

科学技術振興機構：社会技術研究開発センター  
地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会

「環境共生型地域経済連携の設計・計画手法の開発」  
—エビデンスに基づく現状評価と政策決定に向けて—

東北公益文科大学  
黒田 昌裕

# 環境共生型の地域活性化のシナリオの構築

1. プロジェクトの概要と目標
2. 山形県におけるエネルギーの現状と課題
3. 地域産業連関表の構造と地域経済の一般的相互依存性
  - 3-1 地域産業連関表作成フロー
  - 3-2 産業連関表による地域環境の見える化指標の作成
  - 3-3 地域別産業別CO2排出原単位係数の作成
4. 新エネルギー導入による脱温暖化シナリオ作成について
  - 山形県における新エネルギー腑存量の推定
    - 山形県「緑の分権改革」における推定と課題
5. 地域に根ざした脱温暖化シナリオの展開
  - 5-1 民生部門・中小製造業部門での省エネ効果
  - 5-2 山形4地域別森林バイオマス資源量の推定
  - 5-3 地域における低炭素指向循環型システム
  - 5-4 低炭素指向型地域農業システムの構築
6. 今後の課題

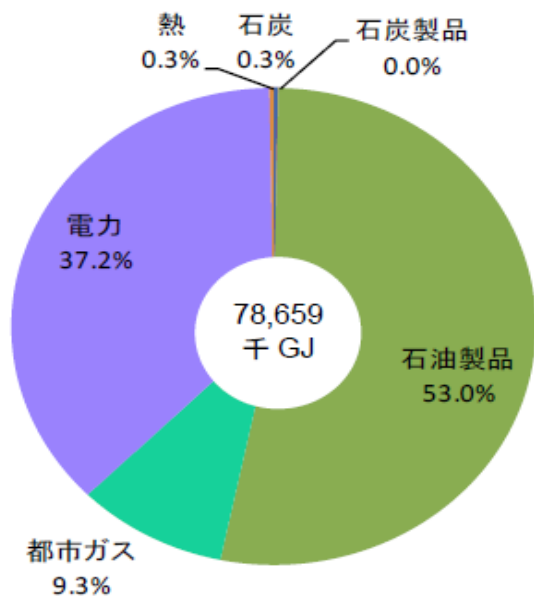
# 1. プロジェクトの概要と目標

- ・ **地域間産業連関表の作成**： 山形県をフィールドとし、地域の脱温暖化に向けての将来シナリオを実効性のあるものとするために、地域のエネルギー需給の特性と温暖化ガスの排出の実態を実証的に把握することを目的に県全体を4つの地域に分割した地域間産業連関表を作成する。
- ・ **社会システムデザインのための分析手法の開発**： 産業構造や最終需要構造の地域間連携の実態を定量的に把握し、環境保全と地域経済との両立を図るための社会システムデザインのための統計を用いた評価手法を開発する。
- ・ **地域の産官学連携の構築**： 地域の大学、研究機関の農・林学などの理系と経済・環境政策学などの文系の研究者が連携した研究体制と地域の行政機関、地域の事業主体と連携による地域の課題解決への枠組み作りが地域における産官学の連携モデルの社会システムの構築。

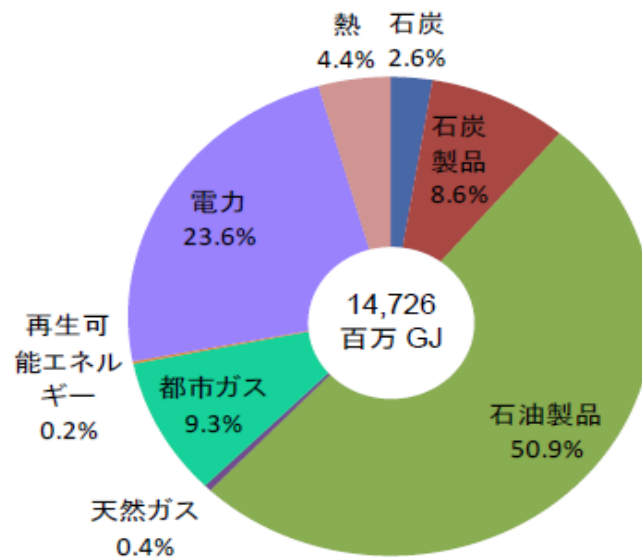
## 2. 山形県におけるエネルギー需給の現状と課題

### (イ) 山形県エネルギー種別消費構成

2008年の全エネルギー消費量は、約78,700千GJで、種別に見ると、石油製品53%・電力37%・都市ガス9%で、これら3種で99%を占める。我が国全体では、石油製品51%・電力24%・都市ガス9%の他、石炭製品9%・熱4%・石炭3%となっており、石油製品と電力への依存が高い。

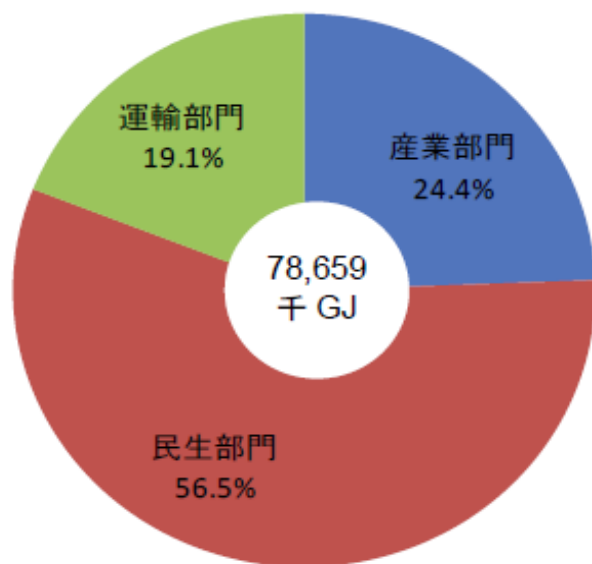


【山形県の種別比率】

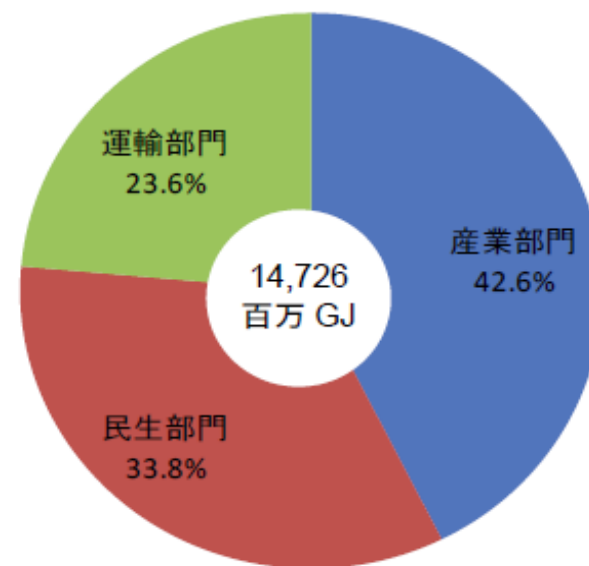


【全国の種別比率】

(口)山形県部門別エネルギー消費  
エネルギー消費を部門別にみると、山形県では民生部門57%・産業部門24%・運輸部門19%となっている。我が国全体では、産業部門43%・民生部門34%、運輸部門24%となっており、民生部門への依存が非常に高い。

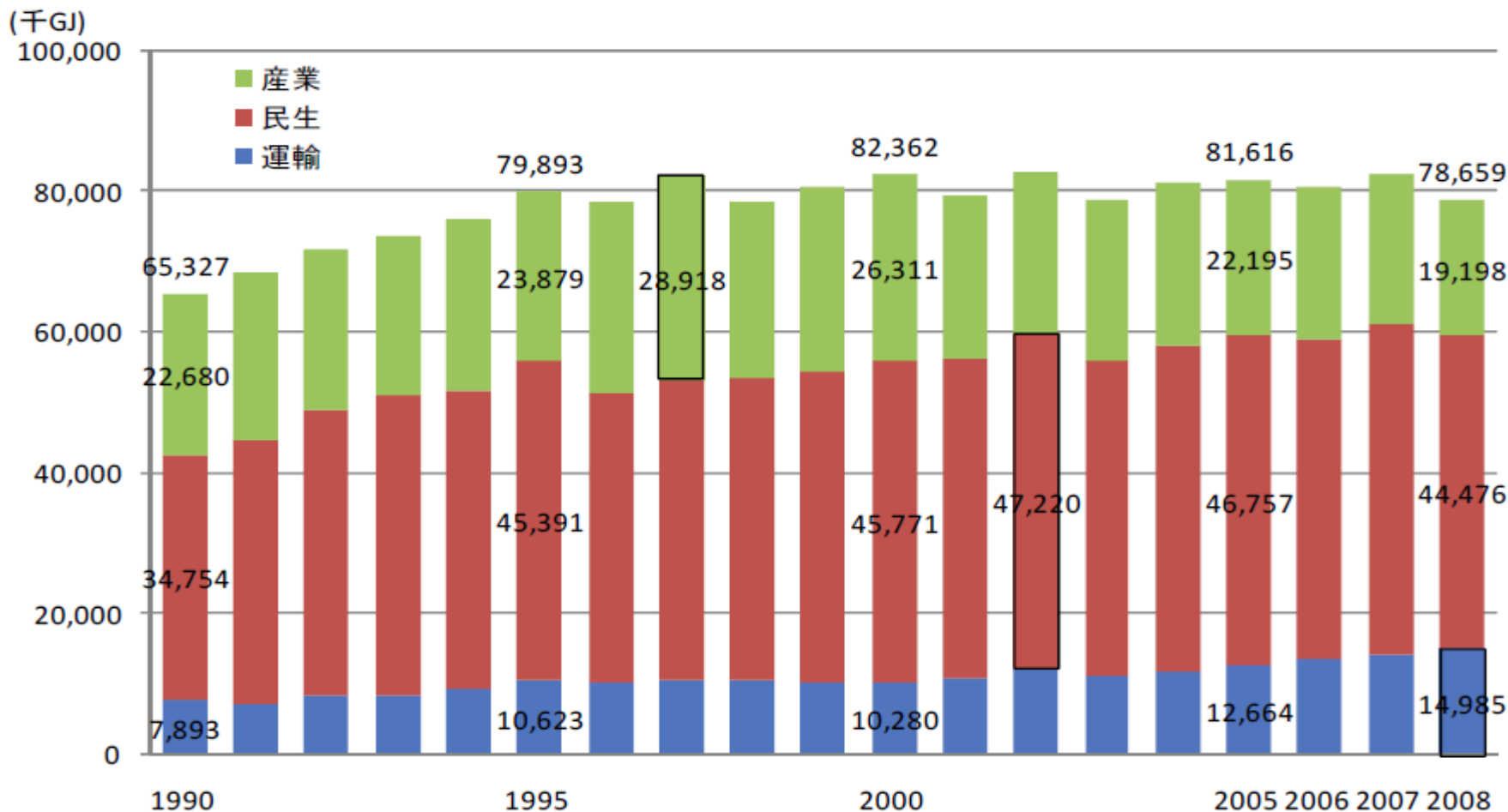


【山形県の部門別比率】



【全国の部門別比率】

(ハ) エネルギー消費量の経年変化を見ると、部門別には、産業部門は1997年度の35%をピークに以降は減少し、2008年度24%、。民生部門は1993年度の58%にピークであるが、以降ほぼ同程度の構成比で推移し、2008年度は57%、運輸部門は経年的に増加、1990年度の12%から、2008年度は19%を占めるに至る。



※ □囲みは1990～2008年度の最大値

※資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計(2008年度)」より作成

# 山形県地域別エネルギー種別需要(GJ)

	石炭	石炭製品	石油製品				電力	熱	合計	
			軽質油	重質油	石油ガス	都市ガス				
山形県	212,396	16,539	41,678,939	31,309,120	7,179,819	3,190,000	7,321,987	29,225,157	204,284	78,659,302
村山地方	106,025	8,191	20,049,677	15,409,341	3,094,955	1,543,383	3,549,551	13,423,819	85,846	37,221,109
最上地方	12,842	1,121	2,777,373	2,116,954	481,018	199,403	431,388	1,550,317	7,403	4,780,446
置賜地方	40,040	2,937	8,122,584	5,978,712	1,493,157	650,715	1,541,481	7,373,773	69,996	17,149,810
庄内地方	53,489	4,290	10,731,303	7,804,303	2,130,689	796,501	1,800,567	6,877,248	41,040	19,507,936

## (二)再生可能エネルギーのポテンシャルの特徴と課題

### 潜在賦存量・最大可採量・期待可採量の定義

- ・ **潜在賦存量**: 理論的に算出する潜在的なエネルギー資源量で、種々の制約条件は考慮にいない。
- ・ **最大可採量**: エネルギーの採取における地理的な条件のみを考慮に入れた採取可能量。
- ・ **期待可採量**: エネルギーの採取における技術的・社会的制約条件を考慮に入れた採取可能量、ただし需給バランスは考慮していない。

