

NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク第135回研究会

# 「ドイツの木質小型ガス化CHP によるエネルギー自立村」



開催: 2014年5月15日

会場: 地球環境パートナーシッププラザ

NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク  
竹林征雄



## 内 容

1. グローバルトリレンマと地球温暖化問題、  
そしてエネルギーの趨勢
2. ドイツのエネルギー自立を目指す村々
3. 注目の自立分散型小型CHP
4. 木質系エネルギー導入にあたっての  
要望・課題・対応策



# 1. グローバルトリレンマと地球温暖化問題、 そしてエネルギーの趨勢

# エネルギー面からのグローバルトリレンマ 現在はパラダイムの転換点

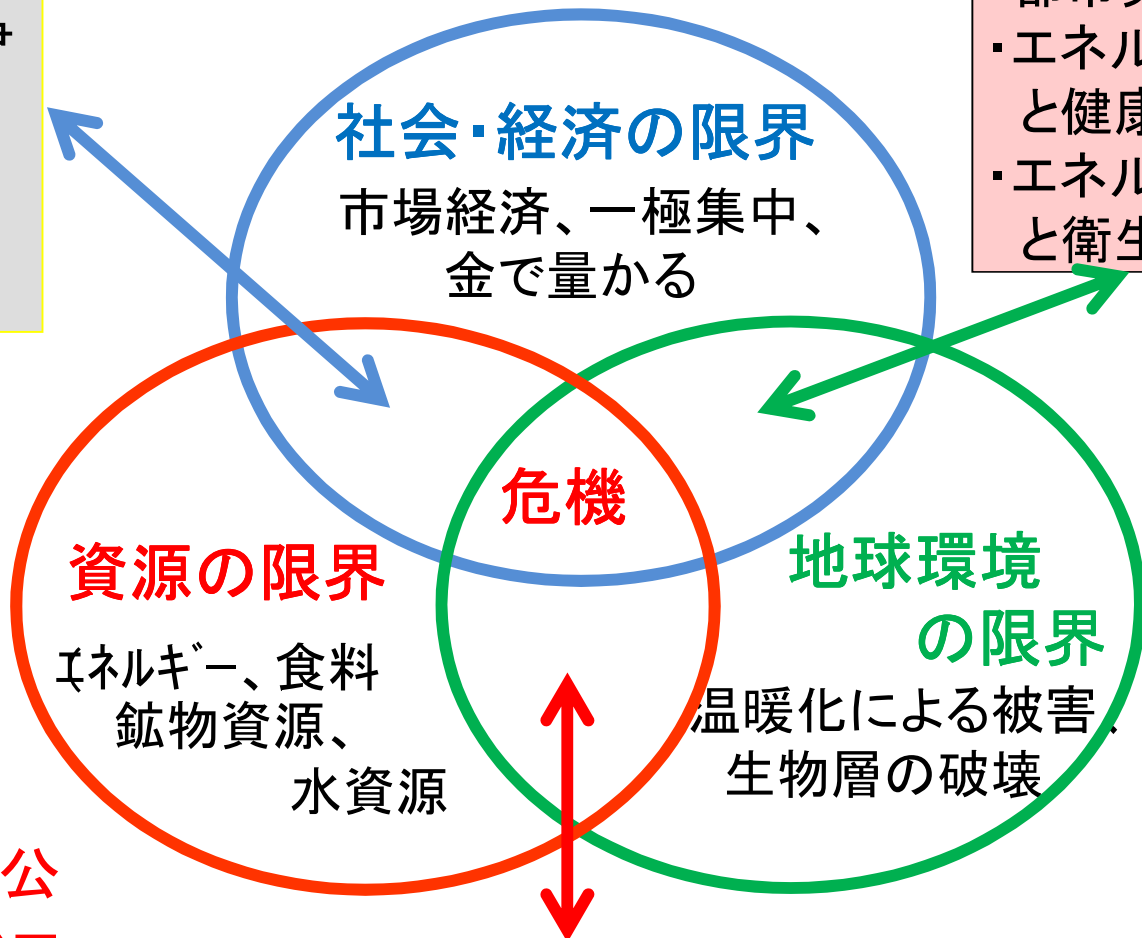
## 第4の革命へ⇔地球は有限

- ・資源、エネルギーの枯渇
- ・エネルギー争奪戦・戦争
- ・エネルギー発掘投入資本の限界
- ・人口問題とエネルギー問題

- ・環境難民
- ・自然災害
- ・都市劣化
- ・エネルギーと健康
- ・エネルギーと衛生

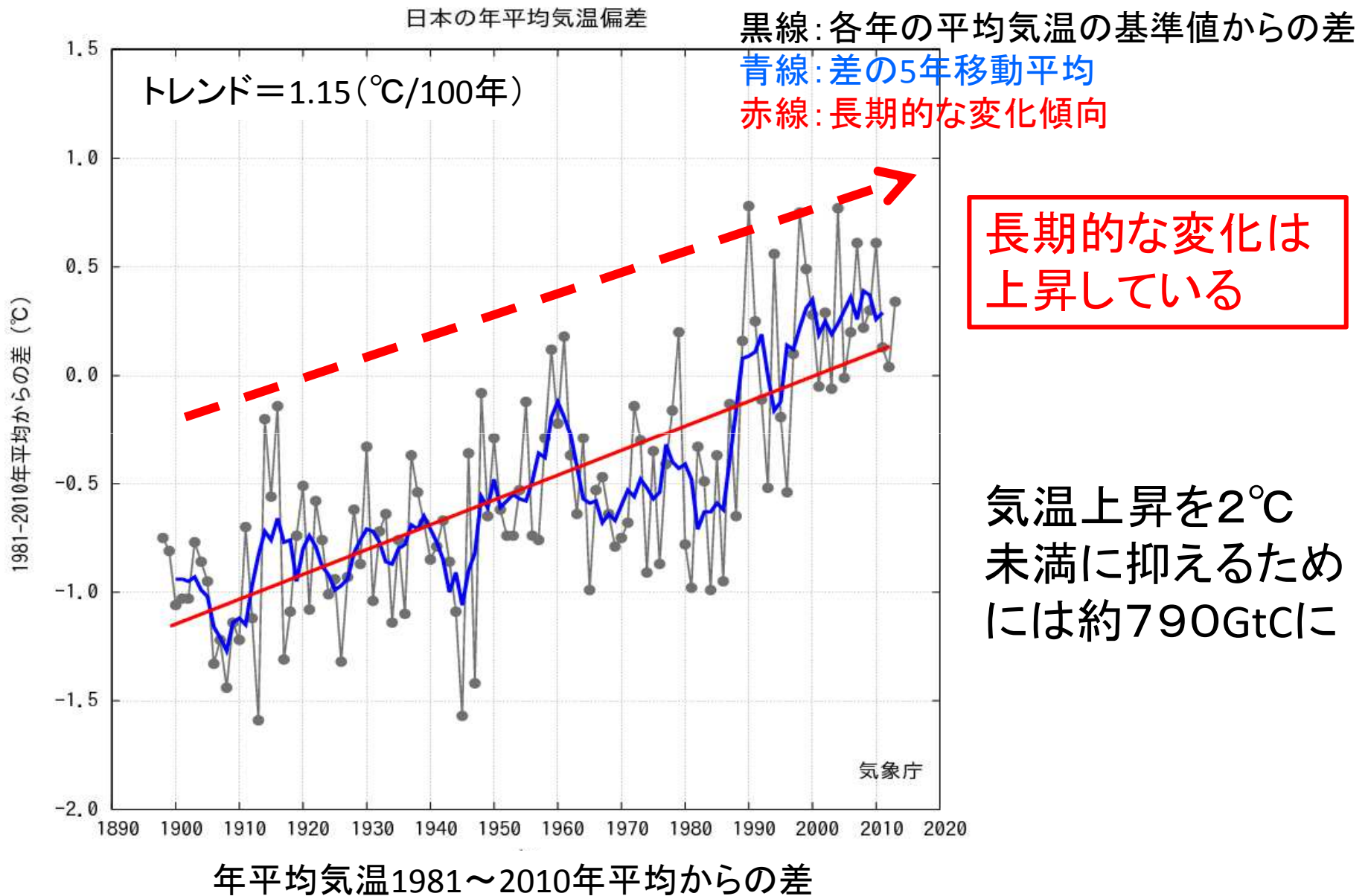
持続不可能な  
生産と消費  
持続不可能な  
資源利用

日本  
地方の自助・共助・公助(公共サービスのコスト増)の崩壊

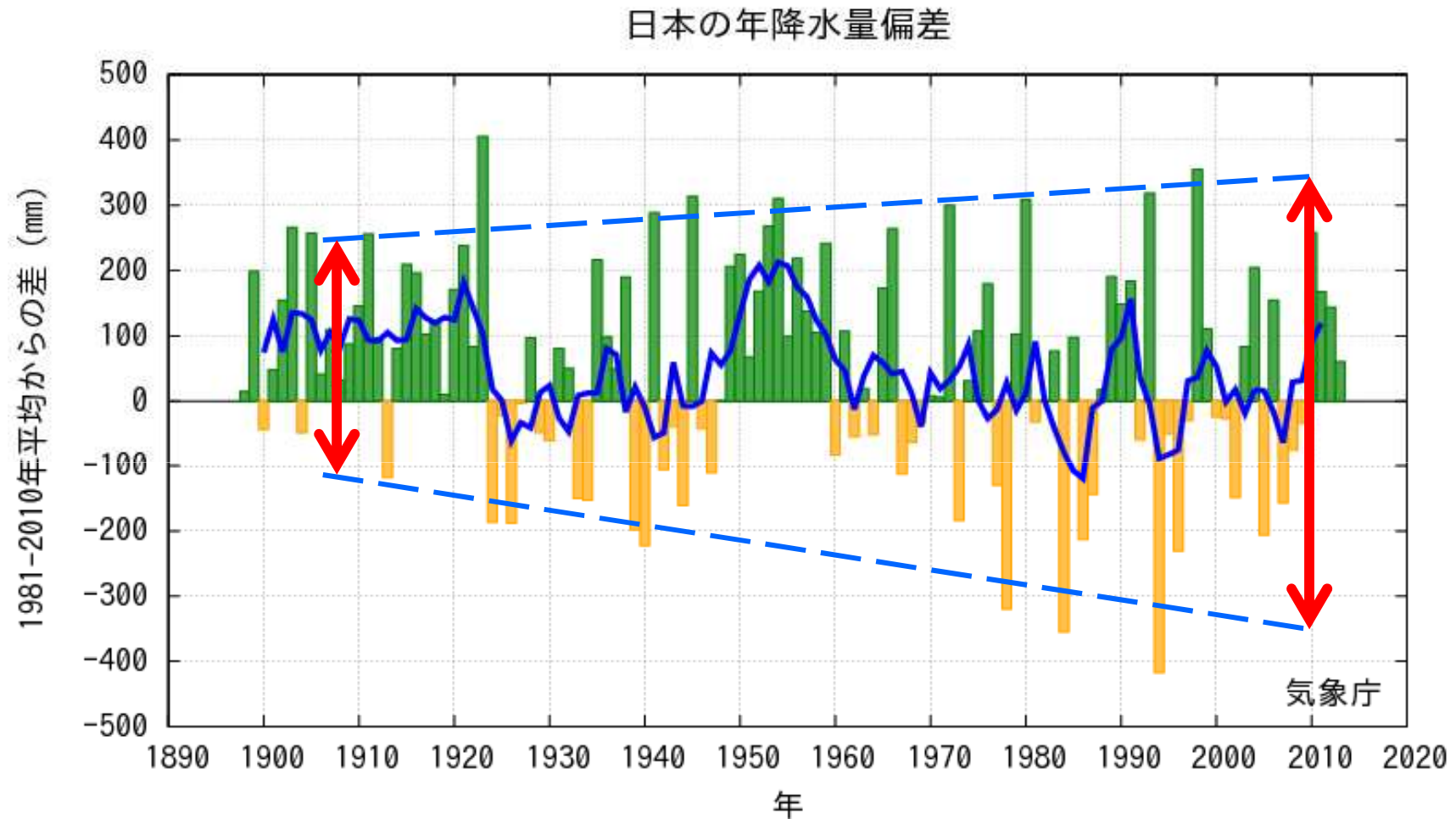


- ・森林破壊 酸性雨・海洋酸性化
- ・温暖化・オゾン層の破壊・海洋汚染

# 日本の平均気温は上昇し続けている



# 日本の降水量は年ごとの変化が大きくなっている



棒グラフ: 国内51地点での年降水量偏差(基準値に対する偏差で、mmであらわす)を平均した値

