



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

村レベルの再生可能エネルギー100% シナリオと地域付加価値創造 -西栗倉村における発電・熱供給事業-

【部門B】研究会

2019年5月27日（月）

於：京都大学

中山琢夫

（京都大学大学院経済学研究科）

アジェンダ

1. はじめに
2. 地域付加価値創造分析を用いた再生可能エネルギー事業の評価
例：岡山県西粟倉村の例
 - 2.1.1. 発電事業：小水力発電
 - 2.1.2. 発電事業：太陽光発電
 - 2.2. 熱供給事業（木質バイオマス）
3. 再生可能エネルギー100%シナリオとその地域付加価値創造
 - 3.1. 電気
 - 3.2. 熱
4. まとめ

1. はじめに

- 再生可能エネルギー事業
 - 地域に賦存する資源を利活用
 - エネルギー事業に参加することができる
 - 新たな（温故知新の）経済的インセンティブ
 - 山間地域の地域特性を活かした再生可能エネルギー事業
 - 水力発電、木質バイオマス熱利用に強みがある
- 地域経済効果を定量化
- 岡山県西粟倉村におけるケーススタディ
 - 地域付加価値分析を活用

地域付加価値分析とは？

- 付加価値
 - 「所得」「事業者（純）利益」「税」に大別
 - 「所得」：労働者に支払われる報酬から、納税分を除いたもの
 - 「事業者（純）利益」：事業者が得る、売上げから経費と租税を除いた純利益
 - 「税」：労働者や事業者が得る報酬や利益から、公共部門に納められる税
 - これらを重複なく足し合わせることで、経済活動から生み出すものを付加価値として計上
- 地域付加価値
 - 地域の境界線を加味して整理したもの
- 岡山県西粟倉村における再エネ事業によって新たに生じた付加価値を推計

「計画・導入段階」および「運転維持・事業マネジメント段階」の2段階に分けて分析

- 「計画・導入段階」
 - 再エネ事業を実施するにあたり、最初に一度だけ生じる設備投資
 - 事業や設備に関する企画・設計、設備の購入、設備の設置に関わる工事
 - 対象とする地域に存在する事業者が行う活動について計上
- 「運転維持・事業マネジメント段階」
 - 再エネ設備が運転開始後、稼働期間を終えて廃棄されるまでの期間
 - 年ごとのエネルギー生産量、売上げ、維持管理費などを個別に推計
 - キャッシュフローを作成
 - 事業の資本構成（地域内外比）を加味
 - 事業が直接もたらす付加価値を推計

「バリュー・チェーン」アプローチ

1. 「バリュー・チェーン」 (価値連鎖)
 - M. E. Porter (1985) 『競争優位の戦略』
 - 各再エネ技術特有の「バリュー・チェーン」を構築
2. 地域の「付加価値」
≡生産面から見た地域の域内総生産、と定義
 - 産業ごとの付加価値に分解
 - 付加価値
 - それぞれの産業でネットに生産された価値
(賃金・税・地代・配当・利払い・利潤等)
 - 産業ごとの付加価値を足し合わせる
3. IÖW (ベルリン)、IfaS (トリーア)、idE (カッセル) などで活用

2. 地域付加価値創造分析を用いた再生可能エネルギー事業の評価：岡山県西粟倉村の例

西粟倉村の概要



人口1,478人/592世帯
高齢化率36% (H29.3)
人口1,468人/595世帯
高齢化率36% (H30.3)

- ・面積：57.93 k m² **内95%が森林** そのうち85%が人工林
- ・標高：263m～1280m
- ・気候：年間平均気温11度、
年間平均降水量約2000mm
- ・予算：平成29年度一般会計予算 約24億円
- ・交通：車で岡山県庁2時間、鳥取県庁50分、鳥取空港50分
神戸1時間30分(高速) 大阪2時間(高速)
特急→新幹線で東京まで 最短 4時間30分

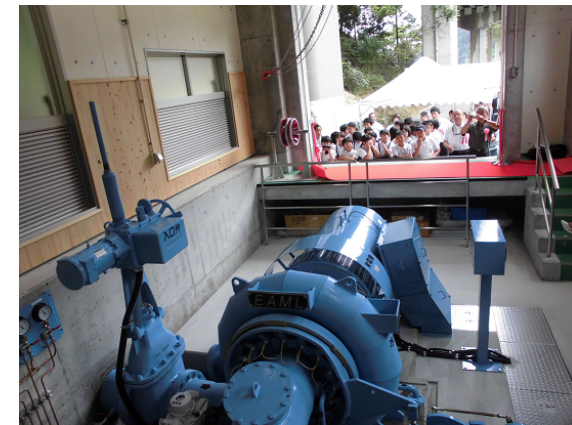
西粟倉村の再生可能エネルギー事業



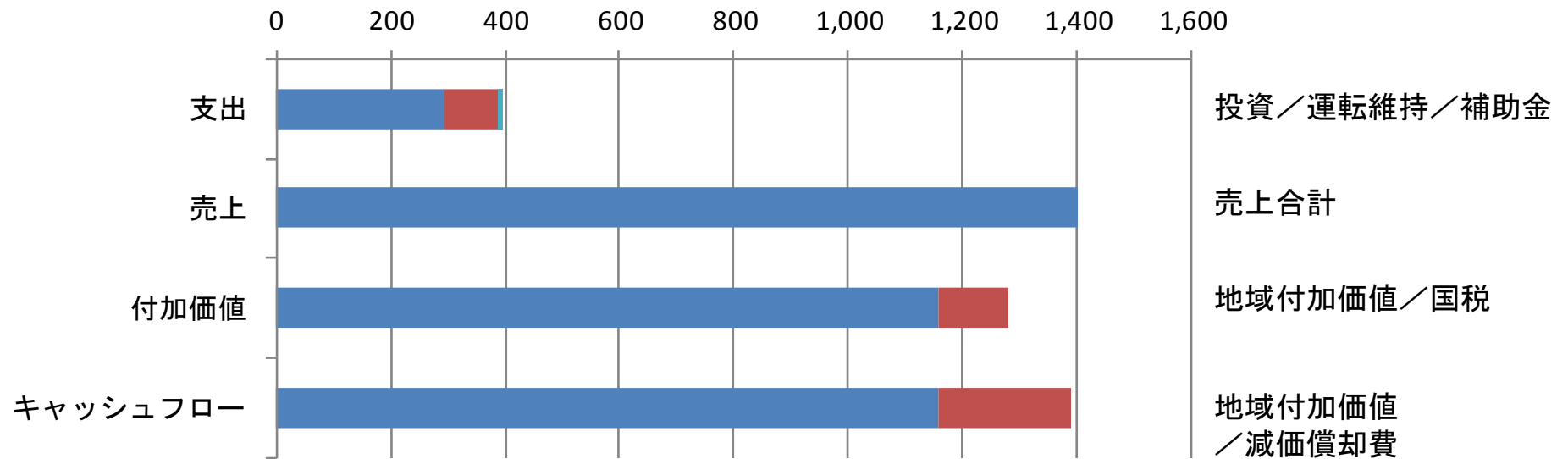
2.1.1. 発電事業：小水力発電

小水力発電所「めぐみ」 (290kW)

- 既存の小水力発電所を改修
 - 2014年に稼働を開始
- 設備投資：約3億円
 - すべて村の独自予算
 - 補助金
 - 事前の検討にかかった費用について適用
- FITで売電
 - 29円/kWh
 - 20年間