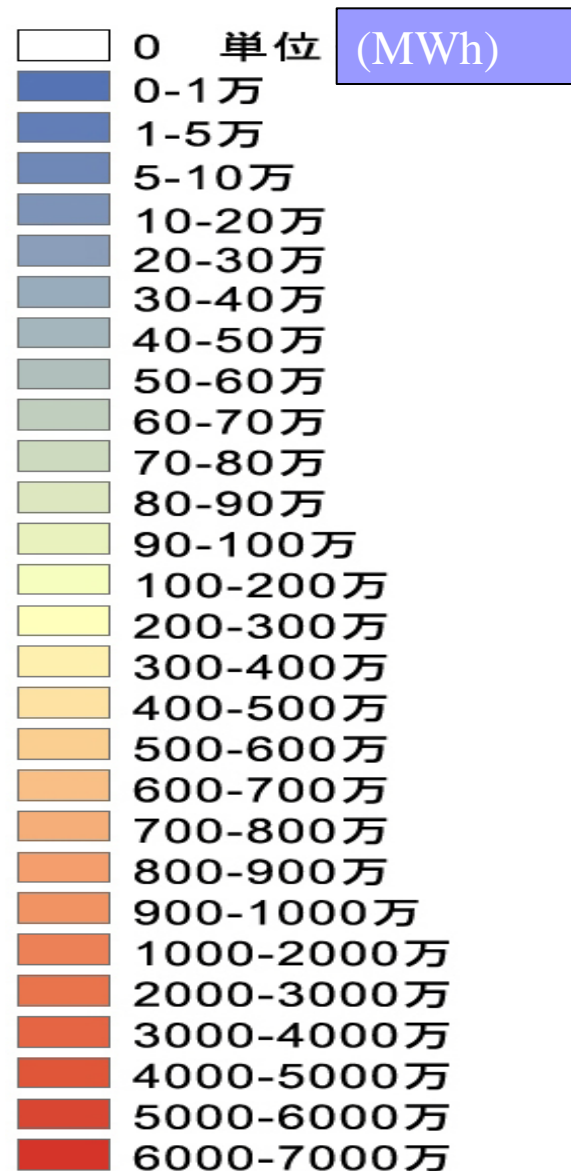
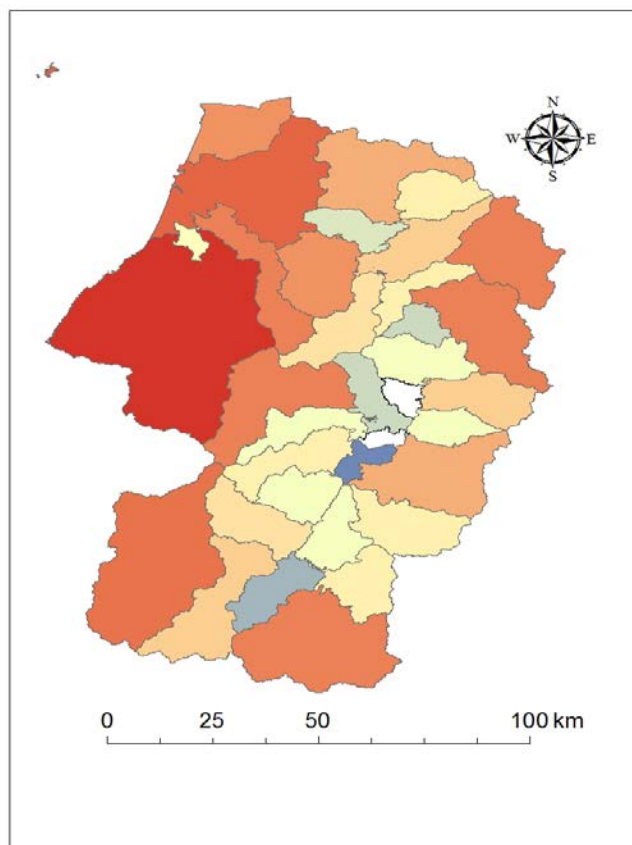
山形県「緑の分権改革」推進事業調査報告書

山形県生活環境部・地球温暖化対策課

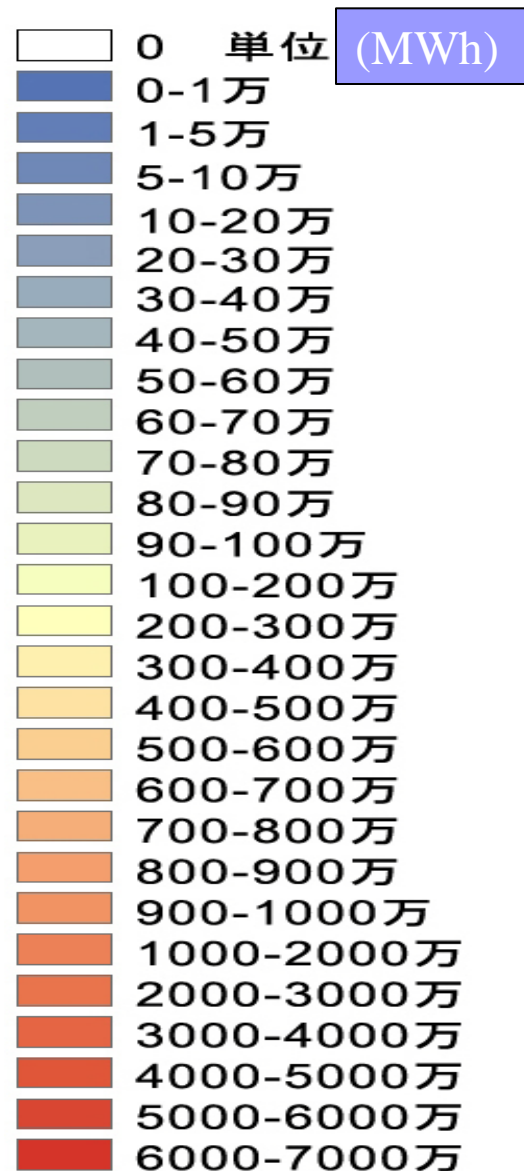
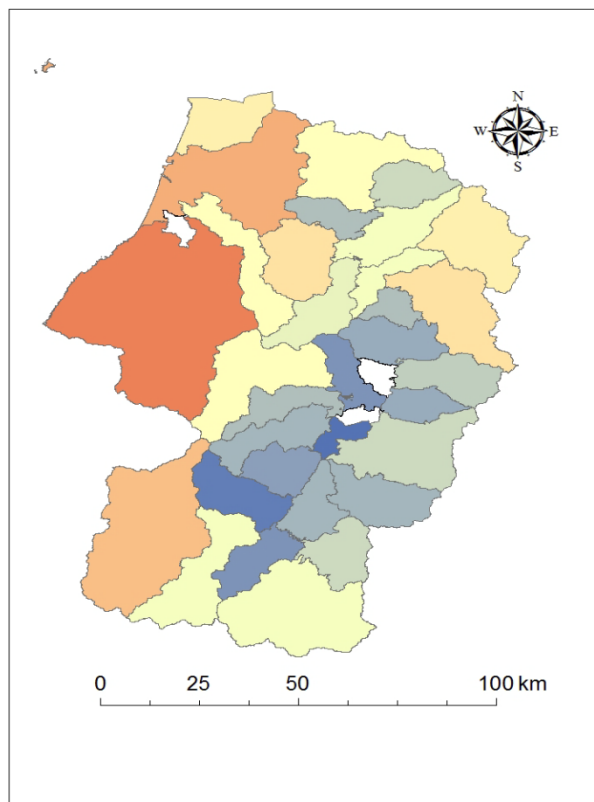
平成23年2月



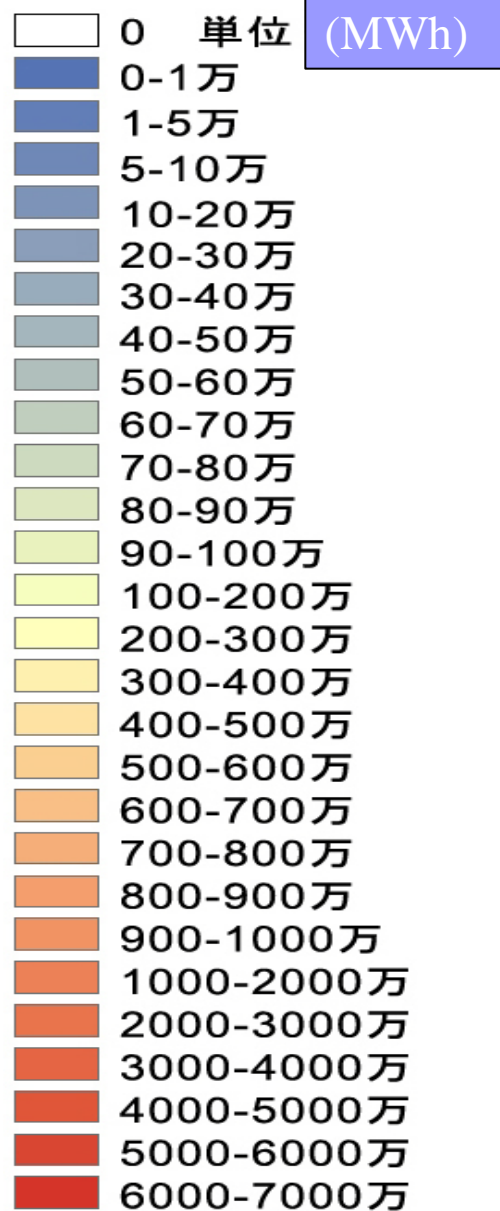
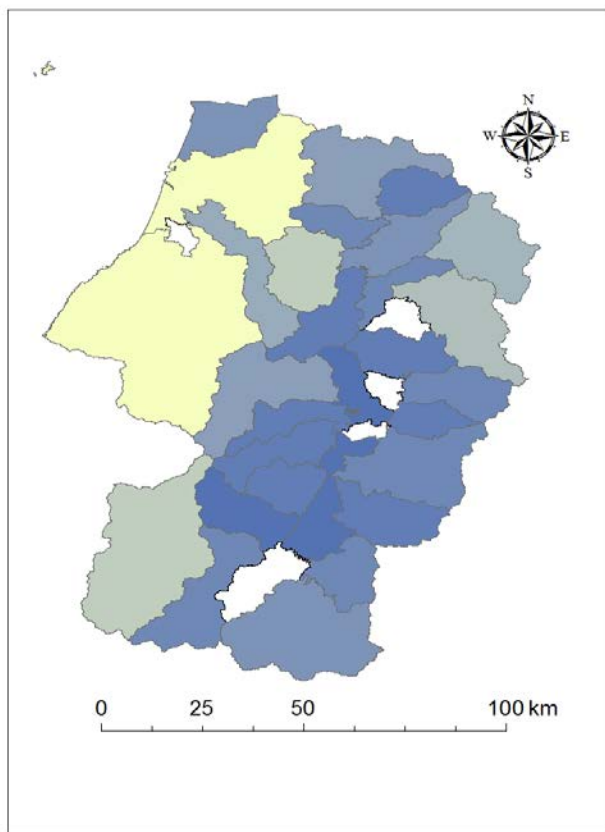
# 山形県風力潜在賦存量



# 山形県風力最大可採量



# 山形県風力期待可採量



山形県内を4つの地域に区分して、再生可能エネルギーの期待可採量を整理した結果は下表のとおりである。本事業の対象地域である庄内地域は、風力エネルギー、中小水力エネルギー、バイオマスエネルギーの期待可採量が大きい地域。

山形県地域別の新エネルギー・ポテンシャル

地域	風力 (MWh)	太陽光 (MWh)	中小水力 (MWh)	波力 (MWh)	木質バイオ (GJ)	温度差 (GJ)	雪氷熱 (GJ)
村山	1,030,051	2,072,144	630,454	0	1,295,833	1,730,301	3,140,816
最上	1,633,435	624,201	124,182	0	1,094,080	411,278	796,312
置賜	901,364	988,260	653,384	0	1,038,094	1,030,171	1,934,576
庄内	3,025,352	1,068,189	703,395	167,929	1,590,482	857,086	1,248,454
合計	6,590,202	4,752,794	2,111,415	167,929	5,018,489	4,028,836	7,120,158

(注:出典 山形県「緑の分権改革」報告書、1MWh = 3.6GJ)

期待可採量のうち、現実に利用されている再生可能エネルギーは各地域とも未利用資源が大きい。庄内地域は、山形県内で最も再生可能エネルギーの導入が進んだ地域であるが、利用率は3.2%であり、更なる導入の余地が非常に大きい。山形県全体の再生可能エネルギーの期待可採量が78,900千GJと推計されており、2008年のエネルギー消費量が78,700千GJとなっており、2008年では再生可能エネルギーでの自給が可能である。民生部門におけるエネルギー消費比率が非常に大きく、電力消費比率も大きいことを踏まえると、低炭素化のためには、民生部門における省エネの推進、再生可能エネルギーの導入拡大が不可欠。