太線(青): 偏差の5年移動平均。基準値は1981~2010年の30年平均値。

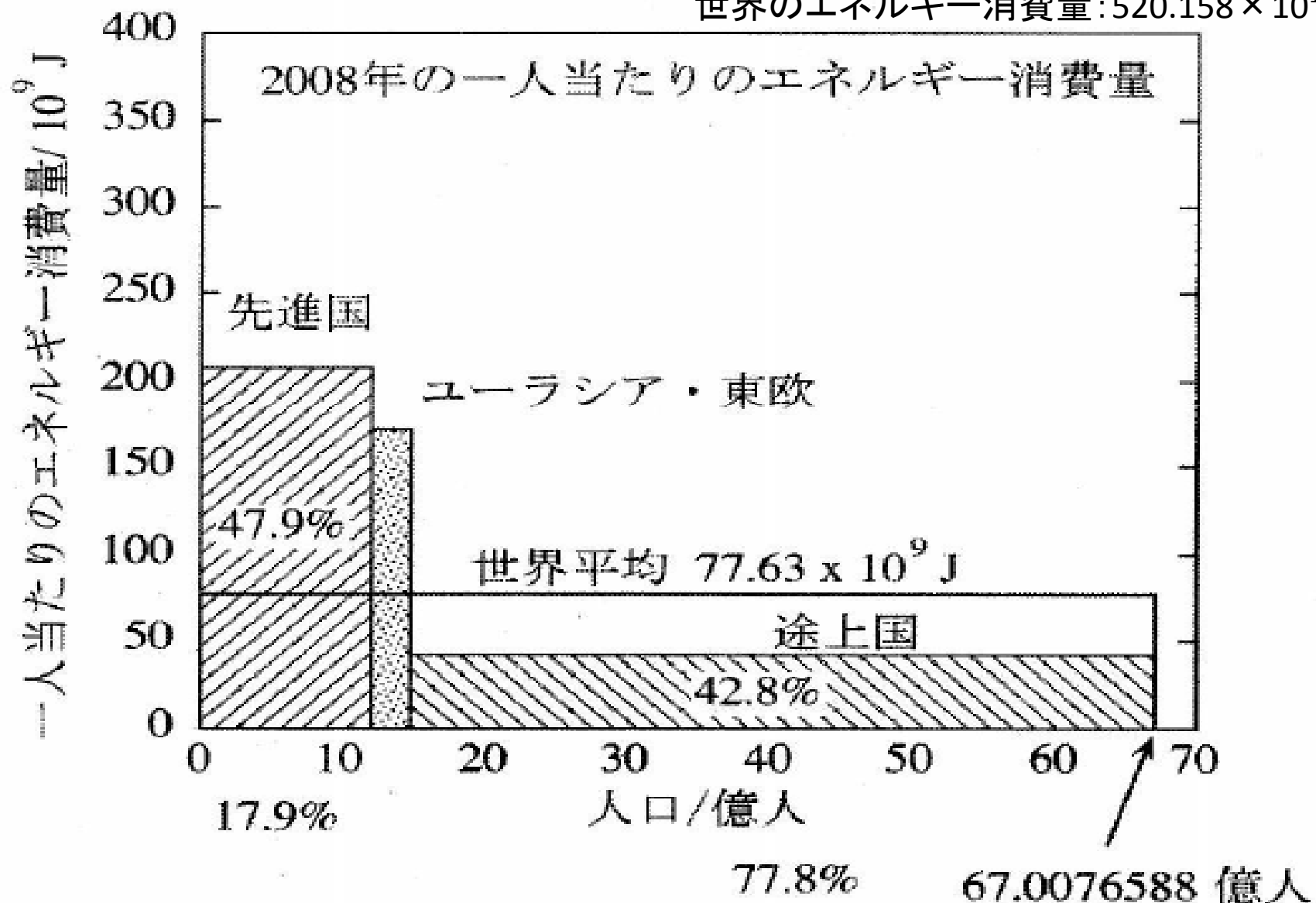
# 地球温暖化問題

1. 二酸化炭素濃度は増え続け、温暖化は疑う余地はない  
極端気象・気候現象が検出され、日本は短時間強雨と猛暑日が増えている
2. 95%以上の確度で、人間活動の影響だ
3. 海の上層部、深層部とも温度上昇し、海面水位上昇は0.26m～0.82mの範囲にとり、珊瑚の白化、海の酸化が
4. 気候変動抑制には温室効果ガス排出量の抜本的かつ持続的な削減が必要
5. CO<sub>2</sub>の累積総排出量とそれに対する世界平均地上気温の応答は、ほぼ比例関係にある
6. 最終的に気温が何度上昇するかは累積総排出量に関係

2081年～2100年の世界平均地上気温は可能な限りの温暖化対策で0.3～1.7°C、対策をしない場合は2.6～4.8°Cと想定

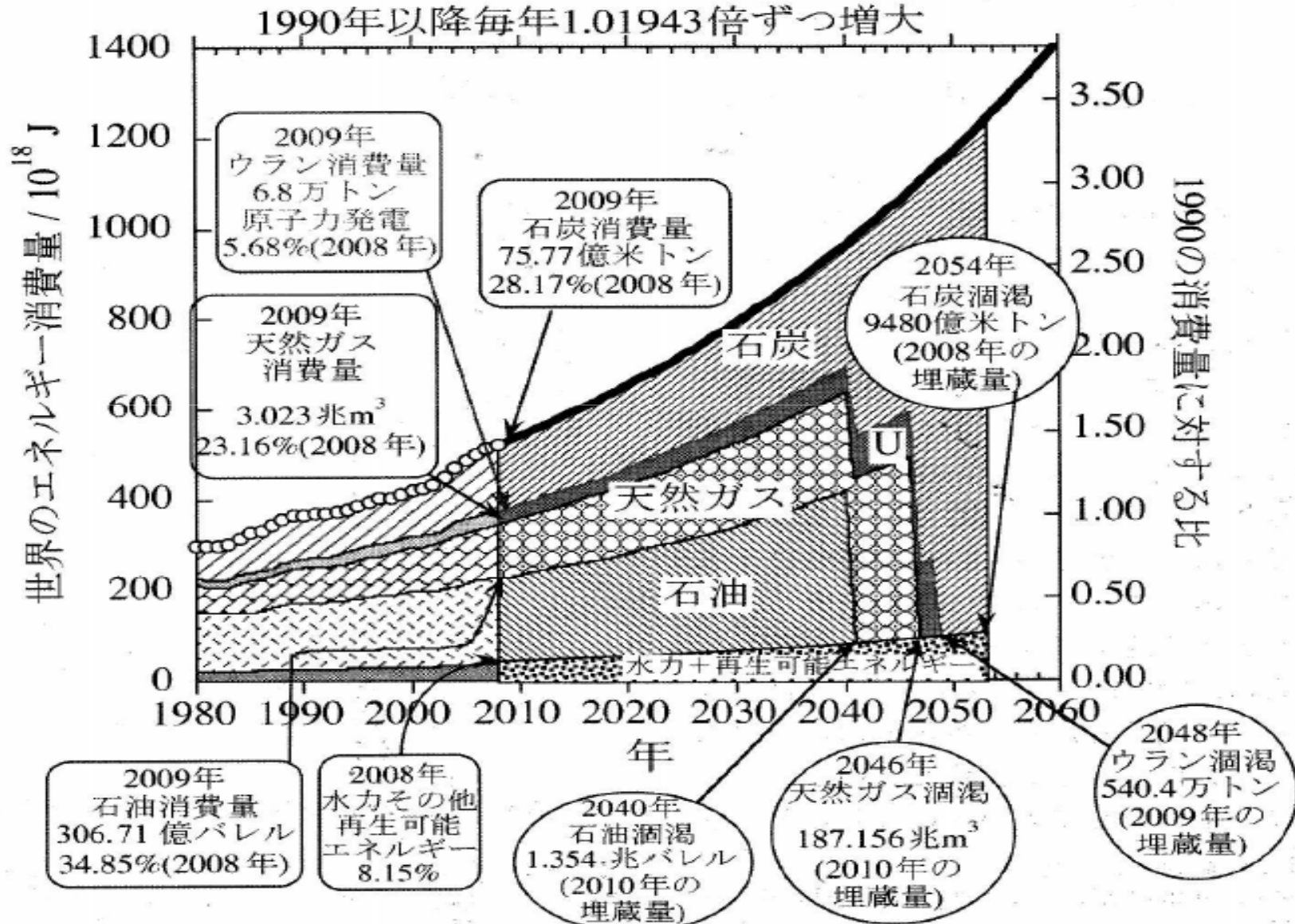
# 世界の一人当たりのエネルギー消費量(2008年)

世界のエネルギー消費量:  $520.158 \times 10^{18} \text{J}$





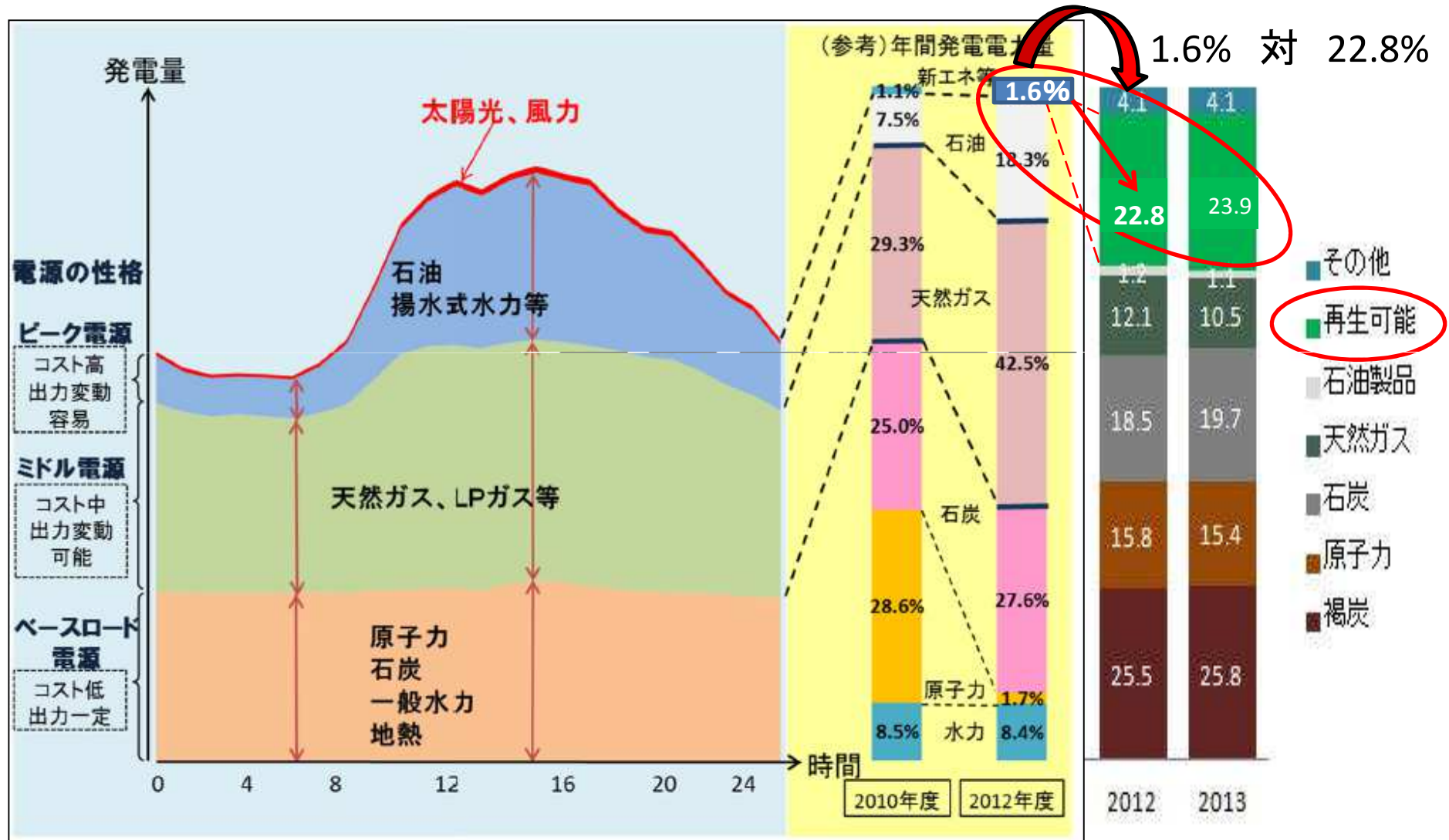
# 世界の28年間のエネルギー消費の歴史 とそれを延長した場合のエネルギーの将来



# 日本とドイツの電源構成比

日本(人口1億2568万人...総消費電力量約9500億kWh)

ドイツ(人口8175万人...総消費電力量約5960億kWh)



# 2013 年ドイツの再エネ利用割合：実績23.9%

## ①総発電量のエネルギー源別割合推移(%)

	1990年	2013年
再生可能エネルギー	3.6	23.9
原子力	15.4	15.4
石油	2.1	1.1
石炭	56.9	45.2
天然ガス	6.5	10.5