小水力発電所「めぐみ」による地域付加価値（単位：100万円）



※ 設置～稼働 20 年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

分析結果

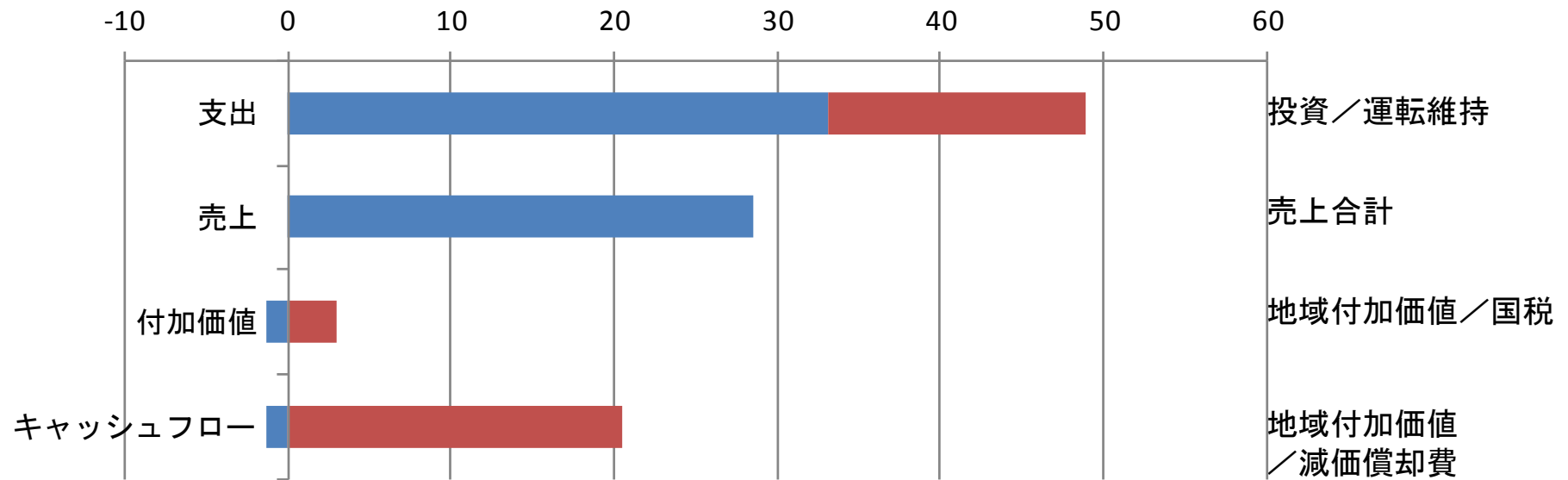
- 投資や運転維持に必要な費用の3倍以上の地域付加価値を生み出す
 - 実際に必要となった費用（投資額・運転維持費）が小さかった
- FIT売電（20年間）終了後も稼働するならば、さらに長期にわたって地域付加価値をもたらす
- 投資にかかった費用と減価償却費が一致しない
 - FIT期間20年で試算
 - 水力発電に関する設備の中には、減価償却期間が38年～57年に渡るものがある

影石水力発電所（5kW）

- 影石谷川の取水施設を活用
- 2016年運転開始
- 設備投資：3300万円
 - すべて村の独自予算
- FITで売電
 - 34円/kWh
 - 20年間



影石水力発電所による地域付加価値 (単位：100万円)



※設置～稼働 20 年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

分析結果

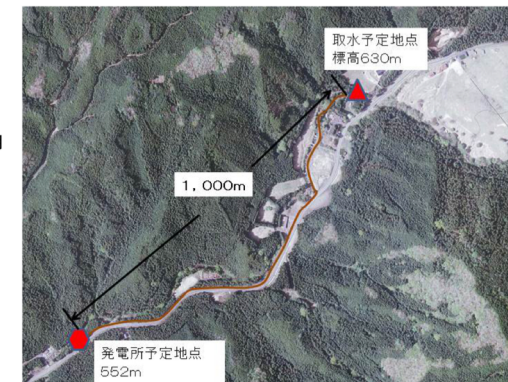
- 投資や設備維持に必要な費用の、40%程度の地域付加価値を生み出す
 - 投資額に対して、20年間で想定される売上げの方が小さい
 - 事業としての採算性が確保されていない
- 40～50年稼働した場合
 - 稼働期間全体では採算性が確保される可能性もある
 - FIT売電期間終了後（21年目以降）は、売電価格の水準を維持することが課題
- 投資にかかった費用と減価償却費が一致しない
 - FIT期間20年で試算
 - 水力発電に関する設備の中には、減価償却期間が38年～57年に渡るものがある

大茅小水力発電所（仮称）（199kW）

- 2020年運転開始を目指して進行中
- 設備投資：4.5億円
 - SPCによる運営
 - 村内企業が100%出資
 - 必要な資金の2/3を県内の金融機関から買い入れ

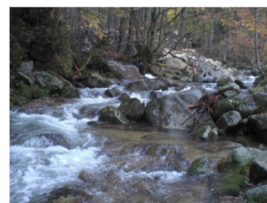
西粟倉第3水力発電所建設構想

使用水量 0.4m³/sec
 有効落差 66m
 発電出力最大 199KW
 年間発電量1,499,000kwh（設備利用率86%）
 年間売電見込額 50,966,000円
 20年間売電見込額1,018,963,000円
 投資見込額
 発電所建設費 393,200,000円
 送電線建設費 83,600,000円
 プロジェクトIRR 3.49%
 エクイティIRR 6.7%

