

# 蒸気タービン方式木質バイオマス熱電併給事業採算性評価ツールを開発



木材加工・特性研究領域 柳田 高志  
林業経営・政策研究領域 久保山 裕史  
北海道立総合研究機構 林産試験場 古俣 寛隆

我が国では2012年7月の再生可能エネルギー固定価格買取制度（以下、FIT）の運用開始以降、木質バイオマス燃料とする蒸気タービン方式の発電施設が各地で建設されています。木質バイオマス発電事業を検討する際に、燃料消費量の推算や事業性の評価が必須となりますが、その計算は非常に複雑です。そこで、蒸気タービン方式の木質バイオマス発電事業について、発電のみではなく、一部の熱を利用する熱電併給事業の採算性評価ツールを開発・公開しました。

## 成果

### 背景

脱炭素社会の構築が求められる中、再生可能エネルギーへの期待が高まっています。再生可能エネルギーの一つとして、近年、木質バイオマスを用いた電気や熱の供給事業が注目を集めています。これらの事業によって、事業者には安定した利益が、地域林業には大きな経済効果が期待されます。一方、木材の供給者にとっては丸太やチップの販売価格、製材業等のマテリアル産業にとっては原料の競合、発電事業者にとっては原料購入価格の変動や稼働停止等の事業のリスクが不安視されています。そこで、事業関係者がそれらの検討を行うための事業性評価ツールを、表計算ソフト（Microsoft Excel<sup>®</sup>）を用いて作成しました。

### ツールの開発

これまでに森林総研では、木質バイオマス発電の主な技術である蒸気タービン方式の発電事業について、採算性が簡単に評価できるツールを開発・公開してきました。この度、北海道立総合研究機構林産試験場と協力して、熱電併給事業の評価もできるように改良しました。蒸気タービンの熱収支には、複雑な計算モデルが必要なため、発電出力および熱出力の推定には、『エネカルク Ver.3』蒸気タービン計算モジュールを組み込みました。

### ツールの利用方法

本ツールでは、蒸気タービン方式のシステムを用いた発電・熱電併給事業の評価が可能です。ユーザーが想定する原料の調達や、プラントの条件等を入力することで、木質バイオマスを用いたさまざまな発電・熱電併給事業の経済性等を評価することができます。任意の諸条件を入力することにより、年間の燃料消費量や電気・熱の売上高、事業評価（内部収益

率や投資回収年）等の出力結果が表示されます（図1）。

ツールの入手方法については、下記URLをご参照ください。  
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/database/hatsuden/hatsuden.html>

## 研究資金と課題

本研究は交付金プロジェクト\*「木質バイオマス発電事業の安定的な拡大手法の開発」、「小規模エネルギー利用のための木質バイオマス利用技術の高度化」の成果です。

## 文献

久保山裕史（他）（2017）未利用木質バイオマスを用いた熱電併給事業の成立条件。日林誌, 99, 226-232  
小西二郎（2010）省エネ計算ツール“エネカルク Ver.3”徹底解説。財団法人省エネルギーセンター

## 専門用語

**FIT**：太陽光、風力、水力、地熱、およびバイオマスの再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定価格で一定期間買い取ることを国が約束する制度です。電力会社が買い取る費用の一部を、電気の利用者のすべての方から賦課金という形で徴収し、導入時にコスト高となる再生可能エネルギーの導入を支える仕組みとなっています。

## 謝辞

本シミュレーターへ導入した『エネカルク Ver.3』蒸気タービン計算モジュールの無償公開を承諾していただいた発行元の（一財）省エネルギーセンターならびに著者の小西二郎氏に深く感謝申し上げます。