(GJ)

	クリーンエネルギー期待可採量	クリーンエネルギー導入量	クリーンエネルギー導入率
1 村山地域	24,504,487	275,771	1.1%
2 最上地域	13,494,224	85,494	0.6%
3 置賜地域	15,613,954	190,512	1.2%
4 庄内地域	25,241,182	816,359	3.2%
合計	78,853,848	1,368,135	1.7%

# 3. 地域産業連関表の構造と地域経済の一般的相互依存

## 3-1 地域産業連関表作成フロー

(I) 山形県地域産業連関表 (H12年度・H17年度)

	中間需要 (j=1, ..., n)		最終需要 (j=1, ..., 7)									8	9	産出額 10	
	1	2 3 ... j ... n	1	2	3	4	5	6	7						
中間投入	1 · 3 · i · n	$x_{ij} = x_{ij}^D + x_{ij}^M$	中間需要計 $\sum x_{ij}$	家計外消費支出 $F_{11}$	民間消費支出 $F_{12}$	一般政府消費 $F_{13}$	社会資本減耗分 $F_{14}$	公的資本形成 $F_{15}$	民間資本形成 $F_{16}$	在庫純増 $F_{17}$	県内最終需要計 $\sum F_{1j}$	県内需要合計 $F^T_i$	県外海外移輸出 $E^T_i$	(控除) 県外海外移輸入 $-M^T_i$	$X_1$ $X_2$ · · $X_i$ · $X_n$
付加価値	$V_1 V_2 V_3 \dots V_j \dots V_n$														
産出額	$X_1 X_2 X_3 \dots X_j \dots X_n$														

(XI) 山形県地域間産業連関表(競争輸入型)完成図

	中間需要地域間取引				最終需要地域間取引				需要 合計	県外海外 移出輸出	県外海外 移入輸入	地域別 産出額
	庄内	村山	最上	置賜	庄内	村山	最上	置賜				
庄内	$x^{D11}_{ij}$ $+ x^{R1}_{ij}$	$x^{D12}_{ij}$	$x^{D13}_{ij}$	$x^{D14}_{ij}$	$x^{D11}_{if}$ $+ x^{R1}_{if}$	$x^{D12}_{if}$	$x^{D13}_{if}$	$x^{D14}_{if}$	$x^{D1}_{if}$ $+ x^{R1}_{if}$ $+ x^{R1}_{if}$	$E^{1R}_i$	$- M^{R1}_i$	$X^1_i$
村山	$x^{D21}_{ij}$	$x^{D22}_{ij}$ $+ x^{R2}_{ij}$	$x^{D23}_{ij}$	$x^{D24}_{ij}$	$x^{D21}_{if}$	$x^{D22}_{if}$ $+ x^{R2}_{if}$	$x^{D23}_{if}$	$x^{D24}_{if}$	$x^{D2}_{if}$ $+ x^{R2}_{if}$ $+ x^{R2}_{if}$	$E^{2R}_i$	$- M^{R2}_i$	$X^2_i$
最上	$x^{D31}_{ij}$	$x^{D32}_{ij}$	$x^{D33}_{ij}$ $+ x^{R3}_{ij}$	$x^{D34}_{ij}$	$x^{D31}_{if}$	$x^{D32}_{if}$	$x^{D33}_{if}$ $+ x^{R3}_{if}$	$x^{D34}_{if}$	$x^{D3}_{if}$ $+ x^{R3}_{if}$ $+ x^{R3}_{if}$	$E^{3R}_i$	$- M^{R3}_i$	$X^3_i$
置賜	$x^{D41}_{ij}$	$x^{D42}_{ij}$	$x^{D43}_{ij}$	$x^{D44}_{ij}$ $+ x^{R4}_{ij}$	$x^{D41}_{if}$	$x^{D42}_{if}$	$x^{D43}_{if}$	$x^{D44}_{if}$ $+ x^{R4}_{if}$	$x^{D4}_{if}$ $+ x^{R4}_{if}$ $+ x^{R4}_{if}$	$E^{4R}_i$	$- M^{R4}_i$	$X^4_i$
付加価値	$V^1$	$V^2$	$V^3$	$V^4$								
地域別 産出額	$X^1_j$	$X^2_j$	$X^3_j$	$X^4_j$								

分析:山越 啓一郎(東北公益文科大学)

# 産業連関表におけるエネルギー投入産出部門

## エネルギー素材部門

### 木質素材

育林  
素材(国産)  
素材(輸入)

### 鉱物素材

0629099 その他の非金属鉱物  
0711011 石炭  
0711012 原油  
0711013 天然ガス

## エネルギー製品部門

### 木質製品

1611011 製材  
1611021 合板  
1611031 木材チップ  
1619091 建設用木製品

### 石油製品

2111011 ガソリン  
2111012 ジェット燃料油  
2111013 灯油  
2111014 軽油  
2111015 A重油  
2111016 B重油・C重油  
2111017 ナフサ  
2111018 液化石油ガス  
2111019 その他の石油製品

### 石炭製品

0  
0

2121011 コークス  
2121019 その他の石炭製品  
2121021 舗装材料

## エネルギー転換部門

5111001 事業用電力  
5111041 自家発電  
5121011 都市ガス  
5122011 熱供給業  
5212011 廃棄物処理(公営)★★  
5212021 廃棄物処理(産業)



## 山形県4地域別発電形態別発電量

単位：(上段)箇所数、(下段)発電量、千 kWh

項目	平成 12 年度					平成 17 年度				
	村山	最上	置賜	庄内	計	村山	最上	置賜	庄内	計
火力	0 —	0 —	0 —	2 4,115,837	2 4,115,837	0 —	0 —	0 —	2 4,576,860	2 4,576,860
水力	11 405,822	4 70,286	4 119,128	18 607,046	37 1,202,282	11 418,138	4 74,801	4 128,399	18 611,279	37 1,232,617
風力	0 —	0 —	0 —	9 5,942	9 5,942	0 —	0 —	0 —	11 42,862	11 42,862
太陽 光	103 348	17 57	43 148	57 192	220 745	546 1,802	85 283	230 745	292 966	1,153 3,796
廃棄 物	0 —	0 —	1 15,033	0 —	1 15,033	0 —	0 —	1 15,507	1 12,675	2 56,364
合計	406,170	70,343	134,309	4,729,017	5,339,839	419,940	75,084	144,651	5,231,967	5,912,499
県統 計資 料*					5,600,495					6,114,020

注：\*山形県統計年鑑（2002～2008）より。個別の発電データはそれぞれ事業所のヒアリングなどで

に相当すると推測される。

分析：大歳恒彦他推計

施

## 3-2 地域別炭素収支の見える化指標の作成

### 1. 地域間産業連関表による炭素収支バランスの作成

産業連関表数量バランス式

$$X = (I - (I - m)A)^{-1} ((I - m)F + E)$$

**X**: 産出額ベクトル **F**: 最終需要ベクトル

**I** : 単位行列

**m**: 輸入係数対角行列 ( $m_i = M_i / (AX + F)$ )

**A**: 投入係数行列

### 2. 山形県域内産業別CO2排出量

**C** : 産業別産出量当たりCO2 排出係数対角行列

**CO2**: 産業部門別・エネルギー種別排出量行列

$$CO2 = C X$$

### 3. 山形県生産活動に伴う県外CO2排出量

M : 産業別移輸入量ベクトル

$$M = m(Ax+F)$$

$M_{CO_2}$ : 産業別移輸入に伴う県外CO2排出量

$r_{CO_2}$ : 県外産業別CO2排出係数対角行列

$$M_{CO_2} = r_{CO_2}M$$

### 4. 最終需要に伴うCO2排出量

$f_{CO_2}$ : 最終需要部門商品別排出係数

$$F_{CO_2} = f'_{CO_2} F$$

# 産業連関表によるエネルギーおよびCO2排出分析

(XI) 山形県地域間産業連関表(競争輸入型)完成図

	中間需要地域間取引				最終需要地域間取引				需要合計	県外海外 移出輸出	県外海外 移入輸入	地域別 産出額
	庄内	村山	最上	置賜	庄内	村山	最上	置賜				
庄内	$x^{D1}_{ii}$	$x^{D1}_{ij}$	$x^{D1}_{ik}$	$x^{D1}_{il}$	$x^{D11}_{ijF}$	$x^{D12}_{ijF}$	$x^{D13}_{ijF}$	$x^{D14}_{ijF}$	$x^{D1}_{ijF}$	$E^{1R}_i$	$-M^{R1}_i$	$X^1_i$
	$+x^{R1}_{ij}$				$+x^{R1}_{ijF}$				$+x^{R1}_{ij}$			
村山	$x^{D2}_{ij}$	$x^{D2}_{ij}$	$x^{D2}_{ik}$	$x^{D2}_{il}$	$x^{D21}_{ijF}$	$x^{D22}_{ijF}$	$x^{D23}_{ijF}$	$x^{D24}_{ijF}$	$x^{D2}_{ijF}$	$E^{2R}_i$	$-M^{R2}_i$	$X^2_i$
		$+x^{R2}_{ij}$			$+x^{R2}_{ijF}$				$+x^{R2}_{ij}$			
最上	$x^{D3}_{ij}$	$x^{D3}_{ij}$	$x^{D3}_{ij}$	$x^{D3}_{il}$	$x^{D31}_{ijF}$	$x^{D32}_{ijF}$	$x^{D33}_{ijF}$	$x^{D34}_{ijF}$	$x^{D3}_{ijF}$	$E^{3R}_i$	$-M^{R3}_i$	$X^3_i$
			$+x^{R3}_{ij}$		$+x^{R3}_{ijF}$				$+x^{R3}_{ij}$			
置賜	$x^{D4}_{ij}$	$x^{D4}_{ij}$	$x^{D4}_{ij}$	$x^{D4}_{ij}$	$x^{D41}_{ijF}$	$x^{D42}_{ijF}$	$x^{D43}_{ijF}$	$x^{D44}_{ijF}$	$x^{D4}_{ijF}$	$E^{4R}_i$	$-M^{R4}_i$	$X^4_i$
				$+x^{R4}_{ij}$	$+x^{R4}_{ijF}$				$+x^{R4}_{ij}$			
付加価値	V	V	V	V								
地域別 産出額	X	X	X	X								

