

# 再生可能エネルギーの可能性

～ 北欧の試みを参考として ～

三菱総合研究所  
共生システム研究部  
古田 尚也

# 目 次

- 1 デンマークにおける事例
  - 風力発電の事例
  - バイオガスの事例
  - 再生可能エネルギーに関する研究施設の事例
- 1 ドイツにおける事例
  - バイオガスの事例
- 1 スウェーデンにおける事例
  - 木質バイオマス発電の事例
- 1 まとめ

# デンマークの風力発電～現状と将来～

## 1 現状

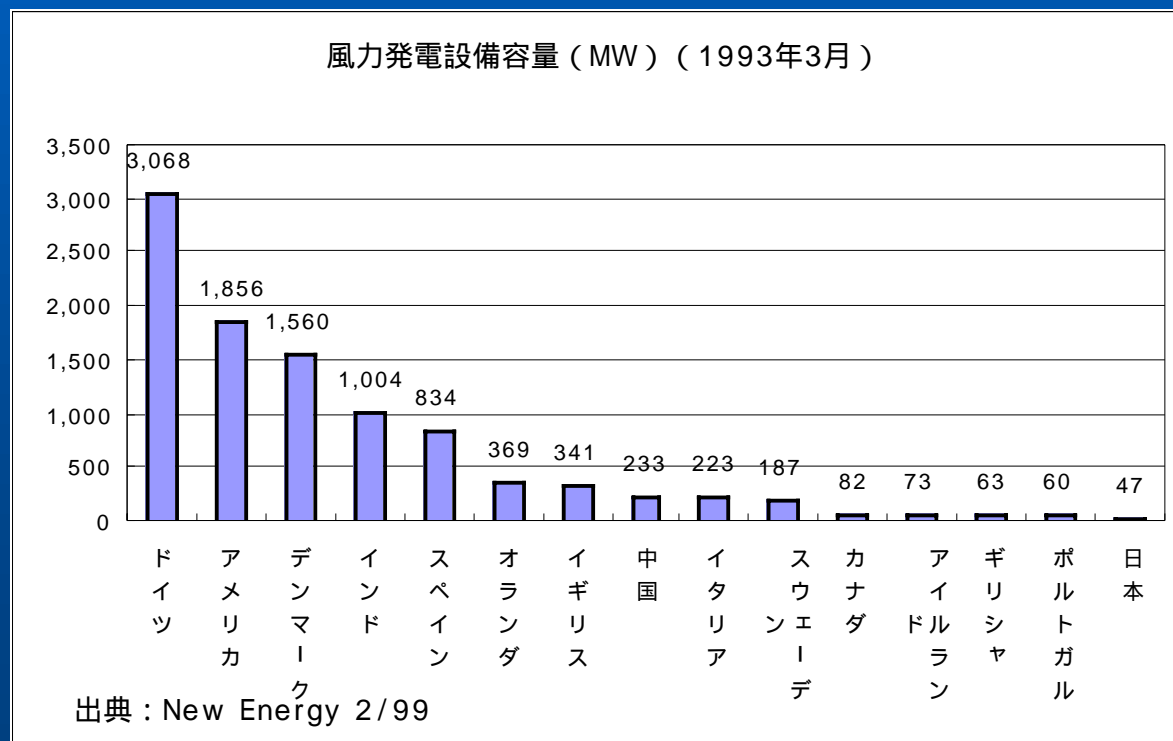
- 風力発電設備容量 1,420MW 5,247台（1998年末）
- 現在約32億kWhを発電
- 国内電力消費量の約10%を担う

## 1 将来計画

- 2030年には国内電力消費量の50%を風力で賄う
- このため沿岸から3～5kmの洋上4箇所に合計4000MWのウィンドファームを建設
- 1基1.5MW以上の大型風車を毎年80～100基建設

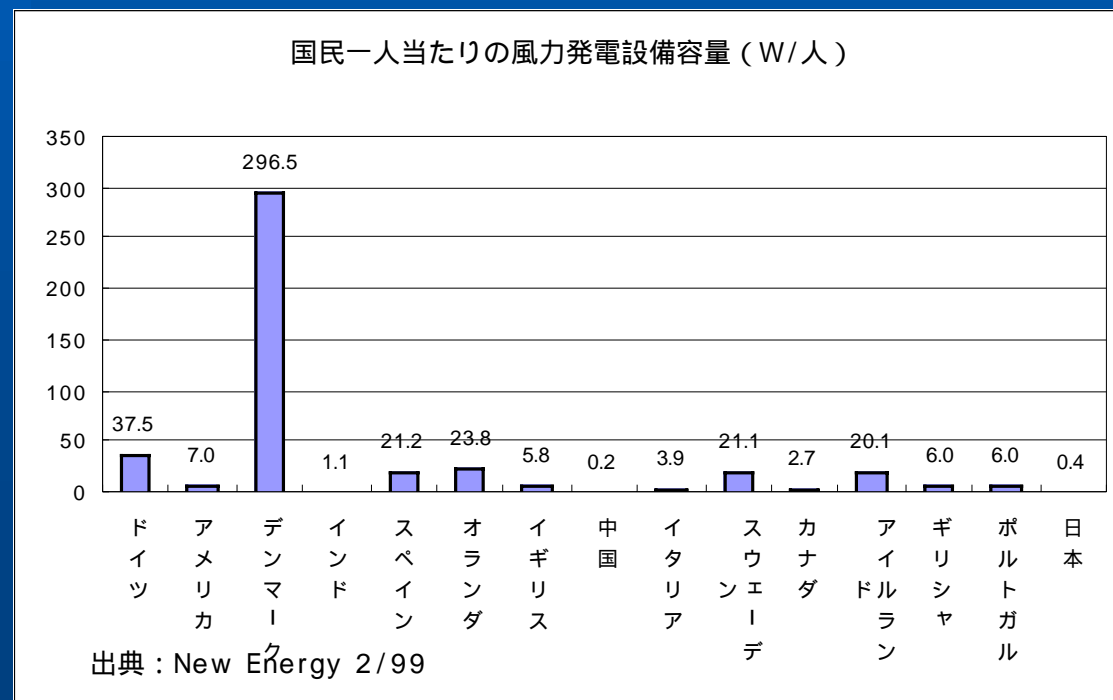
# 他の国と比べると・・・

## 1 現在最も風力発電設備容量が多いのはドイツ



# 他の国と比べると・・・

- 1 国民一人当たりになるとデンマークがダントツで約300W（日本は約0.4W）



# 風力発電取り組みの経緯 その1

- 1 1973、4年代の石油ショックが発端
  - 当時エネルギー90%を輸入原油に依存
- 1 「デンマークエネルギー政策1976年」
  - 北海油田開発、住宅の省エネルギー
- 1 「デンマークエネルギー政策1981年」
  - 自然エネルギー、特に風力発電の設置に重点
  - 施設整備に30%の補助金（1989年に廃止）
- 1 「風力発電1985年計画」
  - 政府と電力業界との間で5年間で風力発電100MWの建設を約束

## 風力発電取り組みの経緯 その2

### 1 「風力発電1990年計画」

- さらに電力業界に100MWの風力発電を増設を要請

### 1 「エネルギー計画2000」1993年

- CO<sub>2</sub>の排出量を2000年までに88年水準から20%削減
- 2005年までに風力発電施設を1500MWまで増設

### 1 「グリーン税制度の導入」1995年

- 1kWhあたりの電力消費に対して炭素税0.1クローネ（約2円）
- 100%の目的税
- 風力発電、バイオガス発電等の補助に使われる

# 風力発電の方式

## 1 固定ピッチ方式

- ブレードの角度が一定
- ex. NEGミーコン社

## 1 可変ピッチ方式

- 風速によりブレードの角度が変化
- ex. ベスタス社、エナコン社





# 技術的な進歩～大型化

- 1 1980年代
  - 20kW ~ 200kW
- 1 1990 ~ 95年
  - 200kW ~ 400kW
- 1 現在
  - 700kWクラスが標準
- 1 将来
  - 1.5MW ~ 3MW



# デンマークの風力発電の特徴

## 1 個人及び個人の協同組合が約85%所有

- 5,000台中4,285台 86.3%
- 1,240MW中1,019MW 82.2% (1998.6現在)