\* 再生可能エネルギーの割合は23.9%

\* 電力総消費量は5,960億kWh

## ②温室効果ガス削減% (1990年)

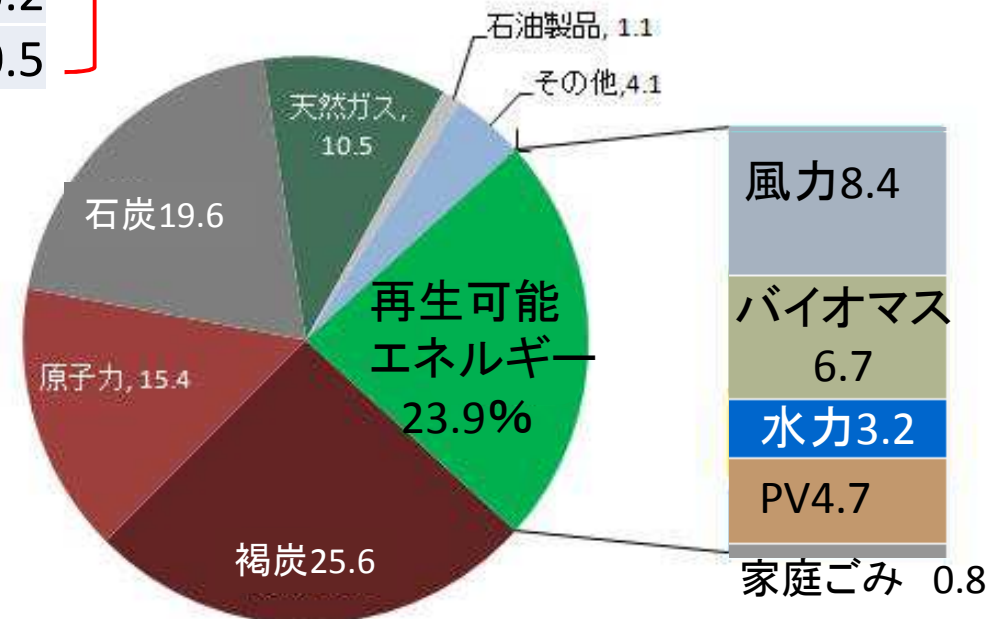
2003年 : 18.5%

2011年 : 23.4%

目標は2030年 : 55%

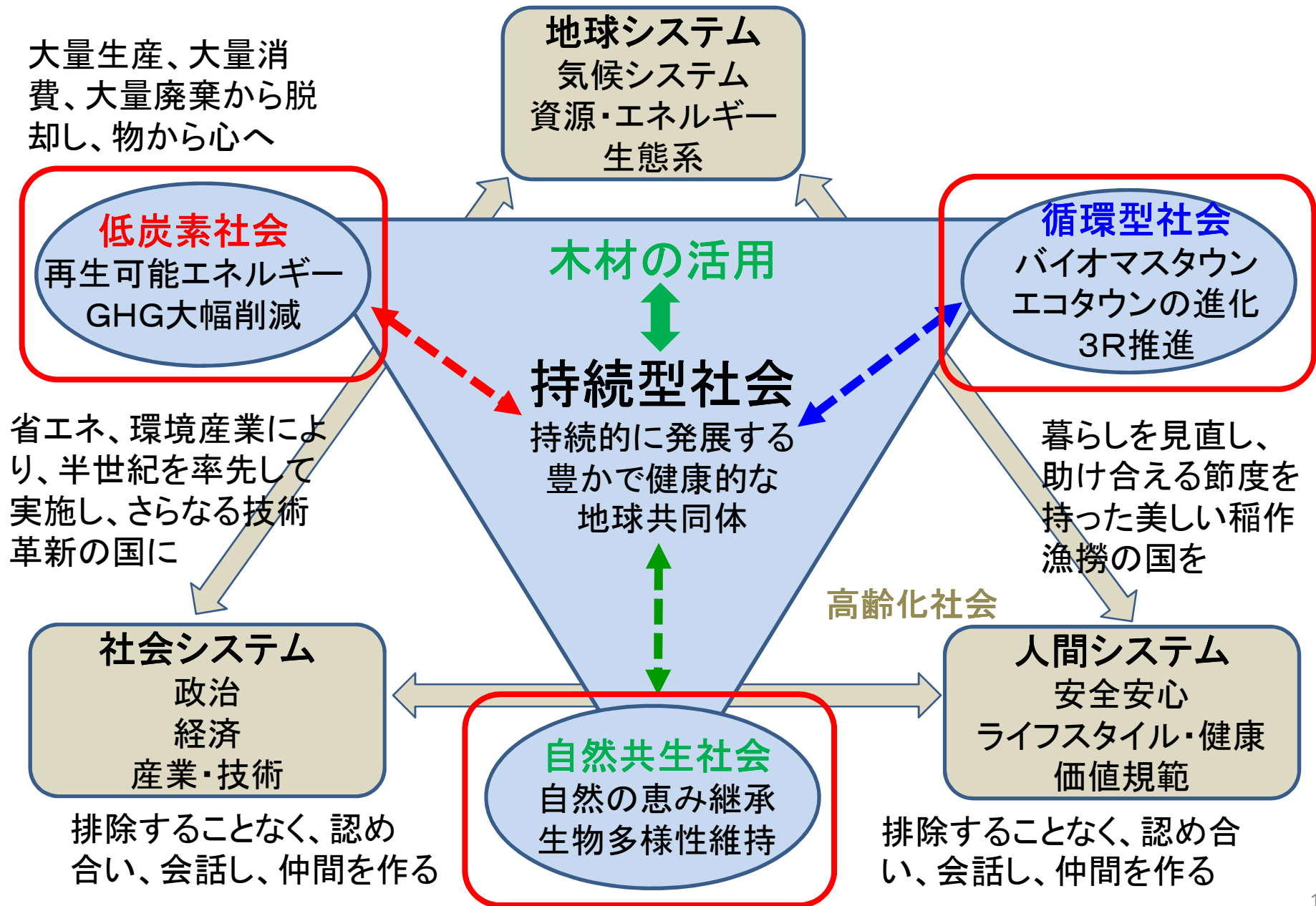
2050年 : 80%

日本は京都議定書から離脱



## ③発電量のエネルギー源別割合と再エネ内訳(%)

# 持続可能な社会=3つの社会像を統合





## 2. ドイツのエネルギー自立を目指す村々...(1)

(バイオエネルギー村)  
(エネルギー自立村)

# ドイツの最重要課題 (2010年エネルギー戦略)

目標: 1次エネルギー2%削減/年、2030年までに現在のエネルギー消費半減をめざし、**3本柱の政策**

## 政策1. 省エネ・エネルギー 高効率化推進

2022年:

脱原発

2050年:

エネルギー需要半減  
脱化石エネ

\* 暖房・給湯エネ80%削減  
(現在、エネルギー消費の30%  
が暖房、4%が給湯を削減)



\* 2021年より、新築建物は化石  
・原子力を使用しない、再エネ  
利用とするゼロエネ建築へ

\* 既存建物の省エネ  
改修 助成措置も大  
\* 2050年までに断熱強  
化・太陽熱温水器など  
導入  
\* 省エネ建築は年間55万  
戸実施、雇用増30万人

\* 熱効率40%内外の石炭火  
力・原子力発電廃止へ



2050年までに再エネ利用へ  
\* 雇用増加2020年に50万人

\* 熱効率30~40%  
ガソリンエンジン



効率70%前後の電  
気自動車、プラグイ  
ンハイブリッド車へ

## 政策2.

### 地域暖房とコジェネ(CHP)推進

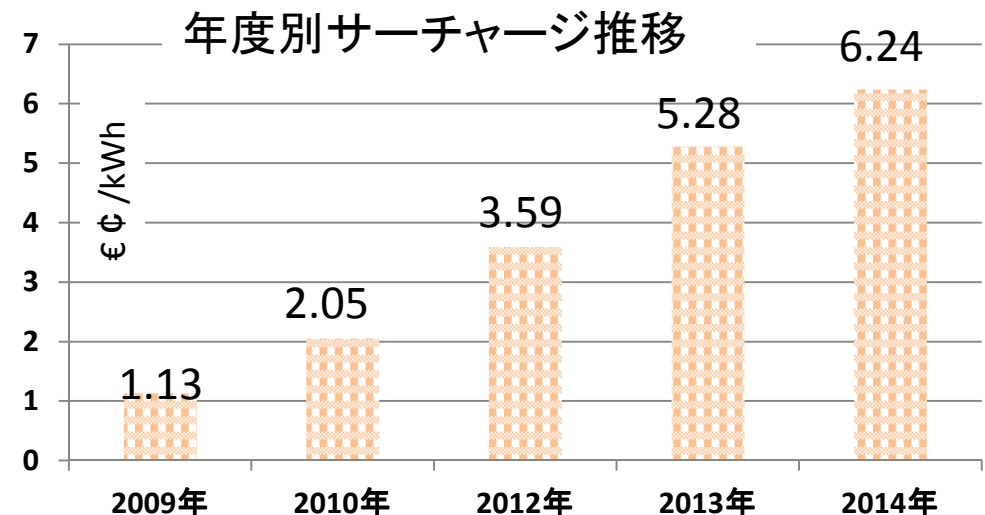
- \* 国内の全暖房・給湯用熱エネルギーの80%削減を目指す  
後の20%対策 ⇒ バイオガス、木質系などのエネルギー用  
による「地域熱供給(暖房)化推進+産業用熱供給」を図る
- \* コジェネ推進 ⇒ 熱を創り、併せて同時に電気もピークカット対  
策にオイル炊きボイラー、バックアップ用に木質利用ボイラーも
- \* 将来はCHPの夜間電力で、水素生産、更に小型高性能蓄電池

## 政策3.

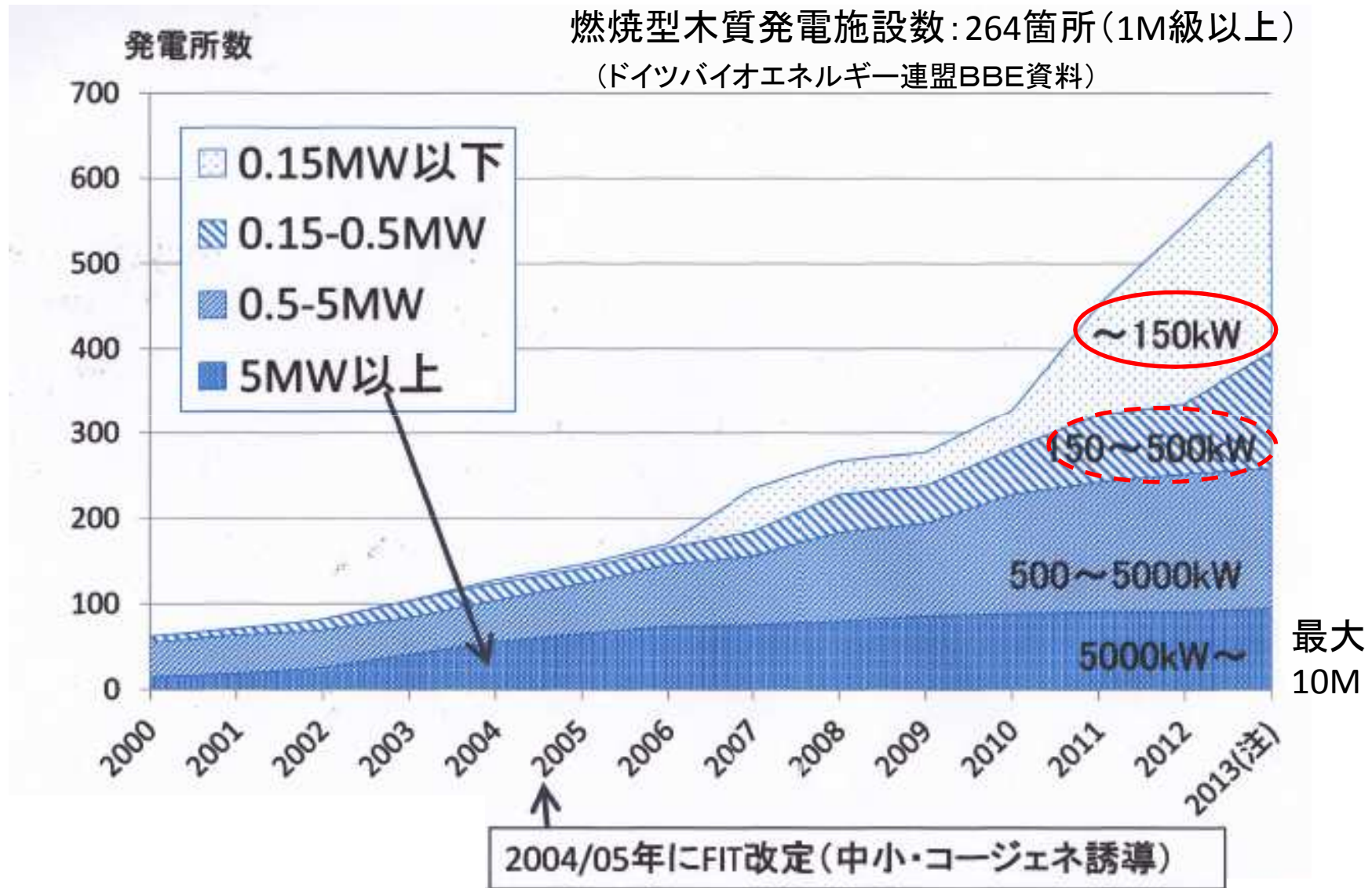
### 再生可能エネルギーの推進

**熱:** 薪、チップ、ペレットストーブ  
と太陽熱温水器が主

**電気:** 再エネ採択で、地方は活気  
があった。農家が出資、利益  
、税収、雇用増加、産業振興、  
途上国ビジネス、ソーシャルビジネス  
サーチャージの高騰も、光と影



# ドイツ木質バイオマス発電の規模別発電所数推移



図出所: 20140220 富士通総研梶山氏発表資料(データは German Biomass Research(DBFZ))  
(注)2013年はDBFZ見通



# バイオエネルギー村について

定義：農村で必要なエネルギーを、再生可能で、しかも二酸化炭素を排出しないバイオマスエネルギーで全て供給することを目指すプロジェクト実施の村

- 目標：①温暖化防止と資源保全（低炭素社会形成、環境に優しい資源生産）  
②国土と水質の保全（化学肥料・農薬・除草剤削減、汎用性技術確立）  
③生物多様性保全（地域の多様な作物利用）  
④地域経済向上（雇用促進と副収入源確保）  
⑤住民参加による地域活性化（地域アイデンティティを）  
⑥エネルギー供給の地域分散化（エネルギー自給・自立）  
⑦生き甲斐・遣り甲斐による地域への愛着増加（生活文化の確立）