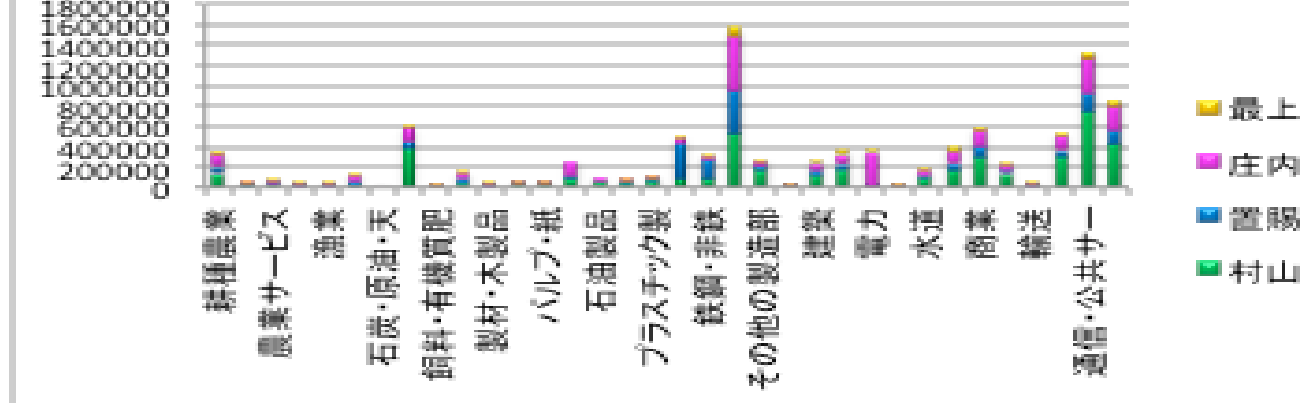


: 電力使用量・燃料種別投入ベクトル

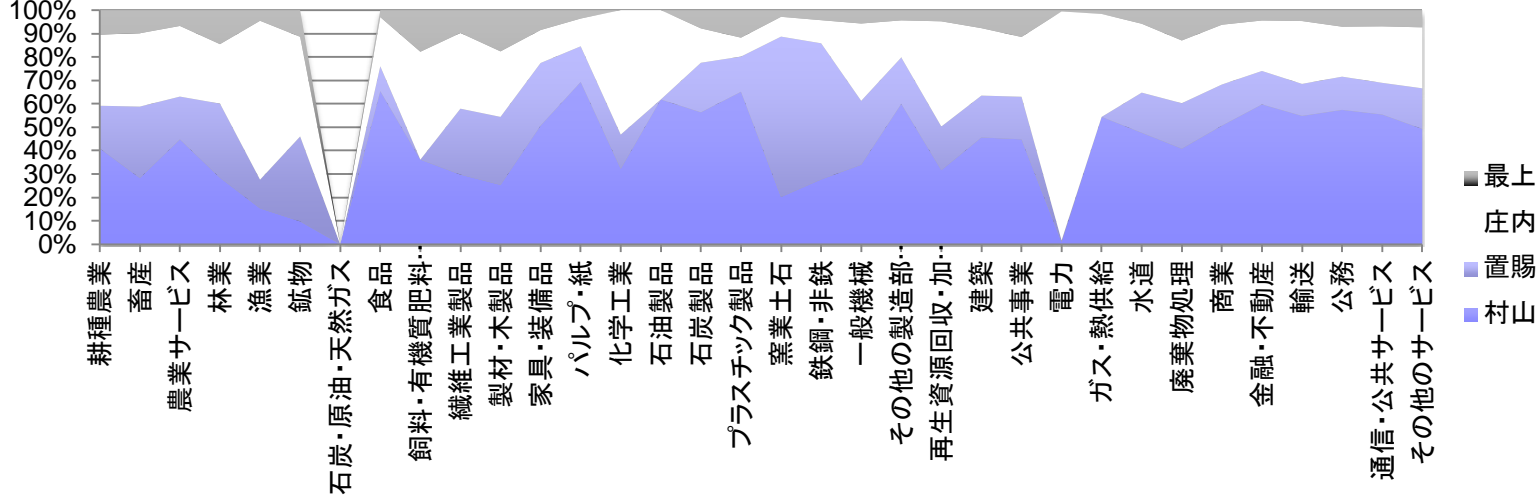


: 事業用電力および自家発電投入ベクトル

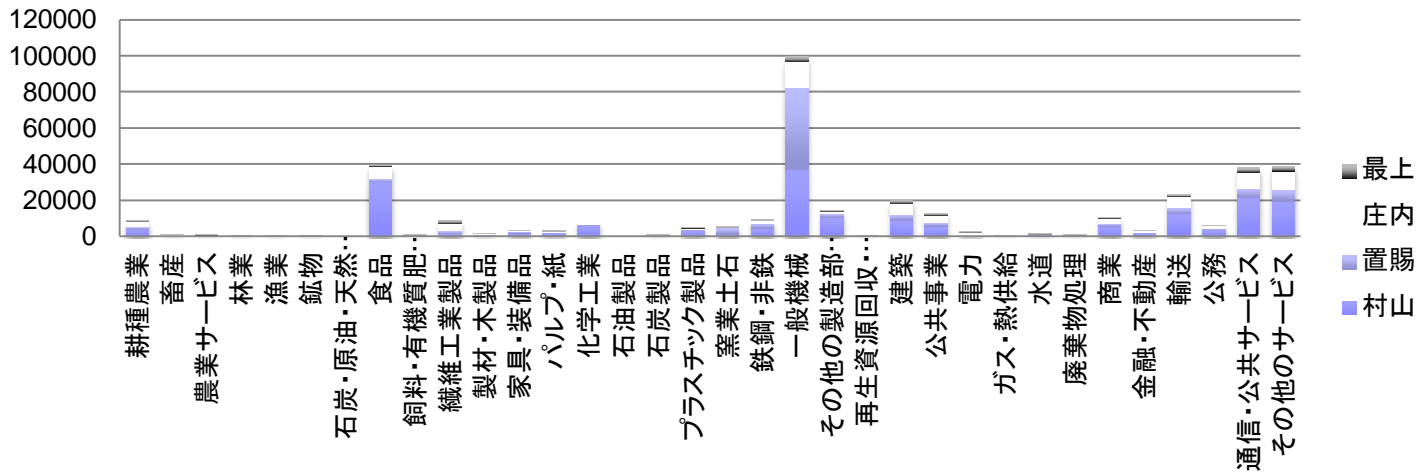
## 最終需要直接・間接生産誘発 地域別CO2排出量(t-co2)



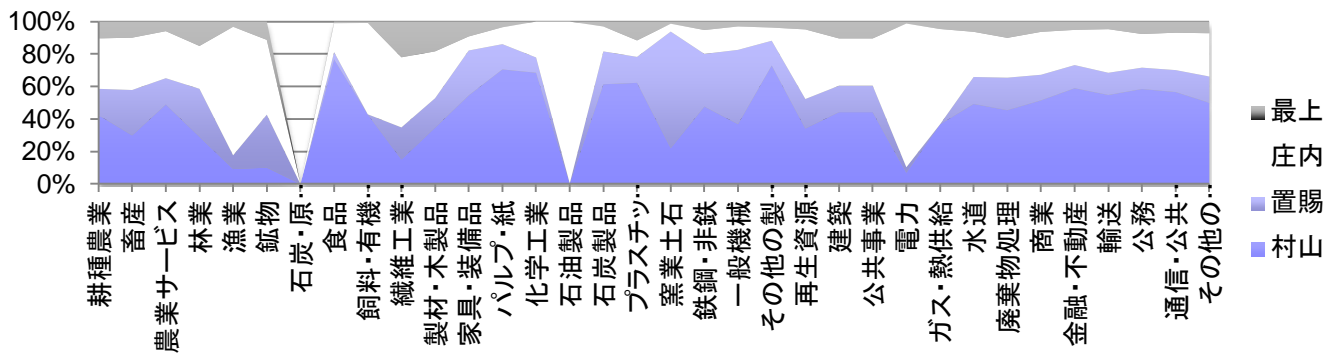
## 最終需要間接・直接CO2排出地域別シェア



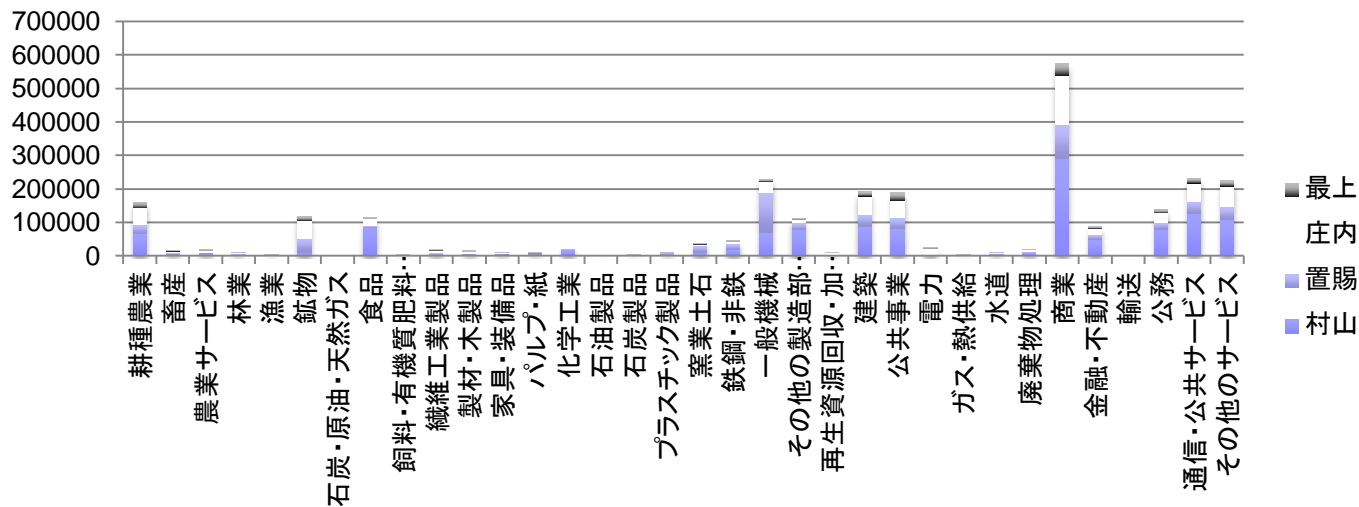
## 製鉄鋼業の生産誘発に伴う卸・小売段階 co2排出(t-co2)



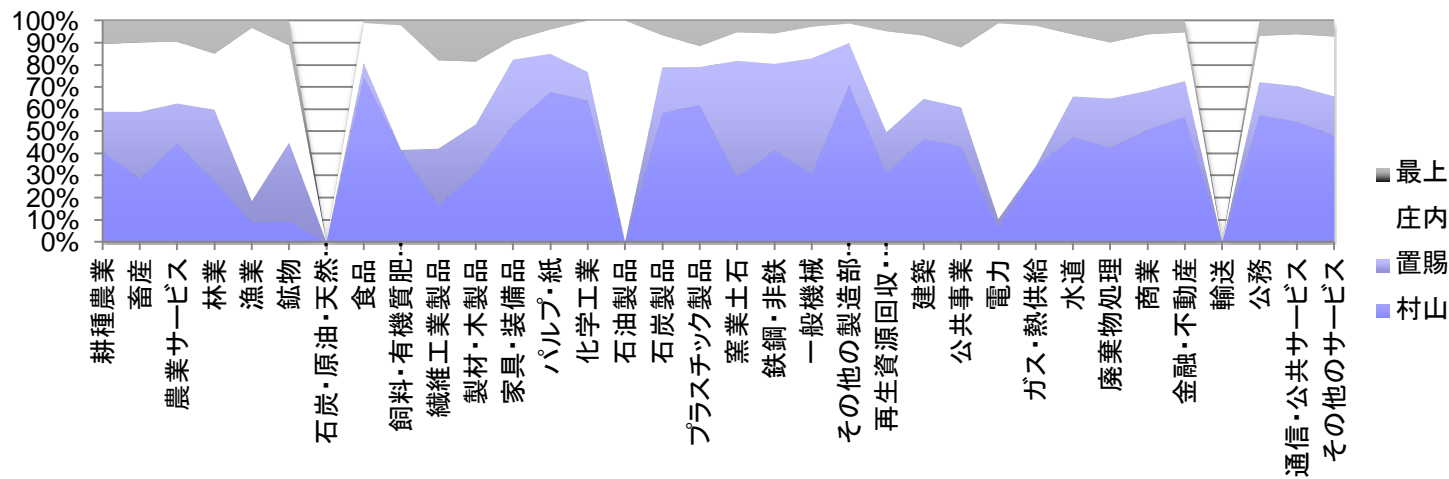
## 製鉄鋼業の生産誘発に伴う卸・小売段階 co2排出シェア



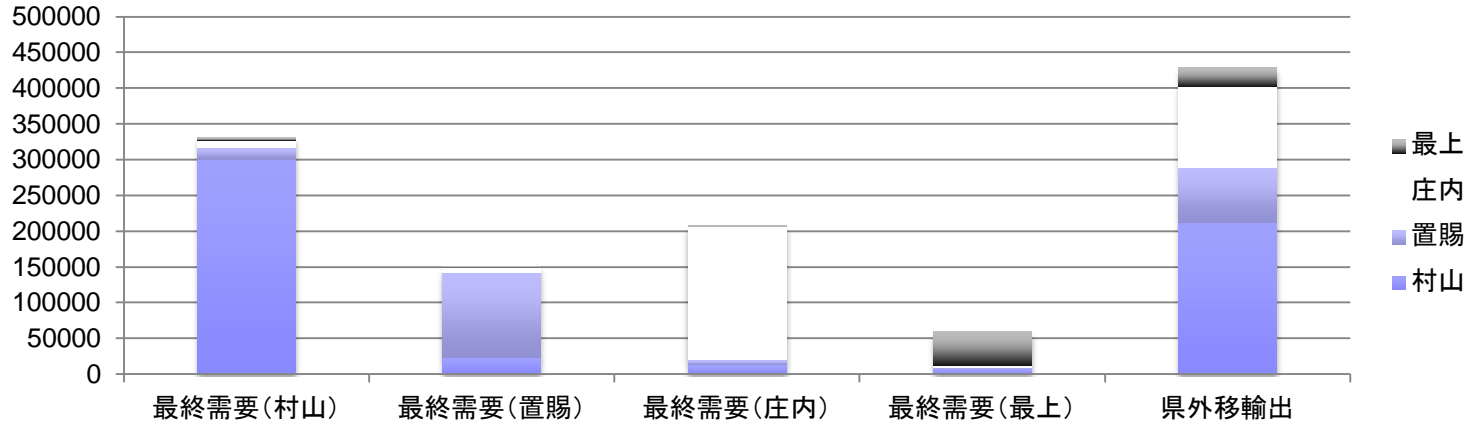
## 最終需要の生産誘発に伴う輸送段階co2排出量(t-co2)