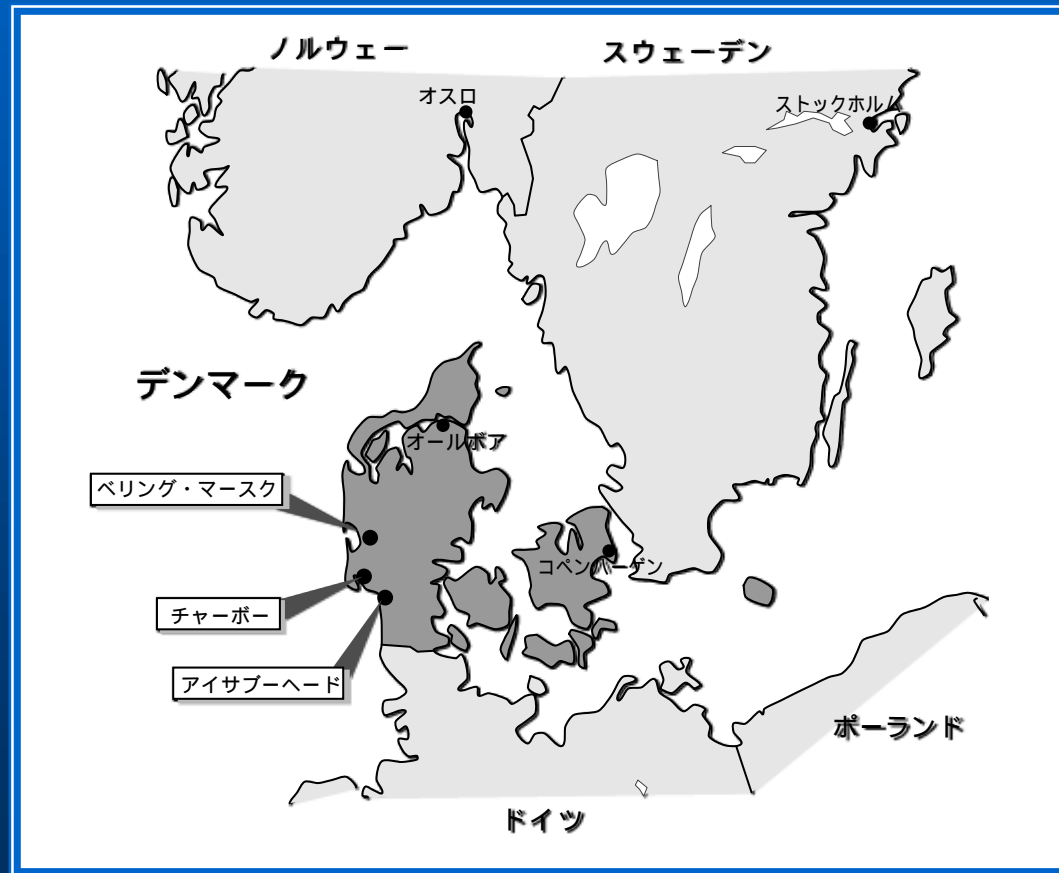
## 1 居住地の制限

- 風力は地域のエネルギーと見なされている
- 投資できるのは、投資家の居住する、または隣接する市町村内のみ。しかも、同市町村内に過去10年間、最低2年間居住した者等の厳しい制限が設けられている。
- 投資限度 年間発電量3万kWh
- 風力発電所を所有する家族は15万戸

# ウィンドファームいくつかの事例

- 1 ベスタビー・ウィンドファーム
  - 1982年に作られた初期のウィンドファーム
- 1 チャーボー・ウィンドファーム
  - デンマーク最大出力の風力発電を設置
- 1 アイサブルーヘッド・ウィンドファーム
  - デンマーク最大のウィンドファーム

# ウィンドファームいくつかの事例



# 事例 ベリング・マースク・ウィンド ファーム

- 1 1982年に作られた、デンマークでも初期のウィンドファーム。
- 1 75kW35基は地元の需要家 500家族の共同所有
- 1 90kW34基、200kW2基、225kW29基は電力会社の所有



初期のウィンドファームなので  
、風車は比較的小型。

# 事例 チャーボー・ウィンドファーム

- 1 デンマーク最大出力の風力発電が 4基設置されている。風車のテストを行っている。今年の秋には2MWの風車をテストする予定。ポ ーナス、ミーコン、ベスタスなど代表的 な風力発電機製造メーカーの最新型が並ぶ。



# 事例 アイサブルーヘッド・ウィンドファーム

- 1 デンマーク最大のウィンドファーム。600kwのミーコン社製風車が40台設置されている。一台あたりの年間発電量は150万kwh。39台は電力会社が所有し、1台は地主に寄贈された。1995年から運転されている。1台あたりの価格は、およそ7500万円。



# 風力発電事業の投資計算の例

## 初期投資

| 項目          | 円           | 備考                      |
|-------------|-------------|-------------------------|
| a) 創業費      | 290,450,000 | 600kwの風車3基分             |
| b) 一口当たりの単価 | 74,000      | $= a \div 3,929$ 口 (注1) |

注1) 年間見込み発電量3,929,000kWhを1,000kWhを一口とする単位に分割

注2) 1デンマーク・クローネ=20円とした

## 売電単価

| 項目              | 円    | 備考              |
|-----------------|------|-----------------|
| c) 1kWh当たりの売電価格 | 5.5  | 配電会社の電力料金元値の85% |
| d) 政府の補助金       | 5.4  | CO2税と電気税の還元分    |
| e) 合計           | 10.9 | $= c + d$       |

## 10口を所有した場合の年間利益計算

| 項目             | 円       | 備考                                       |
|----------------|---------|--|
| f) 10口当たりの投資額  | 739,000 | $= b \times 10$ 口                        |
| g) 初年度の売電収入    | 109,000 | $= e \times 1,000\text{kWh} \times 10$ 口 |
| h) 初年度の運営管理費   | 7,000   | 保険料は除く                                   |
| i) 減価償却費       | 37,000  | $= f \div 20$ 年                          |
| j) 売電収入に対する税額  | 13,000  |  |
| k) 初年度の利子負担前利益 | 52,000  | $= g - h - i - j$                        |
| l) 初年度税引き後の利益率 | 7.0%    | $= k \div f$                             |



# デンマークの風力発電産業（1998年）

- 1 1,215MW、1,742基の風力発電機を生産（平均出力698kW）
- 1 風力発電産業の労働人口は12,000人
- 1 国内販売 約315MW
- 1 海外販売 約900MW
- 1 輸出額 約52億クローネ（約100億円）
- 1 日本への輸出実績 1980～99年6月までで47基

# 風力は、日本でもブーム・・・

## 1 次々と大型計画

- 北海道苫小牧（トーメン1000kWh×20台、苫前町600kWh×2台と1000kWh×1台、電源開発1000kWh×30台）
- 岩手県葛巻町（400kWh×3台）
- 山形県立川町（400kWh×2台、600kWh×2台）
- ほかにも多数

