



平成28年1月26日(火)
研究成果報告会

木質バイオマス利用による 森林管理や地域経済への影響評価 ～岩手県西和賀町における木質チップボイラーを事例に～

國井大輔(農林水産政策研究所)
澤内大輔(北海道大学)
林岳(農林水産政策研究所)

本報告の流れ

●研究の背景

- なぜ木質バイオマスに注目しているか
- 研究の課題

●対象地の紹介

- 岩手県西和賀町における木質チップボイラー導入

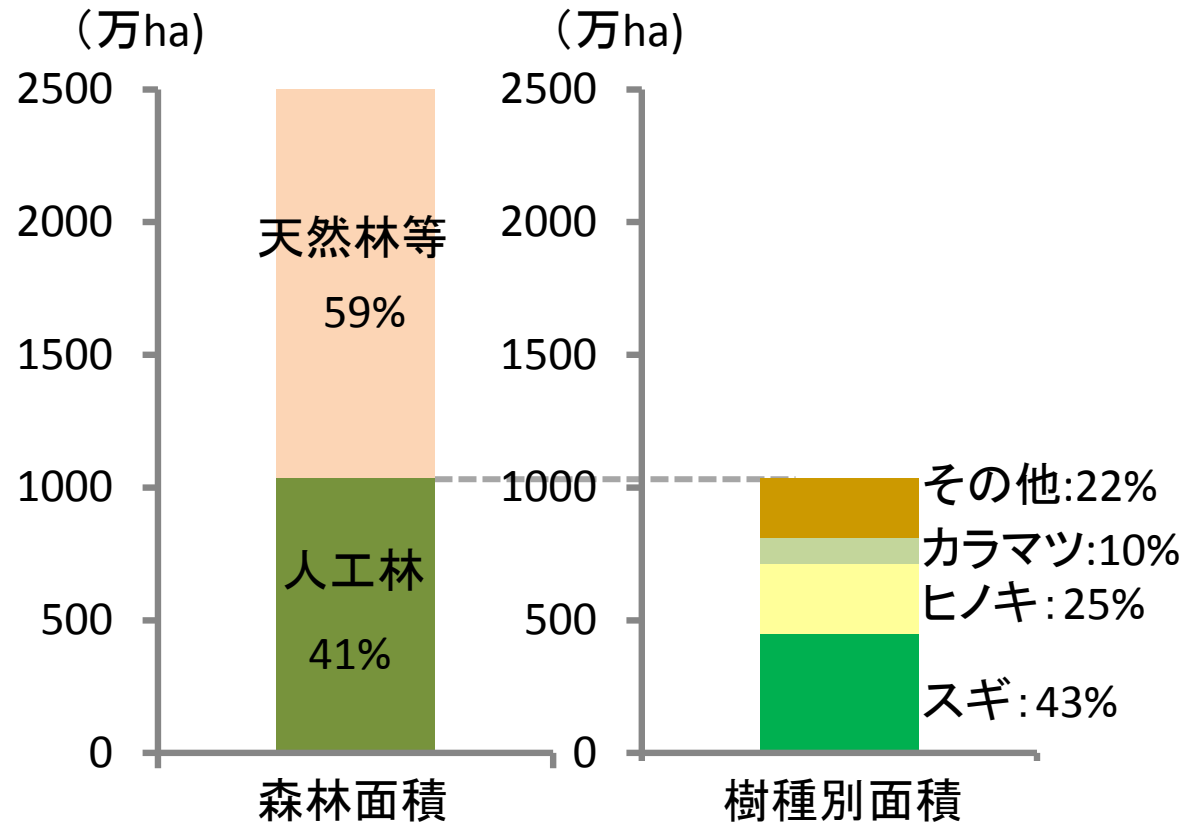
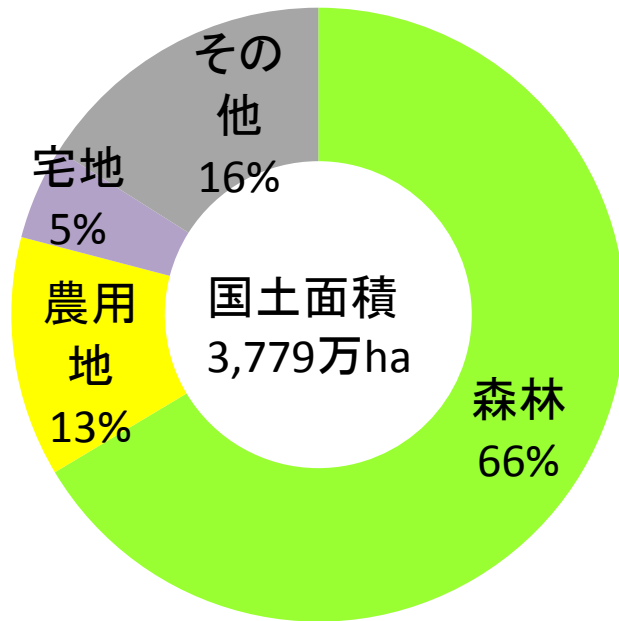
●Q1: 木質チップボイラー導入により, どのくらいの森林管理を行うことができるか

●Q2: 木質チップと重油ではどちらが燃料コストが安いのか

●Q3: 木質チップと重油ではどちらが地域への経済効果が大きいか

●まとめと結論

研究の背景



資料: 平成22年度森林・林業白書より

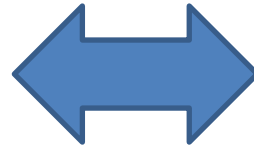
日本の国土の66%が森林。
森林の41%が人工林であり, その大部分が針葉樹林。