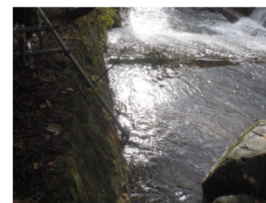


- FITで売電
 - 34円/kWh
 - 20年間

取水計画地点



発電所計画地点付近



流量調査実施

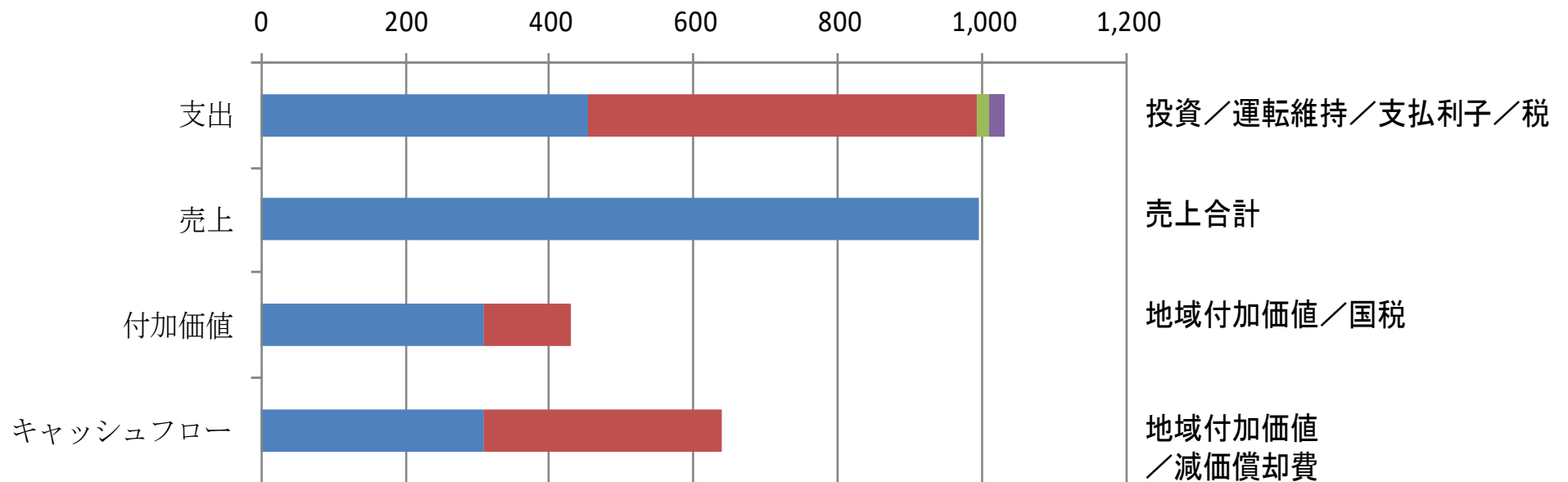


森林信託事業に活用を検討

資料提供：岡山県西粟倉村

出所）西粟倉村

大茅小水力発電所による地域付加価値 (単位：100万円)



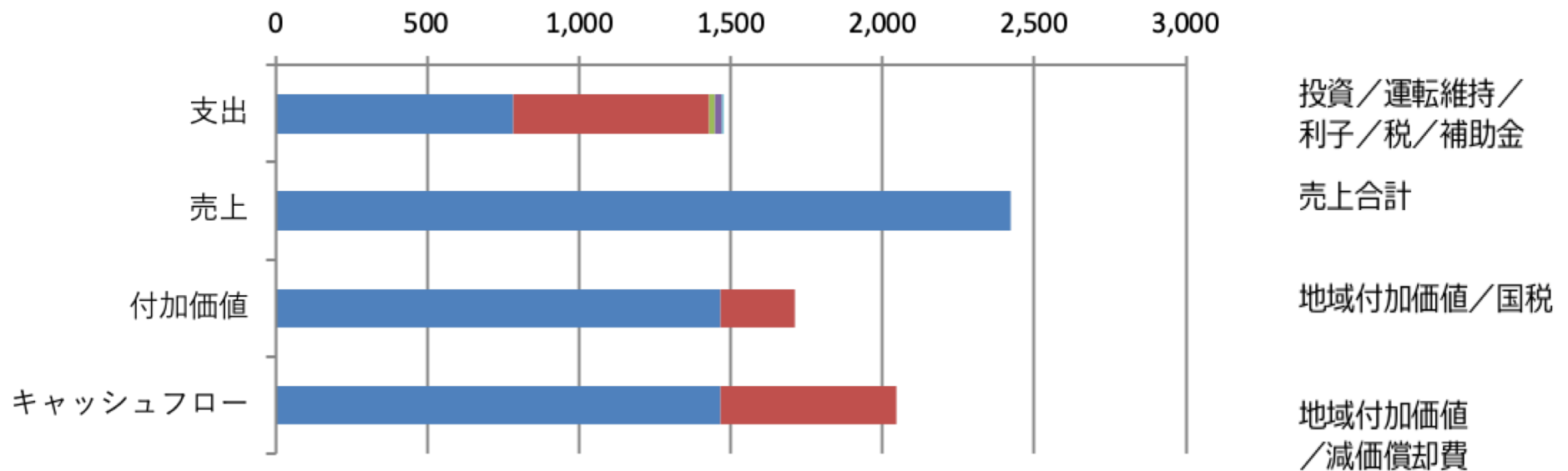
※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

分析結果

- 約3億円の地域付加価値を生み出す
 - 毎年積み立てる、設備の廃棄費用引当金が相対的に大きい（初期投資額の4%）
 - 事業的には圧迫
 - 地域付加価値の源泉は、事業者の純利益や市町村税（固定資産税）
 - FIT売電（20年間）終了後も稼働するならば、さらに長期にわたって地域付加価値をもたらす
- 投資にかかった費用と減価償却費が一致しない
 - FIT期間20年で試算
 - 水力発電に関する設備の中には、減価償却期間が38年～57年に渡るものがある

