

バイオマス発電・熱利用における事業性確保に必要な制度的バックアップと技術的留意点

中国木材株式会社

前田 哲男

中谷 中應

講師紹介—1

- 氏名： 前田 哲男(まえだ てつお)
- 社名・団体名：中国木材株式会社 経営企画部 部長
- 現住所： 広島県呉市
- 学歴・職歴
 - 平成13年4月 中国木材株式会社入社
(経営企画部企画課課長)
 - 平成15年1月 経営企画部部長
 - 平成16年4月 兼 美浜バイオエネルギー(株)
非常勤取締役
(現名：神之池バイオエネルギー株式会社)
- 今回、「事業性確保のための制度的バックアップ」を担当



講師紹介—2

- ・氏名：中谷 中應(なかにに なかまさ)
- 社名・団体名： 中国木材株式会社 設備部 部長
- 現住所(ご出身)：広島県広島市
- 職歴：
 - 平成12年4月 中国木材株式会社 入社
(保全部保全課課長)
 - 平成13年12月 保全部副部長
 - 平成15年1月 設備部部長
- 今回、「技術的留意点」を担当



中国木材株式会社の紹介

- * 設立： 1955年1月(操業1953年5月)
- * 資本金： 1億円
- * 代表者： 代表取締役社長 堀川 保幸
- * 売上高： 666億13百万円(2009年6月期)
- * 業種： 木材製材業等
(製材業・乾燥加工業・集成材製造業・
プレカット加工業等)
- * 本社所在地： 広島県呉市広多賀谷3丁目1番1号

バイオマス発電・蒸気供給事業

- * 中国木材株式会社・郷原工場汽力発電所
広島県呉市郷原町字一ノ松光山626-2
- * 中国木材株式会社
本社木質バイオマス発電所
広島県呉市広多賀谷3丁目1番1号
- * 神之池バイオエネルギー株式会社
神之池バイオマス発電所
茨城県神栖市東深芝2番21

各発電所の比較(1)

| | 郷原 | 本社 | 神之池 |
|----------------------|----------|----------|----------------------|
| 投下資金: | 741百万円 | 1,530百万円 | 4,074百万円 |
| METI補助金 | × | ○ | ○ |
| 投下資金/kw (最大送電端出力) | 466千円/kw | 340千円/kw | 224千円/kw |
| ボイラー | | | |
| 最高蒸発量 | 20トン/時 | 39トン/時 | 106トン/時 |
| 常用圧力 | 2.15MPa | 3.15 Mpa | 5.8MPa |
| 最大燃料消費量 | 4トン/時 | 10トン/時 | 27トン/時 |
| 蒸気利用 | 低圧5トン/時 | 低圧5トン/時 | 低圧20トン/時 中圧30トン/時 |
| 燃焼方式 | ストーカー | 流動層 | 内部循環流動床 |
| メーカー名 | タクマ | タクマ | 荏原製作所 |

各発電所の比較(2)

| | 郷原 | 本社 | 神之池 |
|---------|---------|---------|----------|
| タービン | | | |
| 方式 | 蒸気タービン | 蒸気タービン | 蒸気タービン |
| メーカー名 | シンコー | シンコー | 川崎重工業 |
| 発電機 | | | |
| 発電端最大出力 | 1,990kw | 5,300kw | 21,000kw |
| (所内電力) | 400kw | 800kw | 2,800kw |
| 送電端最大出力 | 1,590kw | 4,500kw | 18,200kw |
| メーカー名 | シンコー | シンコー | 西芝電機 |