研究の背景

手入れがされている人工林



手入れがされていない人工林



国産木材利用の減少，材価の下落，施業コストの上昇などにより人工林が管理不足となり，森林荒廃が懸念される。

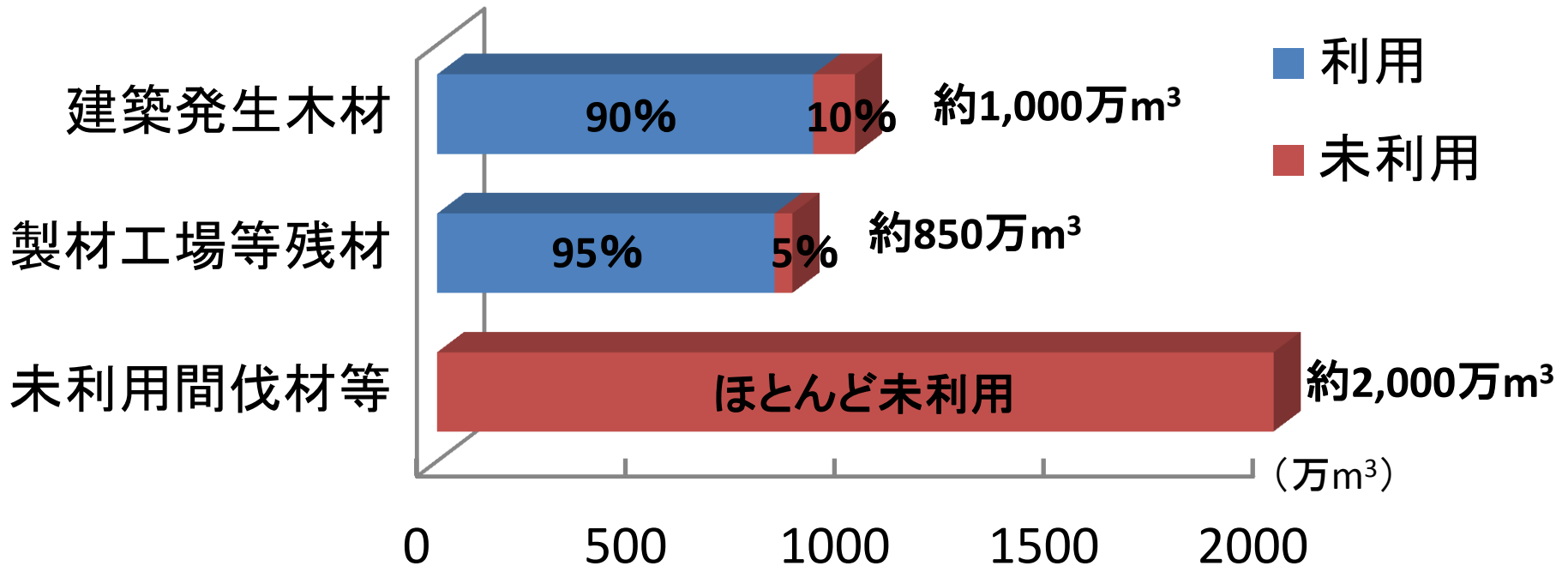
研究の背景

間伐後放置された間伐材



- たとえ間伐が実施されても，搬出コストが高い，搬出しても需要が不足している，などの理由から森林内に**未利用間伐材**として放置される。

研究の背景



木質バイオマスの発生量と利用状況(推計)

資料: 林野庁HPより

- 木質系のバイオマスの中でも、未利用間伐材はほとんど利用されていない。
- 固定価格買い取り制度(FIT)の導入により、この未利用間伐材のエネルギー利用に注目が集まっている。

研究の背景

● 木質バイオマスを利用するメリット

- ✓ **二酸化炭素の排出を抑制，地球温暖化を防止**
 - ・ 木質バイオマスは大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えない，カーボンニュートラルな資源。
- ✓ **エネルギー源としての積極的な利用**
 - ・ エネルギー源の多様化，リスク分散が可能。
- ✓ **森林の適切な整備への寄与**
 - ・ 森林の国土保全や水源涵養機能などを十分発揮するためには，適切な管理が必要。
- ✓ **山村地域の活性化**
 - ・ 産業や雇用の創出への期待。

資料：林野庁HPより

研究の背景

- 木質バイオマス利用設備導入にあたり,
『森林・林業基本計画(平成23年7月26日閣議決定)』
において
 - ✓ 木質バイオマスの利用にあたっては, カスケード利用を前提としつつ, 未利用間伐材などの発電への利用, 地域における熱電併給システムの構築, バイオマスボイラーの高性能化, 家庭用ストーブの普及を図る, としている。
- 木質バイオマス施設導入にあたって重要なポイント
 - ✓ 燃料となる**資源**が十分か
 - ✓ どの程度**森林管理**を実施できるか
 - ✓ 化石燃料と比べ**燃料コスト**が安くなるか
 - ✓ 地域への**経済効果**はどの程度あるか

研究の背景

● 既存研究例

- ✓ 収集コストの推計
 - 佐無田ら(2011), 山口ら(2010), Yoshioka et al.(2011)
 - ✓ 供給可能量の推計
 - 上村ら(2009), 吉岡・小林(2006)
 - ✓ 需給バランスと地域や経済効果
 - 國井ら(2015), 中村ら(2012), Sacchelli et al.(2013)
 - ✓ 施設導入の最適地
 - Panichielli and Edgard(2008)
-
- 供給コストや供給量の推計, 経済効果, 設備導入の最適地などに関する研究は多数ある。
 - 木質バイオエネルギー設備の導入により, **どの程度の面積の森林管理が可能か**という視点からの研究はほとんどない。

研究の課題

- 岩手県西和賀町における，町立病院への木質チップボイラー導入事例を対象に，以下の3つの質問に答えを導く。

Q1: 木質チップボイラー導入により，どのくらいの森林管理を行うことができるか

Q2: 木質チップと重油では，どちらが燃料コストが安いのか。

Q3: 木質チップと重油では，どちらが地域への経済効果が大きいか

対象地域の紹介

● 岩手県西和賀町

- 人口6,110人, 2,367世帯(2015年)
- 面積: 59,000ha(内9割が森林)
- 2005年11月に旧湯田町と旧沢内村が合併して誕生
- 農業と観光業(温泉など)が主な産業



LANDSAT/TM, 2000年9月
(USGSからダウンロード)