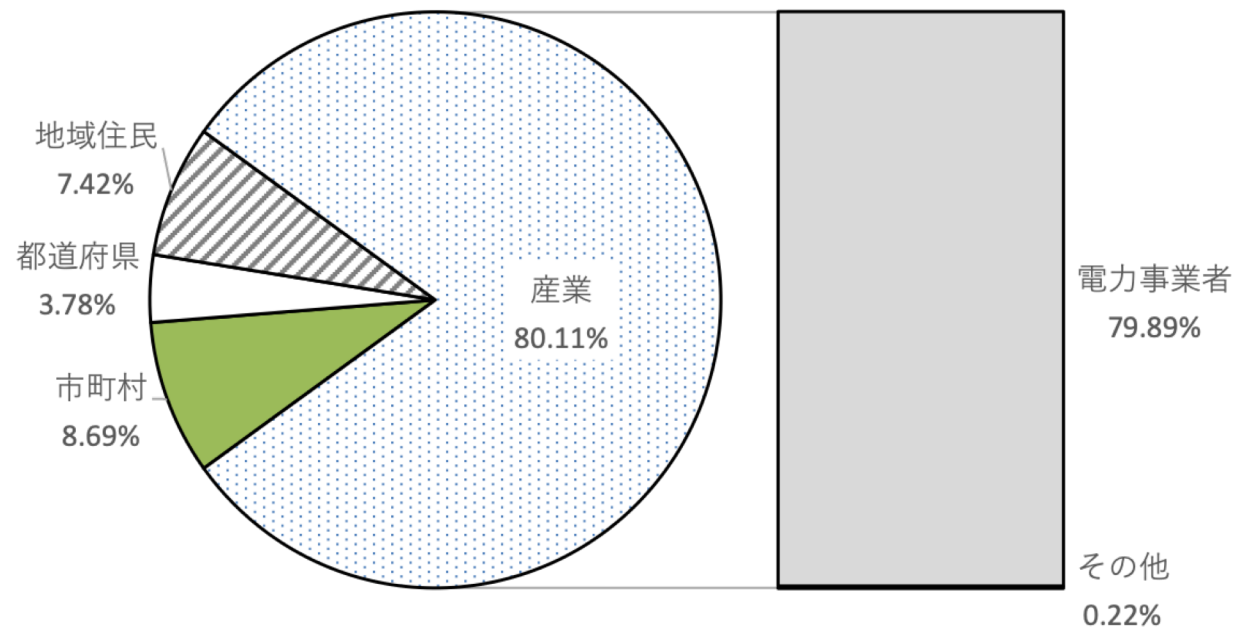
村内3小水力発電所による地域付加価値の総額（単位：100万円）



※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

村内3小水力発電所による地域付加価値 帰属先（所得支払い後）



※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

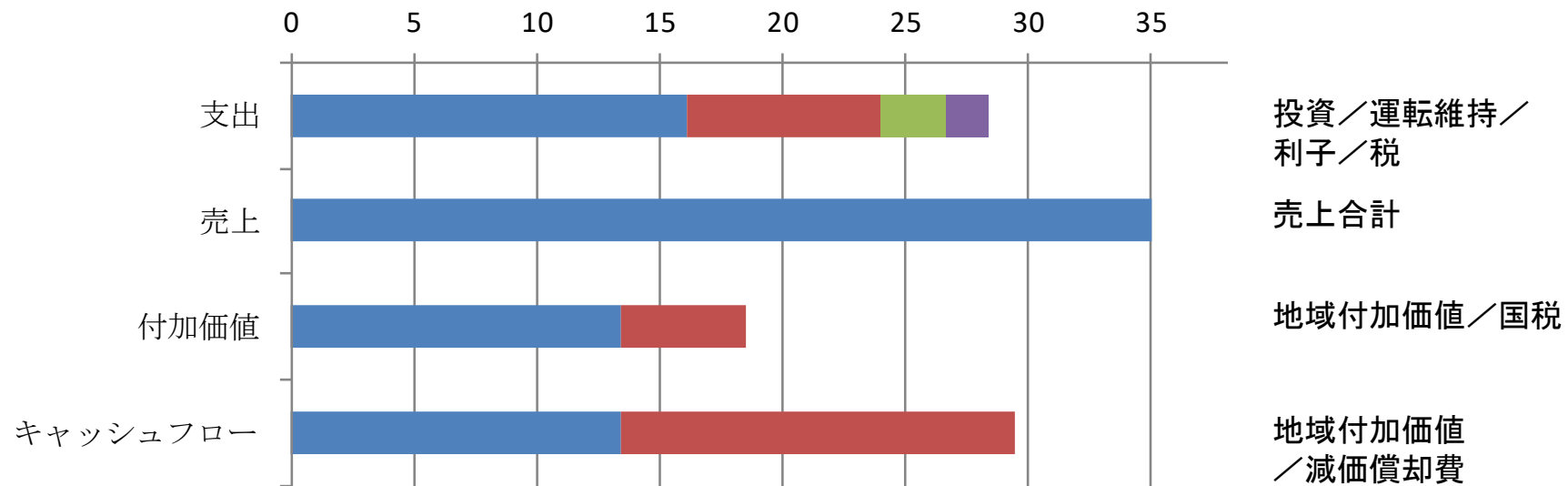
2.1.2 発電事業：太陽光発電

にしあわくらおひさま発電所 (48.64kW)

- 2014年運転開始
- 村施設（西粟倉コンベンションホール）の屋根を無償で貸し出し
- 村民参加型太陽光発電所
- 設備投資
 - 村民28名からの出資490万円
 - 岡山県の地方銀行からの融資1,000万円
- 事業主体は岡山市のNPO法人
- FITで売電
 - 36円/kWh
 - 20年間



にしあわくからおひさま発電所による地域付加価値（単位：100万円）



※設置～稼働20年目までの累積

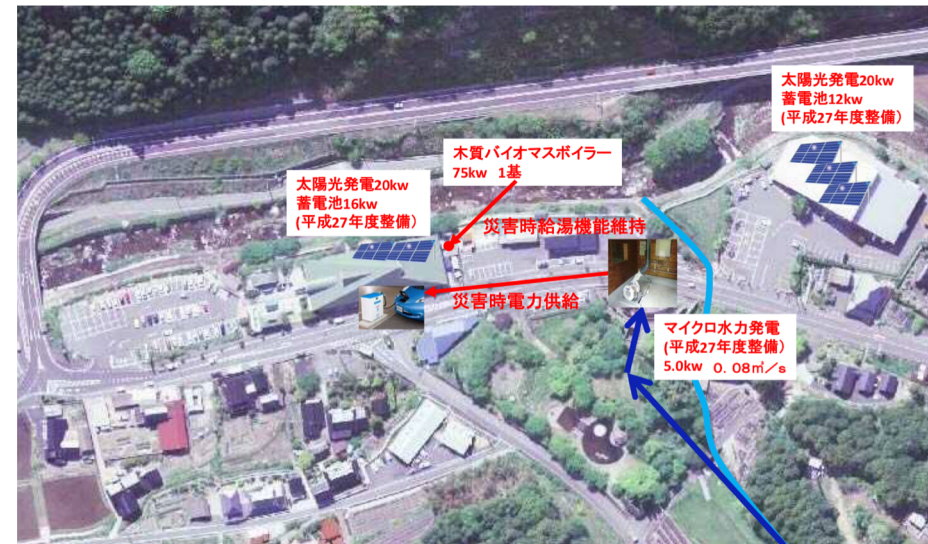
出所) 西栗倉村のデータを基に分析

分析結果

- 投資や運転維持に必要な費用の50%以上の地域付加価値を生み出す
- 事業の採算性は確保されている
 - 売上は、投資額・運転維持費・利子・税を合計した支出総額よりも大きくなる
- 付加価値の配分としては、事業そのものの純利益は最大
 - オーナーシップを持つ村内の出資者にも帰属
 - 地域にとっての価値のある事業になっている

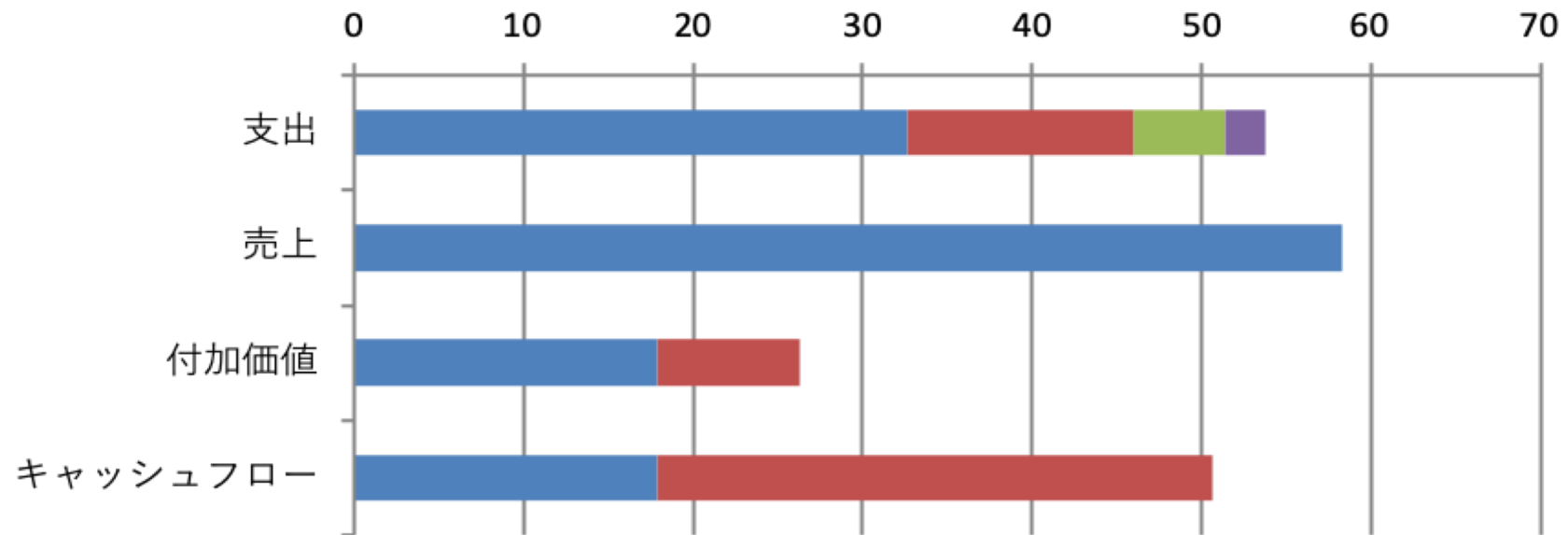
道の駅太陽光発電所 (20kW+20kW+15kW)