## 1 その背景には

- 施設整備に対する補助金
- 電力会社の長期買取制度
- 地域振興

# しかし、課題もまだ多い

- 1 系統連携の問題
- 1 電力会社による買取はいつまで続くのか？
- 1 国の計画における位置づけ？
- 1 自然公園法 など

# バイオガス装置とは

## 1 原料（バイオマス）

- 家畜糞尿（豚・牛・鶏）
- 有機性産業廃棄物（とさつ場、食品工場）
- 家庭の生ゴミ等

## 1 バイオガス

- 成分は、メタン65%、CO<sub>2</sub>35%、H<sub>2</sub>S少し

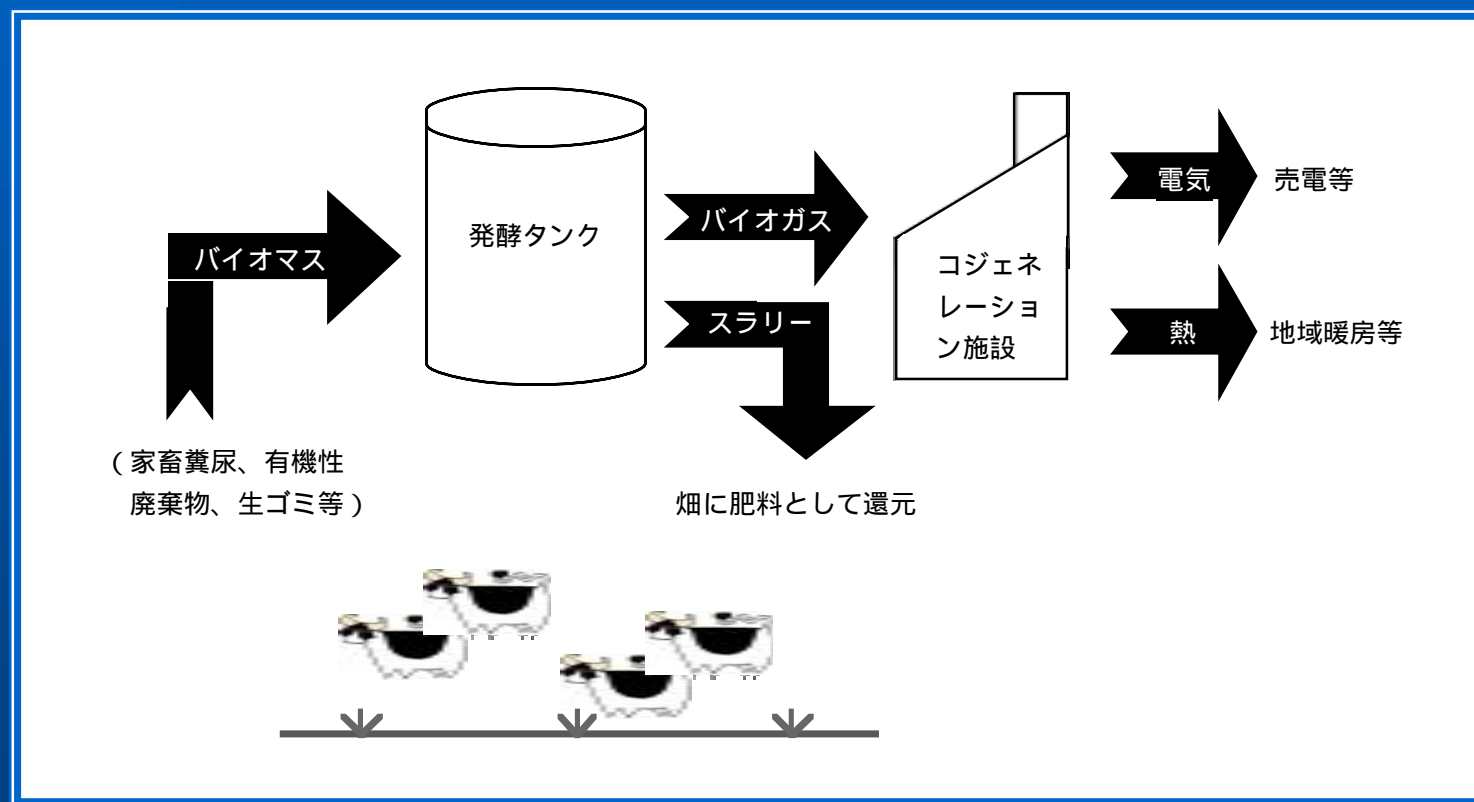
## 1 エネルギー利用

- コジェネレーションで電気と熱に変換

## 1 ガス抜きした後のスラリー

- 農地に液肥として還元

# バイオガスの仕組み



# バイオガスプラントのタイプのいろいろ

## 1 農場型と共同・集中型

### – 農場型

- 比較的大型の農家が農場単位で運営するもの

### – 共同・集中型

- 複数の農家が共同して運営するもので大型の施設が多い

## 1 高温タイプと低温タイプ

- 発酵温度により高温型と低温型に大別

## 1 その他にも

- ガス抜き後のスラリーをさらに処理（ex.BIOSCAN社）

# 農場型バイオガス装置の特徴

## 1 農場型バイオガス18個所

- 36万kWhの発電（1999年2月の実績）

## 1 メリット

- 廃棄物である家畜糞尿から自己消費量を超える電気と熱を生み出し、農場の副収入源となる

## 1 デメリット

- ある程度の家畜糞尿の確保が必要なので小規模な農家には向かない
- 熱を消費しきれない

# 共同・集中型バイオガス装置の特徴

## 1 共同・集中型バイオガス20箇所

- 742万kWhの発電（1998年12月の実績）
- あと20箇所は候補地がある

## 1 メリット

- 有機性産業廃棄物の投入によるガス発生量の増加（原料1m<sup>3</sup>あたり20m<sup>3</sup> 60m<sup>3</sup>）
- 廃棄物引き取りによる副収入（1トンあたり約1000円）
- 専用のオペレータやコンピュータ制御による安定性
- 地域暖房への熱利用

## 1 デメリット

- 家畜糞尿の輸送コスト



# バイオガス利用の現状と将来計画

## 1 発生エネルギー

- 2.5ペタジュール（1998年）
- 20ペタジュール（2030年計画）

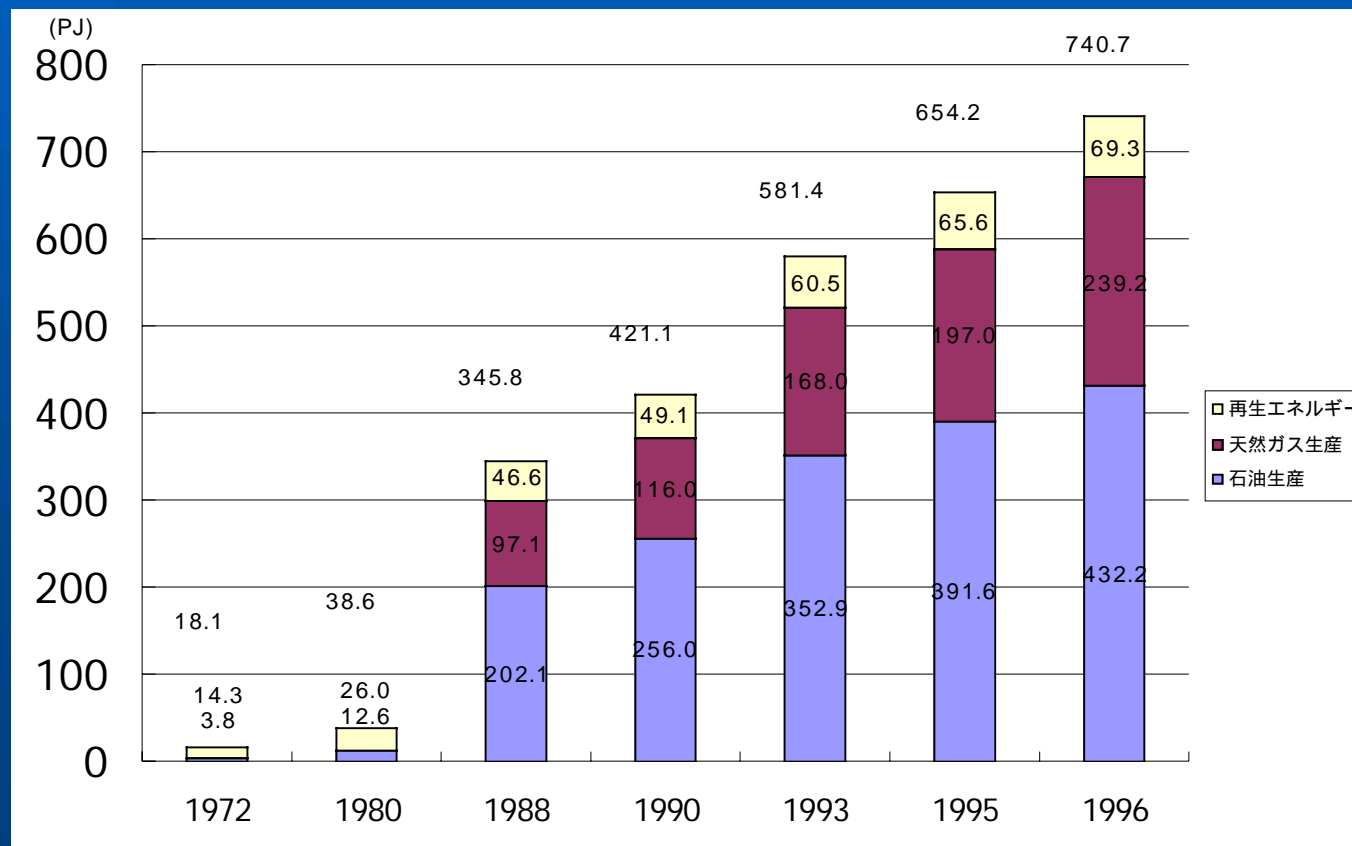
## 1 原料

- 年間約130万トンのバイオマスを利用
- 家畜の糞尿 約80%、有機性産業廃棄物 約20%、家庭の生ゴミ 0.1%
- 今後5年間で家庭の生ゴミを100倍に増やすことを計画