\*森林総合研究所交付金プロジェクト

## 入力

ユーザーが想定する発電所の条件を入力する

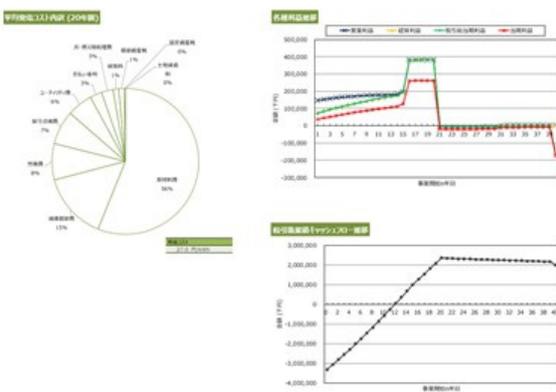
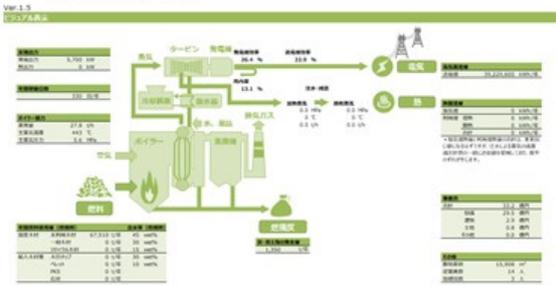
| 入力項目 |          |                                |
|------|----------|--------------------------------|
| 1    | 発電能力     | ※発電方式は固定                       |
| 2    | 燃料 (熱効率) | 熱効 (熱効率) を入力するか? 1.0 1.0       |
| 3    | 燃料条件     | 燃料条件 燃料圧力 0.50 MPa             |
| 4    |          | → 燃料で当初の発電出力が下りた場合は            |
| 5    |          | → 燃料消費量 (減速運転による燃料消費) 152 t/年  |
| 6    |          | → 燃料消費量 (減速運転による燃料消費) 30.0 t/年 |
| 7    | 年間稼働日数   | 330 日/年                        |
| 8    | 燃料条件     | 燃料条件 国産木材 未利用木材 100 %          |
| 9    |          | ※ 燃料消費量ベースの燃料割合                |
| 10   |          | ※ 合計が100%に調整                   |
| 11   |          | 一般木材 0 %                       |
| 12   |          | リサイクル木材 0 %                    |
| 13   |          | 木質チップ 0 %                      |
| 14   |          | ペレット 0 %                       |
| 15   |          | PKS 0 %                        |
| 16   |          | 石炭 0 %                         |
| 17   |          | 合計 100 %                       |
| 18   | 購入単価     | 国産木材 未利用木材 8,000 円/t           |
| 19   |          | 一般木材 50 wet%                   |
| 20   |          | リサイクル木材 15,000 円/t             |
| 21   |          | 木質チップ 10,000 円/t               |
| 22   |          | ペレット 25,000 円/t                |
| 23   |          | 合計 3,000 円/t                   |
| 97   | 税金       | 所得課税 2.4 %                     |
| 98   |          | 法人税率 2.4 %                     |
| 99   |          | 法人税率 法人税率 4.3 %                |
| 100  |          | 法人税率 法人税率 23.4 %               |
| 101  |          | 法人税率 法人税率 16.1 %               |
| 102  |          | 法人税率 法人税率 29.0 万円/年            |
| 103  |          | 法人税率 法人税率 13.3 %               |
| 104  |          | 法人税率 法人税率 120 %                |
| 105  |          | 法人税率 法人税率 0.60 %               |
| 106  |          | 法人税率 法人税率 0.27 %               |
| 107  |          | 法人税率 法人税率 9.0 %                |
| 108  |          | 法人税率 法人税率 63.7 %               |
| 109  |          | 法人税率 法人税率 60.0 %               |
| 110  |          | 法人税率 法人税率 11.1 選択              |
| 111  |          | 法人税率 法人税率 5.0 %                |
| 112  |          | 法人税率 法人税率 5.0 %                |