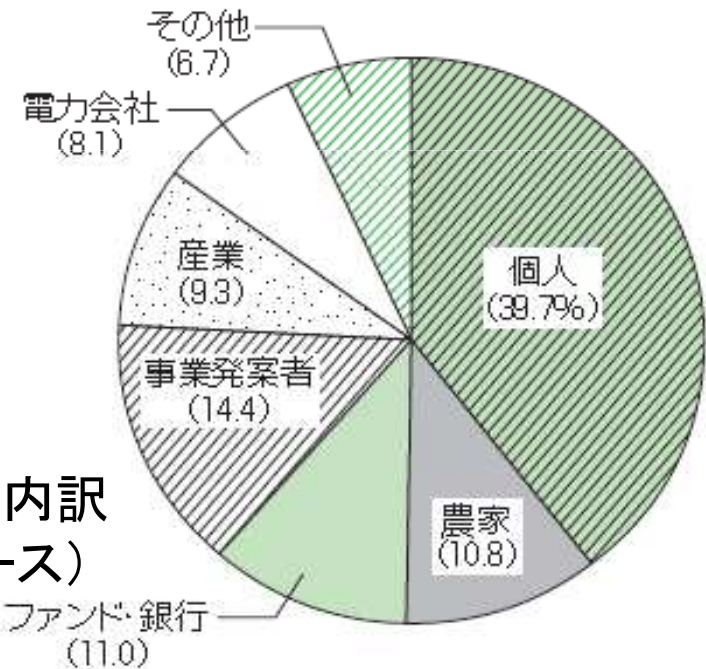
数値：・少なくとも村内の消費熱の50%、消費電気の50%が地場バイオマス利用等  
・エネルギー高効率となるような熱と電力システムの組合せ  
・少なくともエネルギー施設所有権利の50%とその熱源材料供給の50%が村の利用顧客と農林業経営者や住民であること  
・すべてのプロジェクト参加者がエネルギー発電所の株主であること

- 効果:
- ・バイオエネルギー村/自然エネルギー村はどこでも実現可能!
  - ・それらは 気候変動-資源保全-環境保護に貢献
  - ・エネルギー供給と独立した安全保障に貢献
  - ・再生資源はきれいで、人体や環境に害を及ぼすこともなく、廃棄物が出ないためにゴミ問題も少ない
  - ・バイオ/自然エネルギー村は**農業、工芸品や軽工業**をエネルギー生産と同時に生産し、**魅力的な場所に(再び)なることで、人々のアイデンティティーを強化**

村数: **2014年2月末現在 140町村**

選定: **連邦農業省**  
**(バイオエネルギー村とは別に連邦環境省はエネルギー自立村を選定)**

再エネ発電設備所有者内訳  
 (設備容量2010年ベース)



資料 Klaus Novy Institut(2011)から作成

農林金融2013・4 石田信隆、寺林暁良著

ドイツに学ぶ地域からのエネルギー転換 家の光協会2013・5

ドイツの地方自治体による再生可能エネルギー政策の展開 藤井康平 一橋経済学 第7巻2号 2014年1月

# 関係機関と資金



**IZNE**

Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung der Universität  
Goettingen

ゲッティンゲン大学・循環型社会研究センター

[http://www.bioenergiesdorf.info/fileadmin/user\\_upload/BiodorfFlyerJap.pdf](http://www.bioenergiesdorf.info/fileadmin/user_upload/BiodorfFlyerJap.pdf)



カッセル大学 Universität Kassel

## 後援と助成



Bundesministerium für  
Verbraucherschutz, Ernährung  
und Landwirtschaft

連邦農業省



再生可能な資源協会  
Fachagentur Nachwachsende  
Rohstoffe.V.

プロジェクト資金 152万€ (約2億円)

連邦の環境・農業・消費者の各省の外郭団体「再生可能な資源協会」 142万€

ニーダザクセン州・ゲッティンゲン郡 10万€

# 連邦農業省によるバイオエネルギー村表彰制度

\* 表彰制度は2010年よりスタート

\* 2012年度は3つの村が表彰され、1万€を受ける。

チューリンゲン州 シュレーベン村 (Schlöben)

ヘッセン州 オーバーロースフェ村 (Oberrosphe)

バイエルン州 グロースバル村 (Grossbardorf)

\* コンクール参加資格

その地域と自治体がエネルギー需要の半分以上を地域のバイオマスで生産していること

\* 審査の眼目

① バイオエネルギーの供給割合が高いこと

② バイオマスの持続的な取扱いをしているか

③ 革新的そして効果的な施設運営をし、技術を高めているか

④ 住民との結びつきは強いのか

⑤ プロジェクトの公的情報を提供しているか

などを評価し、選出している

# 再エネ実施ドイツの事業形態比較

事業形態...は4形態

①自治体主導 ②協同組合型 ③市民ファンド型(有限合資会社) ④株式会社

		② 協同組合	③ 市民ファンド (有限合資会社)	④ 株式会社
最低資本金		定款で規定できる (無しでも可)	25,000ユーロ (有限会社の設立に必要)	50,000ユーロ
負債への 責任	出資者	出資金に限定	出資金に限定	出資金に限定
	組織	協同組合の資産に限定	有限会社の無限責任 (有限会社の資産に限定されるため、実質有限責任)	株式会社の資産に限定
出資者の議決権		出資額の大きさにかかわらず原則1人1票	なし(有限会社が経営権を有する)	持株数に比例
想定されるケース		再生可能エネルギー設備をコミュニティが共同で利用・管理する場合	不特定多数の人々から多数の出資を募る場合	大口投資家や地域外の投資家なども含め、多額の出資を募る場合

資料 荒木(1996), German Wind Energy Association(2012)から作成



## 2. ドイツのエネルギー自立を目指す村々...(2) (バイオエネルギー村のCHP事例)

Velburg地区熱供給施設  
Mühlhausen地域熱供給施設  
(Burkhardt本社工場)  
Grafenau村地域熱供給施設  
Ascha地域熱供給施設

# Velburg地区熱供給施設



写真①

説明:ブルクハルト社  
Harald Gottschalk マネージャー

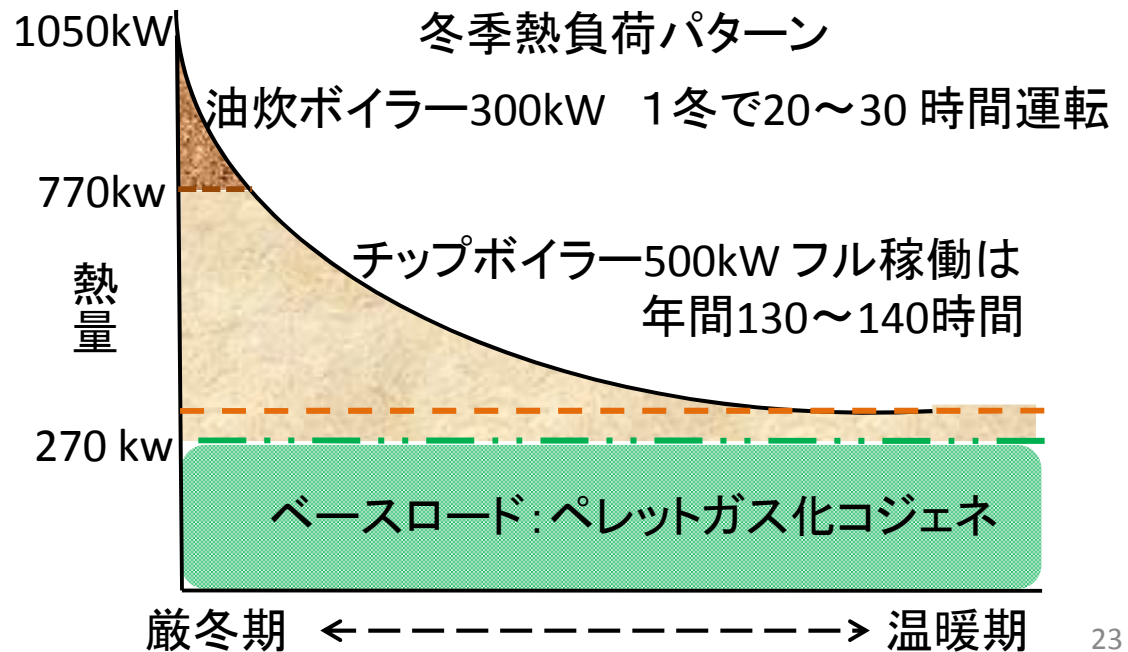
フェルブルグ(写真①)のホテル敷地内に設置されている地域暖房施設(写真②)



写真②

ホテルとブルクハルト社が経営  
土地:Hotel Zur Post 出資  
町 :システムの運営管理  
B社 :設備 出資 施設管理  
熱供給先  
ホテル 養老院 60軒の家庭  
以前は各自油焚暖房

貯湯は20m<sup>3</sup>



# 熱の生産コストと建設費

## ①熱生産価格

ペレットガス化コージェネ 1.5 ¢ €/kW  
チップボイラー 6 ¢ €/kW  
油(重油)ボイラー 9 ¢ €/kW

## ②販売価格

電気は全量売電 22 ¢ €/kWh 熱 平均 6 ¢ €/kWh

## ③補助

国から 主配管とシステムと工事関係へ 100€/m

## ④個人負担

300€/m(4.2万円/m)

## ⑤プラント総建設費 (土地代除く)

100万€(1.4億円) 配管関係280万€(3.9億円)

地元ミュールハウゼン  
のエンジニアリング会社



## ⑥燃料代

ペレットはカナダ産 190€/t(2.6万円/t)...カナダでは虫害被害で伐採が多く安い  
他 ロシア、ウクライナ、チェコなどからも輸入  
原油価格と連動し1%/年上昇、ドイツ国内産は5%/年上昇

## ⑦償却

10年の想定



# プロセス関係ポイント

無人運転(視察した日も管理者は不在、ブルクハル社が鍵を開け案内)  
運開より、約1年経過し7500時間稼働した

燃料のペレットは天井部より、空気輸送とロータリーチェーンにより20kg単位で空気が入らぬようバタフライバルブ経由で3つの燃料供給室へ移送



輸送中でのペレット損傷、他何らかのことで、ペレット中に粉状のものが多くなると詰まりとガスの抜け道が形成され均一ガス化を阻害するので、炉に入る前に粉を抜き出し、ペレット粉末はチップボイラーラインへ送る

灰(20%程度)はカーボン(80%)リッチで黒っぽい、40°Cまで冷やされ、熱交換器底部よりスクリーコンベアで抜き出す。詰まりを考慮し、コンプレッサーで、時折逆噴射し、フィルターを清浄