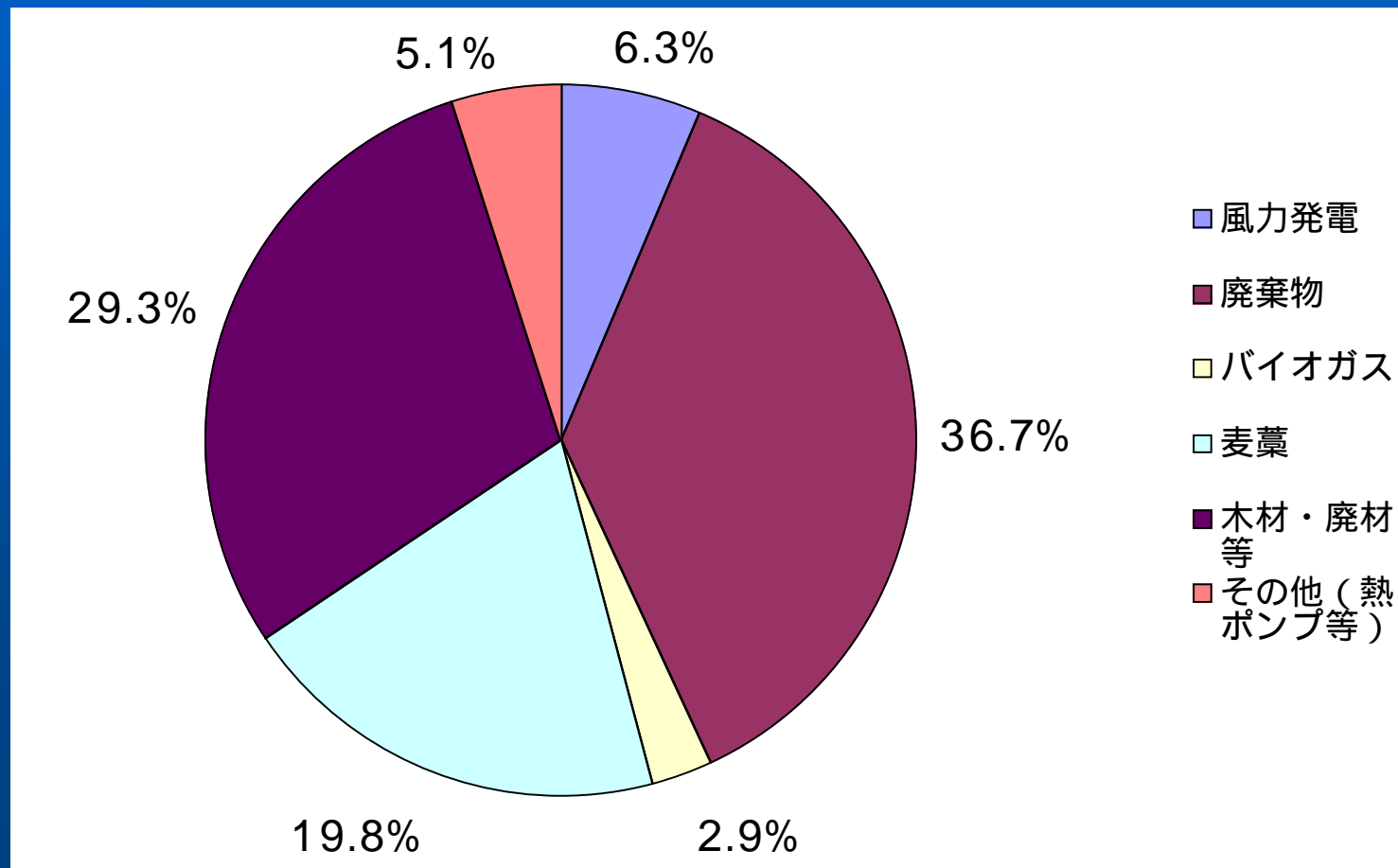
# デンマークの国内エネルギー自給率

1 2% (1972年)

88% (1996年)



# 再生可能エネルギーの内訳



# バイオガス 取り組みの背景

## 1 エネルギー自給率の向上

### 1 飲料水の安全性確保

- 地下水を浄化せずそのまま飲料水として利用
- 地下水汚染防止の観点から畑へ散布することができる家畜糞尿の量と期間が厳しく制限
- 全畜産農家に9ヶ月分の家畜糞尿貯蔵タンクの設置義務
- 耕地面積あたりに飼うことのできる家畜頭数を規制  
ガス抜きしたあとのスラリーの処理に困らない

# バイオガス 取り組みの経緯

## 1 70年代～80年代前半

- 石油ショックを機に一時ブームに

## 1 1987年からエネルギー庁が積極的に支援

- さまざまなタイプの装置で検証を進める
- 技術的・経済的な情報の公開とノウハウの交流
- 10年間で実用化に目処

## 1 成功の条件

- 有機性産業廃棄物の投入によるガス発生量の増加と採算性向上
- 1日300トン以上の原料を投入できる大型設備
- 装置をシンプルにしてメンテナンスコストを削減

# 重要なノウハウの共有と情報公開

**Dansk BioEnergi**  
Energi fra biogas, halm, træ og affald • April 1999 44



Forgasningsanlæg i klømme  
Biogasanlæg egnet til slam  
Halmforgasning i fokus  
Fortlig om elreformen  
Halmværk i klømme  
Bedre halmkedler




## Biogasfællesanlæg i februar 1999

| Fællesanlæg | Reaktor-<br>arealer | Gyle           | Anden<br>beholdning | Dybmå-<br>le | Gesam-<br>tlig | Stør-<br>reholdning | Stør-<br>reholdning | Stør-<br>reholdning |
|-------------|---------------------|----------------|---------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|             | m <sup>2</sup>      | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>      | kg           | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>      | m <sup>3</sup>      | Stør-<br>reholdning |
| Berlings    | 540                 | 715            | 275                 | 16           | 30.000         | 71,8                | 9.775               | 87.000              |
| Gerlev      | 710                 | 715            | 28                  | 28           | 15.000         | 22,0                | —                   | 71.000              |
| Trøgel      | 800                 | 1.115          | 545                 | 13           | 173.000        | 59,0                | 246.307             | 247.000             |
| Hedehøj     | 880                 | 802            | 940                 | 16           | 85.000         | 36,2                | 137.336             | 143.000             |
| Fløker      | 880                 | 1.344          | 879                 | 11           | 119.000        | 37,2                | 236.113             | 239.000             |
| V. Hørsholm | 1.000               | 1.470          | 910                 | 38           | 57.000         | 65,7                | 222.730             | 705.000             |
| København   | 1.000               | 1.491          | 1.303               | 17           | 283.000        | 77,8                | 546.204             | 664.000             |
| Sliding     | 2.100               | 2.316          | 1.306               | 10           | 224.000        | 34,8                | —                   | 416.749             |
| Berlings    | 2.800               | 2.585          | 1.298               | 26           | 735.000        | 46,5                | 247.231             | 313.000             |
| Sliding     | 2.800               | 5.814          | 541                 | 14           | 704.000        | 44,2                | 234.000             | 321.000             |
| Hedehøj     | 3.500               | 3.127          | 1.794               | 21           | 243.000        | 33,8                | 470.450             | 575.000             |
| Fargel      | 3.300               | 3.415          | 903                 | 21           | 248.000        | 37,1                | 317.793             | 391.000             |
| Thorsø      | 4.000               | 7.469          | 1.870               | 19           | 380.000        | 30,7                | 711.000             | 380.000             |
| Ellev       | 4.000               | 9.813          | 3.589               | 11           | 421.000        | 33,0                | 337.200             | 522.000             |
| Blomberg    | 5.000               | 7.164          | 1.840               | 16           | 234.000        | 36,2                | 344.000             | 473.000             |
| Nyemø       | 5.000               | 4.234          | 571                 | 25           | 447.000        | 44,1                | 478.570             | 447.000             |
| Sliding     | 6.000               | 9.729          | 1.020               | 22           | 964.000        | 65,1                | —                   | 381.000             |
| Lindby      | 6.800               | 7.808          | 3.474               | 18           | 274.000        | 34,2                | 374.000             | 371.000             |
| Lindby      | 7.000               | 8.464          | 2.834               | 18           | 430.000        | 33,8                | 436.000             | 489.000             |
| Aarhus Nord | 7.000               | 9.404          | 1.881               | 18           | 290.000        | 36,3                | 315.000             | 364.000             |
| I alt       | 87.719              | 91.899         | 27.340              | —            | 4.988.000      | —                   | 5.265.011           | 7.448.214           |

### Bemærkninger

1. Omfatter ikke virksomhederne fra Vestjylland
2. Størrelse af biogasanlæg
3. Størrelse af slambænk (kun for biogasanlæg)
4. Størrelse af slambænk (ig. 4)
5. Størrelse af biogasanlæg