- 2015年運転開始
- にしあわくらおひさま発電所 (48.64kW) と同様のスキーム
- 村民参加型太陽光発電所
- 設備投資
 - 村民28名からの出資
 - 岡山県の地方銀行からの融資
- 事業主体は岡山市のNPO法人
- FITで売電
 - 20年間



出所) 西粟倉村

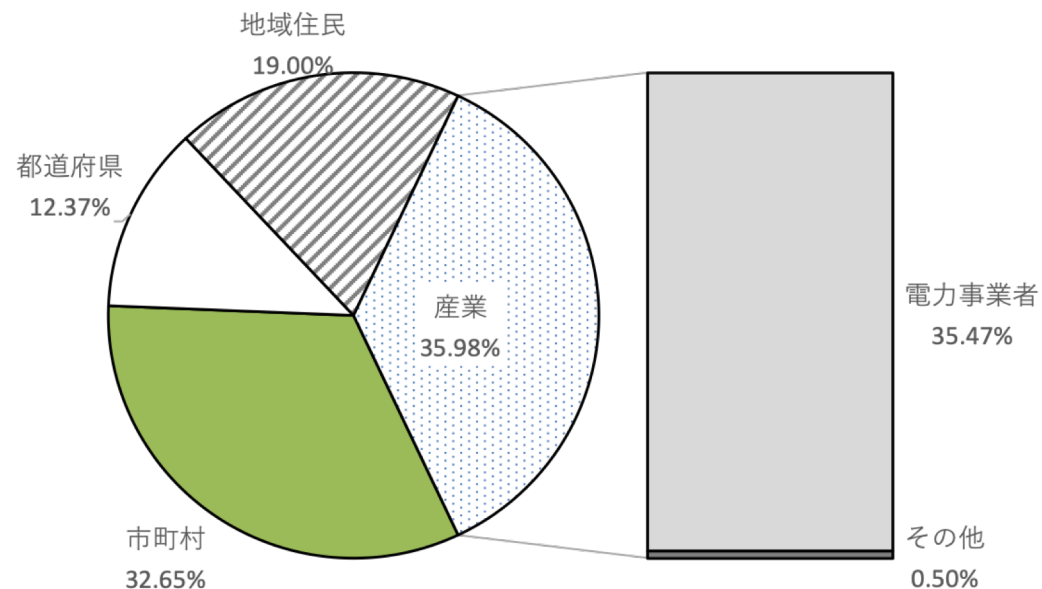
村内太陽光発電所による地域付加価値総額（単位：100万円）



※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

村内太陽光発電所による地域付加価値帰属先（所得支払い後）



※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

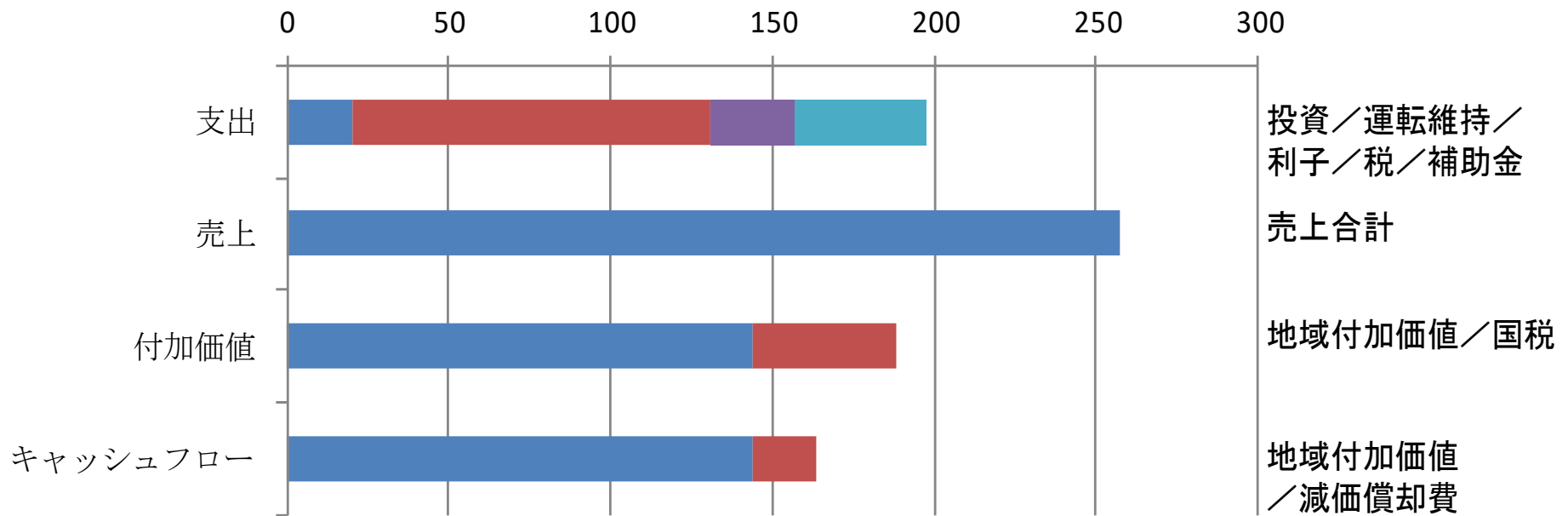
2.2. 熱供給事業（木質バイオマス）

薪ボイラー (340kW)

- 熱供給のみを行うボイラー
 - 湯〜とぴあ黄金泉 (おうごんせん)
- 2015年運転開始
- 資本構成 (想定)
 - 域内企業：30%
 - 域外金融機関からの借り入れ：70%
 - 借入期間：12年、借入利率0.1%
 - 支払利子は、非常に小さい
- 施設そのものは指定管理者AGR社が所有
- ボイラーはエネルギー事業者SONRAKU社が管理
 - SONRAKUからAGR社への熱販売単価は2,625円/GJ (メンテナンス費用、電力料金含む) (2018年6月以降)
 - バイオマス燃料 (薪) は、地域内から購入するものと想定