対象地域の紹介

● 西和賀町の森林構成

-森林面積: 53,045ha

-国有林: 民有林 = 3:1

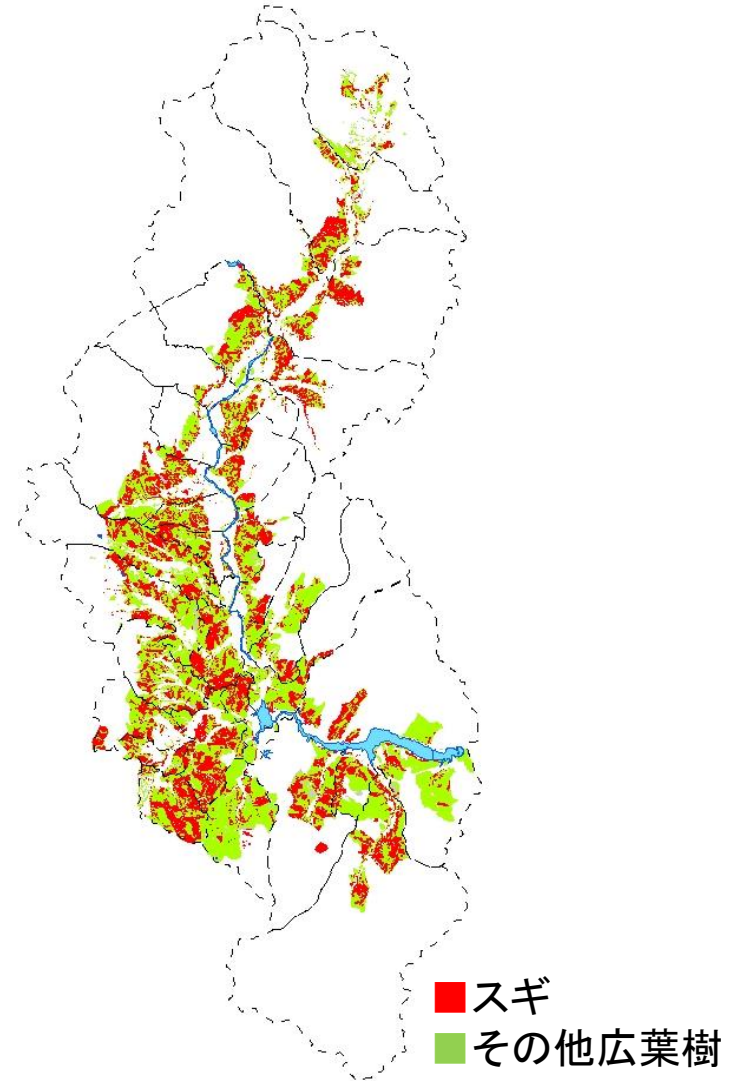
-国有林

広葉樹: 針葉樹 = 2:1

-民有林

広葉樹: 針葉樹 = 1:1

→町の面積の38%が針葉樹



民有林の樹種別分布

出所: 森林面積は西和賀町(2011),
民有林の樹種別分布は西和賀町森林簿。

対象地域の紹介

● 西和賀町の取り組み

- ✓ 積極的に木質バイオエネルギー利用を推進
 - 薪ストーブを世帯の半分に導入する目標(現状3割)
 - 薪ストーブ導入への補助金
 - 町立病院に木質チップボイラーを導入(2014年～)
 - これら取組みにより, 町内の森林の間伐を促進
- ✓ 過去にも, 西和賀町を事例とした薪利用に関する研究も実施(國井ら(2015))



対象地域の紹介

● 西和賀町の取り組み

・ 西和賀町立病院の木質チップボイラー

- 2014年の病院建て替え移転に伴い、木質チップボイラーを導入
- 冬季の暖房と融雪，通年での給湯に利用
200KW × 2台，夏季は1台のみの稼働
- 木質チップ年間消費量1442m³(2014年10月～2015年9月実績)，当初見込み消費量は1800m³



Q1: 木質チップボイラー導入により,
どのくらいの森林管理を行うことができるか



西和賀町マスコットキャラクター
「カタクリンコちゃん」

前提条件

- ✓ 町の計画に基づき、森林組合が町から委託を受け、町有林及び町が管理している森林(分収林)で間伐を実施
- ✓ 間伐した材(主にスギ)を森林組合でチップ化し、町立病院で燃料として使用
- ✓ 対象は現在間伐が行われている町有林・分収林を対象とする(私有林は除外)
- ✓ 町での計画に基づき、植樹から25年後、35年後、45年後に間伐、主伐は60～70年後と想定
- ✓ 間伐適期に達した林班のうち、過去10年に間伐をしていない林班では必ず間伐を実施と仮定
- ✓ どの林班から搬出するかは、有賀ら(2006)のコスト計算式をもとに、各林班で仮想的に伐採・搬出・運搬コストを計算し、それを元に最も総コストが安くなる林班から搬出すると仮定し、線形計画法で計算
- ✓ 成長量は、2012年森林簿記載のものを利用し、毎年その分が成長すると仮定

分析方法

利用GISデータ:

森林簿(国有林・民有林)・10mメッシュ標高・道路網・行政界など

GISによる分析:

属性検索・近接フィーチャへの距離の計算・傾斜角度の計算・ゾーン統計・ネットワーク解析など

各林班における間伐および運搬費用の算出:

有賀ら(2006)のコスト計算式をベースに計算

間伐実施林班の選定:

線形計画法を利用して、伐採・搬出・運搬の総費用が最も安くなるように計算。

間伐実施林班面積(ha)・チップ用材積(m³)の計算:

2012年のデータをもとにしているので、2012年から2030年までの量を分析。

分析方法

伐採・搬出・運搬コストの計算について

- 作業の仮定:
 - 単位体積当たりのコスト($P_{(i,j)}$)(有賀ら(2006)の計算式より算出):
$$P_{(i,j)} = 1000 \quad (\text{チェーンソー伐採})$$
$$+ 0.845 * L_{sy} + 91.7 * e^{0.117 * d} + 1746 \quad (\text{トラクタ搬出})$$
$$+ 1954 \quad (\text{プロセッサ造材})$$
$$+ 0.022 * L_t + 778 \quad (\text{トラック運搬})$$