# バイオガスいくつかの事例

## 1 ストゥッゴー共同バイオガス

- 家庭の生ゴミを利用
- 農家とパイプラインで結び家畜糞尿を送る

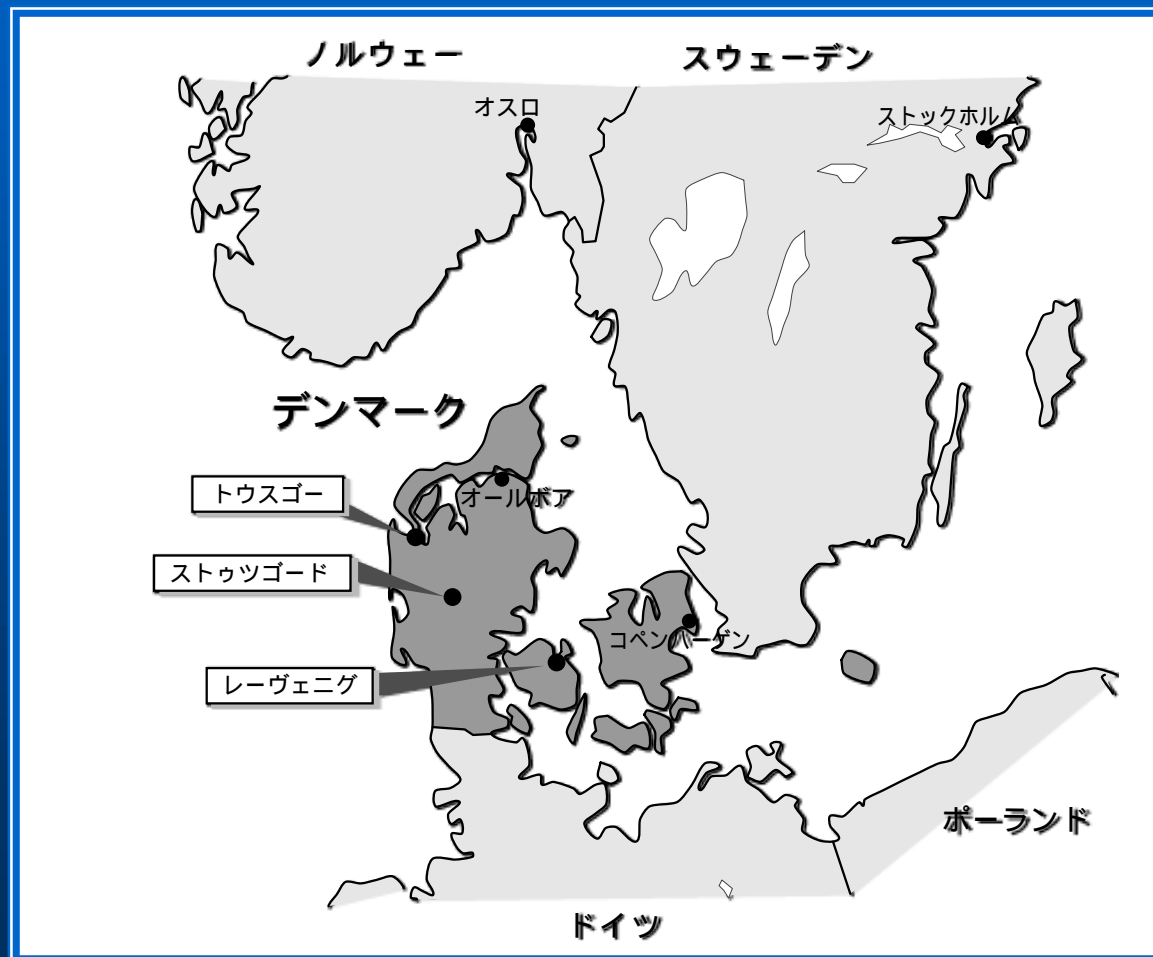
## 1 レーヴェニグ共同バイオガス

- 初期の共同バイオガスの事例

## 1 トウスゴー農場バイオガス

- 農場用バイオガスの事例

# バイオガスいくつかの事例





# 事例 ストゥッゴード共同バイオガス

- 1 Studsgard (ストゥッゴード) のバイオガスプラントは、隣接する人口 6万人のHerng (ヘアニング) が所有、運営している。同施設から採取されるガスやコジェネレーションによって得られる熱は、地域暖房に使われている。
- 1 同バイオガスプラントには2つの特徴がある。一つは、実験的にプラントに近い5つ農家とプラントをパイプで繋ぐ試みを行っていること。もう一つの特徴は、家庭から出る生ゴミの処理を行っている点にある。



設備の処理能力  
113,000トン/年 (家畜糞尿  
9,000トン/年 産業廃棄物  
7,000トン/年 家庭生ゴミ  
発酵槽の容量  
6,000m<sup>3</sup>  
発酵システム  
高温方式で15日  
建設費  
約11億円



熱交換機。プラント内は、ほとんど臭いはしない。



工程はコンピューターによって制御されており、遠隔地からの操作も可能。

ガスの販売収入  
約1800万円 (99年2月実績)

# 事例 レーヴェニグ共同バイオガス

- 1 1983年に作られた、デンマークで最も 初期の共同（集中）バイオガス装置の一つ。発生したガスは、発電に使われているほかと2km先の街の67戸へパイプラインで送る。このバイオガスは天然ガスと混ぜて各家庭で使用されている。
- 1 原料は豚の糞尿 100m<sup>3</sup> / 週と牛 200頭分の糞尿、年間 2000トンの産業廃棄物（ジュース工場、はるまき工場、魚工場の廃棄物）。この施設は、2つの農場と67軒の家族による協同組合によって経営されており、一日のガス生産量は1500m<sup>3</sup>である。



## 施設構成

- ・産業廃棄物用前処理タンク  
100m<sup>3</sup> \* 2基
- ・糞尿用前処理タンク  
600 \* 1基
- ・発酵槽 3基  
(40度で15-20日発酵)
- ・ガス抜き後スラリータンク  
1500m<sup>3</sup> \* 2基  
(3-4カ月貯蔵)



この施設を整備した10年前には60%の補助金が支給されていた。10年間の運転結果、1億円の内部留保ができた。建設費は、1200万クローネで、うち60%が補助金で賄われている。



発電機は13kwが2台でFIAT社製の1000ccのガソリンエンジンで駆動。発電した電気は、電力会社に1kwhあたり0.6DKRで売電。一方、自家用に使う電気は1kwhあたり0.35DKRで電力会社から購入。

# 事例 トウスゴー農場用バイオガス

- 1 農場用バイオガス。1000頭以上を飼う養豚農家。バイオガスの原料は、豚の糞尿と食品工場（マーガリン工場、魚工場）からの廃棄物。ガス生産量の半分は産業廃棄物からのもの。1日12m<sup>3</sup>の原料を6回にわけて投入する。発酵温度は45度。1日800から900m<sup>3</sup>のガスを生産。発酵機のサイズは200m<sup>3</sup>。デンマークは、昼間の電気料金が高く、夜は安いので、バイオガスによる発電は昼間だけ行っている。



年間25万kwhの電力（月30万円）を使用している一方で、50万kwh（月60万円）を発電している。発電機は85kwのもの。100万kwh分のお湯を作っている。そのうち、30万kwhは発酵槽を暖めるために使い、残りは自宅の暖房などに使う。



ガス抜きした後のスラリートank。



発電器。

# バイオガス、その他の方式

## 1 BIOSCAN社の方式

- ガス抜き後のスラリーを再処理
- 液肥として農場に散布できない場合に有効



# 事例 BIOSCAN実証プラント（1）

- 1 Bio-rekは、バイオスキャン社の開発した、バイオガスプラント。同社は、1989年に設立された。現在、ドイツ、オランダ、日本、ベルギーで合弁事業を始めており、日本では、日揮と50%50%のJVを作ること合意している。」バイオレック方式は、バイオマスからガスと濃縮肥料と水を取り出すことを基本的なコンセプトとしている。つまり、バイオレックのプラントは従来のバイオガスプラントに濃縮肥料と水を取り出す工程を加えたものといえる。



巨大な発酵タンク。



ウルトラフィルターを経由して、発酵機中の有機物を循環させる。このフィルターを通ることができるのは、水と硝酸塩などのイオン分だけで、有機物は再び発酵機に戻る。このため、ガスをより多く発生させることが可能となる。



まず、機械的にスラリーの中から1mm以上の固形物を取り除く。豚の糞尿では、こうした固形物は2、3%程度。

# 事例 BIOSCAN実証プラント（2）

- 1 バイオスキャン社が現在建設中の 商業用プラント。これと同じタイプのプラントを、今年中にデンマークとドイツに建設する予定。



2基の発酵槽。



ウルトラフィルター。



アンモニア除去装置。



# バイオガス、我が国での導入の可能性

## 1 「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」今年7月

- － 家畜排泄物の管理適性化の義務づけと支援
  - 管理基準の遵守
  - 基本方針の策定
  - 都道府県計画の作成
  - 金融上の支援措置
  - その他関連税制・予算措置
    - － 環境保全型畜産確立対策事業（11年度34億円）
    - － 畜産環境整備事業（11年度48億円）
- － しかし、たい肥化が中心・・・

# バイオガス、我が国での導入の課題

- 1 発生した電気や熱の有効利用
  - 制度的な支援も必要
- 1 食品産業などとの連携
  - ガス発生量の向上
- 1 日本にあったシステムの開発
  - ガス抜き後のスラリーの問題
- 1 しかし、自由に使えるエネルギー源を確保できるメリットは大きい
  - 農村地域で新たな産業を