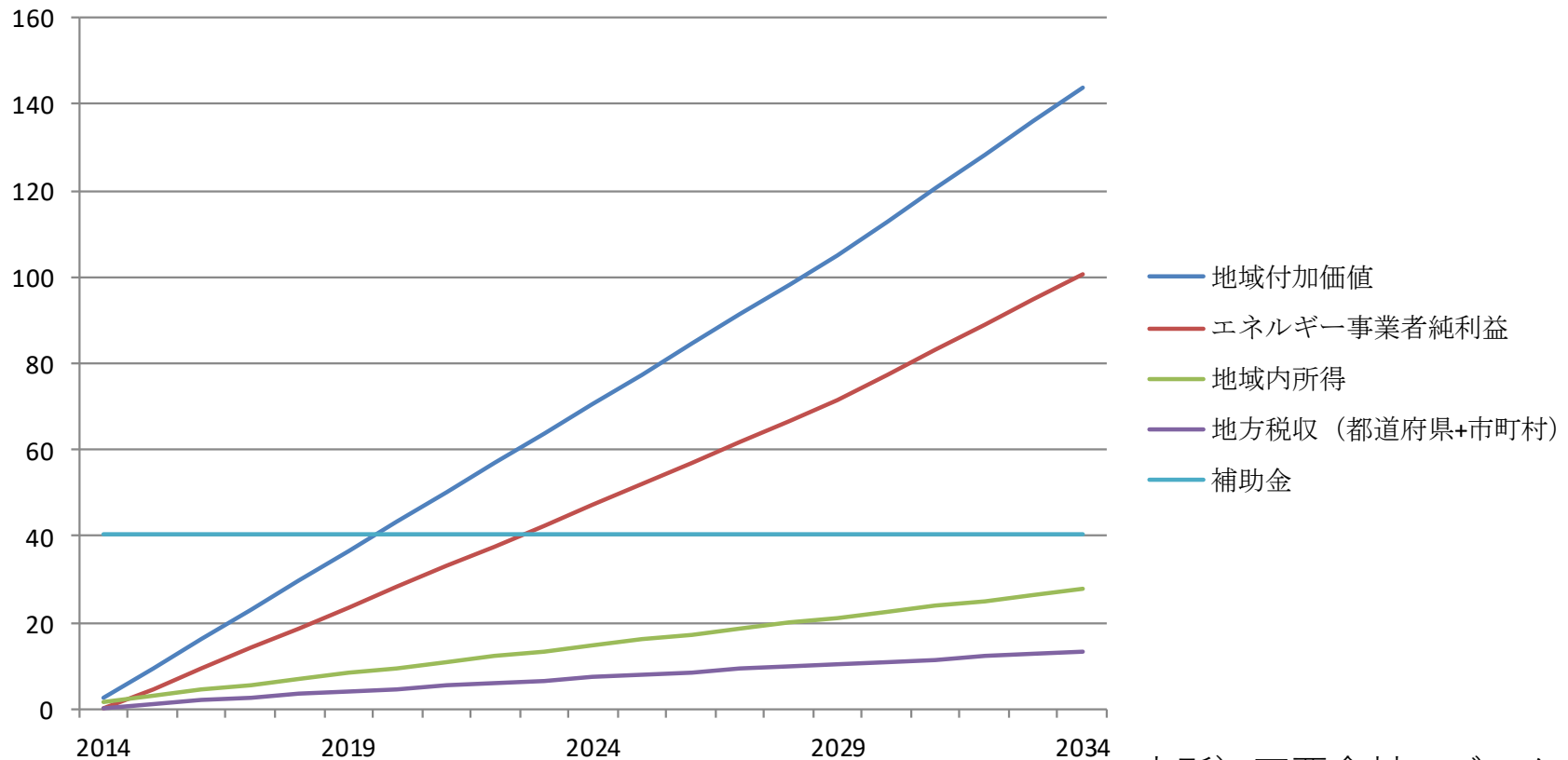
薪ボイラー（340kW）による地域付加価値（単位：100万円）



※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

薪ボイラー（340kW）による地域付加価値の変遷（単位：100万円）



出所) 西栗倉村のデータを基に分析

分析結果

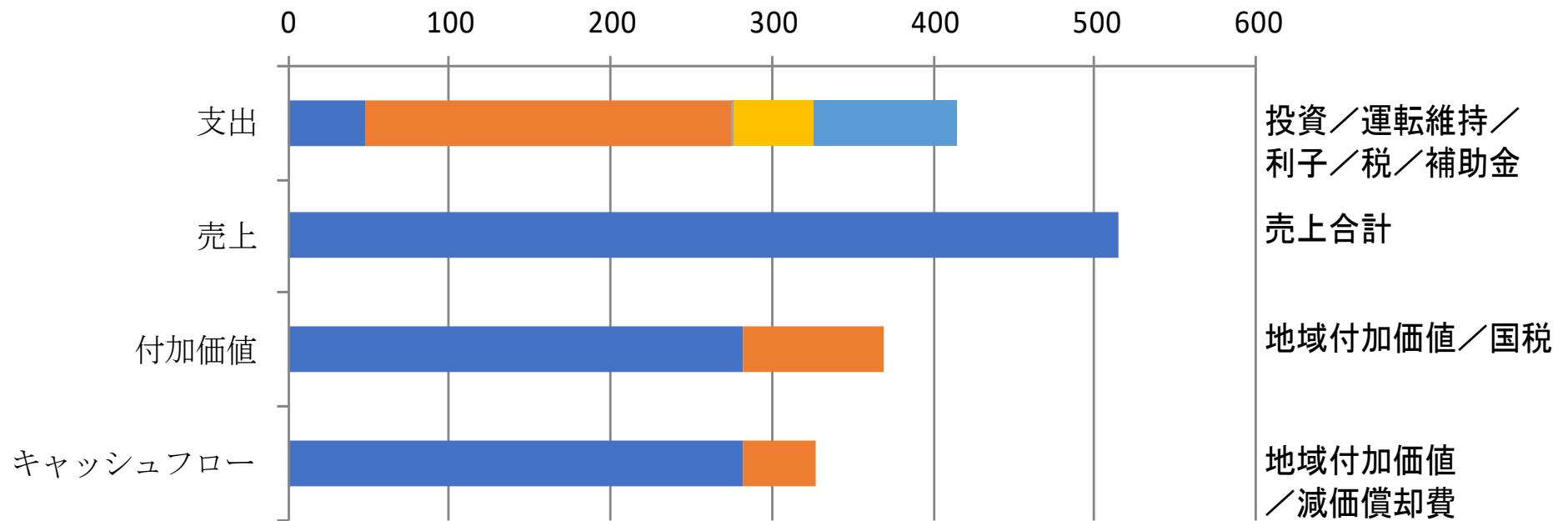
- 投資や運転維持に必要な費用、税、補助金の合計に対して、70%以上の地域付加価値を生み出す
- 支出額を、売上の累積額が上回っている
- 事業としての採算性が確保されている
- 約4,000万円の補助金が投入されているが、事業開始から6年目の2020年には投入された補助金以上の地域付加価値を生み出している
- 地域付加価値のうちで最大の割合を占めるのは、事業そのものが生み出す利潤
- 運転維持にかかる費用のうちバイオマス燃料にかかる費用が地域内の農林業に支払われている
 - 地域内の農林業でも付加価値が生じる
 - 地域内所得も一定程度生じていることが分かる。

薪ボイラー3事業（340kW、170kW+100kW、75kW）の合計

- 薪ボイラー：340kW
 - 熱供給のみを行うボイラー
 - 湯〜とぴあ黄金泉（おうごんせん）
- 薪ボイラー：170kW+100kW
 - 熱供給のみを行うボイラー
 - 国民宿舎あわくら荘
- 薪ボイラー：75kW
 - 熱供給のみを行うボイラー
 - あわくら温泉元湯