L_{sy} : 林内の移動距離

d : 林班の平均傾斜角度

L_t : トラックによる移動距離

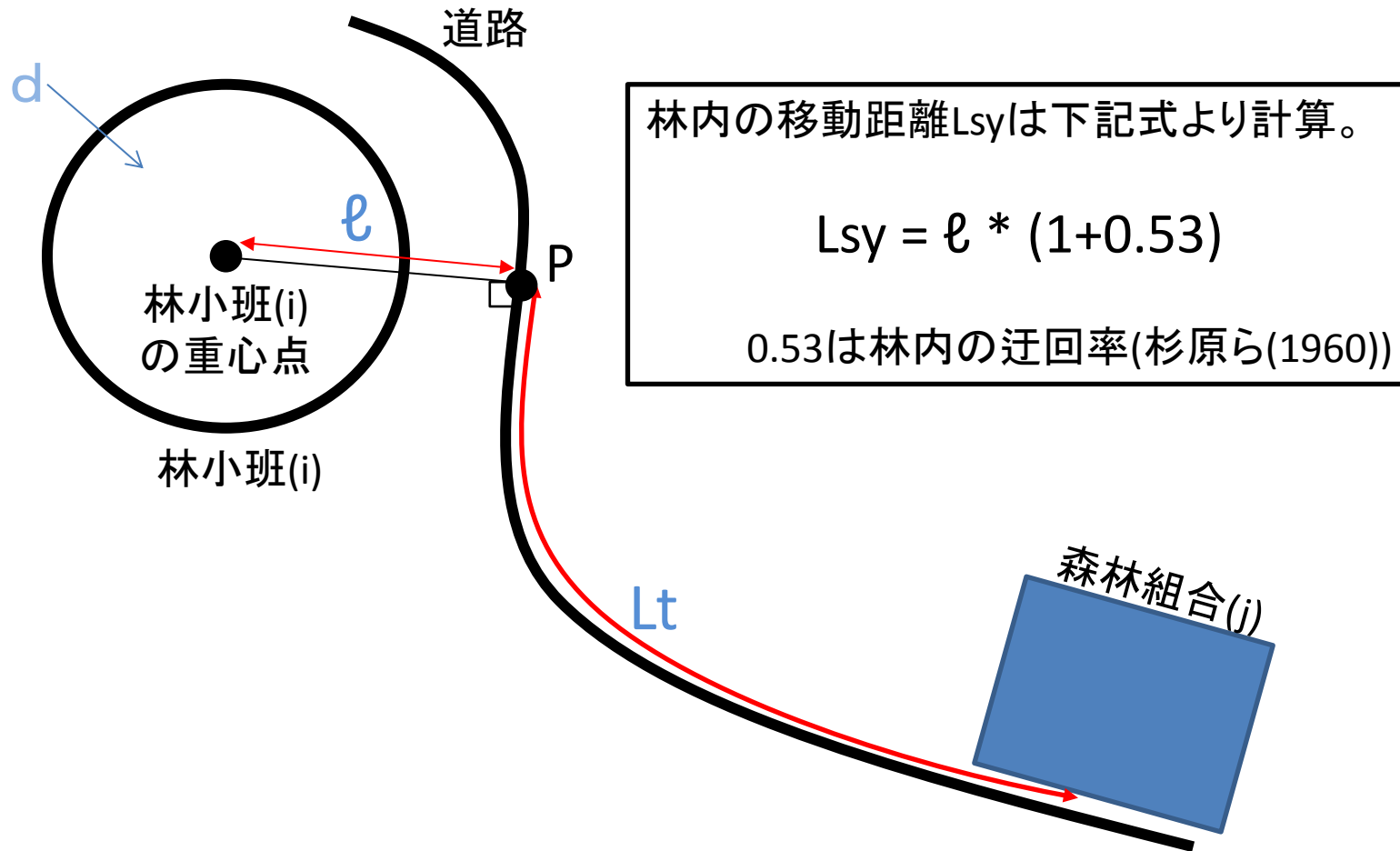
i : 林班

j : 森林組合

- 搬出量 $S_{(i)} = V_{(i)} * \text{間伐率}(30\%) * \text{搬出率}$
- $\sum P_{(i,j)} * S_{(i)}$ が最少になるように線形計画法で計算

分析方法

伐採・搬出・運搬コストの計算について



ℓ : 林小班(i)の重心点から最寄りの道路までの直線距離
 d : 林小班(i)の平均傾斜角度
 L_t : ℓ と道路との交点Pから森林組合までの距離

計算条件(現状の間伐:搬出率27%)

ケース1:現状の間伐

- ・間伐率:30%
- ・搬出率:27%
- ・チップ用材率:40%

森林総材積 (丸太 m^3)

30% (間伐率)

間伐材積(丸太 m^3)

73% (切り捨て)

沢内村(2004)より

S(i)unused:

切り捨て材積(丸太 m^3)

27% (搬出)

岩手県林業技術センター
(2006)より

利用可能な間伐材積 (丸太 m^3)

40% *

60% *

チップ向けC,D材(丸太 m^3)

製材向けA,B材
(丸太 m^3)

チップ換算 $\times 2.6$

S(i)chip:

チップ供給量 (チップ m^3)

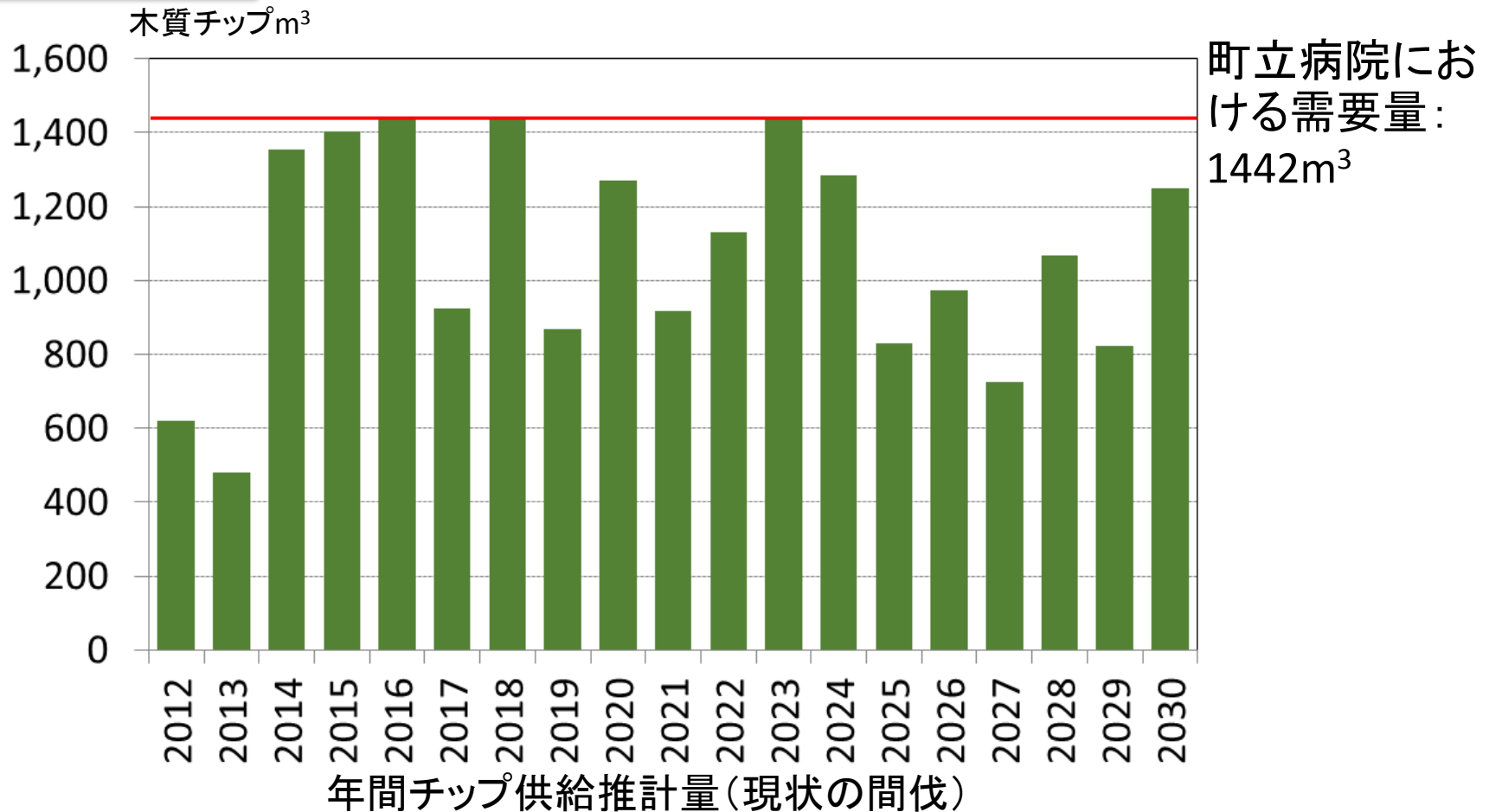


*AB材とCD材の利用割合は、森林組合へのヒアリングによる。

沢内村(2004)によると、現状では間伐された間伐材のうちの73%はそのまま切り捨てられている。これをもとにチップの供給量を計算。

計算結果(現状の間伐:搬出率27%)

