気中の**温室効果ガス**を増加させない
カーボン・ニュートラルな資源

⇒バイオマスの活用は、持続・循環的な社会の
形成、地球温暖化の防止に寄与

本研究の目的

家庭での木質バイオマス利用を

①得なのか？

②環境に優しいのか？

との観点から効果を検証



地域内の木質バイオマス利用を
促進するための政策的課題を抽出

森林資源(木質バイオマス)が豊富な岩手県

都道府県別森林面積

順位	都道府県名	値(100km ²)
1	北海道	554
2	岩手県	117
3	長野県	106
4	福島県	97
5	岐阜県	87
全国平均		53

世帯当たり森林面積

順位	都道府県名	値(ha/世帯)
1	岩手県	2.3
2	北海道	2.1
3	秋田県	2.0
4	島根県	1.9
5	高知県	1.7
全国平均		0.5

(参考)山形県第6位、福島県第7位など。

出所)『森林・林業統計要覧2012』、『平成22年度国勢調査』。

木質バイオマスの活用

- 林地残材は全国で年間約800万t発生
→ほとんどが**未利用**
- 木質バイオマスの利用方法
 - マテリアル(製品・原料)利用
 - 製紙原料、パーティクルボードなど
 - エネルギー利用
 - 家庭等での**小規模な利用**も可能

木質バイオマスのエネルギー利用例

【木質バイオマスの形態】



木炭



チップ



ペレット



パウダー

【エネルギーへの変換】



ストーブ



木炭(発電)車

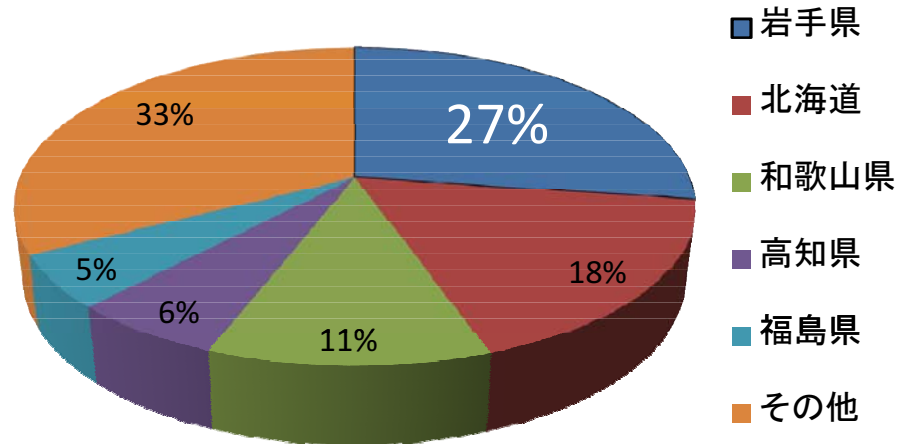


給湯用ボイラ



木質バイオマス発電

森林資源のエネルギー利用



都道府県別の木炭生産量

出所)『森林・林業統計要覧2012』。

- 岩手県は木質バイオマスのエネルギー利用の素地を持つ

既存研究の整理

- 木質バイオマスの供給量/供給コストに関する研究
 - 地理情報システム(GIS)を用いた研究が多い
 - チップ、ペレットを想定した研究が多い
- 木質バイオマス利用システムの評価研究
 - 事業の経済性、CO₂削減量での評価が多い
- 農山村での薪ストーブ利用に関する研究
 - 利用実態解明とCO₂削減量を指標とした評価

本研究の課題

- 家庭における木質バイオマスの利用を定量的に評価する手法を開発。
 - 経済面(所得)、環境面(温暖化影響)を評価。
- 西和賀町での薪利用を事例。
- 地域内の木質バイオマスを利用を促進するための政策的課題を抽出。

西和賀町の概要

- 県の南西に位置。
南北約50km、東西約20kmの範囲。
- 人口約6,600人、約2,300世帯
(平成22年)。
- 農業と観光業が主な産業。



森林資源が豊富な西和賀町

岩手県の市町村別森林率

順位	市町村名	値(%)
1	岩泉町	93.1
2	宮古市	91.8
3	住田町	91.4
4	山田町	90.9
5	西和賀町	90.2
県内平均		77.2

世帯当たり森林面積

順位	市町村名	値(ha/世帯)
1	西和賀町	23.5
2	岩泉町	21.2
3	住田町	14.7
4	葛巻町	13.9
5	田野畑村	10.4
県内平均		2.4