灰は: 冷却後フレコンへ

20t/y(1~4%変動あり) 400kg/袋に詰める

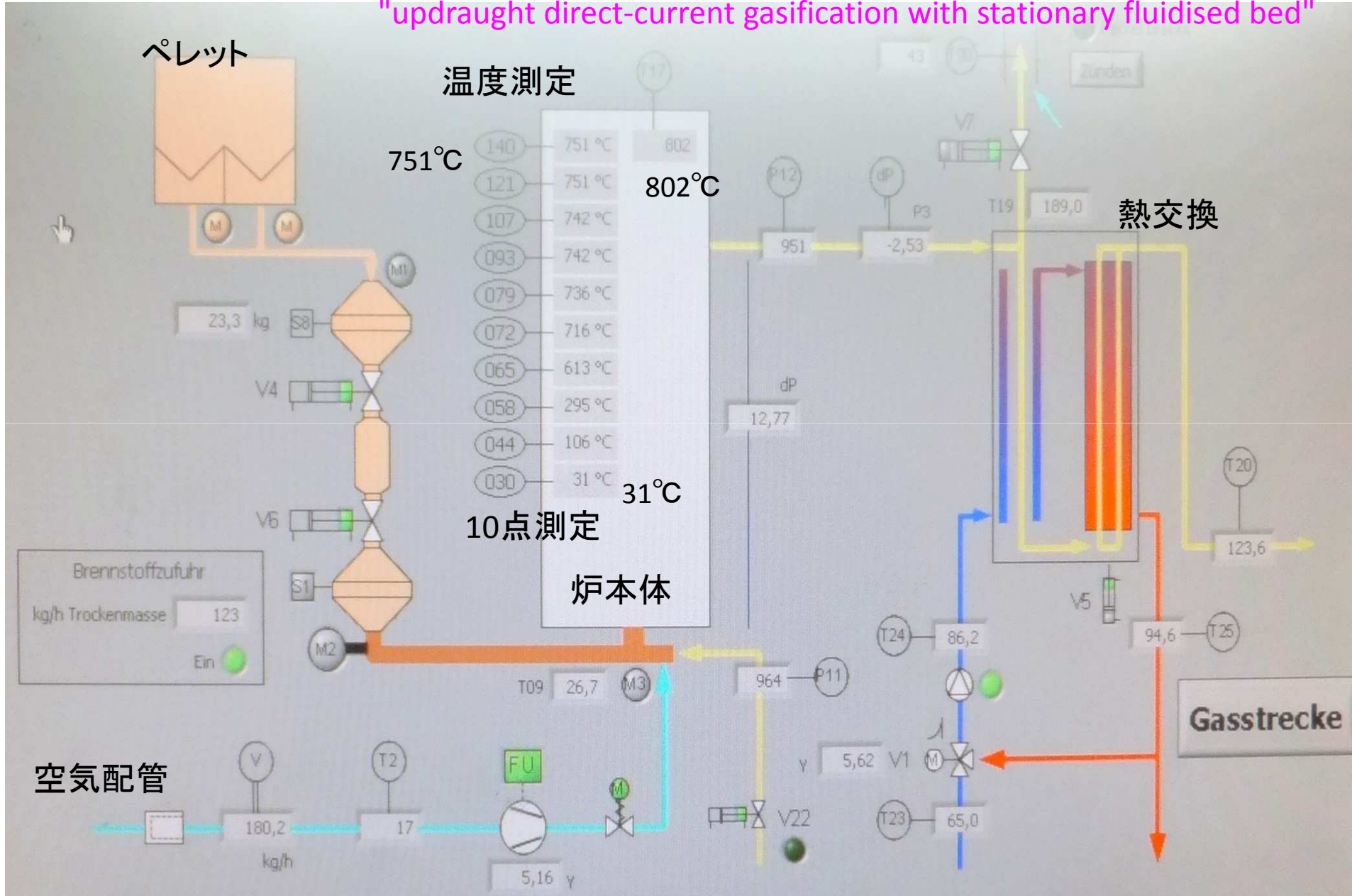
産廃処理、堆肥へ混入

カーボン分はブリケット、コークス化し、チャーコール化し燃料利用は可能



# アップドラフト型固定流動床ガス化炉

"updraught direct-current gasification with stationary fluidised bed"



ペレットの品質は重要。EN-A1(灰0.5%)規格ペレット使用で6~8週間連続運転し、炉内清掃。A2ペレット(灰1.5%...これはA1に比較し、灰溶融温度が大幅に下がり、すぐクリンカーができる)では2日間くらいしか運転できない

ペレットは 110~123kg/h投入が普通  
ペレット品質により出力は175~190kWの発電出力変動

同一ペレットロットでも⇒長さ・硬さ・粉の量が大きく変動  
A2は脆く、灰分が多く、ギャランティにはA1にする必要がある  
イタリアでは燃料費節約のためA2(140€/t)にするも20%出力低下、且様々なトラブルがあり節約に至らなかった由  
ペレットはラトビア、スロベニア28 € €/kg、イギリス、イタリア、スイス30 € €/kgなど 各国で生産され、様々なルートで流通



燃料供給量の制御は炉内温度と圧力による。主制御は炉内10地点の温度測定数値でペレット供給量を変える。送風空気量は一定基準を守るが、空気/燃料比が重要。

炉内は減圧。これによりガス漏れ、爆発を防いでいる

電気関係トラブルもあり、周波数変動があった際は自動的に止まる。これは外部グリッドへの大きな影響を出さないようにするため

# Mühlhausen地域熱供給施設 (Burkhardt本社工場)

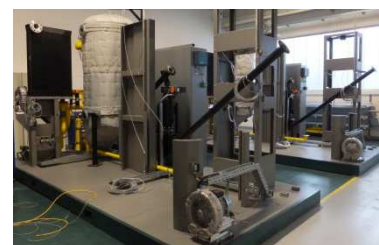
## Mühlhausen地域熱供給施設



ペレットサイロ3基  
合計20日分  
3基設置理由は  
ペレット品質均一化  
3基合計容積  
100m<sup>3</sup>ペレット



生産 : ドイツ国内では  
ペレットガス化CHP  
注文から2か月で納品



バイオガス/天然ガス発電設備・衛生設備機器・換気設備  
ペレット検査機{ダスト(粉)と固形重量}などを生産

工場 : 2カ所、新設工場を視察≪清潔で明るい。板金曲げ・切断・  
溶接などの設備と旋盤・ボール盤が数台、組み立て作業台  
が多い(部品は主として外注の模様)



# ガスフィルター / ペレット供給スクリュー/覗き窓



炉よりのガスと灰の  
分離用バグフィルター



ペレット供給  
スクリューコンベア



覗き窓

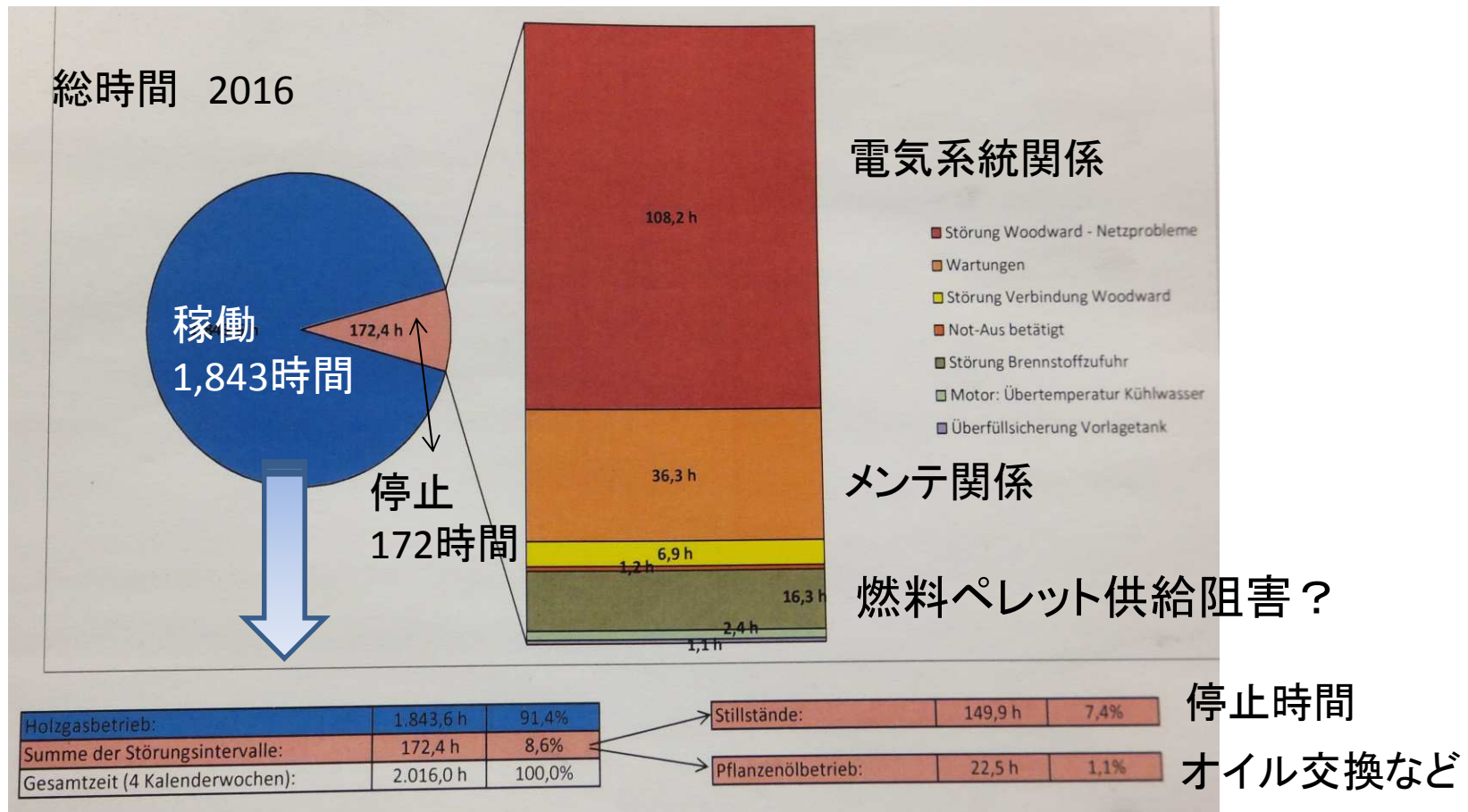
温水供給図



# Mühlhausen地域熱供給施設の稼働調査

地域暖房施設はB社工場内に設置  
2013年稼働実績: 90% 7887時間

稼働時間と停止時間(調査期間約3ヵ月)



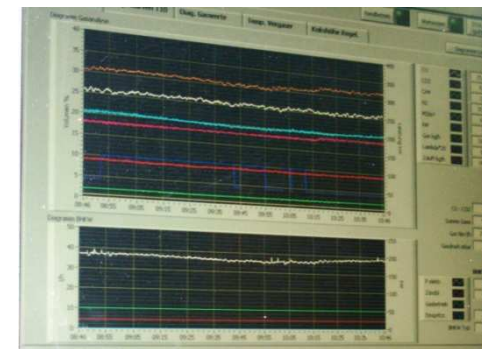
# Grafenau村地域熱供給施設

ガソリンスタンド経営者Siegfried Wagner氏と自動車塗装会社社長が出資して地域熱供給施設を設置、経営



説明: Siegfried Wagner

- \* 設置台数: Burckhardt社製 4台  
2010年12月に2台設置  
2012年にもう2台設置し、  
稼働実績約 18,000時間経過  
安定した温度曲線



- \* 電気は22.5 ¢ € (31.5円/kWh)で売電  
熱は3 ¢ €/kWh?で「洗車用、工場内利用、各家庭」へ
- \* 助成: 3,000€/kWh(約7,500万円)の国助成を貰った?  
4種類の助成がある 電気・熱・技術・ベース ?  
5年で元が取れる
- \* チップ、ペレットを近隣から買い集める、一方自社でも  
チップからペレットを生産。  
しかし、ペレットが不足し、チェコよりペレットを輸入  
も行っている

バーク混じりのチップ  
からのペレットも使用



# ペレット

- \* 現在使用量 104.5kg/h・台
- \* 工場生産ではリングダイ採用
- \* ここでは燃料に樹皮入りペレットも採用しているが問題は無い(1年試行錯誤したが)
- \* 水分10%以下に、水分が高くなると脆くなり 粉状になりそれがトラブルのもとで必ず10%以下にする
- \* もみ系の木、トウヒ(常緑針葉樹)を使用
- \* 最初の2台は ペレットに起因し、1年トラブル発生{長さ・硬さ・水分・灰分・樹皮が原因} 短くとも 長いものに混ぜて使っている
- \* 手で揉んで壊れなければOK
- \* 爪で引っ掻き、ひびが生じなければOK ひびが出来るものは水分が多く割れる
- \* 小屋の中で、ペレット原料の40%水分チップはグレーチング上1mの高さに積まれ、コンクリート床から熱風がグレーチングへ供給され、10%に乾燥、約4日間掛かる



カナダ産  
B社より購入

灰の中のカーボン1に対し、  
ペレット屑、粉、短いペレット  
3の割合で再ペレット化



ストーブ燃料で販売、  
カロリーが高くなり  
過ぎないようにしている



# 運転・保守点検

- \* 炉内清掃 1回/月(正確には700時間連続ごと)(但し、①温度グラフを見て、ふらつき、異常な変動が見えた場合、および、②炉頂覗き窓から炉内を目視し、流動状態、クリンカー発生などが現れ始めたら清掃)
- 清掃手順 夜22時にシャットダウン、しかしエンジンはオイルで稼働させておく(150kW程度の発電、35ℓ/hオイル消費)翌朝、炉が冷えていることを確認し、ペレットを炉底より拔出、炉内を清掃(炉壁付着クリンカ落し、ペレット粉末除去) 作業は2名で2時間程度  
冬季は不足分を油炊きボイラーで温水を作り、供給

他 電気掃除機を使い、屑・ダスト吸出し設備をワグナー氏が考案使用(写真参照)



炉頂部と覗き窓



掃除設備



掃除設備内部

## その他

### \* これまでのトラブル

2010年納入装置はペレットが起因で2回内部炉本体を交換  
ホース、コンプレッサーの故障もあった  
灰取り出しを忘れ、電気ブレーカー遮断  
ここ2年は大きなトラブルは無い

### \* 注意点

サイロから炉までの距離は短くする、距離が長いとペレット  
は粉になりやすい  
粉はメタンガス濃度を高め、灰分が多くなるそして高温になり炉が変形  
粉はトラブルの元

### \* 導入の決め手

ブルクハルト社自身が 数件のガス化CHPを稼働させ、地  
域熱供給事業経営を行っていた事が決め手となった

### \* アフターサービスが良く、信頼関係が出来ている

### \* 灰にカーボンを大量に含むものを、バーベキュー用に固め販売も

# Ascha地域熱供給施設

この村は エネルギー自立村としても有名で、視察者も多い。 村の人口は1500人

経緯 : 1995年ウッドチップボイラー2台で地域熱供給を開始。

その際、EUより50%補助

2011年、設備更新でガス化CHPへ

経営 : 町の出資10%+農家7名で有限会社 Nahwarme Ascha GmbHを設立

運営、資本金は2万€ ?