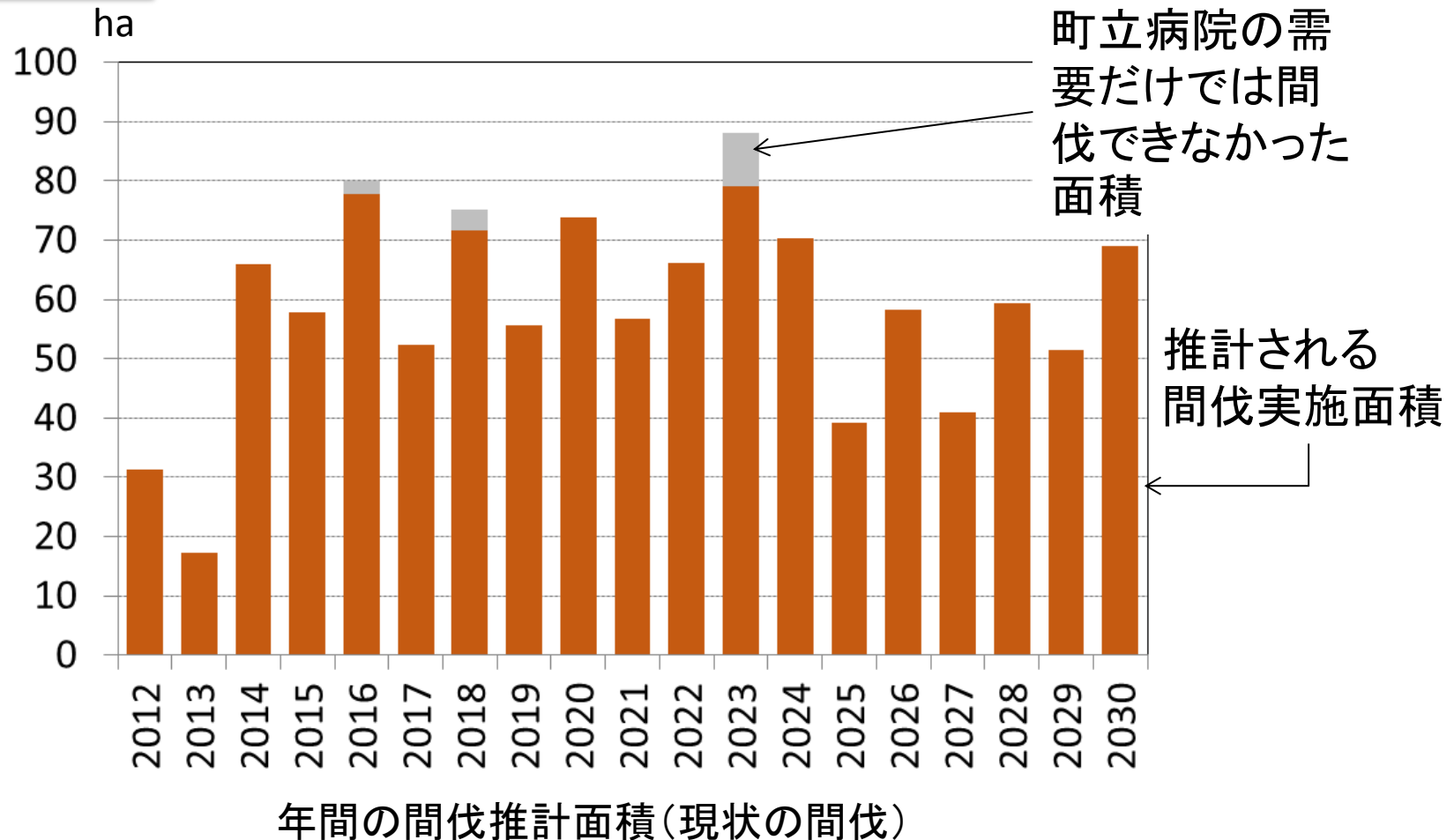
ケース1:現状の間伐



- 年間木質チップ供給量 : $479 \sim 1442\text{m}^3$
- ほとんどの年で, その年に必要な森林をすべて間伐しても, 木質チップの需要を満たすことができない。 21

計算結果(現状の間伐:搬出率27%)

ケース1:現状の間伐



- 年間木質チップ需要量は 1442m^3 , その分の需要により17~79haの森林で間伐が可能。

計算結果(現状の間伐:搬出率27%)

- ほとんどの年で町有林・分収林からの間伐材では病院のチップ需要を満たすことができない。



- 搬出率を高く(切り捨てを少なく)することが必要。



- 搬出率100%(切り捨てを全くしない)場合はどうか。
 - 町では、搬出率100%を理想的な間伐としている。



- ケース2:理想の間伐(搬出率100%)

計算条件(理想の間伐:搬出率100%)

ケース2:理想の間伐

- ・間伐率:30%
- ・**搬出率:100%**
- ・チップ用材率:40%

森林総材積 (丸太 m^3)

30% (間伐率)

間伐材積(丸太 m^3)

0% (切り捨てなし)

100% (全量搬出)

S(i)unused:

切り捨て材積(丸太 m^3)=0

利用可能な間伐材積 (丸太 m^3)

40%

60%

チップ向けC,D材(丸太 m^3)

製材向けA,B材
(丸太 m^3)

チップ換算 $\times 2.6$

S(i)ideal:

チップ供給量 (チップ m^3)

岩手県林業技術センター
(2006)より



西和賀町が目指す理想の森林状態では、間伐された材を全て搬出し利用すること。これに基づきチップ供給量を計算

計算結果(理想の間伐:搬出率100%)