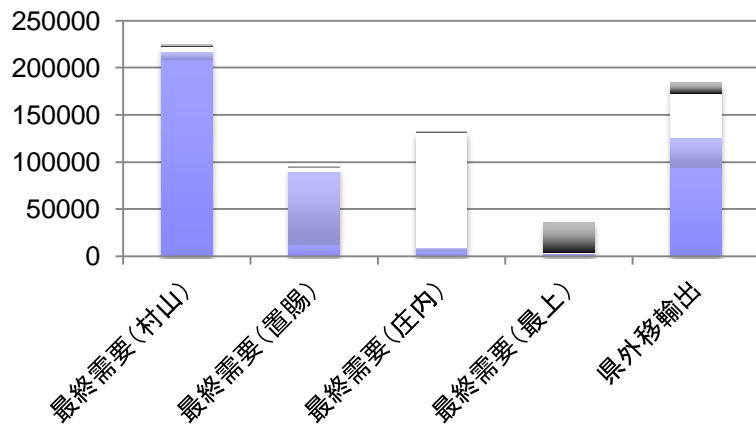
## 最終需要の生産誘発に伴う輸送段階co2排出量地域別シェア



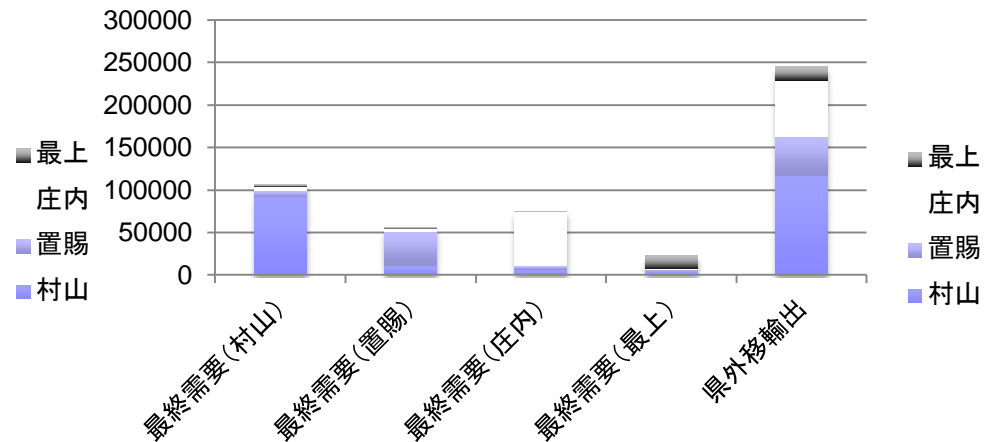
## 最終需要による直接co2排出量 (t-co2)



## 最終需要による卸・小売段階のco2排出量 (t-co2)



## 最終需要による輸送段階のco2排出量 (t-co2)





# 3-3 山形県地域別のCO2排出原単位係数の推計 —産業連関表・工業統計表・エネルギー消費統計—

## ●山形県の個票

山形県は281事業所。

調査票の「B2.燃料消費について」の「消費量計もしくは金額計」を集計。

山形県で石炭・コークスを使用している事業所は無し。

## ●金額と数量の変換

個票ではエネルギー消費量は金額か数量のデータとなっており、単価表より相互に変換する。

単価表が分からないものについてはそのまま。

## ●単価表の求め方

### 1. 都市ガス

・出典は「ガス事業生産動態統計」(平成19年度)

・全国の平成19年4月～平成20年3月の平均価格

・製造業についてのロットは工業小口か工業大口とした。年間消費量が10万 $m^3$ 以上であれば大口とみなす。

### 2. 液化石油ガス(LPG)

・出典は石油情報センターのウェブサイト

・山形県の平成19年度偶数月の平均価格

・ロットは5,10,20,50,100 $m^3$ がある。個票データにロットの記述があればそのロットとみなし、無ければ12で割って(月平均)、その量からロットを判断した。

・ $kg \rightarrow m^3$ への変換はLPガス(プロパン70wt%,ブタン30wt%)の産気率0.458 $m^3/kg$ (日本LPガス協会)を使った。

### 3. ガソリン、軽油、灯油、A重油、B・C重油

・出典は「積算資料」(平成19年4月～平成20年3月)

・山形県の平成19年4月～平成20年3月の平均価格

・ロットはガソリン・灯油・軽油は「スタンド」、A重油は「ドラム」を適用。

分析: 山本裕樹(東北公益文科大学)

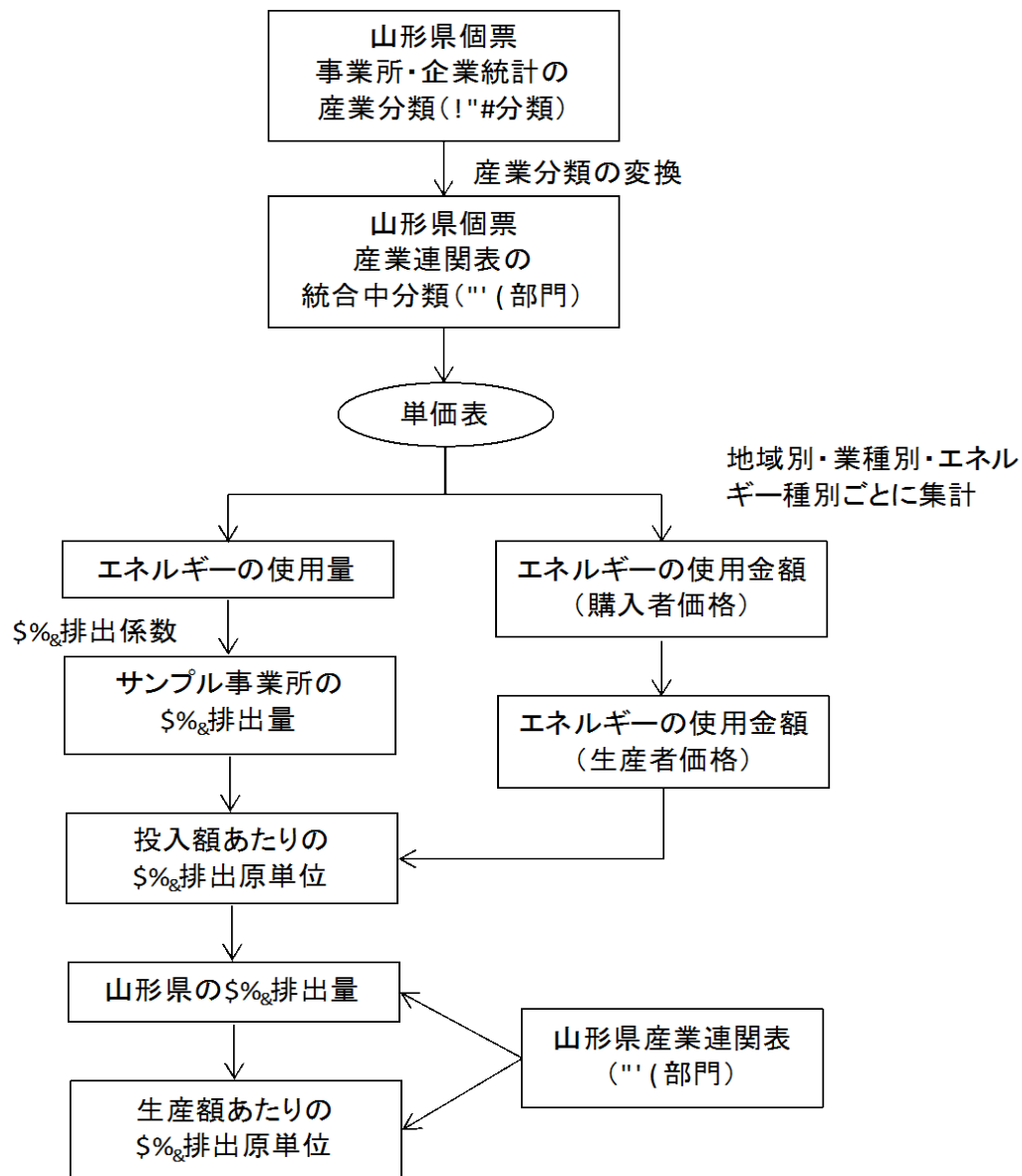
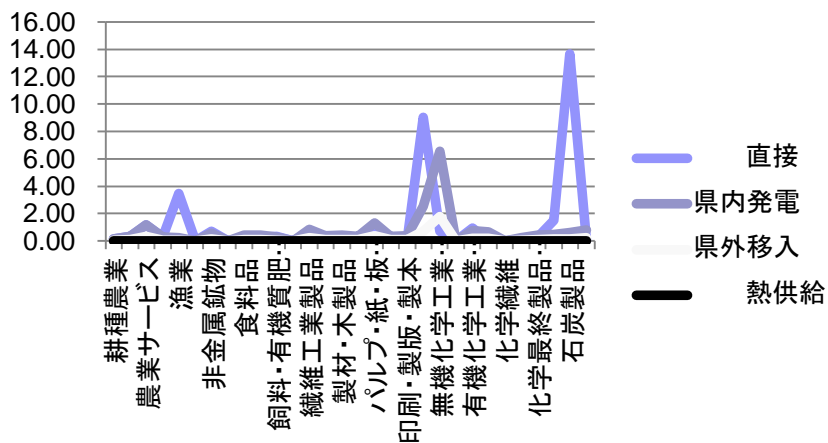
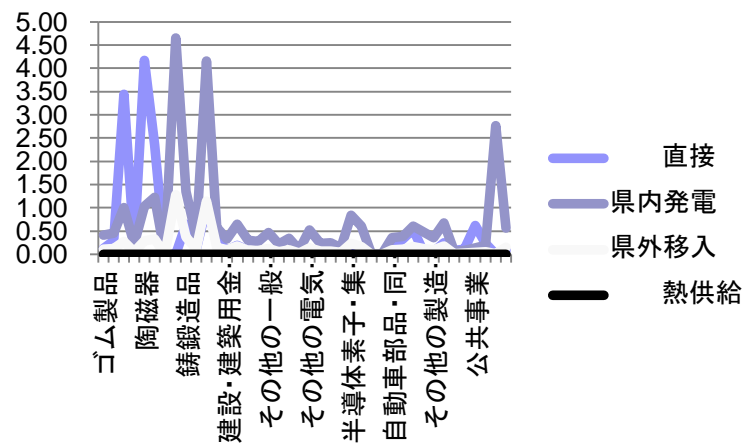


表 DD 山形県の567排出量と生産額あたりの567排出原単位の推計のチャート図!

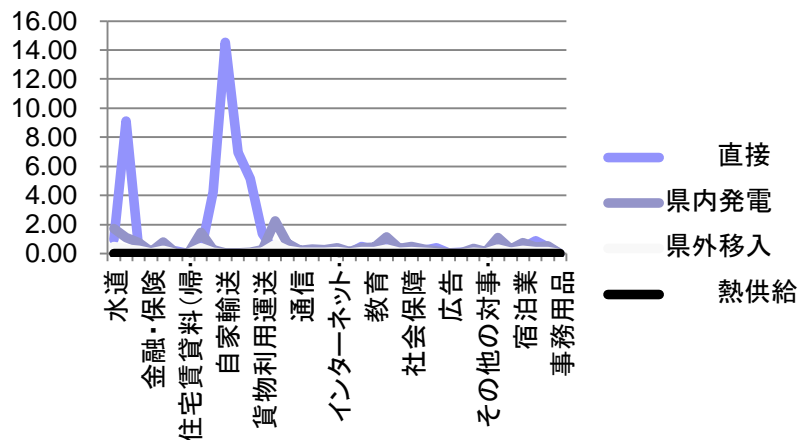
山形平均産業別co2原単位 I (t-co2/百万円)



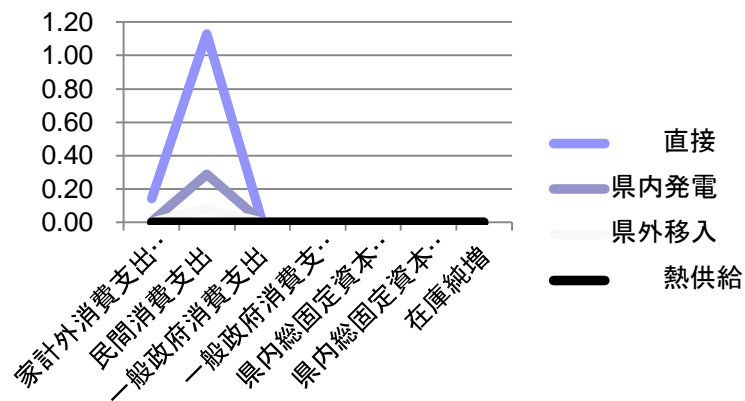
山形県産業別co2原単位 II (t-co2/百万円)



山形県産業別co2原単位 III (t-co2/百万円)