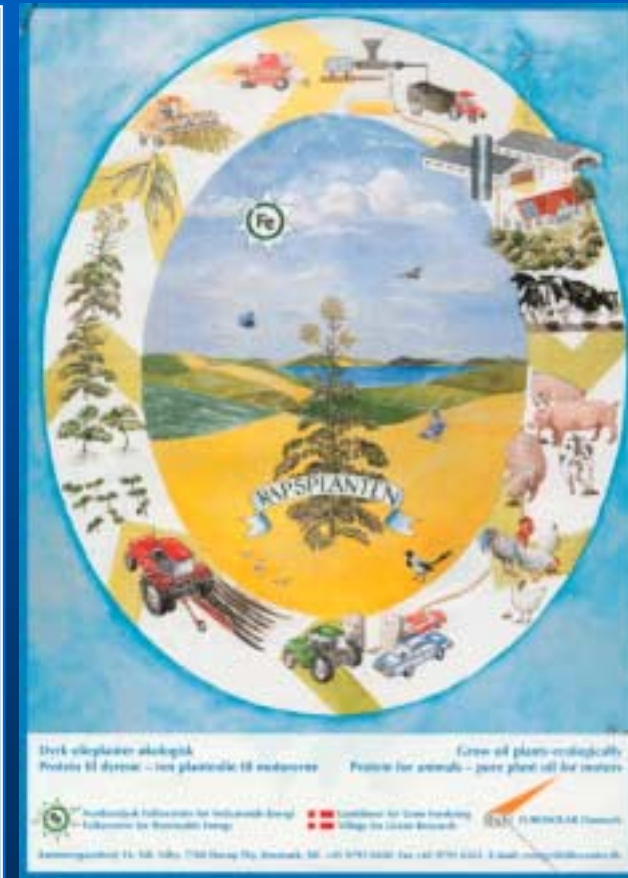
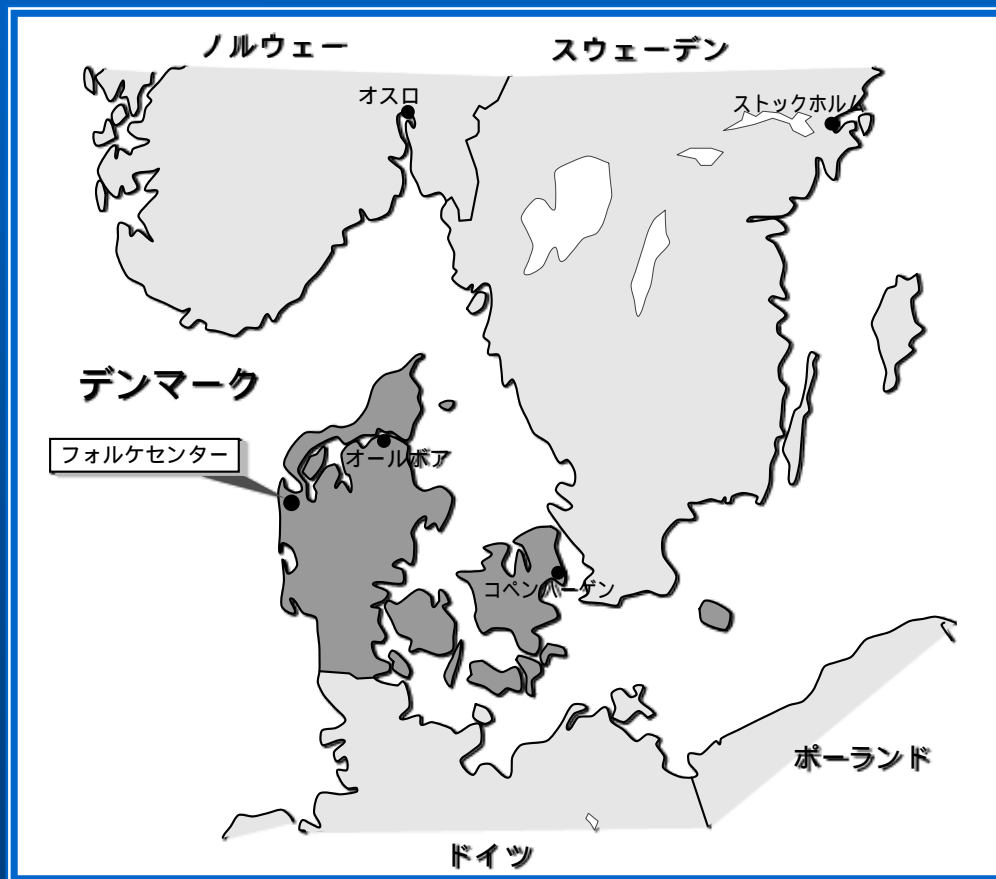


# 再生可能エネルギー研究施設の例

## 1 再生エネルギー国民センター（フォルケセンター）

- － 風力エネルギーや太陽熱等の再生エネルギーの研究開発機関として1983年に設立
- － 同センターの運用資金はデンマーク及びEU、さらに地方自治体から得ており、その半分は国家あるいは国際プロジェクトとして融資されたもの
- － 同センターは独立した非営利組織であり、研究に伴う情報は全て公開されている。センターの研究開発分野は、風力エネルギー、バイオガス、太陽熱、これらの統合システム等

# 事例 再生エネルギー国民センター



# 事例 再生エネルギー国民センター



ロシアのアーティストによるオブジェ。昼間太陽光発電で充電し、夜はイルミネーションが光る。このオブジェは、太陽からのパワーを象徴している。



ここは、エネルギー事務所。ソーラーや他の再生可能エネルギーに関する情報が蓄積・公開されている。このような事務所はデンマークに20箇所ある。



フォルケセンターの風力発電のテストフィールド。いろいろなタイプの風力発電装置がテストされている。フォルケセンターでは、5年前に大型の風力発電装置の研究開発をやめ、最近は、小型風車の研究開発に力を入れている。

# 事例 再生エネルギー国民センター



麦わらと石灰でできた、ストローベイルハウス。皮膚や衣服が呼吸するように、家も呼吸することが必要との考え方から生まれた。デンマークだけでも今年、35件のプロジェクトが始められている。



丘の斜面に建て、上から土をかぶせた省エネルギーハウス。上からは見えない建築物で、自然のランドスケープを壊さないようにしている。屋根の上に、2mの土が被っている。



室温は8度以下に下がることはない。すべて2重窓になっている。

# 事例 再生エネルギー国民センター



フィンランド製の、高効率ストーブ。エネルギー効率は、85%位に達する。集中的に、短時間に薪を燃やし、24時間40度の熱を放出する。



音響効果が優れたホール。床は、麦わらを固めたボードで、もし床に穴が開いて使えなくなったら、堆肥としても使える。表面は蜂蜜のワックスで磨く。



太陽光発電パネルを組み込んだ窓。これは、日本からの技術移転によって、デンマークのメーカーが作ったもの。

# 事例 再生エネルギー国民センター



温室の中に設けられた、リビングマシーン。一家庭の生活排水を浄化することができる。生活排水は、普通問題として見られるが、ここでは資源として見る。生活排水を利用して、植物を育てようというわけだ。



実験は、今年から始められたばかりで、本格的な食料生産にはまだ至っていない。いろいろな植物を使い、排水中の成分を吸収する。植物もその後、利用できるものをつかうことが基本方針。



たとえば、きれいな花や食べ物、堆肥としての利用も考えられる。このように、排水を自ら処理すれば、公共の排水処理施設に流す必要はなくなる。



# 事例 再生エネルギー国民センター



この建物の2重窓の間にはビーズが入っている。熱いときや寒いときは、この発砲スチロールのビーズで熱を遮断する。このビーズは、自由に出し入れができる。



建物の内部は、温室のように植物が茂っている。



快適な生活空間でもある。

# 事例 再生エネルギー国民センター



建物の内部には、バイオガスを取り除いた後のスラリーを原料とした、リビングマシーンが作られている。魚を育てたあとの水は、たばこやレモン等の作物を育てる栄養になる。



まず、家畜の糞尿からバイオガスを取り、電気を作ります。その、あと残ったスラリーで水草を育てる。



次に、水草を餌に魚を育てる。化学肥料や農薬はまったく使っていません。唯一使っているのは家畜の糞尿だけである。



# 事例 再生エネルギー国民センター



ドーム型のリビングマシーン実験施設。



内部の巨大なタンクでは、水草が育てられている。



内部は、立体的な構造となっている。

# 事例 再生エネルギー国民センター



太陽熱利用施設の実験フィールド。



菜種油を使ったバイオ・ディーゼル自動車の実験装置。

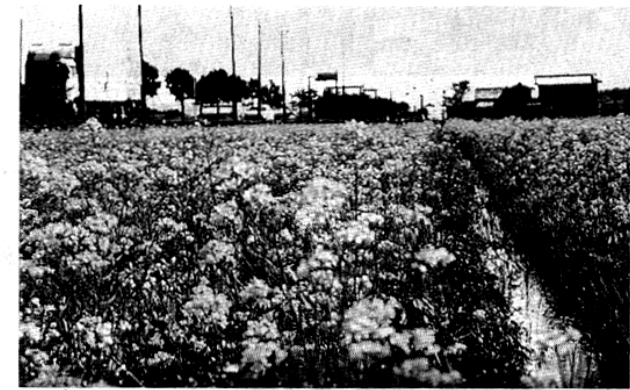


バイオ・ディーゼルに改造された車。

# 日本でもバイオディーゼル

## 1 「菜の花エコプロジェクト」 (1999.11.24日経新聞)

### 1 滋賀県愛東町



#### 地域モデル作り

休耕田に菜の花を植え、農  
業と兼し、食用油を製造。  
その廃油を回収し、軽油代替  
燃料に精製して、車を走らせ  
る。地球温暖化防止、ご  
み減量、減農薬、健全農業  
に広く役立つ夢に満ちたプ  
ロジェクトが滋賀県愛東町の  
小さな町で進んでいる。人口六  
千人の愛東町が手掛ける  
「菜の花エコプロジェクト」  
だ。