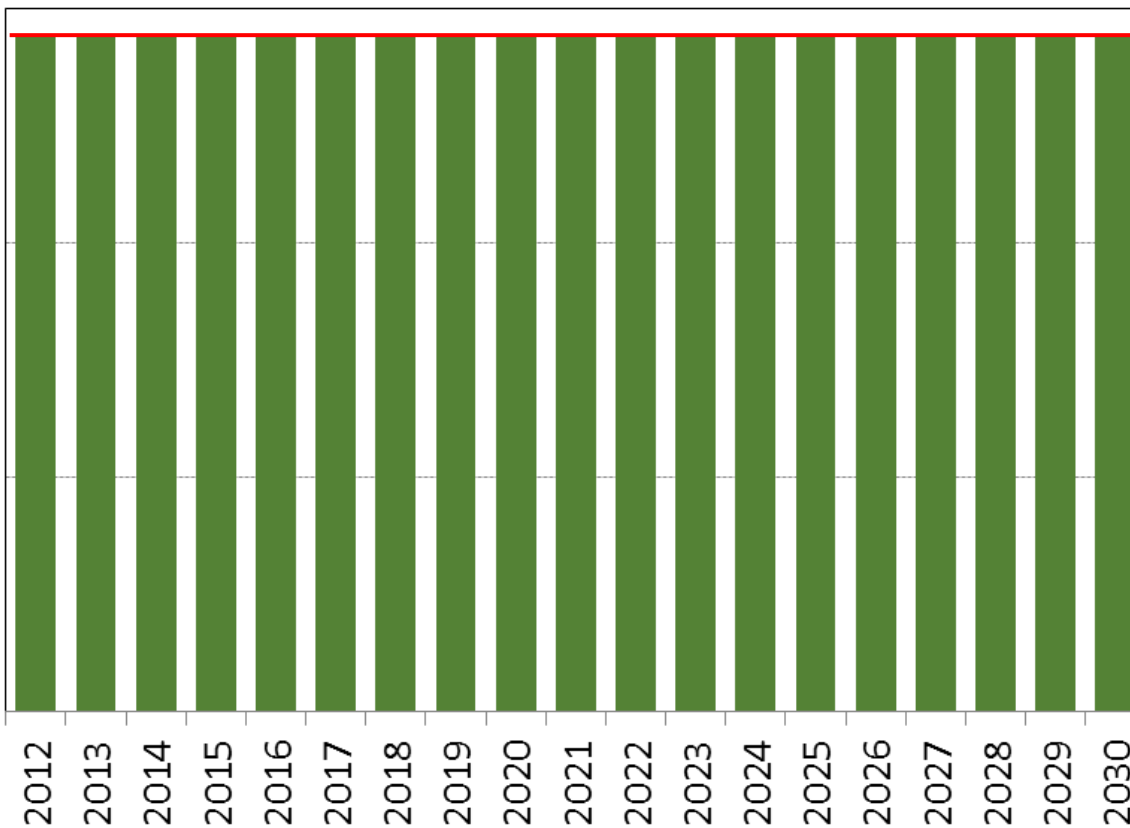
木質チップ m^3

1500

1000

500

0

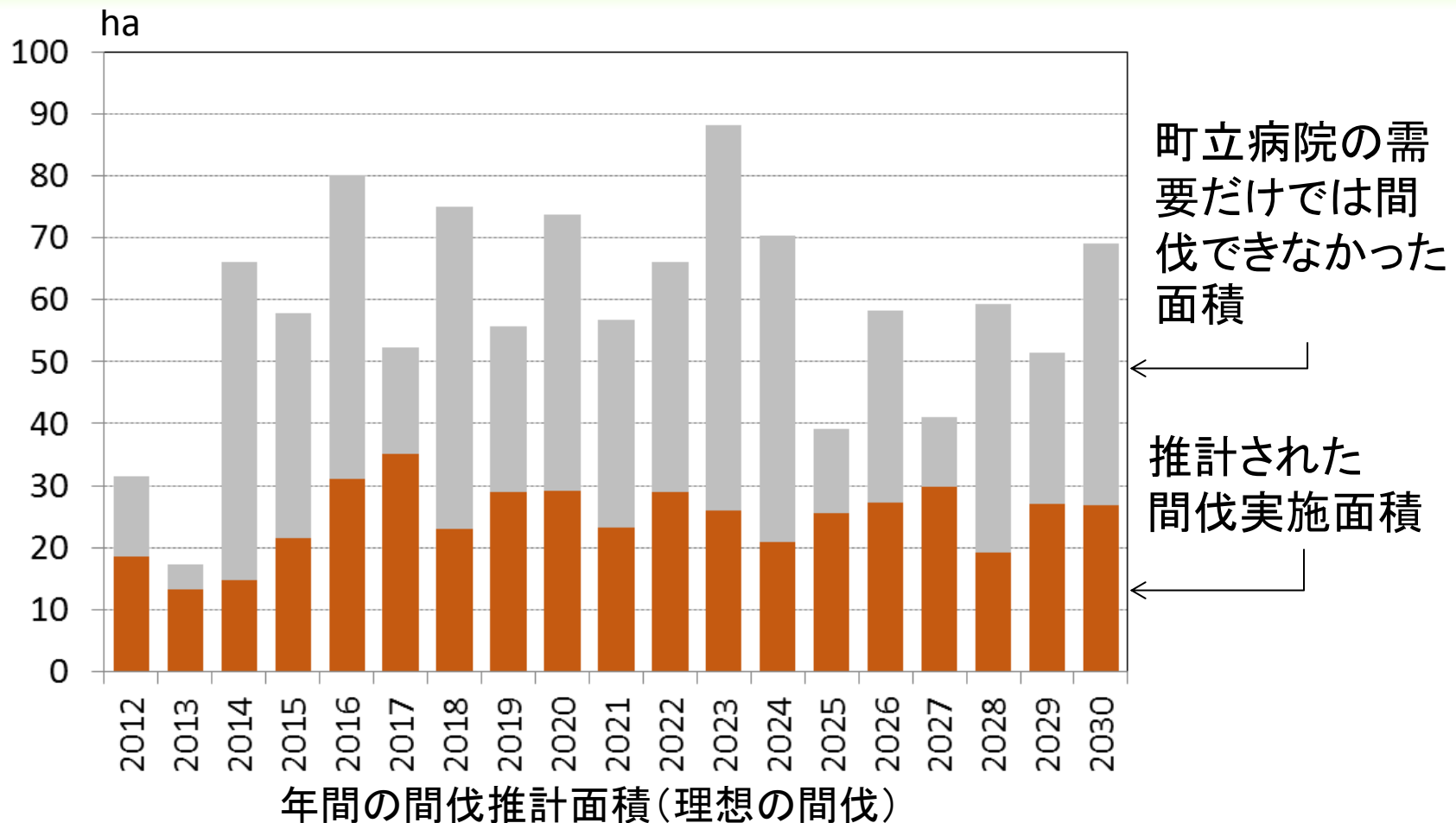


町立病院における需要量:
1442 m^3

年間チップ供給推計量(理想の間伐)

- すべての年で需要を満たす分の供給が可能。

計算結果(理想の間伐:搬出率100%)



- 需要を満たすために、年間13～35haの森林で間伐が可能。間伐の必要な森林の31～77%を賄う。
- 残りの森林で間伐を実施するためには、さらに新たな需要(AB材, CD材とも)を創出する必要がある。

計算結果(理想の間伐:搬出率100%)

- どの年でも町有林・分収林からの間伐材で病院でのチップ需要を十分に満たすことができる。
- 搬出率を100%にした場合, 需要量(1442m^3)だけの供給を確保するためには, 町有林・分収林の13~35haの森林を間伐すればよい。



- 病院への木質チップボイラーの導入で, 町有林・分収林の13~35haの森林で, 理想の間伐が実施可能。
- この面積は, 町有林・分収林において, その年に間伐が必要な面積の31~77%。

小括

- 現状の(切り捨てる割合の高い)間伐では、間伐適期の林小班を全て間伐しても、ほとんどの年で病院のボイラーでの木質チップ需要を満たすことができない。
- 間伐材の搬出率を高くする必要がある。
 - ✓ 簡単な試算では、搬出率40～50%にする必要がある。
- 西和賀町が目指す理想の間伐(搬出率100%)を行った場合には、病院での木質チップ需要を満たすためには、町有林・分収林の13～35haの森林で間伐を実施する必要がある。



町立病院の木質チップボイラー導入により、
町有林および分収林の13～35haの森林で間伐を促進、
その年に間伐が必要な面積の31～77%を賄うことができる

Q2: 木質チップと重油では
どちらが燃料コストが安いのか



背景

- 町は町立病院の暖房・給湯設備として、どちらのボイラーを選ぶか？

木質チップボイラー

OR

重油ボイラー



- 両者の燃料コストを比較し、病院にとってコスト削減になる暖房・給湯設備を特定する。(ただし、設備初期投資は考慮しない。)

前提条件

- 木質チップ:

- ✓ 町内の間伐材を用いて, 森林組合から供給される。
- ✓ 現状の町のチップ購入価格3500円+税/m³の価格を用いて計算。
- ✓ チップ含水率:ドライベースで100%
- ✓ チップの発熱量, ボイラー効率などは既存文献より引用。