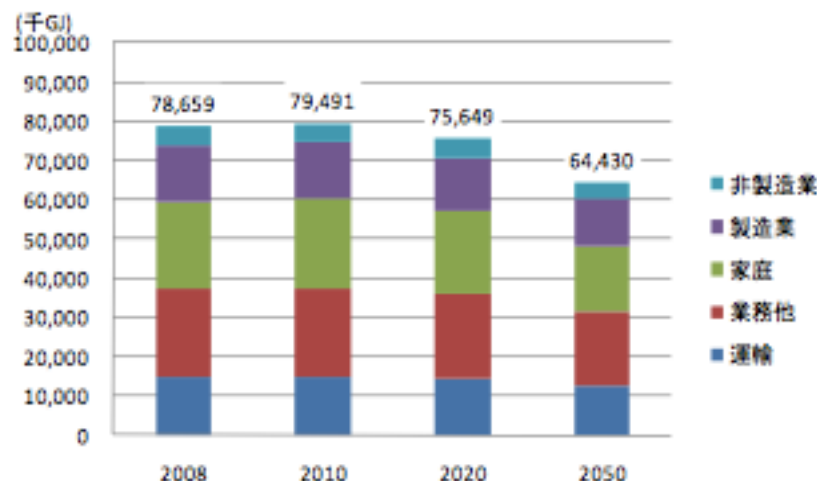


山形県最終需要別co2原単位 (t-co2/百万円)



# 4. 新エネルギー導入による脱温暖化シナリオ作成について

## 4-1 山形県における新エネルギー腑存量の推定 山形県「緑の分権改革」における推定と課題



※ 2008 は「都道府県別エネルギー消費統計(2008年度版)」(資源エネルギー庁)による  
※ 他は推計値

図 33 山形県エネルギー消費量の推移(将来見込み)(省エネ分考慮なし)

現状の部門別エネルギー消費量を世帯数のみの予測で延長推計、需要代替、省エネルギー効果は考慮せず。

# 省エネルギー効果を設定 (国立環境研究所AIMプロジェクト)

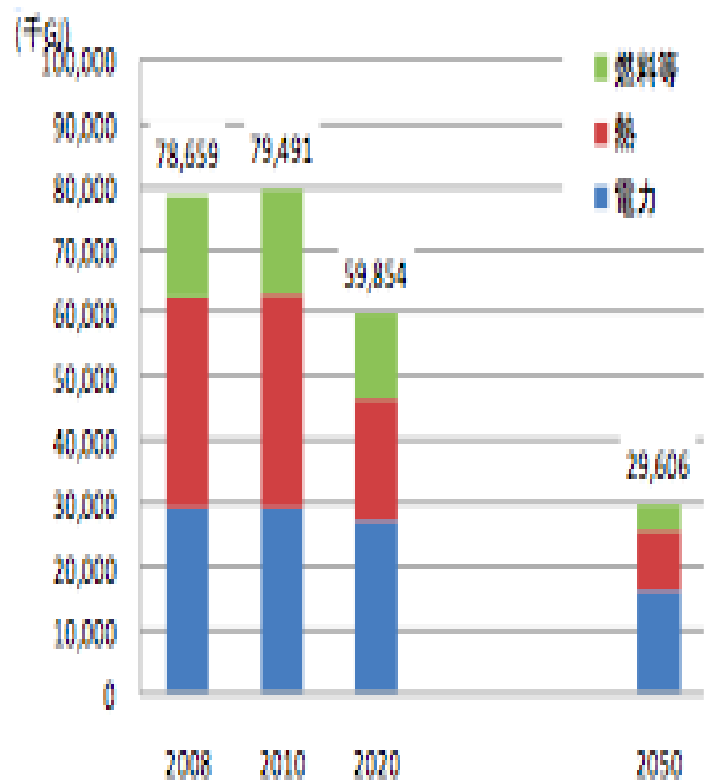
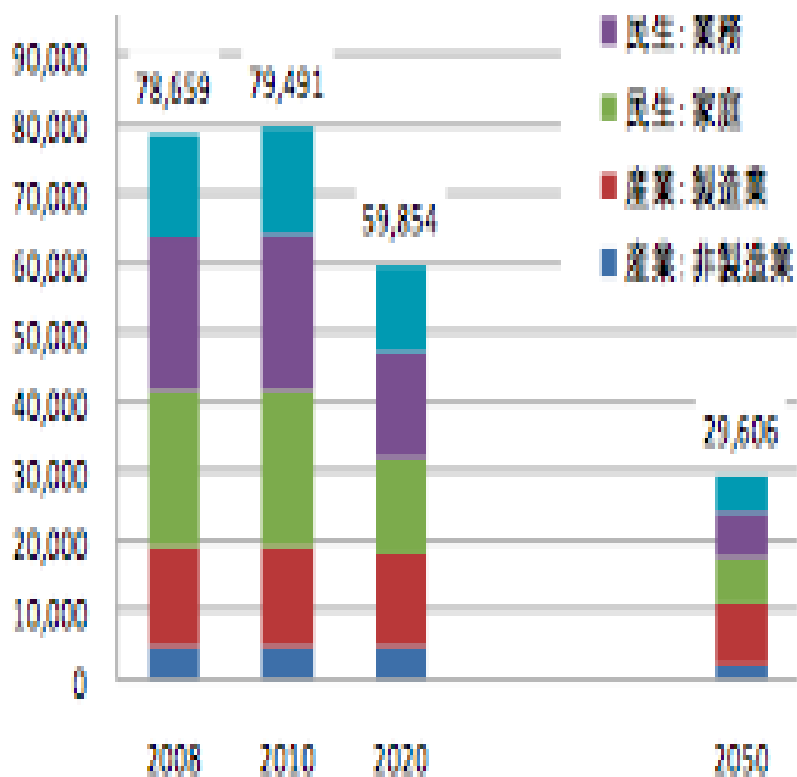
				省エネ率(A)		省エネ対策実施率(B)		省エネ効果(A×B)	
				2020年	2050年	2020年	2050年	2020年	2050年
産業	非製造業	電力	・照明の効率化	15%	40%	10%	100%	2%	40%
			・設備・機器(空調、モータ等)の効率化	15%	40%	10%	100%	2%	40%
		熱	・設備・機器(ボイラ、ヒートポンプ等)の効率化	15%	40%	10%	100%	2%	40%
			・設備・機器(蒸気機、産業機械等)の燃費改善	15%	40%	10%	100%	2%	40%
	製造業	電力	・照明の効率化	10%	25%	10%	100%	1%	25%
			・設備・機器(空調、モータ等)の効率化	10%	25%	10%	100%	1%	25%
		熱	・設備・機器(ボイラ、ヒートポンプ等)の効率化	10%	25%	10%	100%	1%	25%
			・設備・機器(産業機械等)の燃費改善	10%	25%	10%	100%	1%	25%
民生	家庭	電力	・照明の効率化	20%	50%	20%	100%	2%	50%
			・電気機器の効率化	15%	50%	20%	100%	5%	50%
			・建物の断熱(冷暖房)	40%	50%	20%	100%	12%	50%
		熱	・給湯機(ヒートポンプ等)の効率化	20%	50%	20%	100%	6%	50%
	・建物の断熱(冷暖房)		40%	50%	20%	100%	12%	50%	
	業務用	電力	・照明の効率化	20%	50%	20%	100%	6%	50%
			・電気機器の効率化	20%	50%	20%	100%	6%	50%
			・建物の断熱(冷暖房)	20%	50%	20%	100%	6%	50%
熱		・給湯機(ヒートポンプ等)の効率化	20%	50%	20%	100%	6%	50%	
	・建物の断熱(冷暖房)	20%	50%	20%	100%	6%	50%		
運輸	乗用車	燃料	・技術(ハイブリッド化等)による燃費改善	20%	50%	50%	100%	10%	50%
			・電気自動車等への切り替え	-	-	5%	50%	5%	50%

※ 産業部門はすでに広く省エネが実施されているため、省エネ率及び2050年の実施率を他部門より小さく設定

参考)「2020年排出削減に関する統計～対策技術の普及について～タスクフォース版」(2010年2月10日、国立環境研究所AIMプロジェクトチーム)

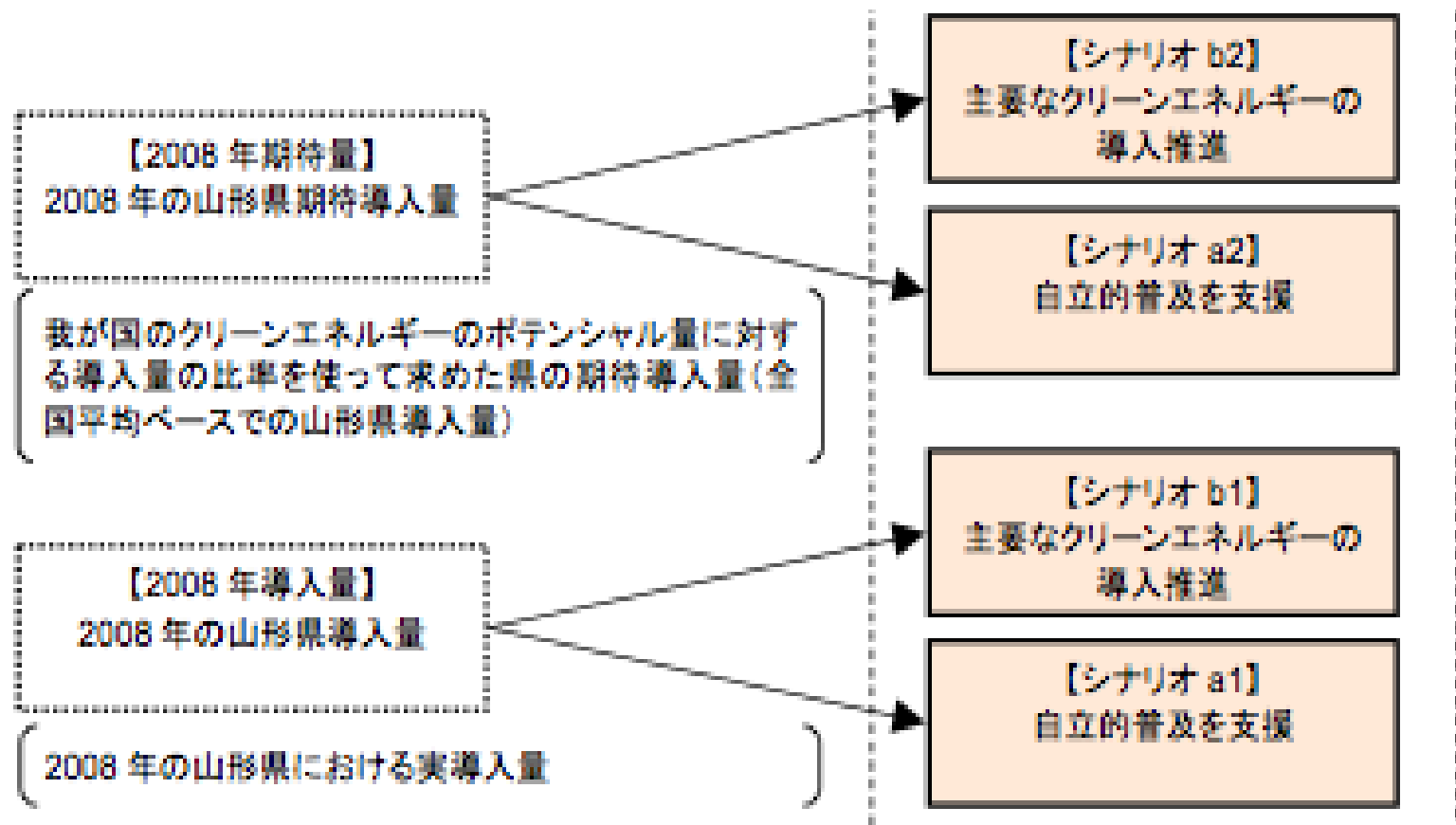
「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ(議論のたたき台)」(平成22年3月、地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会)

省エネルギー効果を想定した山形県のエネルギー消費需要は、2010年度に79,491千GJが2020年度には、59,854千GJ,2050年度には、29,606千GJとなる。省エネルギーを想定しないケースの対して、2020年度で5%、2050年度で52%節約