郷原工場汽力発電所



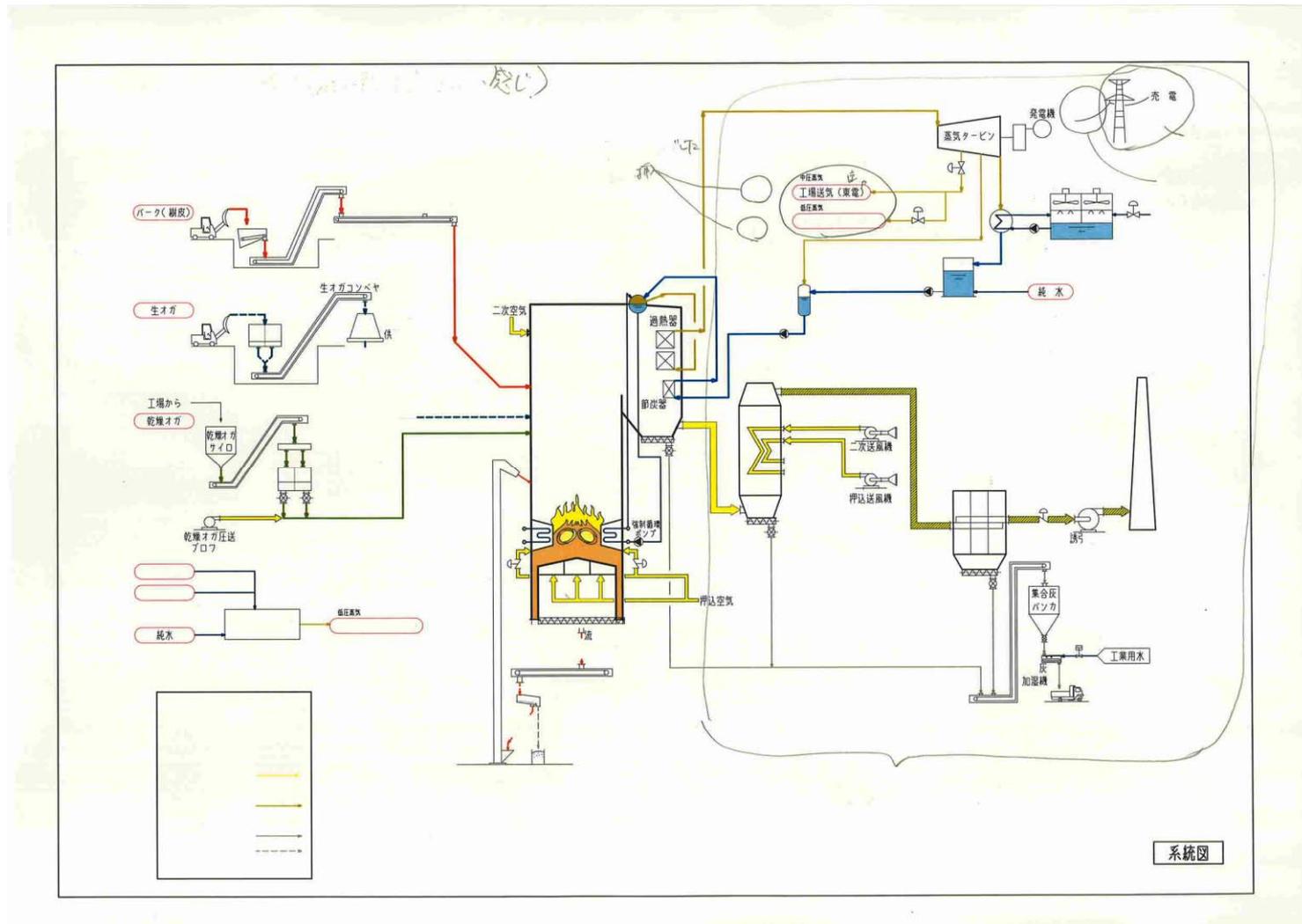
本社木質バイオマス発電所



神之池バイオマス発電所



神之池バイオマス発電所フロー



木材工業に於ける バイオマス燃料利用(1)

- 合板や繊維板製造業に於いてのバイオマス熱利用は古くから行われてきた。

(→工程に乾燥や接着の工程が含まれる。)

しかし、発電への利用は比較的新しい。

(→原料が皮剥きで輸入される南洋材であったため、余剰の燃料発生がない。)

主原料が針葉樹になってから発電利用が急速に進んだ。

木材工業に於ける バイオマス燃料利用(2)

- 製材業に於いては、市場が求める製品が無垢グリーン材(未乾燥材)であったため、ボイラーを持つようになったのは、乾燥材の草分けである当社でも1989年からである。(但し、最初は化石燃料用貫流ボイラー。)

乾燥用木質バイオマスボイラー: 1995年

郷原工場発電用バイオマスボイラー: 2003年

→樹皮という余剰燃料の存在で、乾燥から発電は比較的短期間に移行した。

制度的制約—要公的バックアップ

- 余剰電力の電力事業者による買取り価格がヨーロッパ諸国に比べ低い。
- 一方、電力事業者と契約する自家発補給電力の買い入れ価格が比較高価である。(後述)
- 自己発生バイオマス燃料の発生量が季節的変動や木材製品需要変動に左右され、発電所の安定操業確保のために調達する外部燃料に掛かる運賃・通行料コストが高い。