(注)データの出所・及び年次が異なるため前掲の岩手県の値とは異なっている。

出所)『平成22年度版岩手県林業の指標』、『平成22年度国勢調査』。

西和賀町の森林の構成・分布

- 森林面積: 53,045ha

国有林: 民有林 = 3:1

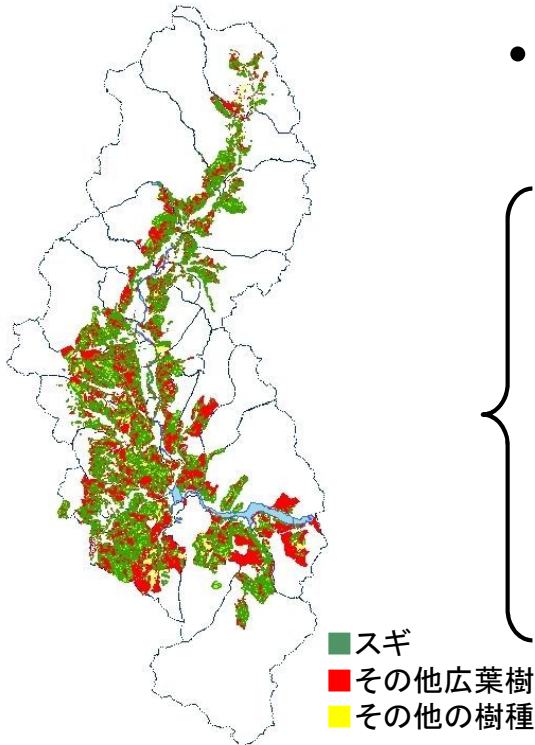
国有林(面積)の内訳

天然林: 人工林 = 2:1
(広葉樹) (針葉樹)

私有林(面積)の内訳

天然林: 人工林 = 5.5:4.5

人工林の9割はスギ



私有林の樹種別分布

西和賀町における薪利用の取組

- 薪利用の現状（西和賀町(2011)）
 - － 約3割の家庭で薪ストーブを利用。
 - － 「薪ストーブ利用世界一」を標語として掲げ、
町内世帯の5割での利用を目標。
- 薪利用促進に期待される効果
 - － 暖房費節約、温室効果ガス(CO₂)の
排出削減 など



※西和賀町(2011)『「薪」利用最適化システム構築計画書』(<http://www.town.nishiwaga.lg.jp/index.cfm/8,10397,c/html/10397/20110426-181119.pdf>) [参照年月日: 2012年8月16日].

評価手法の概要

森林簿データ

地理情報データ

GISを利用してデータ作成

① 薪の供給(可能)量 $S(i)$

② 薪の供給コスト $P(i)$

世帯数データ

薪利用実績

③ 薪の需要量 $D(j)$

○林小班1

○林小班2

...

...

○林小班 i

...

...

○林小班9866

④ 薪の搬出量

$F(i,j)$

○行政区1

○行政区2

...

○行政区 j

...

○行政区31

線形計画法で算出

⑤ 所得への影響

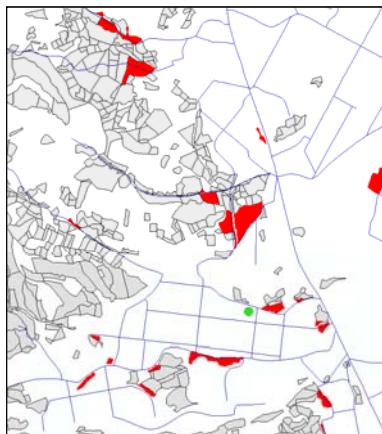
⑥ CO₂排出量への影響

西和賀町を事例とした評価

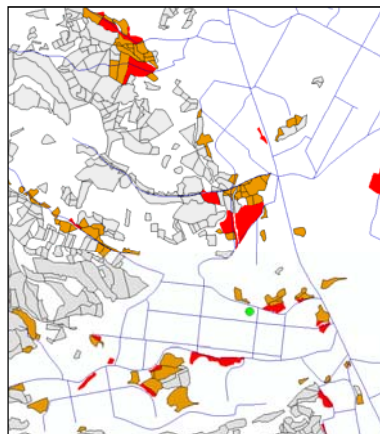
- 分析の仮定
 - 未利用となっている間伐材(スギ)を薪として利用
 - 町内の5割の世帯(1,237世帯)が薪ストーブ利用
 - 町内全体の薪調達費用が最も低くなるように薪を搬出(最も効率的な調達システム)
- 効果の検証
 - 「薪ストーブなし(すべて灯油ストーブ)」の状況と比べ①暖房費の削減額、②CO₂削減量、を評価