# 2020年

## 山形県新エネルギー供給シナリオ:「緑の分権改革」



# 2050年

## 山形県新エネルギー供給シナリオ「緑の分権改革」

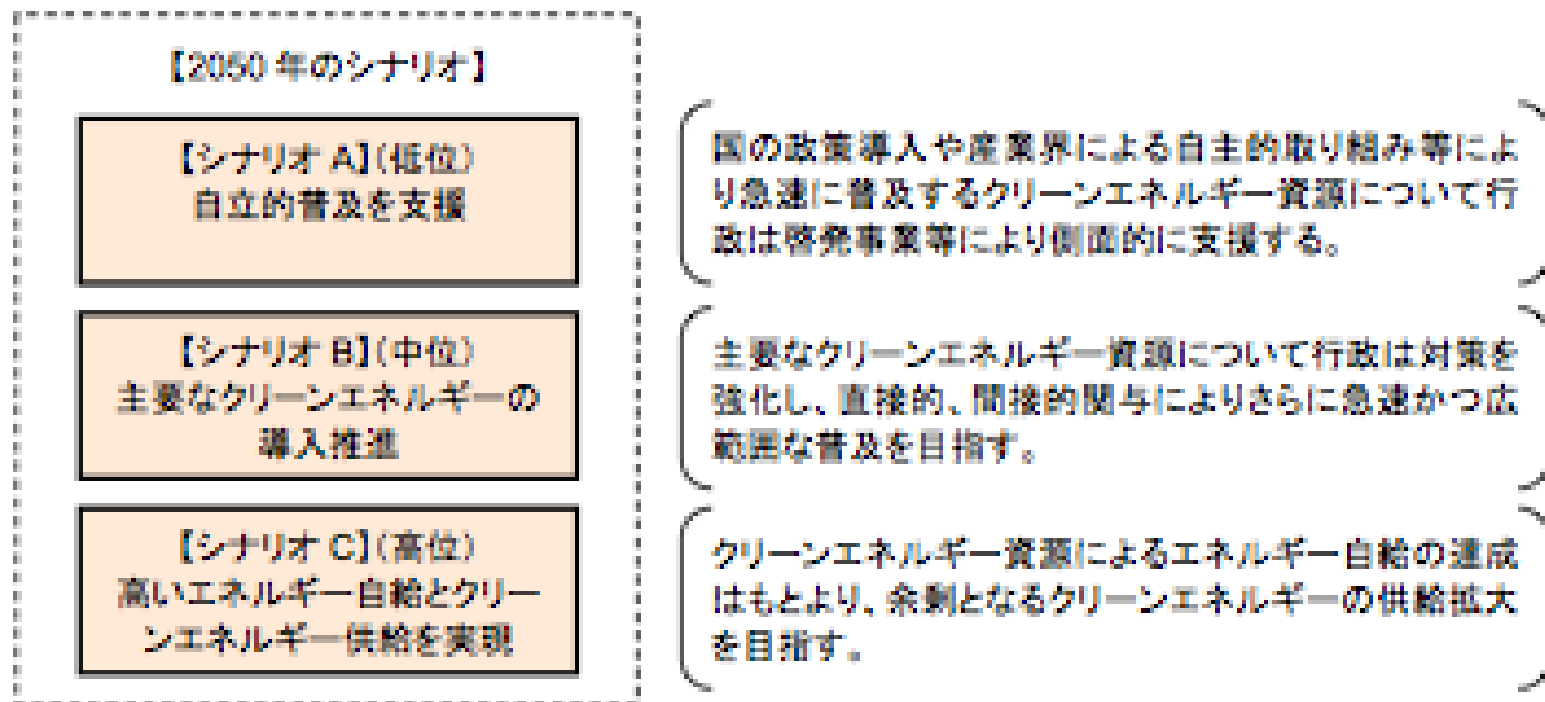


図 36 複数シナリオ設定の枠組み



# 山形県新エネルギー供給シナリオ

		2020年				2050年		
		シナリオa1	シナリオa2	シナリオb1	シナリオb2	シナリオA	シナリオB	シナリオC
電力	風力エネルギー (GJ)	1,038,418	1,634,895	(1,038,418)	(1,634,895)	5,449,652	8,174,477	10,899,303
	太陽光エネルギー	412,139	704,317	557,600	952,900	4,895,677	6,664,549	8,307,370
	(家庭) (GJ)	273,491	467,378	370,018	632,335	1,134,454	1,638,656	2,016,807
	(事業所) (GJ)	46,216	78,980	62,527	106,855	394,867	513,327	631,787
	(公共施設) (GJ)	46,216	78,980	62,527	106,855	144,544	216,816	289,088
	(その他) (GJ)	46,216	78,980	62,527	106,855	3,221,812	4,295,750	5,369,687
	中小水力エネルギー (GJ)	553,133	877,701	(553,133)	(877,701)	4,651,626	5,814,533	6,977,439
	波力エネルギー (GJ)	0	0	0	0	0	0	16,793
小計	2,003,890	3,216,913	2,149,150	3,485,496	14,996,955	20,653,559	26,200,905	
熱	太陽熱利用	408,672	408,672	1,052,666	1,052,666	2,712,623	3,427,869	3,968,875
	(家庭) (GJ)	108,475	108,475	216,950	216,950	502,659	603,190	703,722
	(事業所) (GJ)	296,401	296,401	741,004	741,004	1,312,194	1,574,632	1,837,071
	(公共施設) (GJ)	3,796	3,796	7,592	7,592	26,571	30,367	34,163
	(その他) (GJ)	0	0	87,120	87,120	871,199	1,219,679	1,393,919
	バイオマスエネルギー	956,173	956,173	1,694,418	1,694,418	3,127,321	4,072,905	5,018,488
	(林地残材) (GJ)	709,188	709,188	1,418,375	1,418,375	2,836,750	3,782,334	4,727,917
	(製材端材) (GJ)	246,985	246,985	276,042	276,042	290,571	290,571	290,571
	温度差エネルギー (GJ)	2,820	2,820	2,820	2,820	40,288	40,288	201,442
	雪氷融エネルギー (GJ)	3,560	3,560	3,560	3,560	71,202	71,202	712,016
	廃棄物エネルギー (GJ)	466,228	466,228	932,456	932,456	1,584,544	2,160,742	2,736,940
小計	1,837,454	1,837,454	3,685,920	3,685,920	7,535,978	9,773,006	12,637,761	
合計 (GJ)	3,841,143	5,054,367	5,835,070	7,151,416	22,532,933	30,426,564	38,838,666	

エネルギー自給率								
電力供給		7.4%	11.8%	7.9%	12.7%	92.3%	127.1%	161.2%
熱供給		9.6%	9.6%	19.2%	19.2%	78.1%	101.2%	130.9%
合計		6.4%	8.4%	9.7%	11.9%	76.1%	102.8%	131.2%

※エネルギー自給率算出のため、風力と中小水力のシナリオb1・b2はそれぞれシナリオa1・a2を準用

※エネルギー自給率算出のため、太陽熱エネルギー～廃棄物エネルギーは、シナリオa1・a2/b2・b2の区分をしていないため、それぞれシナリオa1・a2はシナリオaの値、シナリオb1・b2はシナリオbの値とした。

※エネルギー種類ごとにシナリオの選択が可能だが、本表の小計、合計の値は同一シナリオの合算値である。

# エネルギー種別。シナリオ別新エネルギー供給量

	(参考) 2009年	2020年				2050年			備考
		シナリオa1	シナリオa2	シナリオb1	シナリオb2	シナリオA	シナリオB	シナリオC	
風力エネルギー (基)	14	100	130			400	600	900	2,000kW風車想定
太陽光エネルギー									
(家庭) (千基)	(1)	22 (6%)	37 (10%)	29 (8%)	50 (13%)	90 (25%)	130 (36%)	160 (45%)	5kWパネル想定
(事業所) (千基)	(0.1)	2 (3%)	3 (5%)	2 (4%)	4 (7%)	16 (28%)	20 (36%)	25 (45%)	10kWパネル想定
(公共施設) (千基)	(0.1)	2	3	2	4	6	9	11	10kWパネル想定
(その他) (千基)	(0.1)	2	3	2	4	128	170	213	10kWパネル想定
太陽熱利用									
(家庭) (千基)		9 (2%)	9 (2%)	18 (5%)	18 (5%)	43 (12%)	51 (14%)	60 (17%)	6m <sup>2</sup> パネル想定
(事業所) (千基)		2 (2%)	2 (2%)	4 (6%)	4 (6%)	7 (12%)	8 (14%)	9 (17%)	100m <sup>2</sup> パネル想定
(公共施設) (千基)		0	0	0	0	0	0	0	100m <sup>2</sup> パネル想定
(その他) (千基)		0	0	0	0	4	6	7	100m <sup>2</sup> パネル想定
中小水力エネルギー (基)	500	1,500	2,400	1,500	2,400	3,100	3,800	4,600	100kW水車想定
バイオマスエネルギー									
(林地残材) (千t)	28	42	42	84	84	169	225	281	
(製材端材) (千t)	14	15	15	16	16	17	17	17	
温度差エネルギー (千GJ)	3	3	3	3	3	40	40	201	
雪氷熱エネルギー (千t)	9	10	10	10	10	201	201	2,012	雪重量
廃棄物エネルギー (千t)	39	61	61	122	122	207	283	358	焼却ごみ量
波力エネルギー (kW)		0	0	0	0	0	0	1,900	

※ (参考)は導入量(推定値)を備考欄の規模で基数換算したもの

※ 太陽光エネルギー及び太陽熱エネルギーの導入基数下に記載の()内の数値は、世帯数または事業所数に対する普及率

## 5. 地域に根ざした脱温暖化シナリオの展開

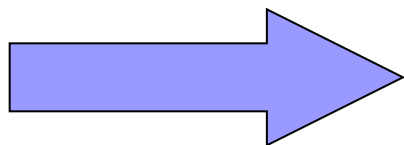
### 5-1 民生部門・中小製造業部門での省エネ効果

山形県の地域別に製造業の電力投入原単位に関するベンチマークを測定し、事業所毎の省エネルギーの管理についての数値目標を定める。

1. 地域間産業連関表の電力投入のベクトルから品目別の電力原単位を測定。
2. 工業統計表の事業所の調査票の個表の利用により、従業員30人以上の事業所について、地域(庄内、村山、最上、置賜地方)の製造業事業所の電力、燃料使用量の原単位分布を観測し、電力投入関数の測定から、29人以下の事業所の電力原単位のベンチマークの策定。
3. 省エネルギーによる産業部門別燃料使用量および電力使用量の原単位係数の変化による産出あたりCO<sub>2</sub>排出原単位係数を推定。
4. 産業連関表によるCO<sub>2</sub>削減効果のシナリオ作成
5. 4-1 のシナリオとの組み合わせによる新エネルギー導入と小規模事業所における省エネルギーの効果の複合による脱温暖化シナリオの作成

## 5-2 環境情報GISを利用した山形県地域別供給可能な森林バイオマス資源量の試算

低炭素社会の構築に向けた地方からの情報発信の一環として、炭素の地域収支を把握できる地域間レベルでの産業連関表の作成を試みた。さらに、本研究では、市町村毎の森林の炭素貯留量や毎年の吸収量を推定して、地域のバイオマス資源の利用可能性を試算することとした。その手法は、はじめに山形県内の市町村ごとに環境情報GISを用いて植生タイプ毎の森林面積を算出し、次に、各植生タイプにおいて標準的な林齢と比較的高齢の林齢を想定したうえで、収穫表の蓄積を乗じて森林の炭素貯留量および毎年の吸収量を試算した。結果から、各市町村では炭素貯留量や毎年の吸収量に大きな違いがあり、森林面積の大きな自治体では炭素貯留量が大きい、人工林の比率の多い自治体では毎年の成長量が大きいことがわかった。



産業連関分析への組み入れ

表-1 植林地の炭素貯留量及び炭素固定量

支庁	面積(ha)	蓄積合計 (m <sup>3</sup> )	成長量合計 (m <sup>3</sup> )	炭素貯留量 (ton)	炭素固定量 (ton/yr)
最上	43,382	11,248,270	399,568	2,727,904	62,905
庄内	49,186	13,801,758	499,656	3,513,525	81,605
村山	39,052	12,283,624	435,100	3,025,466	69,815
置賜	28,692	8,240,206	296,640	2,063,661	48,210
合計	160,312	45,573,856	1,630,964	11,330,556	262,537