自家発電設備の連続運転の必要性 (自家発電設備の設置環境と規模による経済的試算)

ケース1 自家発出力が工場需要電力より小さい場合

前提条件

| | |
|-----------|----------|
| 工場の需要電力 | 6,600 kW |
| 自家発電出力 | 5,000 kW |
| (内所内需要電力) | 900 kW) |

自家発電設備運転のための電力契約費用

| 電力会社との契約 (基本料金) | 自家発連続運転月 | 自家発停止(含トラブル)月 | 《参考》自家発が工場需 要電力より大 |
|--------------------|---|---|---|
| 常用分電力 | $2,500\text{kW} \times @1,555 \times 0.85$ = 3,304,375 円 | $2,500\text{kW} \times @1,555 \times 0.85$ = 3,304,375 円 | $3,887,500 \times 0.5$ = 1,943,750 円 |
| 自家発補給電力 | $5,000\text{kW} \times @1,710 \times 0.2$ = 1,710,000 円 | $5,000\text{kW} \times @1,710 \times 0.85$ = 7,267,500 円 | 1,710,000 円 |
| 計 | 5,014,375 円 | 10,571,875 円 | 3,653,750 円 |

自家発停止トラブルによる出力低下による出費

500万円超/月

自家発電設備の連続運転の必要性 (自家発電設備の設置環境と規模による経済的試算)

ケース2 自家発出力が工場需要電力より大きい場合

前提条件

工場の需要電力 5,000 kW
 自家発電出力 21,000 kW
 (内所内需要電力 2,800 kW)