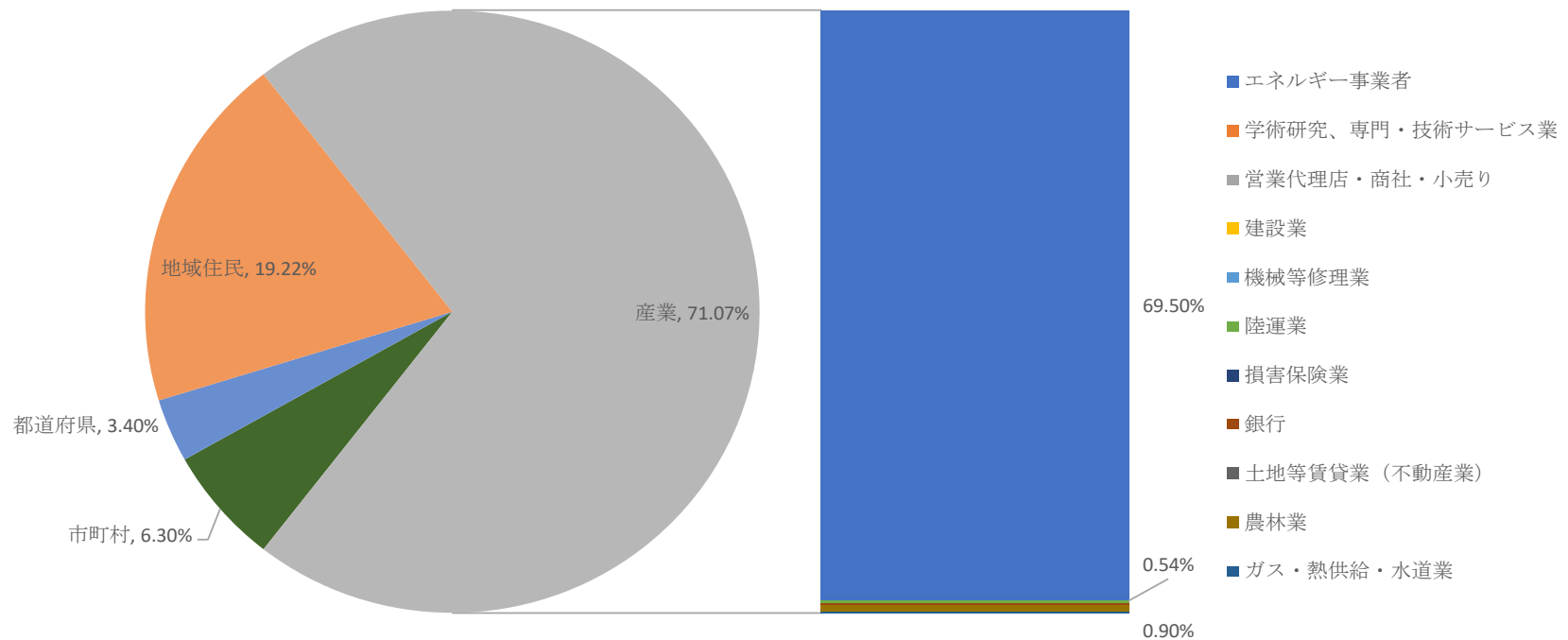
薪ボイラー3事業（340kW、170kW+100kW、75kW）の地域付加価値の合計（単位：100万円）



※設置～稼働20年目までの累積

出所) 西栗倉村のデータを基に分析

運転維持段階において3事業が生み出す 地域付加価値の内訳（累積）



※設置～稼働20年目までの累積、運転維持段階における地域付加価値合計：約2.7億円

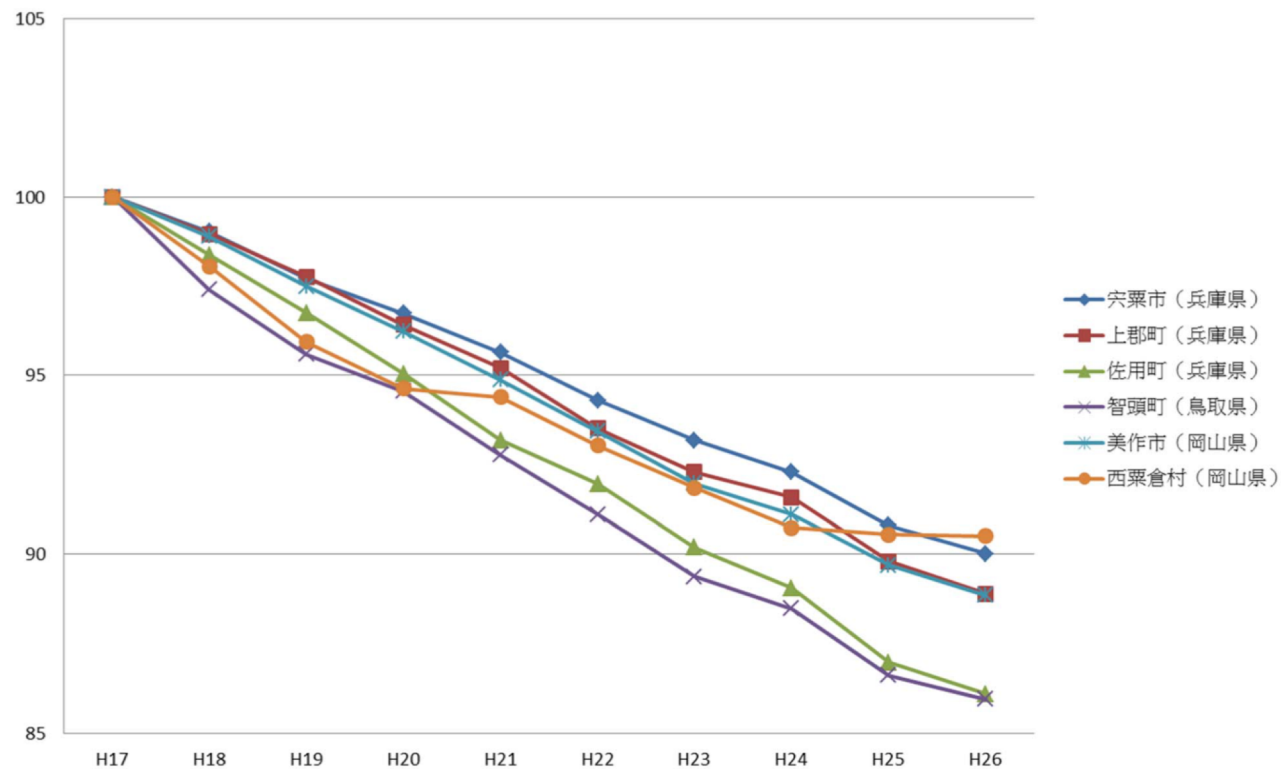
小括

- 適正規模での小水力発電は地域経済に大きな付加価値をもたらす
 - とりわけ、リプレイス案件
 - マイクロ発電（防災用）は、別の評価が必要
- 木質バイオマス熱供給事業も、地域付加価値をもたらす可能性
 - ビジネスモデルを工夫すれば、単体でも採算性を確保
 - バリュー・チェーン（原木調達→薪割り→乾燥→需要家へ納入）を工夫
 - ボイラー管理（メンテナンス）をどうするか
 - 熱量販売価格の適切な設定
- 山間地域における再エネ事業（小水力発電・木質バイオマス熱供給事業）は、地域経済の持続可能な発展に寄与している。

3. 再生可能エネルギー100%シナリオ とその地域付加価値創造

人口減少による需要減をどう考えるか？

村と近隣市町村の人口推移



出所) 西粟倉村

100%REシナリオをどう描くか

- 電気と熱に分けて考える
- 電気
 - 「大茅小水力発電所（199kW）が稼働を始めれば、村内の電力需要の7割を賄うことができる」
- 熱
 - 「木質バイオマス（チップ）ボイラーからの地域熱供給（約400kW）システムが完成すれば、村内の熱需要（暖房・給湯）の40%近くを賄うことができる」