## 出力

結果が自動計算される

| 出力項目 |             |                                  |
|------|-------------|----------------------------------|
| 113  | ボイラー能力      | 蒸気量 27.8 t/h                     |
| 114  |             | 主蒸気温度 443 °C                     |
| 115  |             | 主蒸気圧力 5.6 MPa                    |
| 116  | 定格出力        | 発電出力 5,700 kW                    |
| 117  |             | 熱出力 A: 潜熱+顕熱 (全抽気熱量) 0 kW        |
| 118  |             | B: 潜熱のみ (ドレン熱量を除く) 0 kW          |
| 119  | 各種効率        | 電気 発電率: A 26.4 %                 |
| 120  |             | 送電率 22.9 %                       |
| 121  |             | 熱: B 全抽気熱量基準 0.0 %               |
| 122  |             | 総合効率: A+B (85%以下で抽気条件を設定) 26.4 % |
| 123  | 原料消費量       | 国産木材 未利用木材 67,510 t/年            |
| 124  |             | ※ 燃焼時間量 → 購入時質量換算 74,261 t/年     |
| 125  |             | 一般木材 0 t/年                       |
| 126  |             | リサイクル木材 0 t/年                    |
| 127  |             | 輸入木材等 木質チップ 0 t/年                |
| 128  |             | ペレット 0 t/年                       |
| 129  |             | PKS 0 t/年                        |
| 130  |             | 石炭 0 t/年                         |
| 131  | エネルギー       | 電気 発電端 45,143,389 kWh/年          |
| 132  |             | 送電端 39,229,605 kWh/年             |
| 133  |             | 熱 0 kWh/年                        |
| 134  | 売上高         | 電気 国産木材 未利用木材 1,255,347 千円/年     |
| 135  |             | (20年目まで) 一般木材 0 千円/年             |
| 136  |             | リサイクル木材 0 千円/年                   |
| 137  |             | 輸入木材等 木質チップ 0 千円/年               |
| 138  |             | ペレット 0 千円/年                      |
| 139  |             | PKS 0 千円/年                       |
| 140  |             | 石炭 0 千円/年                        |
| 141  |             | 合計 1,255,347 千円/年                |
| 142  | 電気 (21年目から) | 国産木材 未利用木材 863,051 千円/年          |
| 143  |             | 一般木材 0 千円/年                      |
| 144  |             | リサイクル木材 0 千円/年                   |
| 145  |             | 輸入木材等 木質チップ 0 千円/年               |
| 146  |             | ペレット 0 千円/年                      |
| 147  |             | PKS 0 千円/年                       |
| 148  |             | 石炭 0 千円/年                        |
| 149  |             | 合計 863,051 千円/年                  |
| 150  |             | 熱 0 千円/年                         |
| 151  | 事業費         | 発電・CHP設備 29.5 億円                 |
| 152  |             | 建物 2.9 億円                        |
| 153  |             | 車両 0.0 億円                        |
| 154  |             | チップ製造設備 0.0 億円                   |
| 155  |             | 送電塔・送電線 0.0 億円                   |
| 156  |             | 土地 0.8 億円                        |
| 157  |             | 合計 33.2 億円                       |
| 158  | 資金調達内訳      | 自己資金 6.6 億円                      |
| 159  |             | 借入金 有利子 26.6 億円                  |
| 160  |             | 無利子 0.0 億円                       |
| 161  |             | 補助金 0.0 億円                       |
| 162  |             | 合計 33.2 億円                       |
| 163  | その他         | 従業員数 14 人                        |
| 164  |             | 取締役数 3 人                         |
| 165  |             | 敷地面積 15,908 m <sup>2</sup>       |
| 166  |             | 炭・灰・スラグの発生量 1,350 t/年            |
| 167  | 評価指標        | 発電コスト (20年平均) 27.0 円/kWh         |
| 168  |             | 税引前IRR (20年目) 9.4 %              |
| 169  |             | 税引前NPV (20年目) 2,319,085 千円       |
| 170  |             | 投資回収年 12 年                       |

## ビジュアル表示



## 損益計算とキャッシュフロー

| Ver.1.5 損益計算とキャッシュフロー (20年目) |      |    |       |       |       |       |     |       |         |
|------------------------------|------|----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|---------|
| 年                            | 項目   | 単位 | 1     | 2     | 3     | 4     | ... | 20    | 合計      |
| 17                           | 固定資産 | 円  | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | ... | 2,000 | 533,000 |
| 18                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 19                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 20                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 21                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 22                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 23                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 24                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 25                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 26                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 27                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 28                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 29                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 30                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 31                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 32                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 33                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 34                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 35                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 36                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 37                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 38                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 39                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 40                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 41                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 42                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 43                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 44                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 45                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 46                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 47                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 48                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 49                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |
| 50                           | 固定資産 | 円  | 0     | 0     | 0     | 0     | ... | 0     | 0       |

図1 蒸気タービン方式木質バイオマス熱電供給事業採算性評価ツールの画面