分析結果①：森林の利用状況

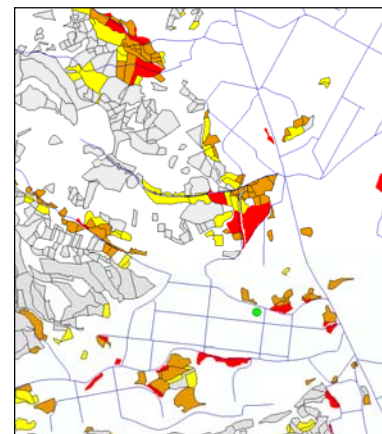
1年後の時点で
利用される林小班



5年後の時点で
利用される林小班



10年後の時点で
利用される林小班



- 利用される森林の特徴は①比較的平坦な地形、②道路までの搬出距離が短い、③集落までの輸送距離が短い。

分析結果②：薪需給の状況と灯油削減量

50%目標達成時の薪需給状況

	合計値	1行政区あたり		
		最小値	平均値	最大値
供給可能量(m ³)	619,053	850	19,969	40,394
需要量(m ³ /年)	5,407	22	174	467

- 街全体での年間の薪需要量は5,407m³
 - 供給可能量に比べ十分に小さな値。
- 町内全体での薪利用による灯油の削減量は、942KL/年に相当。
 - 18Lのポリタンクで52,333本分。

分析結果③：暖房費節約効果

所得への影響 = 灯油購入費削減額－薪購入費増加額

- 1世帯当たり4.8～6.7万円/年の節約
- 町全体で5,895万円/年～8,250万円/年の節約
 - － 灯油購入費の減少分：▲7,913万円 (@84円/L)
～ ▲1億268万円 (@109円/L)
 - － 薪購入費の増加分：2,018万円

薪ストーブ利用の促進は家計の所得に
プラスの影響を及ぼす点を確認。

分析結果④: CO₂削減効果

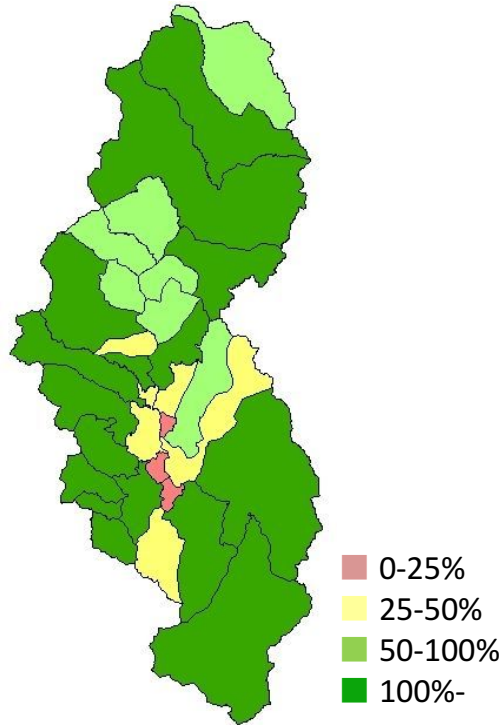
薪利用によるCO₂排出削減量

= 灯油使用削減のCO₂排出削減量 - 薪輸送に係るCO₂排出量

- 1世帯当たり 1.9tCO₂/年 の削減
- 町全体で 2,345tCO₂ の削減
 - 灯油使用削減のCO₂排出削減量: ▲2,346tCO₂
 - 薪輸送に係るCO₂排出量: 550kgCO₂