近い将来受益者100軒が参加した協同組合方式へ移行の予定

これまでは、出資者へは利益が出て、全員満足

1995年以来の設備総建設費は300万€(約4.2億円)

下記の施設建設貸し付けは3万€のみであった

7年償却で済み、そして環境に良いことを行っており、誇りに思うと言っていた

設備 : ウッドチップボイラー650kW1台 + ガス化CHP1セット + 重油ボイラー1台 + 貯湯槽2万リットル/基×3基 + 建屋 EPCはブルクハルト社

熱供給は4kmの導管ネットワーク(建設費別途)

稼働 : 本施設は、2011年11月以来約2年間(27か月)稼働

電力;FIT販売、電力量は約306万kWh/2年に達し、時間平均184kw発電 (ペレット品質により、160kW~200kWの発電量変化) 21 ¢ €/kWh

熱 ;ウッドチップボイラーは10月から4月に稼働、CHPは年間通じ稼働 2年間の熱供給量は490万kWh 20 ¢ €/kWh



## 運転、保守

- ・毎日1時間温度グラフ、炉の廻り点検 運転停止は1000時間に1回清掃だが、ここでは月1回(720時間程度)としている。
- ・オイル交換は21日毎。
- ・汚水は活性炭処理後排水
- ・灰は産廃処理、一部農家の求めに応じ無料引き渡し
- ・ブルクハルト社と5年間のメンテ契約  
3,800€/月(約53万円) 内容オイル交換、エンジンシリンダー掃除、インジェクター交換、ポンプ点検など  
チップボイラーなど含め、全設備の作業込の部品交換も行う  
ブロワーは週1回開けて掃除。  
1.5年に1回ガス化炉内部本体交換

## 故障

丸2日間停止したことがある。原因、エンジンシリンダーが破損

## ペレット

ブルクハルト社が供給。価格は183€/トン(約2.5万円) 20t/10日の割合で搬入される。消費量は約2.5t/d(104kg/h)

# 施設と地域熱供給ネットワーク

熱導管は約4km

100軒の家庭と多くの公共施設へ熱供給

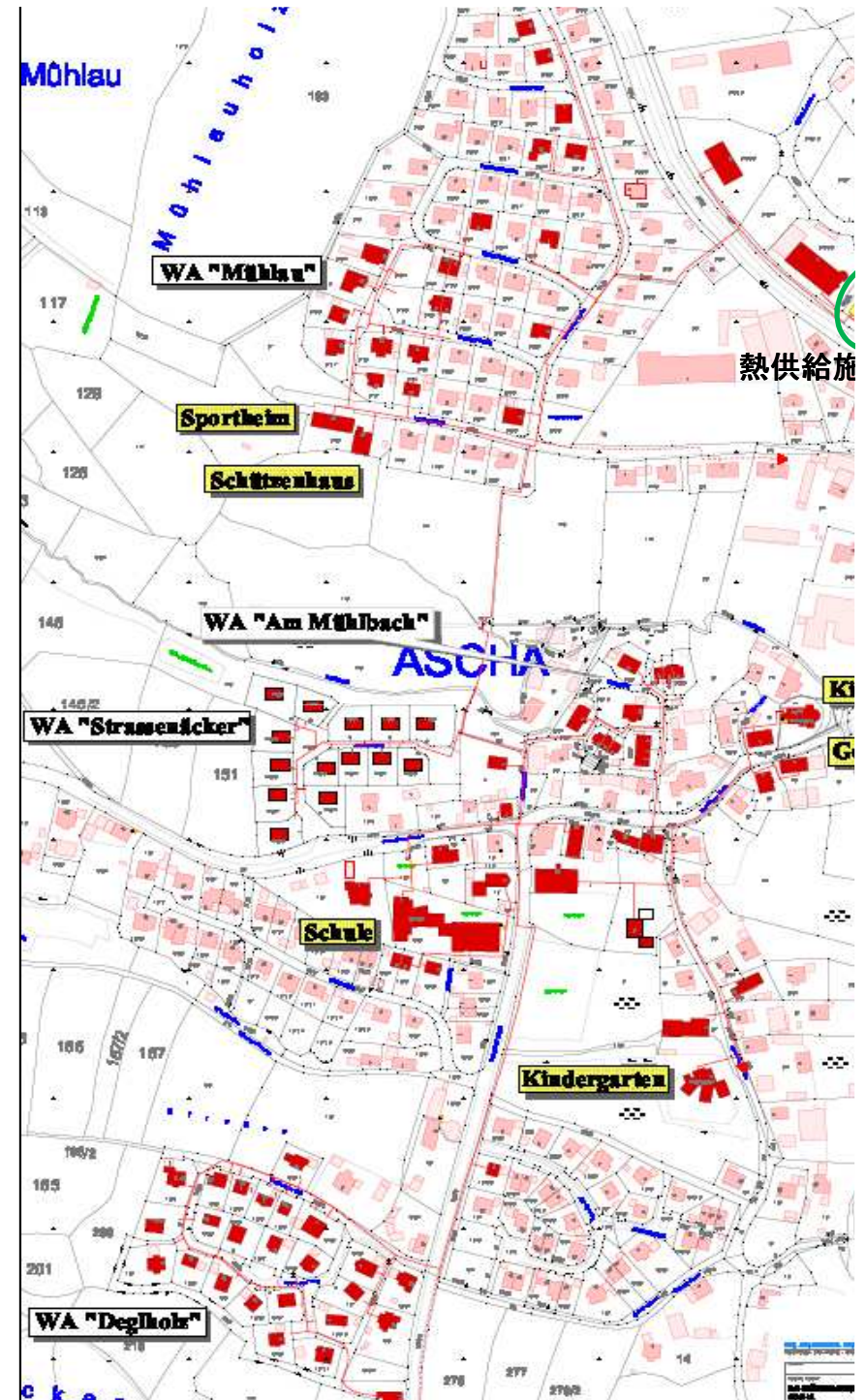


650kWチップボイラー

strom Warme Ascha GmbH

Bauteil	Demister	Wellendurchführungen	Kompressoren	Gasanalyeschrank	Kondensationskühler	Tonne Feinteilfilter
Wartung	prüfen/reinigen	abschmieren	Kondensat entleeren Kompressor Filter	tauschen Waschwasser Gaskühler	abtauen	prüfen/entleeren
01. Feb Sa						
02. Feb So						
03. Feb Mo						
04. Feb Di						
05. Feb Mi						
06. Feb Do						
07. Feb Fr						

主な点検項目表





### 3. 注目の自立分散型小型CHP

Burkhardt社製  
木質ペレットガス化CHP

ドイツでの導入聞き取り...「何故、木質使用小型CHP」

- ①熱利用を図りやすく、省エネとなる
- ②エネルギー総合利用効率が高い
- ③自立・分散型に適している
- ④災害に対する強靱性を持っている
- ⑤日本全土で普遍的採用が可能
- ⑥地域の振興整備、活性化に資するエネルギー源
- ⑦お金が地域内に残る、儲けられる
- ⑧地球温暖化問題が少ない
- ⑨安定的な発電と温水が得られる

# Burkhardt社 ガス化炉CHP

ガス化炉



ドイツ、イタリア、ベルギーで稼働中  
2008年第1号機納入、現在100基以上の実績  
流動床型アップドラフトガス化炉  
運転実績累積百万時間を超える  
設備消費動力も少なく、2~6kWh

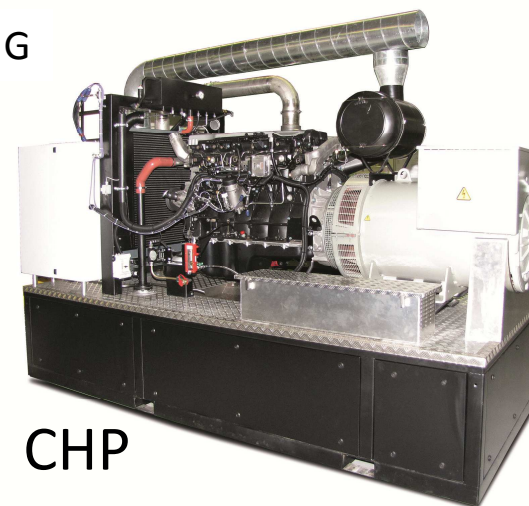


参考:ドイツ経済エネルギー省ドイツバイオマス研究センター(DBFZ)がバイオマス会議で行ったプレゼンテーション資料でガス化技術のトップランナーとしてBurkhardt社とSpanner RE2社を紹介

	原料	発電効率	発電容量	年間稼働率	発電コスト
Burkhardt社	pellet	30%	180kW	7,500hr	19.8€ ¢ /kWh
Spanner RE2社	chip	19%	30kW	6,000hr	23.7€ ¢ /kWh

マン社ECO180HG

- 電力出力 180 KW(この1機種のみ)
- 熱出力 270 KW(23万Kcal 灯油約26.5㍓相当)
- ペレット消費量 約115 kg/h(2.77t/d)
- 軽油消費量 常時平均3l/h(BDFも可)
- 発電効率 約30%\*
- 総合効率 70~80%(燃料熱量による)



CHP

\* 参考:同規模では、汽力発電効率8%、ORC16%

# Burkhardt社とガス化炉経緯

1840年 スタートは鍛冶屋

1978年 会社組織へ 数人で創業 現在社員 330名

2004年までは熱関係機器、換気・制御機器生産(この部門で  
約220名)

2004年 エネルギー部門設立(社員110名) 植物オイルから電力と熱を  
回収するシステム開発に着手。同時に展示会場で木質ガス化を  
見て、それより自社開発に取り組むが、何回も失敗した。  
社長は諦めたが、従業員の一人が自宅ガレージで継続開発をし  
ていた。

2007年 3年掛け成功。炉は消火器を改造、20kg/hのペレットガス化に成功

2008年 プロットタイプを4セット製作試験 そのうちの1台を工場近傍の工場  
へ納入、その後5セット生産販売した。 特許申請

2010年 本格的に生産販売を開始し、これまでに100セット以上販売

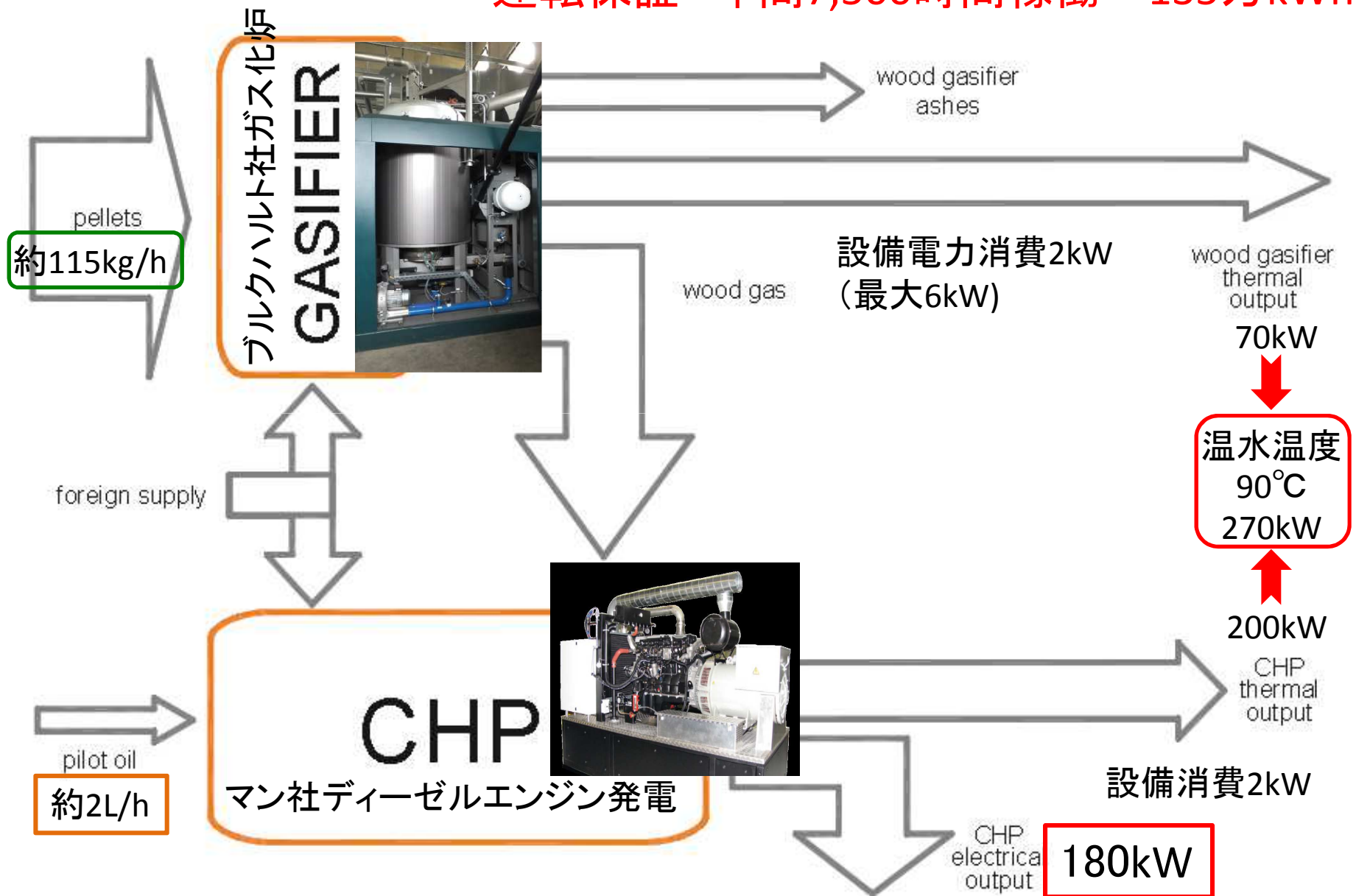
2014年 2月現在 8セット生産中

工場は、ニュルンベルグ、インゴレシュタット、レーゲンスブルグなどの大工場  
、州政府に近く、大変立地が良かったことも幸いした由。  
(色々な支援、製作に寄与したということらしい)



