

令和元年度 第1回バイオマス分科会
「地域資源循環型バイオマスセミナー ～導入編～」

2019年7月23日(火) 13:30～16:00
スパホテルあぶくま

地域バイオマスを活用する小規模分散型 エネルギー利用の導入事例



福島大学 理工学群 共生システム理工学類
再生可能エネルギー寄附講座
特任准教授 小井土 賢二

講演内容

1. 福島県内のバイオマス発電動向
 - ・ 福島県内の民有林の樹種とバイオマス発電所
 - ・ バイオマスのメリット(炭素中立、地域循環)
2. バイオマスのガス化とは？
 - ・ ガス化の原理、熱分解、ガス化理論
3. 木質ガス化CHPの導入実態
 - ・ 県内のCHP(西郷村)と木質ペレット燃料工場(棚倉町)
 - ・ CHPの放射性物質
4. メタン発酵・バイオガス発電
 - ・ メタン発酵とは？
 - ・ 福島県内の導入事例(いわき市田人)
5. 国内のバイオマス導入事例
 - ・ バイオマス産業都市
 - ・ 最上町、紫波町など

1. 福島県内のバイオマス発電動向

福島県の森林の特徴

森林面積：全国4位(97.4万ha)

森林率：約71%

民有林率：58.1%

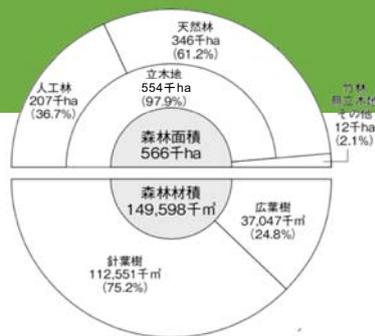
多様な樹種

【参考】

1. 北海道 553.8万ha
2. 岩手県 117.1万ha
4. 福島県 97.4万ha
6. 秋田県 83.9万ha
8. 山形県 66.9万ha
9. 青森県 63.3万ha
21. 宮城県 41.7万ha