薪ストーブ利用の促進はCO₂排出削減に
プラスの影響を及ぼす点を確認。

薪利用促進に向けた政策的課題



【問題点】

- ・薪割りなどの労働負荷の問題。
- ・長期的に見ると、薪供給量が不足する地区も出てくる。

【解決策】

- ・町全体規模での(割)薪供給システムの構築が有効。

⇒CO₂削減分をシステム運用のための資金源(の一部)として利用。

まとめ

- GIS(地理情報システム)と線形計画法を利用した評価手法を開発。
- 西和賀町の取組を事例に、家庭による木質バイオマスの利用は経済面、環境面でプラスの効果を持つ点を実証。
- 全町を上げての供給システム作り等を薪利用推進の課題として指摘。

今後の課題

【評価モデルの適用拡大】

- 他市町村への適用、複数市町村への適用
 - 木質バイオマスの需要データの入手がポイント

【モデルの改良・精緻化】

- 労働負荷等の算入
- 薪以外の木質バイオマス利用方法

付録 家庭における木質バイオマス 利用の評価手法の概要

評価手法①: 薪供給可能量 $S(i)$ の推計

- 西和賀町の森林簿データ
 - 林(小)班の位置, 樹種, 材積など
- 薪の供給に関する仮定
 - 未利用のスギ間伐材を薪として利用
 - 車両での搬出を想定し, 平均傾斜35度以上の林小班は対象外

$$S(i) = \text{スギ材積} \times \text{間伐率} \times \text{間伐材の未利用率}$$

ただし, $i \in$ 林小班, 間伐率=50%, 未利用率=73%

出所)間伐率は町農林課へのヒアリング, 未利用率は沢内村(2004)。

評価手法②：薪供給コスト $P(i)$ の推計

- 吉岡・小林(2006)の推計方法
 - 林内輸送距離 L_{SY} , 道路輸送距離 L_T , 林小班の平均傾斜角度 d から重量当たりのコスト P_{DM} を推計
 - 林業用トラクタ利用での間伐材収穫を想定
 - 重量当たりコストを材積(m^3)当たりコスト $P(i)$ に換算

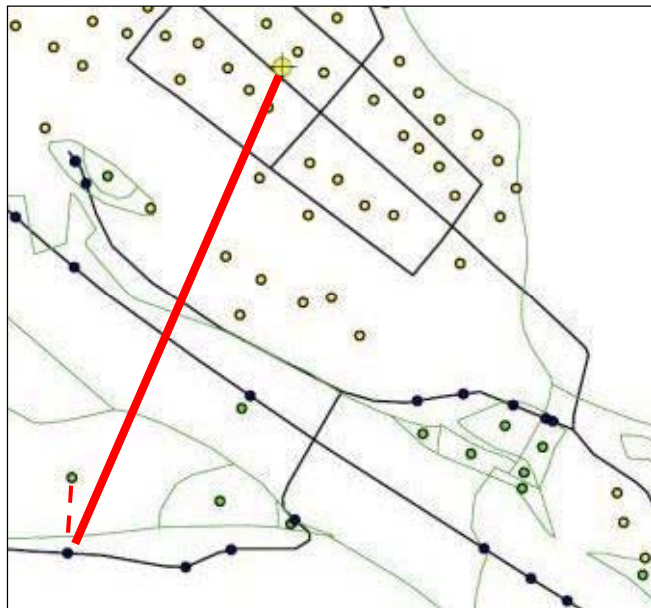
$$P_{DM}(i) = 2.11 L_{SY}(i) + 0.068 L_T(i) + 229e^{0.117 \cdot d(i)} + 11408$$

$$P(i) = P_{DM}(i) \times 0.31221$$

輸送距離($L_{SY}(i), L_T(i)$) = 直線距離 $\times$ (1 + 迂回率)

※ 迂回率は杉原・岩川(1960)より林内輸送0.53, 道路輸送0.50とした。

輸送距離の推計方法



- 林小班の重心(緑丸)
 - 建物の位置(黄丸)
 - 集落内の建物位置の重心(黄丸+十字)
 - 林小班の重心に最近接となる道路上の点(青丸)
- ┆ 林小班の重心から道路までの直線距離(点線)
- ┆ 林小班の重心に最近接となる道路上の点から集落の建物位置の重心までの直線距離(太線)