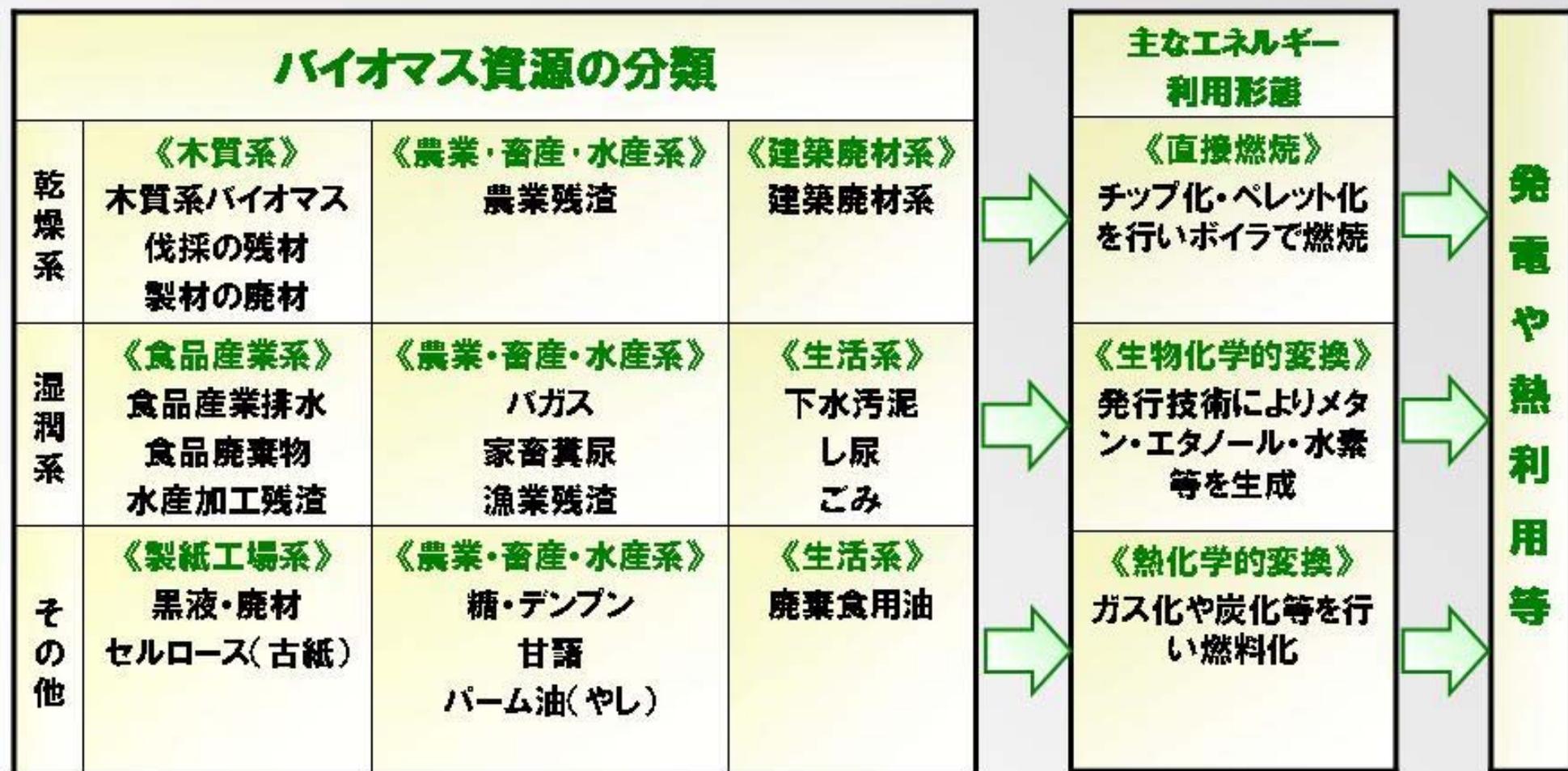
自家発電設備運転のための電力契約費用

| 電力会社との契約 (基本料金) | 自家発連続運転月 | 自家発停止(含トラブル)月 |
|--------------------|--|---|
| 常用分電力 | $2,800\text{kW} \times @1,555 \times 0.5$ = 2,177,000 円 | $2,800\text{kW} \times @1,555 \times 0.85$ = 3,700,900 円 |
| 自家発補給電力 | $5,000\text{kW} \times @1,710 \times 0.2$ = 1,710,000 円 | $5,000\text{kW} \times @1,710 \times 0.85$ = 7,267,500 円 |
| 計 | 3,887,000 円 | 10,968,400 円 |

自家発停止トラブルによる出力低下による出費

700万円超/月

バイオマス資源と主な利用形態



《参考》 経済産業省 エネルギー白書より

燃料について

- (1) 燃料は含まれる水分により発熱量(=有効エネルギー)が大きく変わる
《燃料に含まれる水分により有効エネルギーが変わる試算例》

| | 水分率0% | 水分率40% | 水分率55% |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 発熱量 | 4,800 kcal/kg (=20,000 kJ/kg) | 2,655 kcal/kg (=11,155 kJ/kg) | 2,400 kcal/kg (=10,450 kJ/kg) |
| | | 水分率の差により 有効エネルギー10%ダウン | |
| 備考 | 米松のバイオマス熱量 4,500 ~ 4,800 kcal/kg | 水の潜熱を539 kcal/kgとしての試算値 | |

- ・ 燃料に含まれる水分により利用できる熱量=有効エネルギーは大きく変わる
- ・ 有効エネルギー差10%程度は容易に示現する
- ・ 機械効率・熱サイクル効率の10%改善は困難



(2) 燃料の取扱い・管理は重要

- ・ 燃料受入れの品質管理《水分率・異物混入・(納入業者の)燃料現場の環境等》
- ・ 燃料保管場所・保管を適切に
- ・ 木質燃料は比重が小さいため嵩が大きい



これは搬送設備の仕様にも関係する

燃料搬送設備

中国木材のバイオマス発電所の運転において、過去トラブルが最も多いのは燃料搬送設備

なぜ？

- ・ バイオマス発電で使用する燃料量は10～30t/hと木材事業者として見れば多いが産業用・事業用ボイラーを有する事業者から見れば、わずか10～30t/hほどの燃料量と言える。



しかし現実としては、燃料搬送設備で過去多くのトラブルを経験した。

燃料搬送設備

原因

・燃料に起因するもの

- ① バイオマス燃料の性状は変動が多い(季節・気象も要因のひとつ)
- ② 重量は小さくても嵩は大きい(異物が紛れ込んでも分からない)
- ③ 燃料の発生場所、燃料化の現場・作業は様々

・設備・人に起因するもの

- ① 設備保全の際、燃料性状・使用環境を考慮した日常点検・給脂等のケアが大事
- ② 燃料中の砂・規格外の燃料・異物等が設備を磨耗・劣化させる作用は予想以上
- ③ 日常の点検・メンテナンス、設備の変化を適切に把握するには運転員を含めた教育が必要。