# ガス化炉+CHP概念

運転保証 年間7,500時間稼働=135万kWh



## 装置性能（ガス化装置 V3.90 + CHP ECO180HG）

### 電気（数値は仮定）

年間7500時間稼働： $170\text{kW} \times 7500\text{時間} = 1,275,000\text{kWh}$

一家族：年間3600kWh消費とすると約350軒相当

電気代：家庭 $1,275,000 \times 24\text{円/kWh} \approx 3000\text{万円}$

### 熱

ガス化炉70kW + エンジン200kW

=270kWの熱

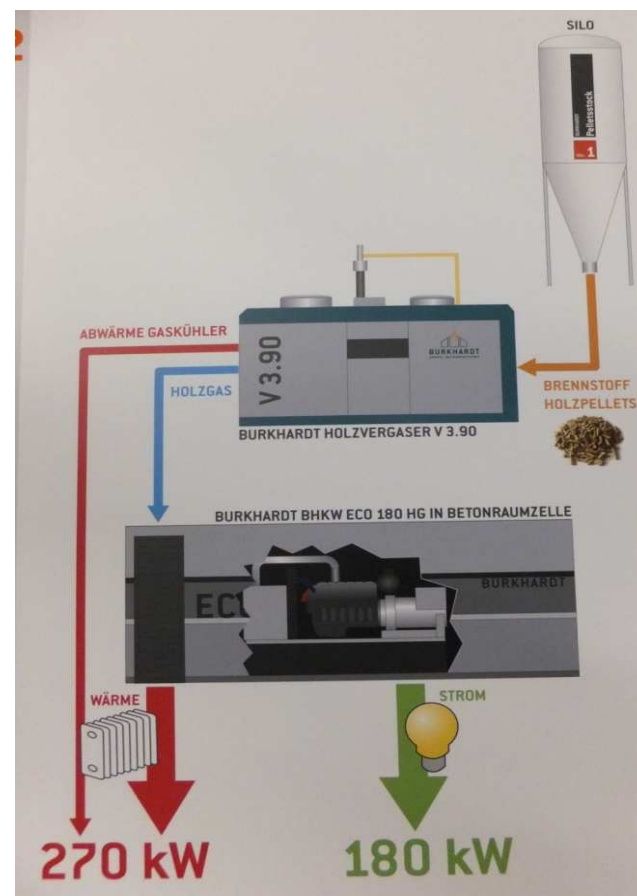
年間7500時間で2,025,000kWh

（最大変動幅5%）

温水90°C、戻り70°C

重油：186,464リッター相当 1490万円  
（80円/l仮定）

灯油：194,400リッター相当 1940万円  
（100円/l）



# 180kW ペレットガス化発電設備条件

No	項目	仕様
1	ペレット条件	ペレット: DIN-PlusENplus-A1規格使用 重要要素: 灰分<0.7%、低位発熱量>16.5MJ/kg 比重>0.6t/m <sup>3</sup> 、機械的耐久性>97.5%
2	必要ペレット量	約115 kg/h (連続方式で計量投入、1回20kg) ペレット発熱量条件: 17.64MJ/kg
3	発電規模と熱利用	電気:180kW 3×400V32A、50Hz 熱利用:270kW
4	設備電気使用量	ガス化システム:最大6kW 発電システム(CHP):2kW
5	自立運転	電力吸収あるいは放電の仕組みがあれば可能
6	騒音* (dB8A)	ガス化炉76 CHP106 排ガス煙突出口120 コンクリート壁の場合、防音扉から1mで55dB(A)
7	モーター冷却水	5年間で2,000リットル
8	CHPの軽油使用量	2L/h
9	タールと灰	ガス化工程にてタールはほぼ分解し、排水は通常運転時は無色透明。立上げ、停止時にタールの発生有 灰は2~4kg/h(約3%)
10	排出污水	排水はガス凝縮水 年間1000リットル(0.12L/h)

Parameter	Einheit	ENplus-A1	ENplus-A2
Durchmesser 直径	mm	6 (±1) oder 8 (±1) <sup>1)</sup>	6 (±1) oder 8 (±1) <sup>1)</sup>
Länge 長さ	mm	3,15 = L = 40 <sup>2)</sup>	3,15 = L = 40 <sup>2)</sup>
Schüttdichte	kg/m <sup>3</sup>	= 600	= 600
Heizwert 発熱量	MJ/kg	16,5 = Q = 19	16,3 = Q = 19
Wassergehalt 水分率	Ma.-%	= 10	= 10
Feinanteil	Ma.-%	= 1 <sup>4)</sup>	= 1 <sup>4)</sup>
Mechanische Festigkeit 機械的耐久性	Ma.-%	= 97,5 <sup>5)</sup>	= 97,5 <sup>5)</sup>
Aschegehalt 灰	Ma.-% <sup>3)</sup>	= 0,7	= 1,5
Ascheerweichungstemperatur 灰熔融温度	°C	= 1200	= 1100
Chlorgehalt	Ma.-% <sup>3)</sup>	= 0,02	= 0,02
Schwefelgehalt	Ma.-% <sup>3)</sup>	= 0,03	= 0,03
Stickstoffgehalt	Ma.-% <sup>3)</sup>	= 0,3	= 0,5
Kupfergehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 10	= 10
Chromgehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 10	= 10
Arsengehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 1	= 1
Cadmiumgehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 0,5	= 0,5
Quecksilbergehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 0,1	= 0,1
Bleigehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 10	= 10
Nickelgehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 10	= 10
Zinkgehalt	mg/kg <sup>3)</sup>	= 100	= 100

65%は15mm以上  
30%は8~15  
4%は4~8

EN品質保証システム  
ENplus-A1を使用

測定方法の違い

- ・日本規格 (JIS基準) の温度管理
  - 1 60分間で500°Cまで昇温
  - 2 500°Cで30分維持
  - 3 60分間で815°Cまで昇温
  - 4 815°Cで60分維持
- ・ヨーロッパ新基準
  - 1 550°Cまで昇温
  - 2 550°Cで60分維持
 より燃焼状態に近い条件で分析

1) Durchmesser muss angegeben werden.  
 2) maximal 1% d. Pellets darf länger als 40 mm sein, max. Länge 45 mm  
 3) im wasserfreien Zustand (wf)  
 4) Partikel < 3,15 mm, Feinanteil an der letztmöglichen Stelle vor Übergabe der Ware bzw. beim Eintreffen von Sackware beim Endverbraucher.  
 5) Bei Messungen mit dem Lignotester gilt der Grenzwert = 97,7 Ma.-%

## ペレット搬送

ペレットピット(バンカー)より、ガス化炉投入まですべて自動供給、ホワイトペレット使用



小さなホッパーを3段重ね利用

- ・1段目で20kgを計量
- ・2段目は密閉を確保するために使用  
密閉は2段目の両端をダンパーで仕切る事で確保
- ・3段目からガス化炉内へ供給  
ガス化炉へは炉最下部から供給

# ペレット搬送における安全装置



非常用冷却水タンク  
炉内の火が燃料搬送装置  
内を逆火した場合に、自動  
的にバルブを開き消火用  
の冷却水供給

消火用給水位置  
3段目のホッパーに戻る前  
に消火を行う構造

# ガス化炉本体



- ガス化炉へのペレット及び空気供給
- ・炉下部の中心部より垂直上方向へスクリューで供給
  - ・自動制御で、炉内ペレット堆積量を一定になるように供給
  - ・空気は炉下部から一定量を供給
  - ・上記制御のため、空気の温度と流量を計測、演算

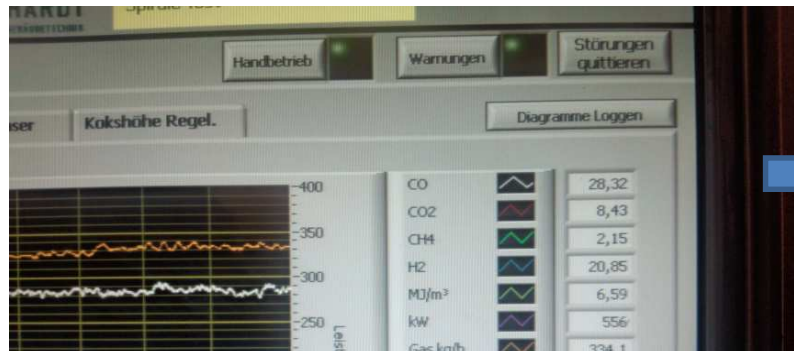
## 生成ガス組成表(メーカ理論値)

一酸化炭素 CO	28 ± 2	Vol-%
水素 H <sub>2</sub>	20 ± 2	Vol-%
メタン CH <sub>4</sub>	2,5 ± 0,5	Vol-%
二酸化炭素 CO <sub>2</sub>	10 ± 1,0	Vol-%
窒素 N <sub>2</sub>	39,5 ± 3,7	Vol-%
水分 H <sub>2</sub> O (55g/Nm <sup>3</sup> )	6,9 ± 1,4	Vol-%
生成ガス熱量(湿ベース)	1,62	kWh/kg
密度	1,06	kg/Nm <sup>3</sup>
粉じん量	<10	mg/kg