H29年3月31日現在 林野庁計画課

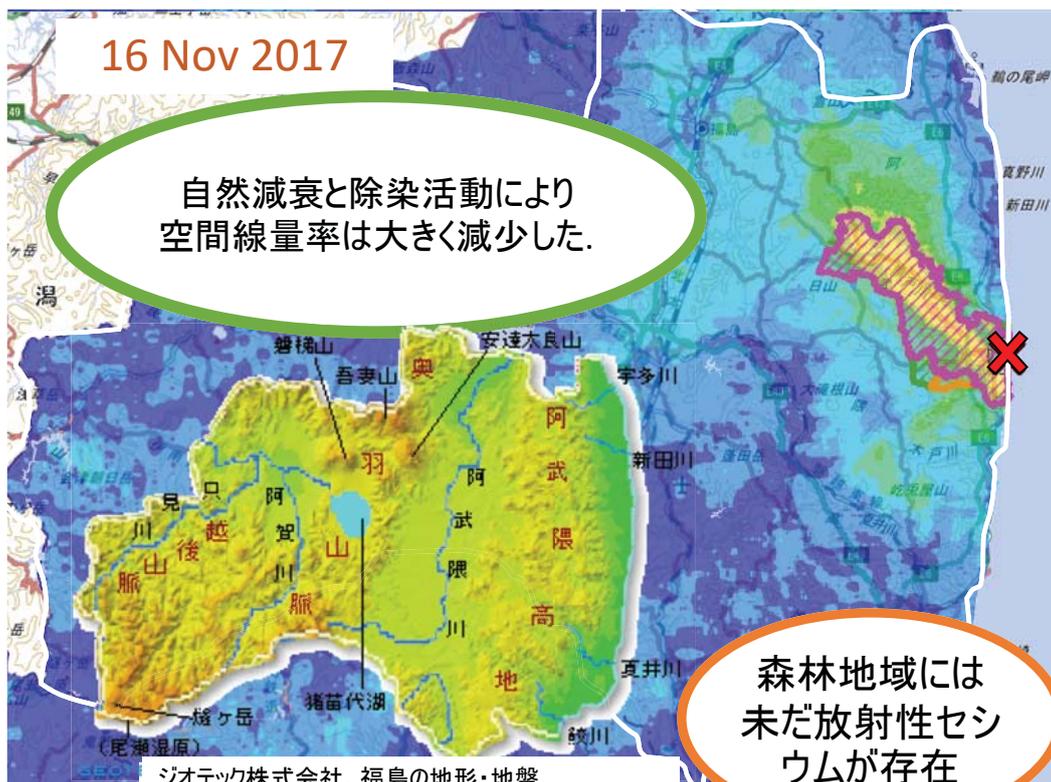
民有林の林種別森林面積および森林蓄積



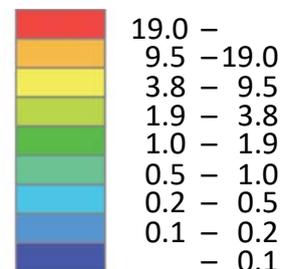
出典：福島県「平成30年福島県森林・林業統計書」

出典：林野庁「森林・林業統計要覧2017」

放射性物質飛散の現状



空間線量率 (μSv/h)



Not available

✕ 東京電力
福島第一原子力発電所

帰還困難地域

避難指示解除準備区域

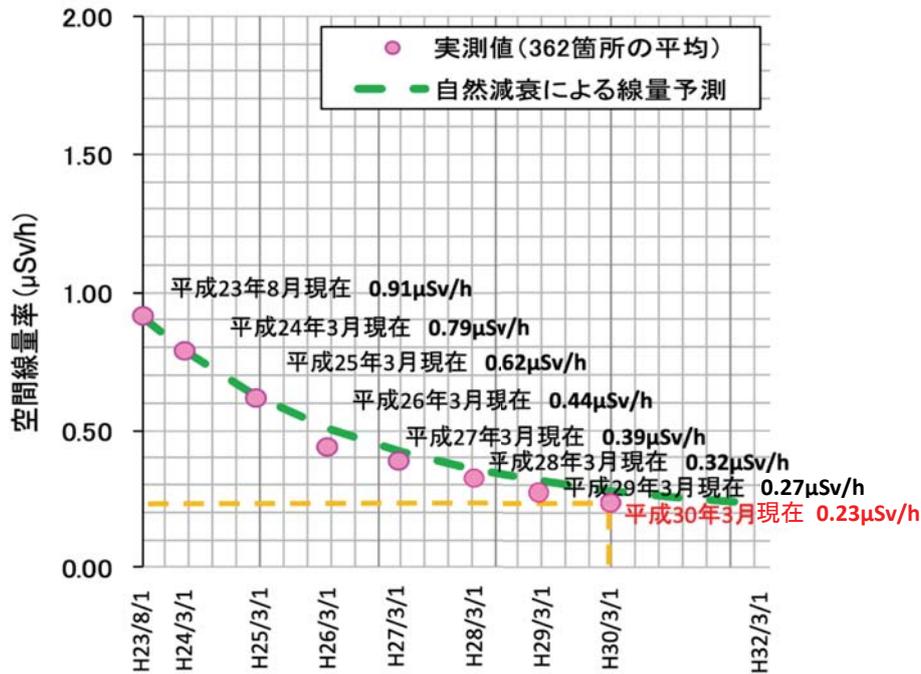
居住制限区域

ジオテック株式会社, 福島の地形・地盤
<https://www.jiban.co.jp/tips/kihon/ground/prefecture/fukushima.htm>