- 重油:

- ✓ 木質チップと発熱量等価の重油量を計算
- ✓ 岩手県A重油小型ローリー納入価格(2012年平均)88.1円/Lを用いて計算。
- ✓ 重油の発熱量, 重油ボイラーの効率などは既存文献より引用。

計算の結果

● 木質チップ

$$\begin{aligned} \text{➤ } 1442\text{m}^3 \times 3675\text{円/m}^3 \\ = \text{年間530万円の木質チップ代} \end{aligned}$$

- ✓ 病院が森林組合から購入している金額3500円/m³ (2014年実績)に2012年当時の消費税5%を上乗せ。

● 重油

$$\begin{aligned} \text{➤ } 13\text{万}5178\text{L} \times 88.1\text{円/L} \\ = \text{年間1191万円の重油代} \end{aligned}$$

- ✓ 2012年の重油価格で金額推計

計算の結果

● 燃料コスト比較

 **木質チップ** < **重油** 

- ✓ 木質チップボイラーを導入することで、病院には**燃料コスト削減**という**メリット**がある。
- ✓ 年間**661万円の節約**



- 今回の分析では、2012年現在の価格で計算しているが、近年の**原油価格下落**でどのような影響があるのか？

計算の結果

● 原油価格下落の影響はあるのか？

- ✓ 2015年の平均重油価格74.2円/Lで計算する。
- ✓ 重油代は年間1003万円

 木質チップ <  重油

→木質チップが473万円優位

- ✓ 木質チップと重油価格が同等になるのは、重油価格が
39.2円/L(現在の価格の50%程度)まで下落する時である。

Q3: 木質チップと重油では
どちらが地域への経済効果が大きいか



背景と課題

- 木質チップ利用による燃料コスト削減
→ 地域内で使われるお金の減少



- 地域経済にとって年間661万円の資金流通の減少になる。



- 木質チップ利用は、地域経済にマイナスの影響なのか？



- 木質チップと重油の需要増加による地域経済効果を産業連関表を用いて計測し、比較する。

分析方法

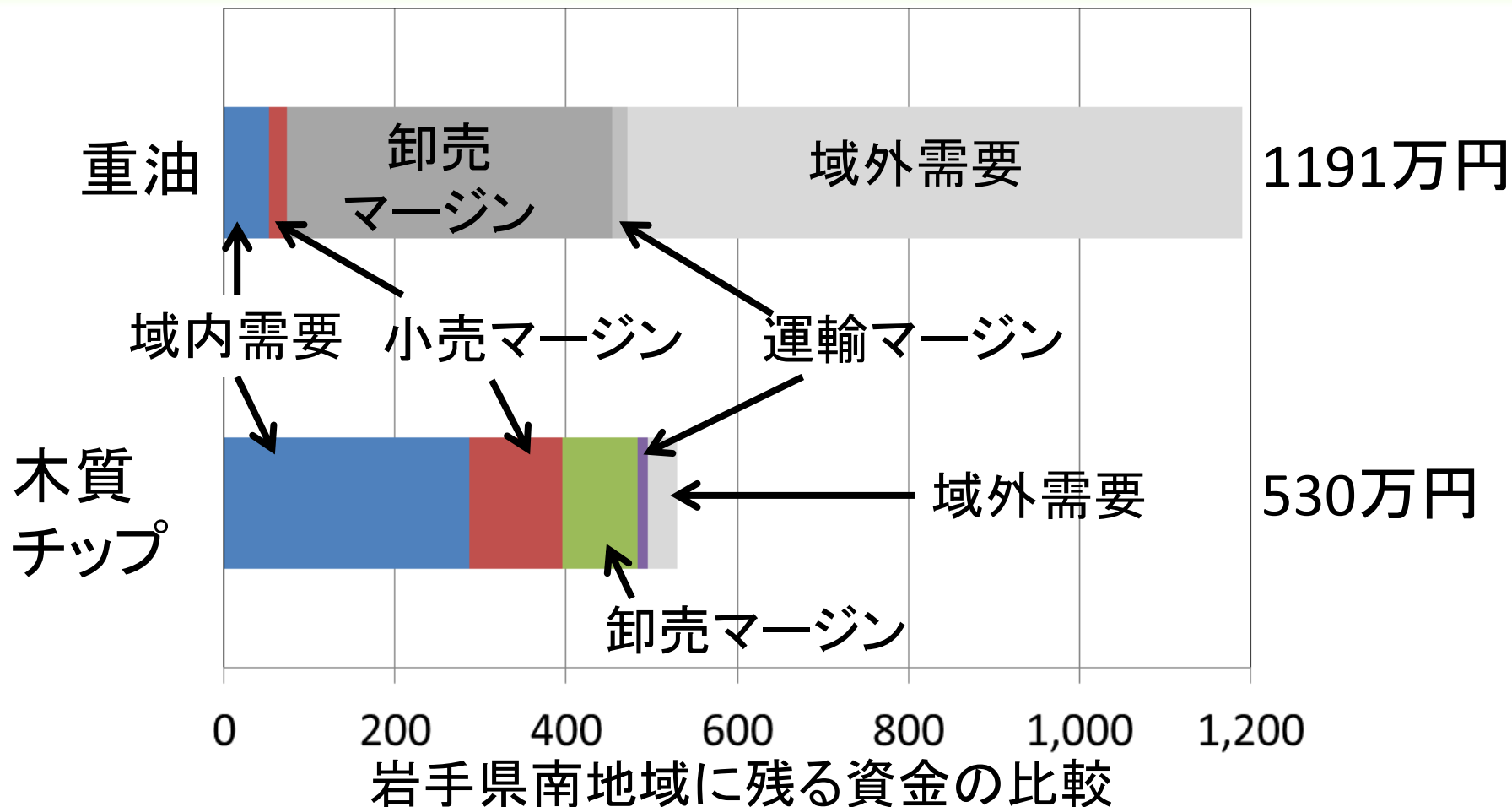
● 分析手法

- ✓ 産業連関分析で地域経済効果を計測
- ✓ 『2005年県南地域産業連関表』を著者が独自に2009年に延長した産業連関表(35部門表)を使用
- ✓ 県南地域の産業連関表を用いているため、地域経済効果は西和賀町のみならず、岩手県南地域全般への効果を計測