3.1. 電氣（小水力・太陽光）

電気：Whで100%自給を考える

- 5.1GWh/年発電できれば、村内需要を満たすことができる
- 現在運転中および計画中
 - 小水力発電
 - 容量：494kW (=めぐみ290kW+影石5kW+大茅199kW)
 - 発電量：3.5GWh/年 ($\div 494\text{kW} \times 365\text{日} \times 24\text{時間} \times \text{設備利用率}0.8$)
 - 太陽光発電
 - 容量：104kW (\div おひさま48.64kW+道の駅20kW+20kW+15kW)
 - 発電量：0.1GWh/年 (おひさまの実績ベース：48.64kWで約50MWh/年発電)
 - 小水力発電と太陽光発電、併せて3.6GWh/年発電している
- 不足分：1.5GWh (=5.1GWh-3.6GWh)
 - 村内で新たに発電すればよい
 - 太陽光発電1.5MWの容量で発電可能

電気：100%REの地域付加価値額

- 現在運転中および計画中（2.1.の分析から）
 - 小水力発電：146,300万円（20年間累計）
 - 容量：494kW（=めぐみ290kW+影石5kW+大茅199kW）
 - 太陽光発電：1,800万円（20年間累計）
 - 容量：104kW（≒おひさま48.64kW+道の駅20kW+20kW+15kW）
 - 小計：148,100万円（20年間累計）・・・①
- 将来導入必要量
 - 太陽光発電：1.5MW
 - 39,000万円(20年間累計)・・・②
 - 2.のおひさまと同等の付加価値創造額を想定（26万円/kW≒1,300万円/48.64kW）
（20年間累計）
 - FIT調達価格の低減とともに導入費用も十分に下がり、同等の事業性があるという仮定
- 合計：187,100万円（20年間累計）（=①+②）

3.2. 熱（木質バイオマス）

熱：Wで100%REを考える

- 総容量2.7MWの熱供給施設があれば、村内需要を満たすことができる
- 薪ボイラー
 - 容量：685kW (=340kW+170kW+100kW+75kW)
- 地域熱供給用チップボイラー
 - 容量：400kW
- 薪ボイラーとチップボイラーを合わせて、約1.1MWによる熱供給
- 不足分：1.6MW (=2.7MW-1.1MW)
 - 新たな容量で熱供給すればよい

熱：100%REの地域付加価値創造額

- 現在運転中および計画中（2.2.の分析から）
 - 薪ボイラー：28,200万円（20年間累積）
 - 容量：685kW（=340kW+170kW+100kW+75kW）
 - 41.17万円/kW（ \div 28,200万円/685kW）
 - チップボイラー：16,500万円（20年間累積）
 - \div 41.17万円/kW \times 400kW
 - 容量：400kW
 - 熱供給事業者は、薪ボイラー運用者と同一のため、同程度の付加価値を創造すると仮定
 - 小計：44,700万円（20年間累積）・・・③
- 将来導入必要量
 - 木質バイオマスボイラー：1.6MW
 - 65,900万円（20年間累積）・・・④
 - \div 41.17万円/kW \times 1,600kW
- 合計：110,600万円（20年間累積）（=③+④）

小括

- 村レベルの電気と熱の100%RE自給の地域付加価値シミュレーション
- 電気
 - 「現在運転・計画中の発電所に加え、新たに1.5MWの太陽光発電所を設立する」
 - 187,100万円⑤の地域付加価値創造（20年間累計）
 - 既存の発電所も含む
- 熱
 - 「現在運転・計画中の木質バイオマス熱供給施設に加え、新たに1.6MWの木質バイオマス熱供給施設を設立する」
 - 110,600万円⑥の地域付加価値創造（20年間累積）
 - 既存の薪ボイラー含む
- 合計：297,700万円（=⑤+⑥）（20年間累積）の付加価値創造
 - 14,885万円/年

4. まとめ

村レベルの100%再生可能エネルギー自給の地域付加価値のシミュレーション

- 電気と熱
 - 合計：297,700万円（20年間累積）の付加価値創造
 - 14,885万円/年
- 実現可能なシナリオのために
 - 電気
 - 太陽光発電の急速な進展
 - オンサイト（自給）なども視野に
 - 新たなビジネス展開
 - 熱
 - 実際に倍以上の容量の熱供給が可能か？
 - バイオマス資源の域内調達
 - 需要地の分散
 - 電気による熱供給の可能性
 - 交通をどうするか

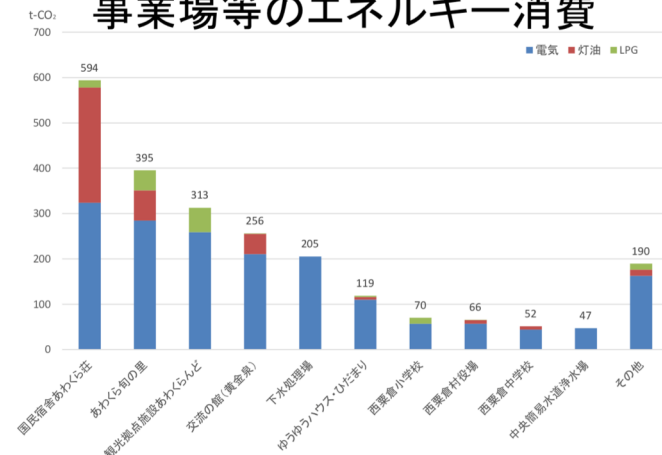
□一般会計 歳入

(単位：万円)

		平成30年度	平成29年度	増減額	比率
歳入総額		269,302	244,349	24,953	100
自主財源	村税	13,740	14,344	▲604	5.1
	その他自主財源 (使用料、繰入金、諸収入など)	38,645	41,179	▲2,534	14.4
依存財源	村債(借入金)	59,250	39,040	20,210	2.2
	地方譲与税・交付金など	4,093	4,541	▲448	1.5
	地方交付税	120,116	111,942	8,174	44.6
	国庫支出金	19,738	19,370	368	7.3
	県支出金	13,720	13,933	▲213	5.1

出所)「広報にしあわくら」H30年5月号

事業場等のエネルギー消費



西栗倉村

参考文献

- 中山琢夫「再エネが農山村地域にもたらす経済的な力」『科学』岩波書店 Vol.88 No.10、997-1004頁、2018年10月
- 小川祐貴・ラウパッサ スミヤ ヨーク「再生可能エネルギーが地域にもたらす経済効果 ～バリュー・チェーン分析を適用したケーススタディ～」『環境科学会誌』Vol.31 No.1、34-42頁、2018年1月
- 中山琢夫「再生可能エネルギーで山間地域に所得1%を取り戻せるか？」『財政と公共政策』60、3-17頁、2016年10月
- 中山琢夫・ラウパッサ スミヤ ヨーク・諸富 徹「分散型再生可能エネルギーによる地域付加価値創造分析」『環境と公害』岩波書店 45(4)、20-26頁、2016年4月
- 中山琢夫・ラウパッサ スミヤ ヨーク・諸富 徹「日本における再生可能エネルギーの地域付加価値創造-日本版地域付加価値創造分析モデルの紹介、検証、その適用-」『サステナビリティ研究』6、101-115頁、2016年3月
- 中山琢夫外（BスタイルPJ研究グループ）「薪からはじめる小規模システムの経済効果分析-地域主体のシステムづくり」『木質バイオマス熱利用でエネルギーの地産地消』全林協、118-135頁、2016年2月
- 諸富徹編著『入門地域付加価値創造分析-再生可能エネルギーが促す地域経済循環』日本評論社、2019年4月
- ラウパッサ スミヤ ヨーク・中山琢夫・諸富 徹「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果：電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデル」諸富 徹 編著『再生可能エネルギーと地域再生』日本評論社、第5章、2015年10月