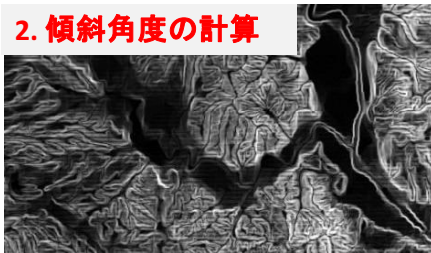
林小班の平均傾斜角度 d の推計

1. 元データは、国土地理院基盤地図情報ダウンロードサービスの、「基盤地図情報(数値標高モデル)」。
2. ArcGISにより、傾斜角度を計算。
3. 傾斜角度(メッシュ)と、林班のポリゴンを利用してArcGISの「ゾーン統計」により、各林班の平均傾斜角度 $d(i)$ を算出。

1. 10mメッシュ標高データ



2. 傾斜角度の計算



3. 傾斜角度と林班の重ね合わせ



評価手法③：薪需要量 $D(j)$ の設定

- 薪需要量は、世帯当たりの薪利用量 $3.5\text{m}^3/\text{年}$ （西和賀町(2011)）に薪ストーブ利用世帯数を乗じ、行政区別に推計
- スギの間伐材の利用を仮定しているため、熱量を補正する係数(1.2488)を利用し推計

$$D(j) = \text{薪ストーブ利用世帯数} \times 3.5 \times 1.2488$$

ただし、 $j \in \text{行政区}$

薪ストーブ利用世帯数の推計

- 町内の50%の世帯(1,237世帯)での薪ストーブ利用を想定
- 現在の利用世帯数の推計値との差(**613世帯**)を、各行政区の世帯数に応じて按分
 - 町内全体での利用促進が進むとの想定

薪ストーブ利用世帯数(50%目標達成時)

= 現在の薪ストーブ利用世帯数

+ $613 \times \text{行政区の世帯数} \div \text{町内の世帯数}$

評価手法④：薪搬出量 $F(i,j)$ の算出

- 線形計画法により、町内での薪購入費用
($=\sum_i \sum_j P(i) \times F(i,j)$) が最小となる $F(i,j)$ を算出
- 以下の費用最小化問題として定式化

$$\text{Min} \quad C = \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{9866} P(i) * F(i,j)$$

s.t.

$$\sum_j F(i,j) \leq S(i), \quad \sum_i F(i,j) \geq D(j), \quad F(i,j) \geq 0$$

※費用最小化問題はGAMS23.9のBDMLPソルバーにより解いた。

評価手法⑤：所得への影響評価

- 灯油暖房機の利用時との比較から、薪ストーブ利用による燃料費削減額として評価。

所得(ベースライン)=収入-(灯油購入費 + 薪購入費 + その他支出)

一) 所得(薪利用時)=収入-(灯油購入費↓ + 薪購入費↑ + その他支出)

所得への影響 = 灯油購入費削減額 - 薪購入費増加額

- 薪ストーブ利用による収入への影響はないものと仮定。
- 薪購入費用増加額は $C(=\sum \sum P(i) \times F(i,j))$ とした。

灯油購入費削減量の推計

- ・薪ストーブの発熱量と同等の発熱量に相当する灯油購入費が削減されると仮定。
- ・薪ストーブと灯油ストーブの熱効率も考慮し、灯油の購入(削減)量を以下の通りに推計。

$$\text{灯油購入量} = \text{薪需要量} \times \text{単位当たり発熱量} \times \text{薪ストーブ熱効率} \div \text{灯油単位当たり発熱量} \div \text{灯油ストーブ熱効率}$$

ただし、薪ストーブ熱効率=0.63、灯油ストーブ熱効率=0.86

- ・灯油価格は、石油情報センターの配達価格を利用した。

※石油情報センター(<http://oil-info.ieej.or.jp/>)。

評価手法⑥: CO₂排出への影響

- 家庭で灯油暖房が使われている状況をベースラインとして設定。

薪利用によるCO₂排出削減量

$$= \text{灯油使用削減のCO}_2\text{排出削減量} \\ - \text{薪輸送に係るCO}_2\text{排出量}$$

- 薪輸送に係るCO₂排出量は重機による林内輸送距離, トラックによる道路輸送距離の合計。
 - 重機およびトラックの燃費は改正省エネ法による燃費基準の値を採用した。