滋賀県愛東町で今年から始  
まった冒頭の絵

## 菜の花で走れエコカー

油の燃料化を目指す。愛東  
町は「得米はすべての休耕  
田二百三十ヘクタールに  
い」と意気込む。

滋賀県の国産食料知事も  
見られ、県庁での取り組  
みを進めた。六月に部局機  
断の研究を精進し、十月  
から県内五カ所計五百三十  
ヘクタールの農地を農業試験  
場での品種選定実験を開始  
し、農産物の材料を含めたバ  
イオマス（生物資源）利用可能  
性調査も始めた。

同町ではかつてコメの養分  
として養分が豊富で、ピー  
ク時の六二年には作付面積一  
万千ヘクタール、生産量一  
万七千四百トンの実績があ  
った。しかし、養分化の進展な  
どから急減。現在は養分用な  
ど特殊用途に出回されてい  
るだけ。国松知事は「ドイツ  
での先進事例もあり、収容性  
の確保などの課題を解決した

#### 京都・滋賀特集

い」と意気込む。

愛東町の計画を策定したの  
は環境生協の藤井純子理事  
長。琵琶湖の赤潮発生を契機  
に始まった稲せつげの使用  
運動を継承する形で充足した  
同生協は、原料となる廃食油

## 市民のアイデアから芽

の回収と、せつげの製造・  
販売を手掛けてきた。「回収  
した廃食油の新しい使い道を  
探る必要があった」。藤井理  
事長（こと）が、軽油代替燃  
料化のアイデアに結び付い  
た。

藤井理事長の狙いは、これ  
までに培った廃食油回収の仕  
組を生かして「循環型社会  
の地域モデルを作る」こと。  
同生協の燃料製造プラント

は、滋賀県八日市市・香川  
善寺市・京橋伊丹市など  
も登録しており、バイオマス  
利用の動きは各地に広がっ  
ている。

愛東町でも、市が回  
収した廃食油からバイオ燃  
料を作る事業  
が九七年から  
始まった。E  
ーオイルと  
名付られた燃料は、二百二  
十リットルで四キロの重さ  
のディーゼル車に使用でき  
る。廃油の回収量は既に市  
内全地域の三カ所以上に達  
し、九九年の回収量は前年  
度四倍の十リットルに達さ  
うだ。オイルを簡便にしたのは環  
境（ベンチャー）のロンフオード  
（京都市）。京都市は本格的  
な処理プラントを建設するこ  
とも検討している。

# ドイツのバイオガス利用の現状

- 1 現在500ヶ所以上
- 1 特に南部に多い
- 1 特徴
  - － 農場単位で小型
  - － DIY的な手作り感覚
  - － 低コスト化による採算確保



# ドイツのバイオガス普及の経緯

## 1 1970～80年代

- ブーム（約60のプラントがつくられた）
- バイオガスを手がけたメーカーは10社以上あったが、ほとんど撤退

## 1 80年代後半以降

- 農家や農業学校、環境保護団体にノウハウが蓄積
- パーツの規格化、キット化が進む
- 現在、ほとんどが農家の手作り
- 同時に、設計や部品供給で農家を支援するスモールビジネスが農村地域に生まれる

# ドイツのバイオガス普及の要因

## 1 低コスト化

- 農家の手作り
- キット化

## 1 コジェネレーション

- 以前は熱利用のみ

## 1 電力買取制度の創設

- 1kWhあたり、15.6ペニヒ（約10円）

# ドイツのバイオガスいくつかの事例





# 事例 ドイツ農場用バイオガス（１）

- 1 64才の搾乳農家が運転する農場用バイオガス。バイオガスの原料には、家畜の糞尿以外にも草等を入れている。家畜のとさつ場からの脂肪の廃棄物も加えている。この廃棄物を引き取ることで、1トンあたり30マルクがもらえる。さらに、脂肪を入れることでガスの発生量が2倍になる。家畜の糞尿以外の原料の割合は25%から30%位。最近ドイツ政府が再生可能エネルギーの電力買取制度を創設した。現在、1kwhあたり15.6ペニヒで買い取ってもらえる。1998年の実績では、6万2千kwhの電気を作って、そのうち5万kwhを売電した。



現在、ドイツ国内には550のバイオガス装置がある。特に、南部に多い。



発酵温度は50度。発酵槽の断熱材には、麦わらを25cmの厚さで充填している。搾乳用の電気はバイオガスで作った電気を使っている。

発酵槽の大きさは100m<sup>3</sup>。バイオガスのエネルギーは、20から30%が電力に変換され、40から60%が熱に変換される。



熱は、夏はプールを暖めるために使い、冬は家庭の暖房に使う。



# 事例 ドイツ農場用バイオガス（2）

- 1 ヘンリック・ドゥッカー氏が運営する、農場用バイオガス。発酵機のサイズは300m<sup>3</sup>。乳牛300頭、子牛50頭を育てている。バイオガスで作ったお湯は、自宅と300m離れた両親の家に送っている。過去3年間、自宅・両親の家、宿すべての暖房等お湯はバイオガスで作っている。発電機は2台あり、必要に応じて運転する。投資額は、20万5千5百ドイツマルク。これは、お湯を運ぶパイプライン、スラリー貯蔵庫などすべてを含んだ額。投資は、12から15年で回収できる見込みだ。現在は、産業廃棄物など家畜の糞尿以外の原料は使用していない。



発酵タンクとスラリー貯蔵タンク。家畜の糞尿しか使っていないので、原料1m<sup>3</sup>あたりのガス発生量は25m<sup>3</sup>程度。発酵温度は28-40度の低温型で、発酵にかかる期間は30日以上。



発電機は22kwのものが2基。エンジンは160馬力のオベル社製の自動車用のもの。



夏の間は、民宿も経営する。8人まで泊まれる。宿泊料は一部屋一日80マルク。

# 事例 ドイツ農場用バイオガス（3）

- 1 クラウス・シルベスタ氏の運営する農場用バイオガス。発酵機の大きさは 400m<sup>3</sup>。発酵温度は52度。原料は家畜の糞尿のみ。草地への散水等に電気を必要とするので、バイオガスとディーゼルを組み合わせで発電をしている。電力会社から電気を買うより、そのほうが安上がりとなる。農場を運営するために年間3万kwh、自宅用に年間 5000kwhの電気が必要となる。1日に1000kwhの発電をしているので、年間で 30万kwhぐらいになる。売電価格は、1kwhあたり約0.15マルク。総投資額は 30万マルク。ドイツ政府から 3割の補助金ができる。



現在、125頭の乳牛を飼い、年間の搾乳量は一頭あたり9千5百リットル。中には、17,200リットルも生産する牛もいる。サイレージ用として35haの草地を保有する。



バイオガス貯蔵のためのガスホルダー。



発酵槽と発電装置。

# 事例 ドイツ農場用バイオガス

|                        | ヨハン・ドゥッカー氏の農場                       | ハインリヒ・ドゥッカー氏の農場                |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 農場の概要                  | 面積 34ha<br>(草地 22ha と耕作地 12ha)      | 面積 86ha<br>(草地 64ha と耕作地 22ha) |
| 家畜頭数                   | 乳牛 39 頭<br>子牛 36 頭                  | 乳牛 100 頭<br>子牛 100 頭           |
| 発酵槽の大きさ                | 100m <sup>3</sup> × 1 基             | 300m <sup>3</sup> × 1 基        |
| 発酵温度                   | 50 (高温)                             | 28 ~ 40 (低温)                   |
| 原料                     | 家畜糞尿、有機性産業廃棄物、植<br>物残滓              | 家畜糞尿のみ                         |
| 総投資額                   | 不明                                  | 約 1200 万円                      |
| 年間エネルギー生産量<br>(1998 年) | 発電力量 : 6 万 2 千 KWh<br>売電量 : 5 万 kWh | 買電量 : 7 万 2 千 KWh<br>売電量 : 不明  |

注 : 1 マルク=60 円とした

資料 : 現地での聞き取りから筆者作成

# スウェーデンのエネルギー事情

- 1 1970年代以降石油への依存を減少し、電力にシフト
- 1 電力は、水力と原子力中心
- 1 1980年、2010年までに原子力の全廃を決定のちに撤回
- 1 1997年、議会により原子力は2001年までに2基の原発停止を決定（11月30日に一つが停止）
- 1 炭素税等の導入（バイオエネルギーは対象外）
- 1 1996年1月から電力自由化

# スウェーデンにおける木質バイオマス

- 1 長期的には、原子力を風力やバイオマスエネルギーにより代替することが目標

1970-1996年のエネルギー供給の合計と2010年の予測(TWh)

| エネルギー源     | 1970 | 1980 | 1990 | 1996 | 2010 |
|------------|------|------|------|------|------|
| 石油         | 350  | 285  | 187  | 217  | 223  |
| 天然ガス       |      |      | 7    | 9    | 13   |
| 石炭         | 18   | 19   | 31   | 31   | 32   |
| バイオ燃料、ピート等 | 43   | 48   | 65   | 87   | 98   |
| 廃熱その他      |      | 1    | 8    | 8    | 11.8 |
| 水力         | 41   | 59   | 73   | 52   | 67.5 |
| 原子力        |      | 26   | 68   | 74   | 67   |
| 電力輸入       | 4    | 1    | -3   | 6    | 2.7  |
| 合計         | 457  | 439  | 437  | 485  | 515  |