● シナリオ

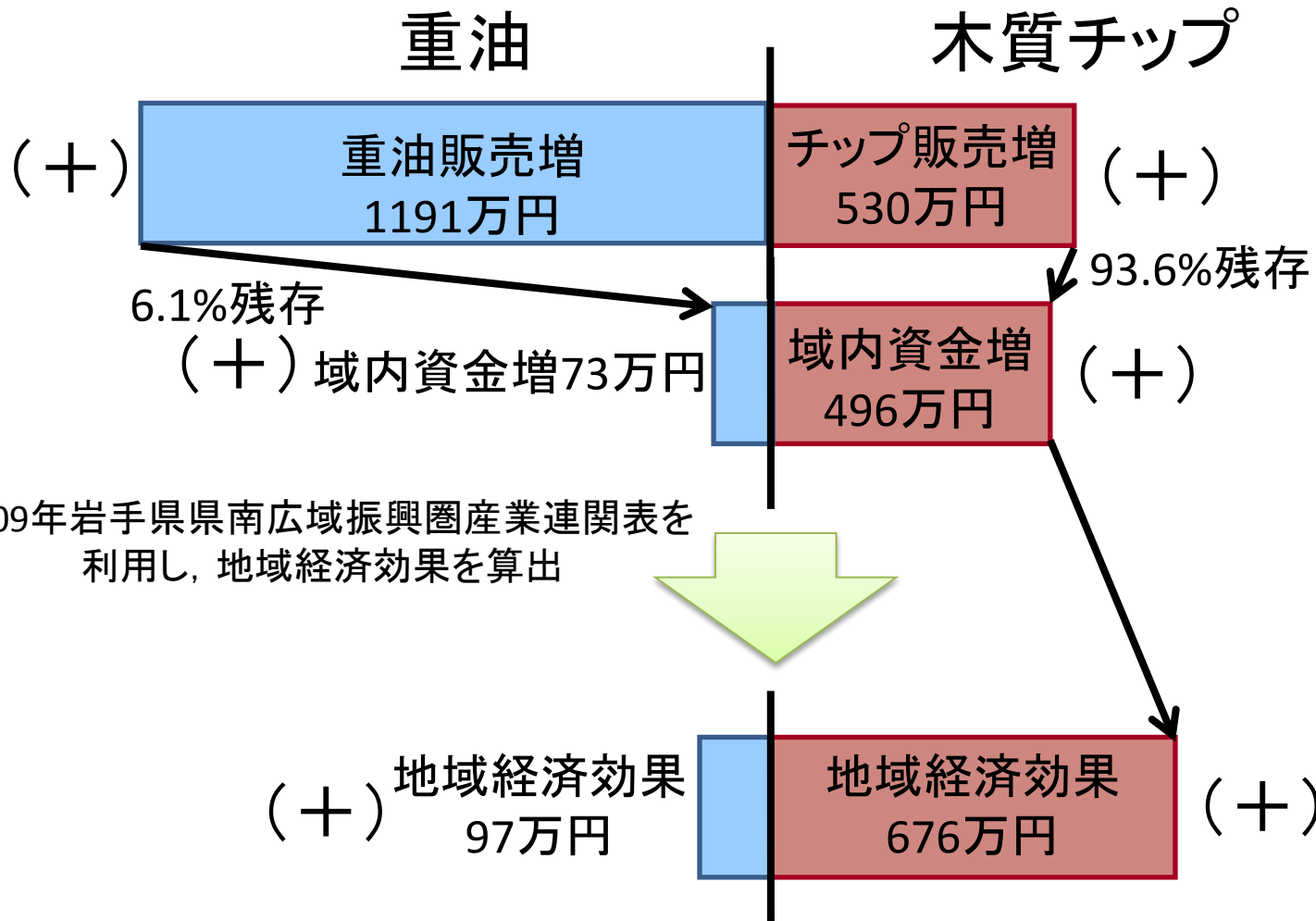
- 530万円の木質チップ需要増加
 - 1191万円の重油需要増加
- 地域に残る資金と地域への経済効果を比較

結果(地域に残る資金の比較)



- 木質チップ: 域内需要 + 小売・卸売・運輸マージンが域内に残る(残存額; **496万円**, 残存率; **93.6%**)
- 重油: 小売マージンのみ域内に残る(残存額; **73万円**, 残存率; **6.1%**)

結果（地域経済効果の大きさの比較）



● 地域経済効果



木質チップ > 重油

小括

● 病院の燃料コスト

- 木質チップ👍 < 重油👎
- ミクロ的(病院側)には、木質チップは重油よりもコスト削減になる。

● 地域経済効果

- 木質チップ👍 > 重油👎
- マクロ的(地域経済)には、経済活性化となる



- 木質チップの利用は、病院(ミクロ)の**コスト削減策**と**地域経済活性化**(マクロ)の**両立**が可能。

まとめと結論

● 3つの質問への回答

- ✓ Q1: 木質チップボイラーの導入により, どのくらいの森林管理を行うことができるか
 - ・ 町立病院の木質チップボイラー導入により, 町内の13~35haの森林で間伐を促進することができ, その年に間伐が必要な面積の31~77%を賄うことができる
- ✓ Q2: 木質チップと重油ではどちらが燃料コストが安いのか
 - ・ 木質チップボイラーの導入により, 重油に比べて燃料コストを削減可能
- ✓ Q3: 木質チップと重油ではどちらが地域への経済効果が大きいのか
 - ・ 木質チップのほうは重油よりも高い経済効果を地域経済にもたらす

まとめと結論

- 病院での木質チップ需要を満たすためには、**現状の間伐での搬出率では不十分**で、間伐時の搬出率をもっと高めることが必要
- 仮に町が目指す搬出率100%の理想の間伐をする場合、病院での新たな木質チップの需要により、その年に間伐が必要な**森林の31～77%で間伐を実施**することができる
- ただし、搬出率を上げるためには、**A・B材の出口も同時に考える必要**がある
- 病院での暖房・給湯設備の導入に際して検討する際、木質チップボイラーは、**病院での燃料コスト削減と地域経済効果の発揮が両立可能**
- 効率化(コスト削減)も必要だが、やみくもな効率化を行うのではなく、**地域に相乗効果(コベネフィット)をもたらすような効率化をきちんと考えて行うべき**

ご清聴ありがとうございました



参考文献

- 有賀一広・吉岡拓如・櫻井倫(2006)「中山間地域における木材および森林バイオマス資源の長期的な利用可能性ーランダムサーチを用いた収穫量の平準化」『森林利用学会誌』21(1), pp.49-59。
- 岩手県林業技術センター(2006)『燃料用チップ供給の手引き』岩手県林業技術センター 新技術解説シリーズ19。
- 上村加奈・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計」『日本エネルギー学会誌』88, pp. 877-883。
- 國井・澤内・林(2015)「木質バイオマスの需給マッチングをもとにした環境及び経済の多角的影響評価ー岩手県西和賀町の仮定における薪利用を事例にー」『地域学研究』44(4), pp.481-493。
- 村上良平・中沢純司・松本明(2012)「木質バイオマスを活用したCO₂削減効果と地域経済効果: 地域産業連関モデルの構築と新たな適用」『地域学研究』42(4), pp. 799-817。
- Panichelli, L., and 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。
- Sacchelli, S., Fagarazzi, C. and Bernetti, I. (2013) "Economic evaluation of forest biomass production in central Italy: A scenario assessment based on spatial analysis tool," Biomass and Bioenergy, 53, pp. 1-10。
- 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。
- 沢内村(2004)『沢内村森林バイオマス利用促進行動計画ー煙突の見える村 あったか沢内ー』。
- 杉原彦一・岩川治(1960)「陸上路線の迂回路について」『日本林学会』42(7), pp. 269-275。
- 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』86, pp.982-995。
- 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。
- Yoshioka, T., Sakurai, R., Aruga, K., Sakai, H. and 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。