放射性物質飛散の現状

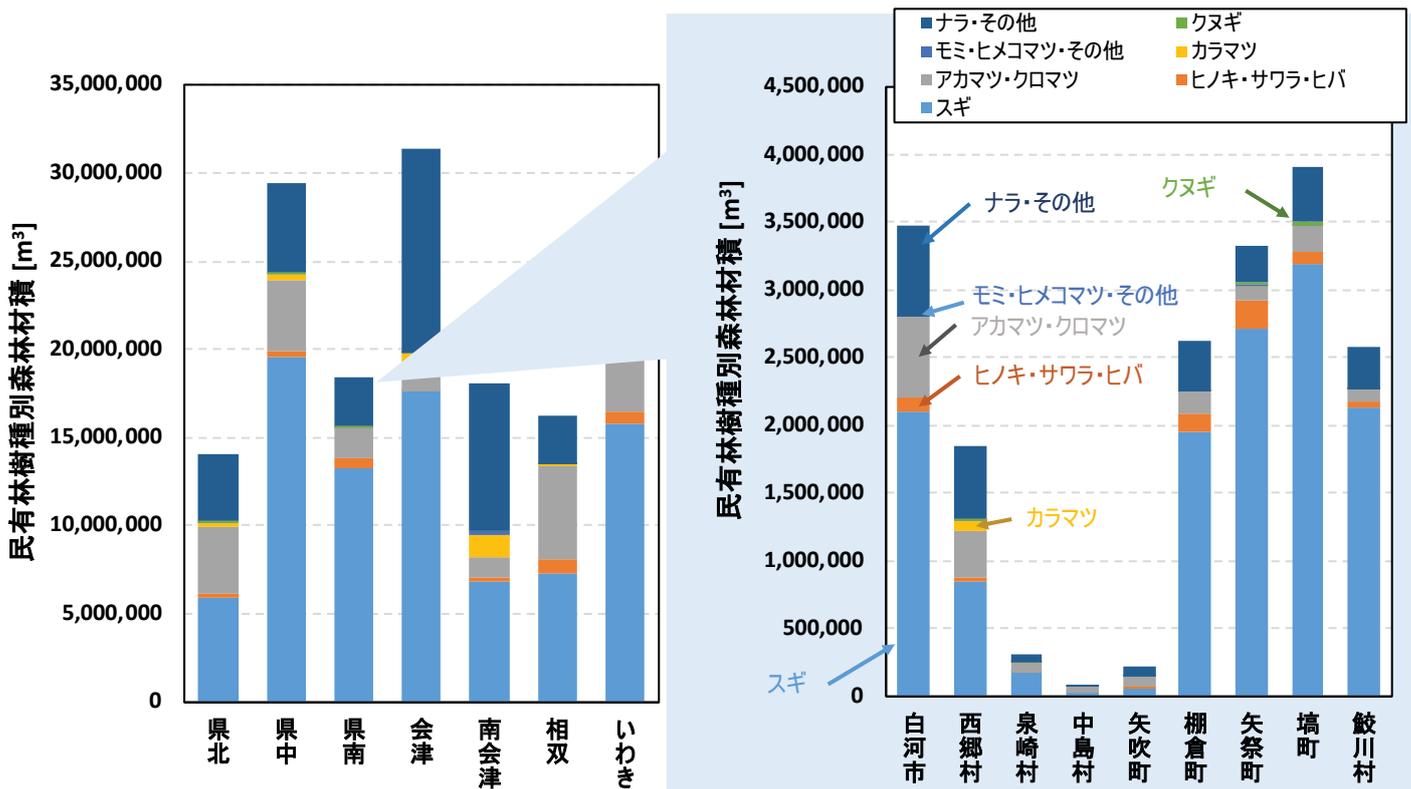


放射性セシウム、物理減衰曲線（理論値）と実測値（362箇所の平均）



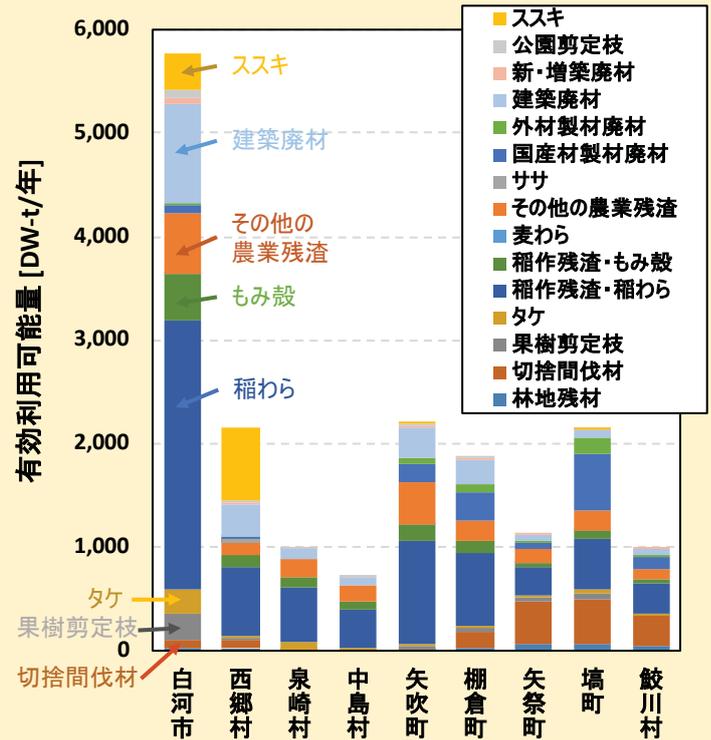
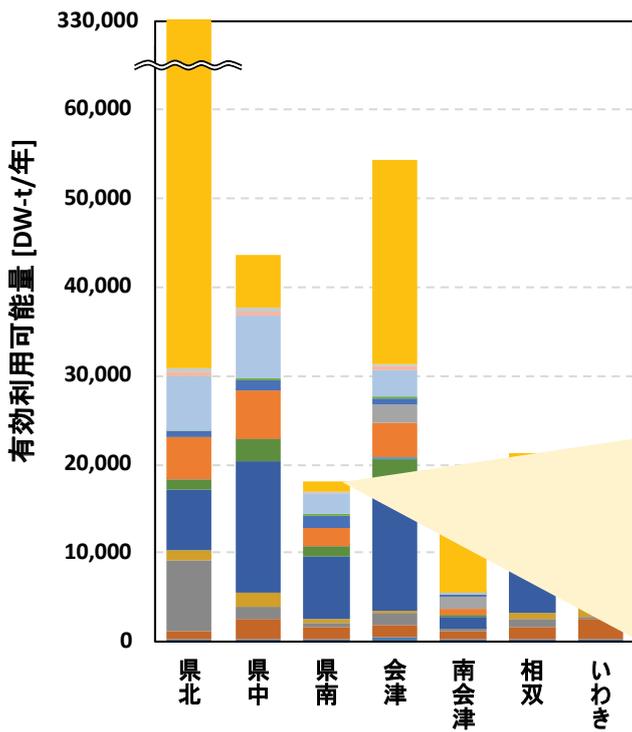
- 森林内の空間線量率は物理的減衰率とほぼ一致
→ 森林除染は未実施