磨耗による穴あき



燃料に混入される異物

燃料搬送設備

留意事項

- ① 設備以前の燃料管理が重要
- ② 燃料性状は将来変化すると思うこと
- ③ 設備の必要能力は例え燃料性状が安定していても大きく変動する



米松乾燥才方



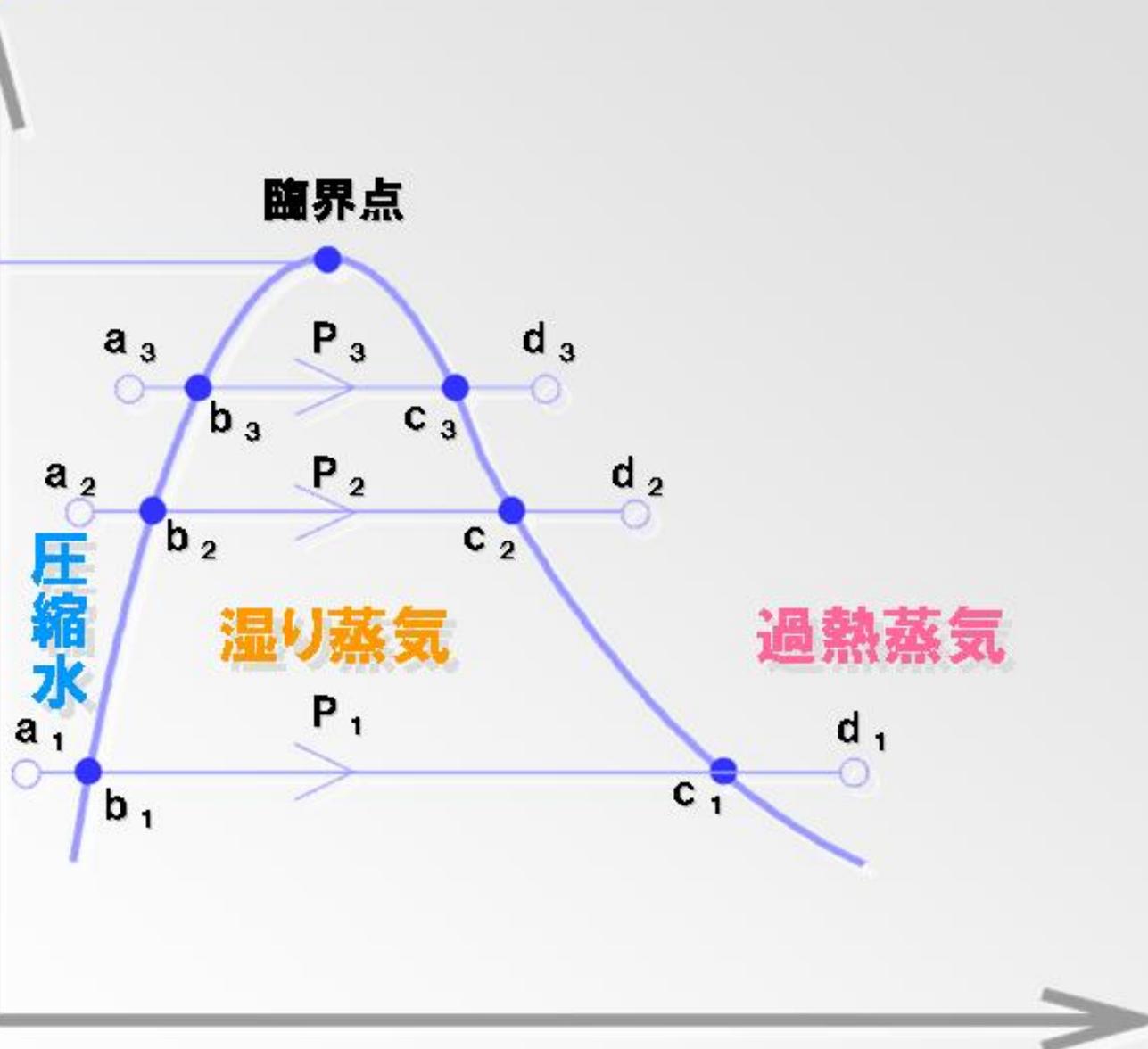
米松生才方



米松バーク

蒸気の性質

圧力 P

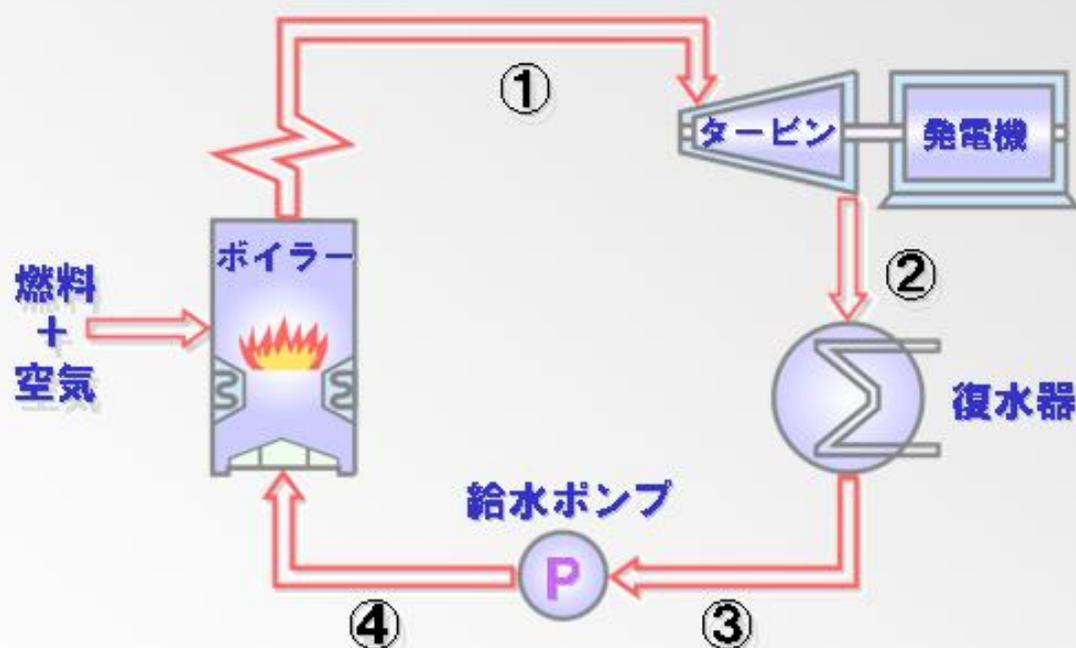


蒸気のPv線図

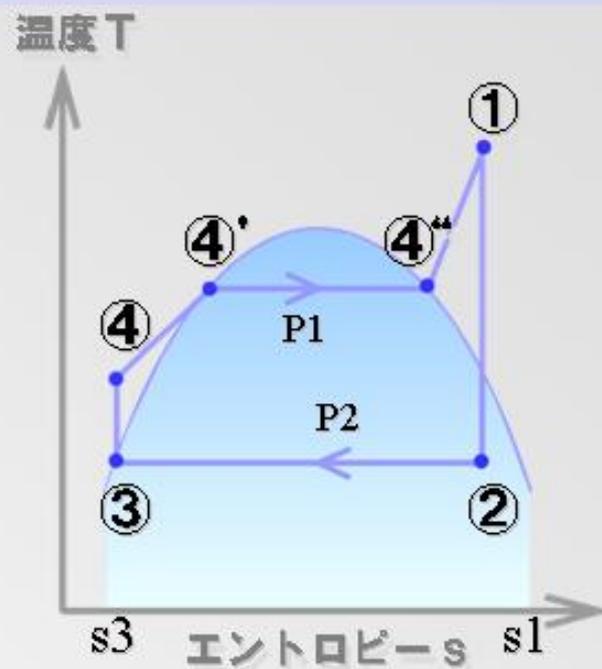
比体積 v

蒸気サイクル理論

蒸気原動所の理論サイクルはランキンサイクル



ランキンサイクルの構成要素



ランキンサイクルのTs線図

ランキンサイクルの理論熱効率

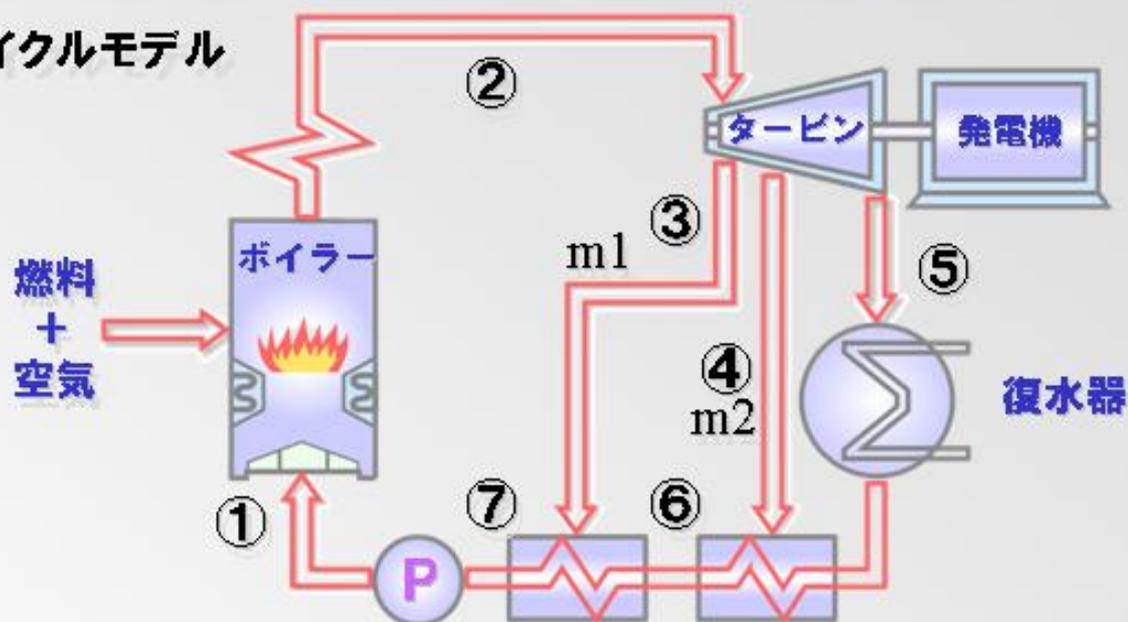
$$\eta_{th} = \frac{W_t - W_p}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_4} \approx \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3}$$

- Q_1 : ボイラーで加える熱量 ④⇒①
- W_t : タービンでの仕事量 ①⇒②