資料 : Climate Report 1977, NUTEK R

# 木質バイオマス発電とは

## 1 燃料

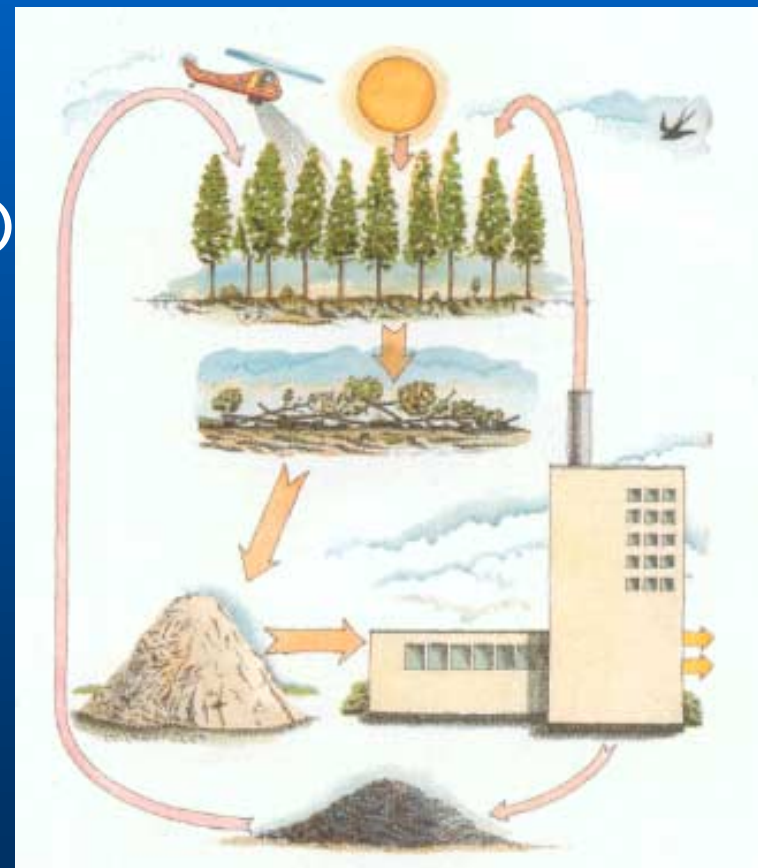
- 木のくずや端材
- エネルギー森林（早生樹）

## 1 エネルギー

- 電気と熱のコジェネ

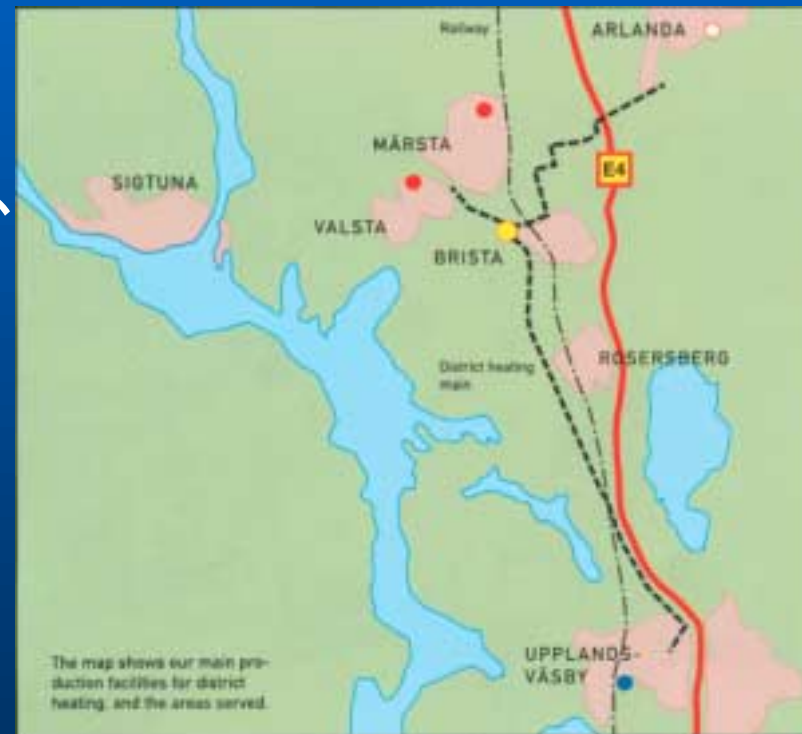
## 1 環境上の特徴

- 木に蓄積された以上のCO<sub>2</sub>を発生しない
- 焼却灰は再び森へ
- CO<sub>2</sub>も再び森へ



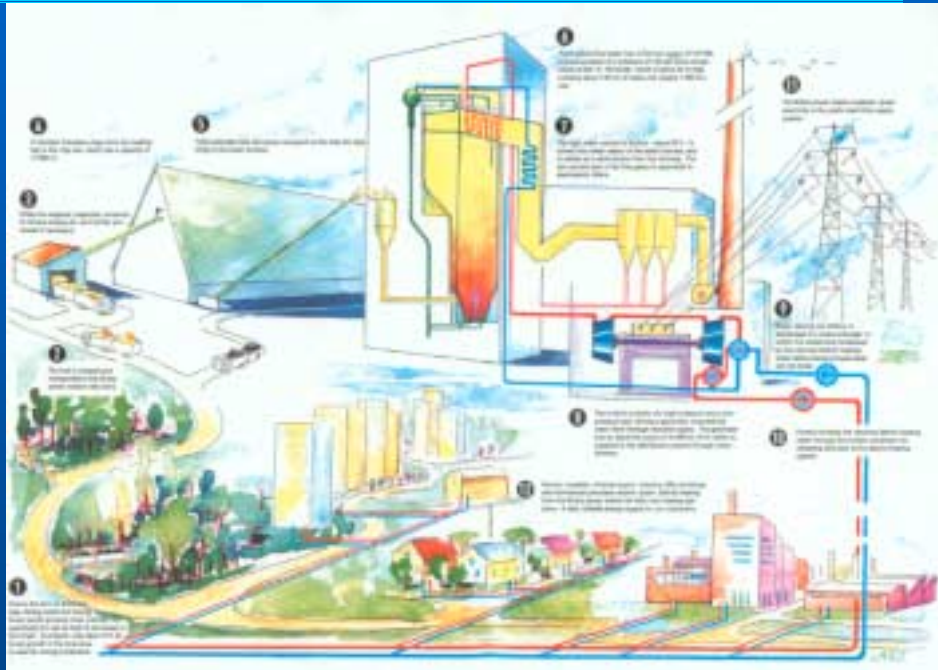
# 事例 BRISRA発電所

- 1 ストックホルムの北  
30Km
- 1 Sigtuna（人口3万人）、  
Uppland Vasby（人口  
3万5千人）のコミュニ  
ョンが所有
- 1 熱は近隣のコミュニ  
ョンと空港に供給
- 1 将来はストックホルム  
に温水を供給する計画





# 事例 BRISRA発電所



come to Bristapower station!





# 事例 BRISRA発電所

- 1 この施設が完成したのは、1997年。総事業費は1億ドル。従業員は38名。
- 1 スウェーデンでは、電力には環境税がかかるが、バイオエネルギーにはかからない。原子力発電所は、今後10～20年のうちに徐々に廃止されていくので、残りはこうしたバイオマスや風力などで賄っていかなければならない。
- 1 年間のエネルギー生産量は400GWhで、そのうち150～170GWhは電力、それ以外は熱。



燃料は、木の枝や製材に使われない木の端材。70km圏内から原料が集められる。将来はエネルギー用の森林の利用も考えている。



1分間に3m<sup>3</sup>の原料を投入。毎日朝6時から夜10時まで、40～50台のトラックが燃料を運び込む。



こうした施設は、スウェーデン国内に10ヶ所程度あるが、コミュニティが所有しているということがこの特徴。環境教育にも熱心で、市民や小中学生の見学の日を設けている

# 木質バイオマス、日本では・・・

## 1 岡山県「銘建工業」

- － 1200kW, 1万3千kWh/日、工場内の自家消費
- － 焼却灰は肥料会社にサンプル出荷

## 1 本格導入はこれから

- － 森林・林業の活性化の手段にも



# まとめ

## 1 地域によって異なる最適解

- 地域に賦存するエネルギーに依存
  - デンマーク 風、家畜糞尿
  - ドイツ 家畜糞尿
  - スウェーデン 森林
- 文化的条件、社会・経済的条件の違い
  - デンマーク 協同組合、地域暖房

## 1 政治的意思と制度的裏付け

- エネルギー計画における位置づけ
- 電力買取制度、設備に対する補助

## 1 「自然エネルギー促進議員連盟」発足