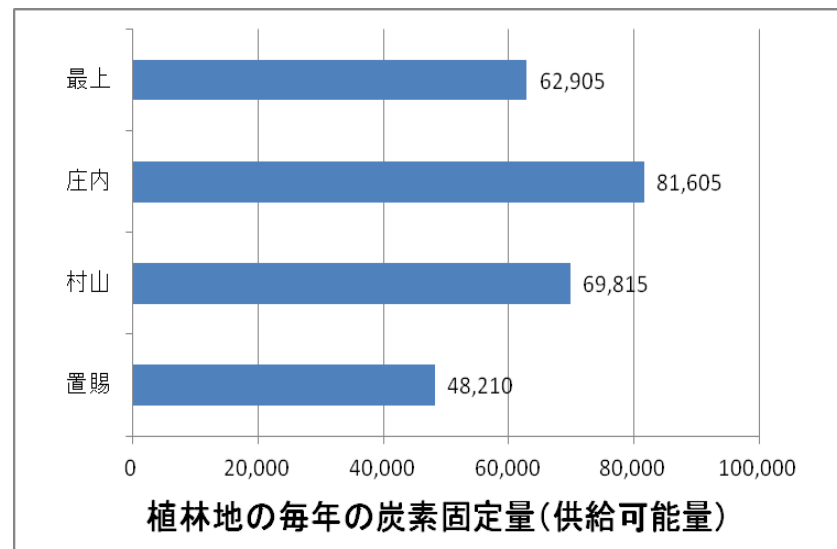
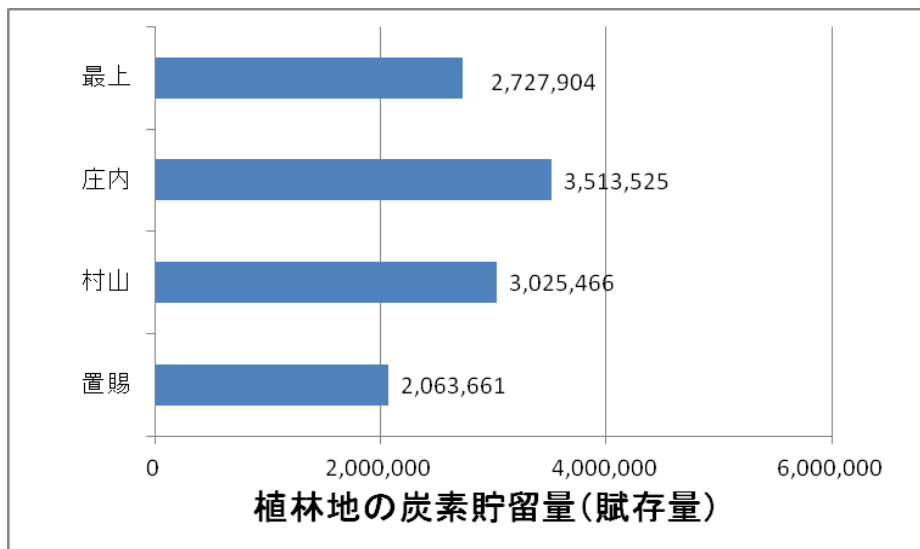
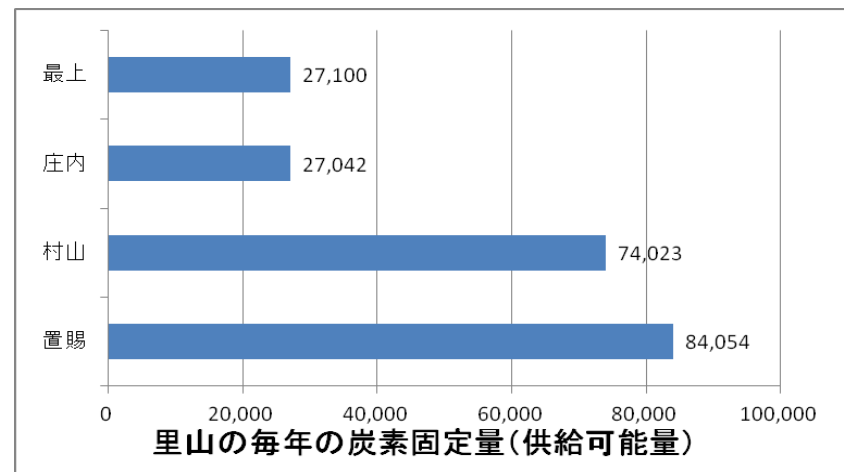
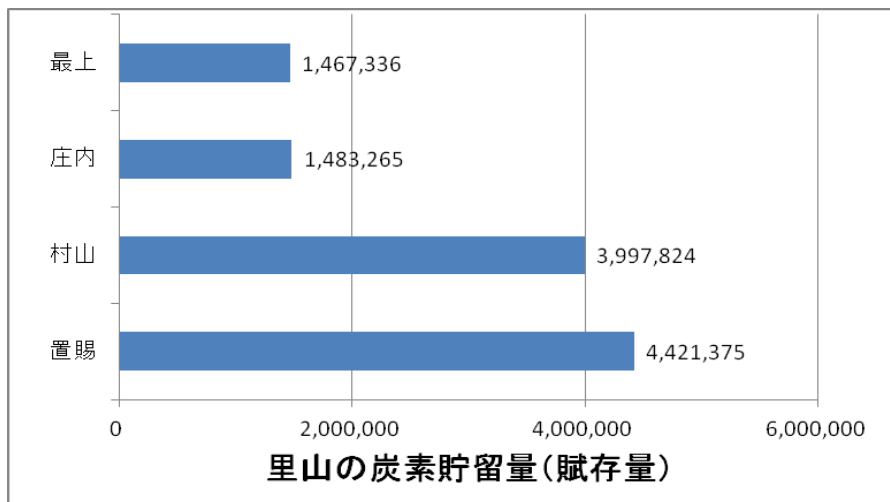


表-2 里山の炭素貯留量及び毎年の炭素固定量

支庁	面積(ha)	蓄積合計 (m <sup>3</sup> )	成長量合計 (m <sup>3</sup> )	炭素貯留量 (ton)	炭素固定量 (ton/yr)
最上	28,724	4,674,803	128,568	1,467,336	27,100
庄内	29,325	4,749,045	128,841	1,483,265	27,042
村山	78,308	12,730,782	350,727	3,997,824	74,023
置賜	84,654	13,894,817	394,643	4,421,375	84,054
合計	221,012	36,049,447	1,002,779	11,369,801	212,218



# 産業連関表による森林バイオマス利用のモデルのひな形

	中間需要地域間取引				最終需要地域間取引				需要 合計	県外海外 移出輸出	県外海外 移入輸入	地域別 産出額
	庄内	村山	最上	置賜	庄内	村山	最上	置賜				
庄内	$X^1$	$X^{D1}$	$X^{D2}$	$X^{D3}$	$X^{D1}$	$X^{D2}$	$X^{D3}$	$X^{D4}$	$X^1$	$E^{3R}$	$-M^{R2}$	$X^1$
村山	$X^{D2}$	$X^{D1}$ $+ X^{R2}_{if}$	$X^{D2}$	$X^{D3}$	$X^{D21}_{if}$	$X^{D22}_{if}$ $+ X^{R2}_{if}$	$X^{D23}_{if}$	$X^{D24}_{if}$	$+ X^{R2}_{if}$			
最上	$X^{D3}$	$X^{D3}$	$X^{D3}$ $+ X^{R3}_{if}$	$X^{D4}$	$X^{D31}_{if}$	$X^{D32}_{if}$	$X^{D33}_{if}$ $+ X^{R3}_{if}$	$X^{D34}_{if}$	$X^{D3}$ $+ X^{R3}_{if}$ $+ X^{R3}_{if}$	$E^{3R}$	$-M^{R3}$	$X^3$
置賜	$X^{D4}$	$X^{D4}$	$X^{D4}$	$X^{D4}$ $+ X^{R4}_{if}$	$X^{D41}_{if}$	$X^{D42}_{if}$	$X^{D43}_{if}$	$X^{D44}_{if}$ $+ X^{R4}_{if}$	$X^{D4}$ $+ X^{R4}_{if}$ $+ X^{R4}_{if}$	$E^{4R}$	$-M^{R4}$	$X^4$
付加価値	$V$	$V$	$V$	$V$								
地域別 産出額	$X^1$	$X^2$	$X^3$	$X^4$								

在庫純増炭素貯留増分

森林成長量

: 電力使用量・燃料種別投入ベクトル

: 育林事業投入ベクトル

素材部門投入ベクトル: 用材・合板・ペレット資源

## 5-3 地域における低炭素指向循環型システム

民生部門での省エネの可能性.

- 住宅構造と省エネセンサーの実装実験、住宅構造と省エネルギー
  - 低炭素社会実現に向けた地方都市のまちづくり
- 山形県では70%以上の住宅が木造構造である。日本の木造住宅の平均寿命は40年程度である。現在、本研究の対象地域には1950年以前に建築された木造住宅が約205,400件、1951-1980年に建築された木造住宅が約142,800件ある(『平成19年度山形統計資料』より推定)。2010-2020年の間に木造建物の解体のピークが訪れることが予想される。
  - しかも、山形県内では、2000-2005年に8,951世帯の増加、2005-2010年には約20,300以上の世帯の増加が見込まれる(『平成19年度山形統計資料』より推定)。2050年には、現存住宅の多くが建て替えられ、住宅サービスの需要増加が見込まれている。



## 5-4 低炭素指向循環型地域農業システム

“地域での環境保全は、持続的経済発展と持続的環境維持の両立が不可欠である。”

### 飼料米生産

1. 水田生産資源の有効利用－休耕地利用
2. 食料自給率の向上：とうもろこし等飼料材料輸入の削減－輸入飼料の代替による経済効果
3. 輸入飼料材料の削減による省エネルギー実現
4. 農業－畜産連携による排泄物の堆肥化・液肥化による化学肥料から有機肥料への代替による低炭素化の実現
5. 低炭素指向循環型地域農業システムの実現



産業連関分析への組み入れ

分析：小沢 教授 他(山大)

# 産業連関表による低炭素指向循環型地域農業システム分析

(XI) 山形県地域間産業連関表(競争輸入型)完成図

	中間需要地域間取引				最終需要地域間取引				需要 合計	県外海外 移出輸出	県外海外 移入輸入	地域別 産出額
	庄内	村山	最上	置賜	庄内	村山	最上	置賜				
庄内	$x^{D1}$	$x^{D1}_{ii}$	$x^{D1}_{iii}$	$x^{D1}_{iiii}$	$x^{D11}_{iiF}$	$x^{D12}_{iiF}$	$x^{D13}_{iiF}$	$x^{D14}_{iiF}$	$x^{D1}_{iiF}$	$E^{1R}_i$	$-M^{R1}_i$	$X^1_i$
村山	$x^{D2}$	$x^{D2}_{ii}$ $+ x^{R2}_{iii}$	$x^{D2}_{iii}$	$x^{D2}_{iiii}$	$x^{D21}_{iiF}$	$x^{D22}_{iiF}$ $+ x^{R2}_{iiF}$	$x^{D23}_{iiF}$	$x^{D24}_{iiF}$	$x^{D2}_{iiF}$ $+ x^{R2}_{iii}$ $+ x^{R2}_{iiF}$	$E^{2R}_i$	$-M^{R2}_i$	$X^2_i$
最上	$x^{D3}$	$x^{D3}_{ii}$	$x^{D3}_{iii}$ $+ x^{R3}_{iii}$	$x^{D3}_{iiii}$	$x^{D31}_{iiF}$	$x^{D32}_{iiF}$	$x^{D33}_{iiF}$ $+ x^{R3}_{iiF}$	$x^{D34}_{iiF}$	$x^{D3}_{iiF}$ $+ x^{R3}_{iii}$ $+ x^{R3}_{iiF}$	$E^{3R}_i$	$-M^{R3}_i$	$X^3_i$
置賜	$x^{D4}$	$x^{D4}_{ii}$	$x^{D4}_{iii}$	$x^{D4}_{iiii}$ $+ x^{R4}_{iii}$	$x^{D41}_{iiF}$	$x^{D42}_{iiF}$	$x^{D43}_{iiF}$	$x^{D44}_{iiF}$ $+ x^{R4}_{iiF}$	$x^{D4}_{iiF}$ $+ x^{R4}_{iii}$ $+ x^{R4}_{iiF}$	$E^{4R}_i$	$-M^{R4}_i$	$X^4_i$
付加価値	V	V	V	V								
地域別 産出額	$X^1_i$	$X^2_i$	$X^3_i$	$X^4_i$								



: 電力使用量・燃料種別投入ベクトル



: 事業用電力および自家発電投入ベクトル

飼料米生産ベクトル

配合飼料生産ベクトル

畜産ベクトル

## 6. 今後の課題

このたびのRISTEXの研究を通じて、地元の関係者との連携による酒田港新エネルギー開発推進研究会が平成22年6月に発足、また庄内地域再生可能エネルギー推進研究会が平成22年8月に発足した。RISREXの研究の成果として、地域のエネルギー利用の実態を定量的に把握できる手法を開発することによって、地域の各種の関係者との情報共有が進んだ。

- これらの研究会に参加している関係者の間では、地域における系統電力との連携および自然エネルギーによる電力需給、熱需給についての情報の共有が進みつつある。今後の課題として、把握済みの情報の精度確認等を行った上で、主として「再生可能エネルギーを含む地域でのエネルギー需給の管理に関するFS」、及び「再生可能エネルギーを地域で効率的に活用するための方策とその事業化に関する調査」を活動の目標として関係者との連携を進めている。

具体的には、以下の調査を実施することを想定している。

- 1) 系統電源との連携構成のあり方、電力需給状況、熱需給状況に関する既存調査結果の確認を進めること。

2) 地域をいくつかの単位クラスターに分割し、その設定における単位クラスター内における再生可能エネルギーの融通への既設の電力網の利用可能性の検討。

3) 単位クラスター内における電力需給データ管理の現状とスマートメータ等を利用した電力需給データ管理向上の可能性の検討。

4) 電力需要者へのインタビュー調査やアンケート調査等を通じた再生可能エネルギー利用意向、電力需給バランス最適化のための可視化やデマンドレスポンスへの協力意向の把握。

以上の調査検討結果を踏まえた再生可能エネルギーを地域で効率的に活用するための方策とその事業化に関するFSをすすめ、小規模電力網の利活用のための二次電池や効率的なデマンドレスポンス実現のための関係設備関連産業の導入の可能性を検討する。