- W_p : 給水ポンプで供給する仕事量 ③⇒④

タービンで発生する仕事は給水ポンプでする仕事に比べ小さいため $h_4 \approx h_3$

蒸気仕様の違いによる熱効率比較例と発電のための有効エネルギー

再生サイクルモデル



| | 5,000kW 《39t/h 3.14MPa 305℃》 | | 21,000kW 《106t/h 5.8MPa 460℃》 | |
|----|---|-------|--|-----------------------|
| | h(kJ/kg) | m | h(kJ/kg) | m |
| ①⑦ | 590 | 1 | 610 | 1 |
| ② | 2.991 | 1 | 3.328 | 1 |
| ③ | 2.783 | 0.171 | 2.863 | m ₁ :0.113 |
| ④ | - | - | 2.675 | m ₂ :0.083 |
| ⑤ | 2.610 | - | 2.610 | - |
| | $\eta_{RC1} = \frac{(h_2 - h_5) - m_1(h_3 - h_5)}{h_2 - h_1}$ = 14.6% | | $\eta_{RC2} = \frac{(h_2 - h_5) - m_1(h_3 - h_5) - m_2(h_3 - h_5)}{h_2 - h_1}$ = 24.5% | |

この差が発電に使用する有効エネルギー
熱効率を上げるための最大の要因は蒸気温度を上げる事

主な留意事項

| | |
|----|--|
| 設備 | <ul style="list-style-type: none">・ 設備の生産効率(=熱サイクル効率)は事業性を左右する基本事項。・ 長期の事業継続のためにも、設備計画時に十分な検討が必要 |
| 燃料 | <ul style="list-style-type: none">・ 燃料は設備全体の効率(熱サイクル効率)に大きな影響がある大事なプレイヤー。・ 管理とハンドリングがポイント |
| 蒸気 | <ul style="list-style-type: none">・ エネルギー量の最大影響項目は蒸気温度 |
| 費用 | <p>① 設備トラブルによる自家発電停止・出力低下による影響</p> <p>設備の停止・出力低下は</p> <ul style="list-style-type: none">・ 電力費用の増加・ 生産(蒸気・電力)の減少⇒売上減⇒損益への影響につながる・ 設備投資が大きな事業であり生産量を上げる事が事業安定の基本 <p>② 設備規模</p> <p>これは事業開始後に必要となる費用と大きな関係がある。</p> <p>発電設備を運転しながらの電力事業者からの買電は基本料金の割高分だけでも大きな負担となる。</p> |