※上記組成から算出すると、ガス中の水分は7.5kg/hとなり、原料の約7%

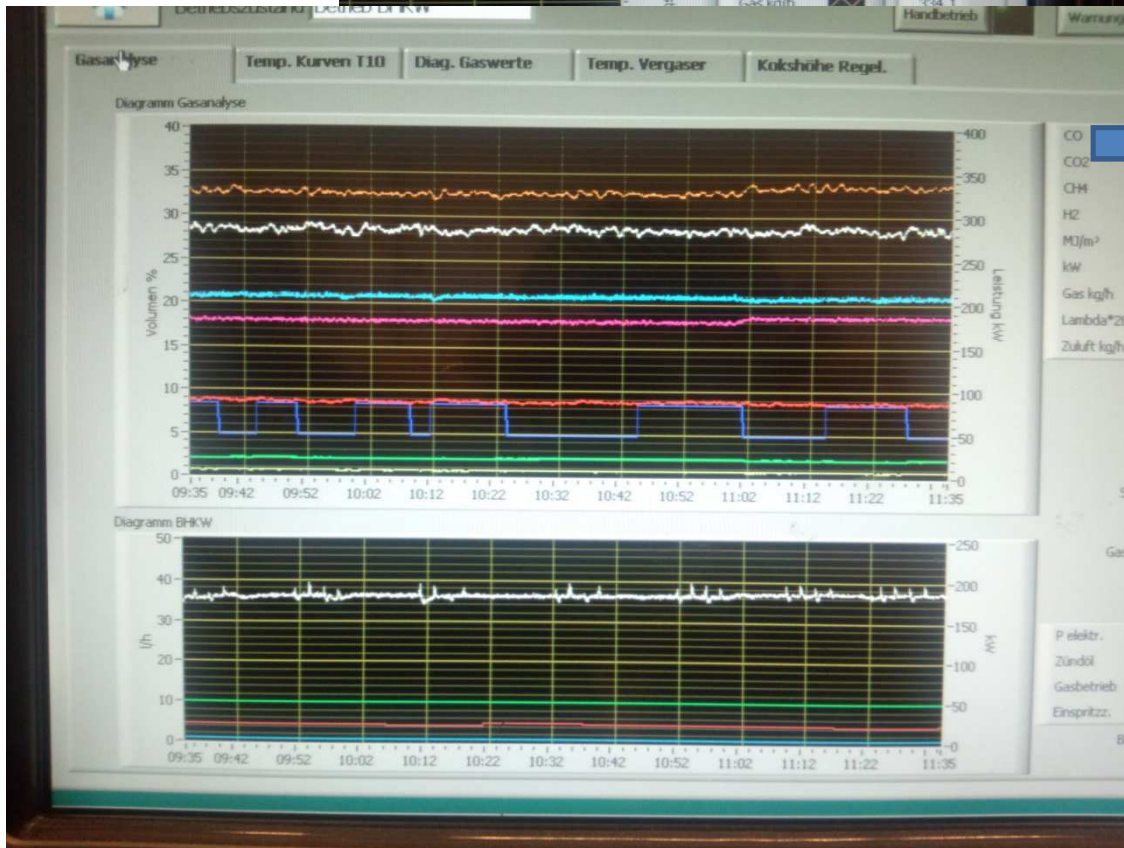


# 生成ガス組成表(現地視察)



## ガス組成VOL

一酸化炭素CO:	28.32%
二酸化炭素CO2:	8.43%
メタンCH4:	2.15%
水素H2:	20.85%



## ガス組成変動

一酸化炭素CO:	白
二酸化炭素CO2:	赤
メタンCH4:	緑
水素H2:	水色

左の表示写真実績通り、  
ガス組成が安定している  
事がわかる

# ガス冷却装置(熱回収)



ガス取り出し口

- ガス取り出し口は炉上部にあり、高温となるためガードが取り付け
- 炉頂には内部点検用の視窓を設置



ガス冷却装置

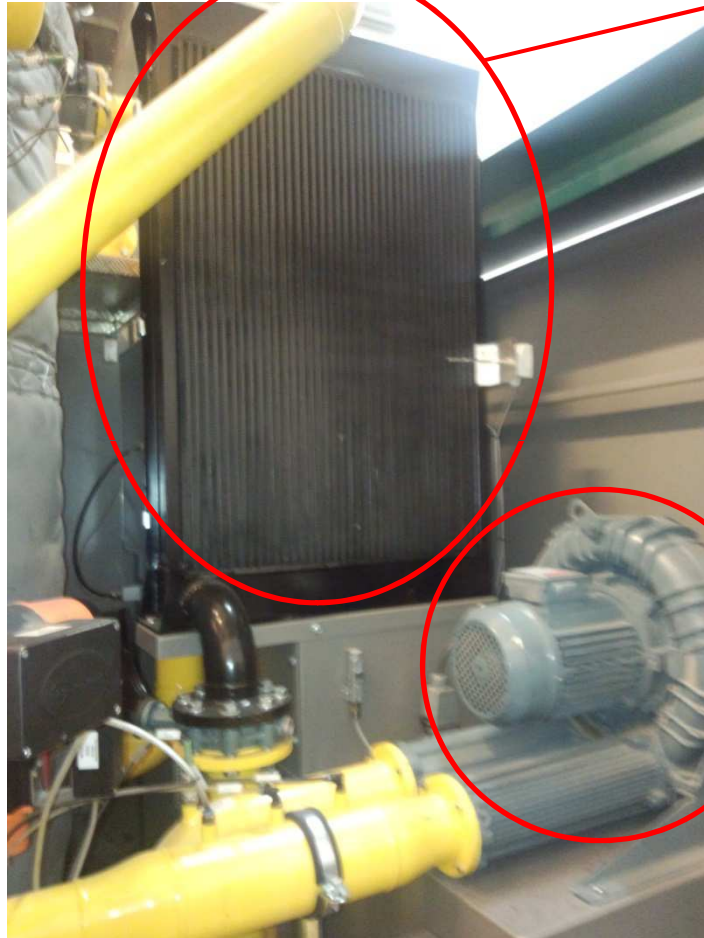
- ・約800°Cから120°C程度まで冷却、70kWの熱回収
- ・高温となるため、全体をカバーで覆う
- ・内部は2段階冷却
  - \* 1段目: 煙管タイプ熱交換器、立上げ及び停止時、ここから直接ガスフレアへ送り、燃焼後に大気放出
  - \* 2段目: ジャケット方式熱交換。内部に粉塵の除去用金属バー設置、定期的にバーを稼働させ粉塵除去。回収は基本的に次の工程で行い、下部残渣物も点検時除去

# 集塵装置



- ・稼働中の灰などの発生は、集塵装置から排出
- ・120℃以上を保つ事で、湿気対策を行う
- ・結露防止のために装置全体を保温、集塵方式はろ布を利用したバグフィルター方式
- ・目詰まり防止のため、コンプレッサーによって定期的に灰(粉塵)を払い落とす
- ・コンプレッサーへは、発生ガスを利用する事でガス組成への影響をなくす
- ・回収された灰はスクリーン経由フレコンに保管
- ・安全装置として、一定以上の温度の灰が搬送された場合、搬送経路で加水消火する仕組

# ガス冷却装置(空冷式)



## ガス冷却装置(空冷式)

- ・ガスは120°Cから40°C程度まで冷却
- ・冷却は外気を利用
- ・ここで排水が0.12L/h程度発生する。112kg/hのペレットから10L/hの水が発生するが、40°C程度までに冷却をとどめる事で、凝縮を極力減らしている

## ガス加圧送風・加温

- ・ガスはこのファンで加圧して、エンジンなどへ送風
- ・加圧時にガスは70°C程度まで加温  
70°Cに加温されるため、以降の配管などで結露が起こる可能性が低い

# 排水の状況-1

## 排水の検査 回収状況写真

### 特徴

1. 無色透明
2. 臭気はタールや木酢液などと同様
3. 臭気は強くなく、手に触れても、においはほとんど残らない



## 排水の状況-2

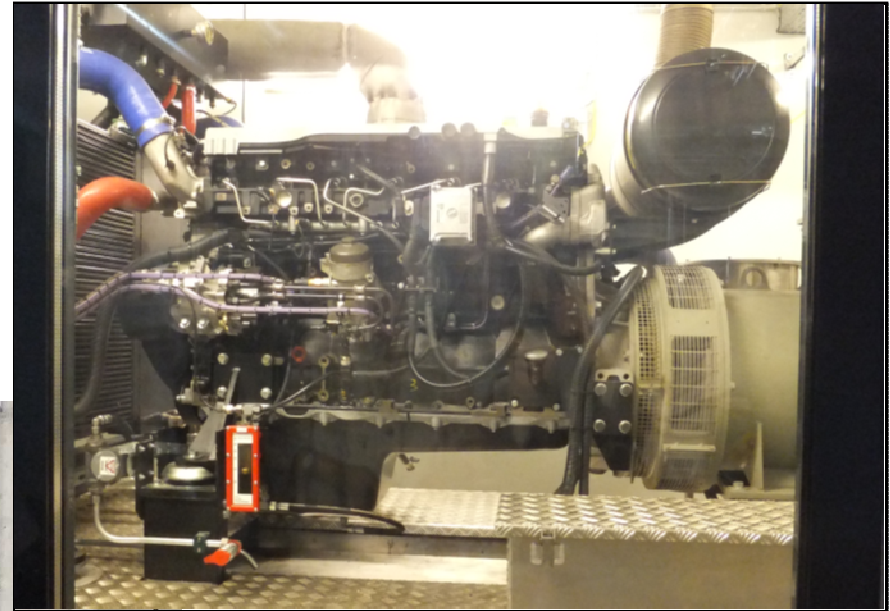


### 排水用の回収容器

1. 年に1回排水処理を行う
2. 一部タールの発生あり
3. 臭気はタールや木酢液などと同様で、強くない
4. タール発生は運転立上げ直後と停止時のみ



# MAN社エンジン とエンジン格室

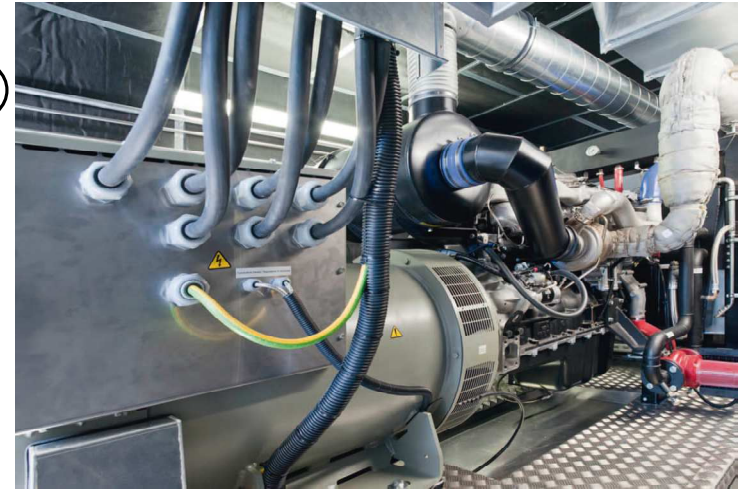


覗き窓より  
エンジン本体と発電機

監視盤

# エンジンと発電

- ・マン社標準エンジンを使用 (マン社と独占契約)
- ・機内消費電力は総電力の4%以内
- ・最適な安定運転管理のために社内開発による設備制御プログラム
- ・特別設計のインタークーラーシステム
- ・発電効率は30%以上



# 効果的熱回収

- ・高熱効率: 空気と水によるツイン内臓冷却器による熱い抽気ガスに加え排気ガスの熱交換 (自動クリーニングとバイパスを設けたこと) による
- ・温度管理システム
- ・排気ガスとプレート熱交はパワーユニットへ組込
- ・安全装置は (STL社, 安全弁)





# 機器の操作と監視

全操作はパネルにて可能  
パソコンでの遠隔操作も可能  
パネルはガス化システムと  
発電システムに分けて設置

1. 炉内温度監視
2. ガス組成監視
3. 各種パラメータ監視
4. 遠隔操作による  
各種設定の変更
5. エンジン周辺の監視
6. いずれの施設も無人運転



# ガス分析

- ・ デジタルタッチスクリーン  
システムと遠隔アクセス
- ・ ガスの常時測定とガス品質制御  
(CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>)



## その他オプション: カロリーメータ

各家庭、役場には当然  
課金用カロリーメータ

温度と流量を計測、熱量を算  
出し、それを積算する積算  
メータ機能組込

1. 自動で必要データを測定
2. 積算値を課金用として利用



# メンテナンスについて

日常業務 (実作業時間1時間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一日3回のガスの組成、圧力、温度測定 (遠隔操作によることも可能)</li> <li>・現場にて1回/日、なにかしらの漏れ、汚染、ガス化レベル、欠陥の目視検査</li> <li>・灰貯留バックの目視チェック</li> </ul>
週間業務(1回/週) (実作業時間30分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス化炉内点検</li> </ul>
4~6週間ごとに1回 (実作業時間4時間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス化炉内部を空にすることと残差物の除去</li> <li>・ガス化炉内清掃</li> </ul>
21日ごとに1回 (実作業時間1時間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CHP業務(油の添加、フィルター交換)</li> </ul>

- ・1000時間(42日)ごとに停止し簡単な清掃点検
- ・メンテナンス費用は、3.3€¢ /kWh\*が  
目安135万kWh/yの発電で約624万円の維持管理コスト

\* 140円/€として試算





## 4. 木質系エネルギー導入にあたっての 要望・課題・対応策

# 木材エネルギー活用にあたっての要望と課題

## 国民・自治体・企業の要望

- \* 安全で、いつでも、安価に燃料が入手できる事...流通
- \* 機器を安全・安価・高性能で容易に入手可能な事
- \* 広範囲なサービスを受けられる
- \* 燃料も、機器も安心できる品質保証がされていること

## 課題

- \* 森林・林業連携が未整備
- \* チップ、ペレット産業がまだ弱体
- \* 化石燃料機器が主流で、バイオマス系は弱小
- \* バイオマス系技術力が欧米より劣る
- \* 燃料生産者と燃焼機器製造業との連携が弱い
- \* 木材をエネルギー活用する認識が国民に薄い
- \* 木材の木質・形状・形態が様々で、燃料規格やコストなどの目安整備が必要
- \* 既存の利用形態との競合の調整が必要
- \* 原材料の安定供給の確保が厳しい
- \* 熱の有効活用には熱導管敷設が必要だが、工事費が高く、規制が多い
- \* 政策的にも太陽光、洋上風力へと偏り、蔑ろにされ気味

# 促進対応策

## 重要項目

- ①化石系機器よりバイオマス利用機器への転換優先政策を
- ②化石燃料への補助金を段階的に廃止し、気候変動などの外部コストを内部化
- ③一層の啓発普及
- ④関連人材育成を進める
- ⑤熱の利用・活用方策を取り入れる政策模索確立

- \* 一貫通貫で森林・林業を整備し、その連携一体化活性化を図る
- \* 分散型エネルギーシステム内での余剰電力を系統電力に供給することを弾力的に、射止めるため、逆潮流に関わる運用の柔軟化を促進
- \* 安価な蓄電池の導入を図り、ピーク対応他、どこでも、いつでも利用できるように使い勝手を良くする
- \* 農林漁業の振興、発展のため、農業・林業・漁業の現場は発電と熱の促進や導入を積極的に行うため「農山漁村再生可能エネルギー法」を活用する

KW: 産業革新、効用増大、エネ安全保障、地球温暖化、生物多様性、経済性  
変わるには、多面的・総合的視点に立ち、関心度をあげる