福島県の民有林の樹種



針葉樹から広葉樹まで多様。針葉樹が多い。特にスギ、アカマツ・クロマツが多い。

福島県の乾燥バイオマス利用可能量



切捨間伐材、果樹剪定枝、タケ、稲わら、もみ殻、その他の農業残渣、建築廃材、ススキなど 7

出典: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が推計した全国のバイオマス賦存量・利用可能量

バイオマス利用可能量



- エネルギー・エージェンシーふくしまのウェブサイトの中の、福島県再生可能エネルギー関連産業推進研究会に、会員専用ページから利用可能。
<https://energy-agency-fukushima.com/mypage/>



平成31年3月
 株式会社福島再生可能エネルギー
 再生可能エネルギー関連産業
 基礎構築戦略事業調査
 調査報告書

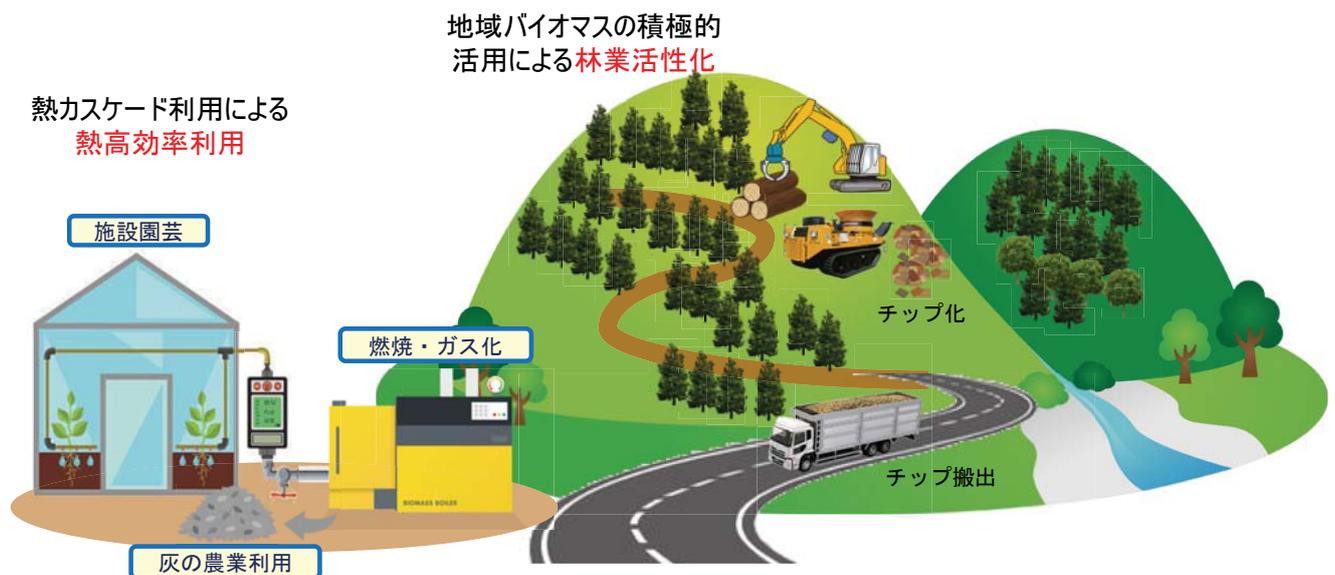
バイオマスの分類



含水率 × 存在形態 によって分類

		廃棄物系	未利用系	生産系
乾燥系	木質系	建設廃材、製材残材	間伐材	栽培木材 (ユーカリ、ヤナギ等)
	草本系	バガス	稲わら、もみ殻	栽培草本 (ネピアグラス、ソルガム等)
含水系	ふん尿・汚泥系	家畜ふん尿、下水汚泥		
	一般食品系	食品加工廃棄物、厨芥		
その他	その他	モラセス、廃食用油	埋立地ガス	栽培トウモロコシ、 栽培サトウキビ

バイオマス利活用による地域循環

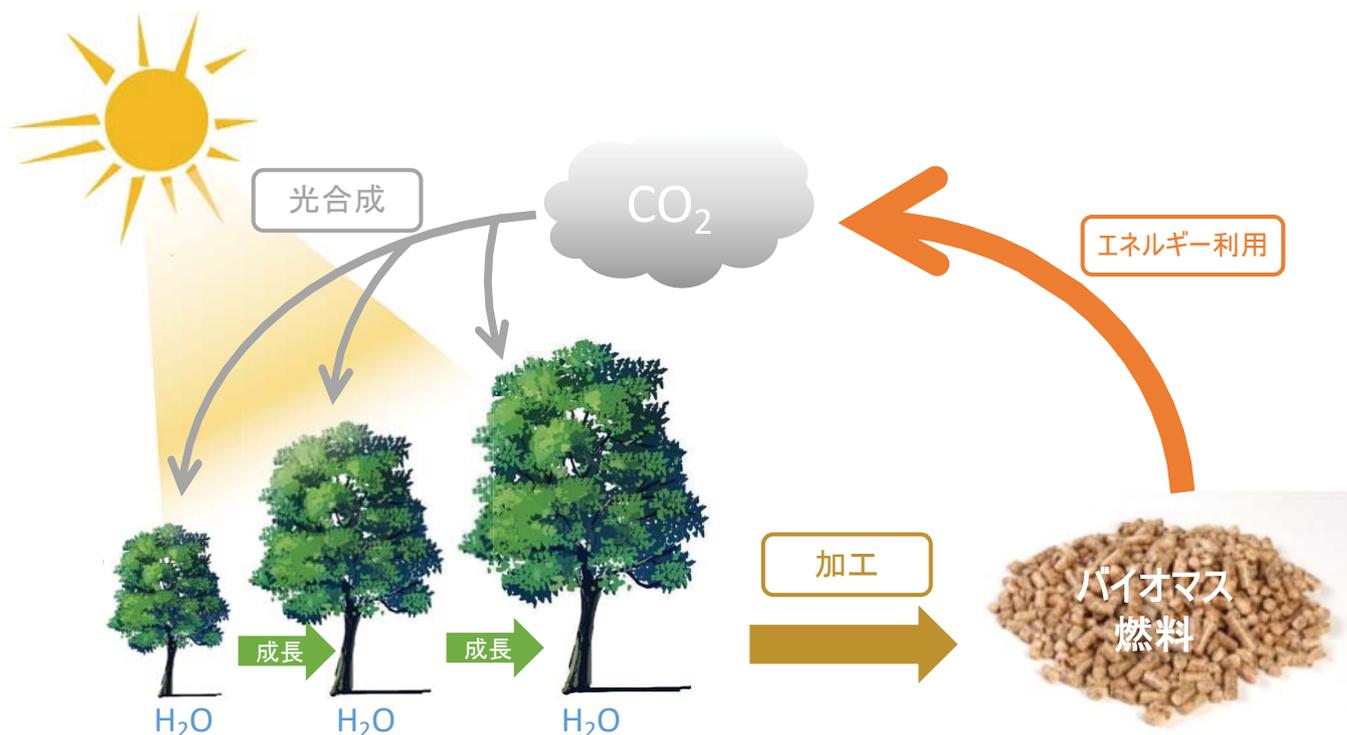


- 林業生産力向上・雇用創出
- 燃料生産工場の雇用創出
- 低CO₂社会の実現
- 廃棄物のエネルギー化
- 地域経済への波及効果

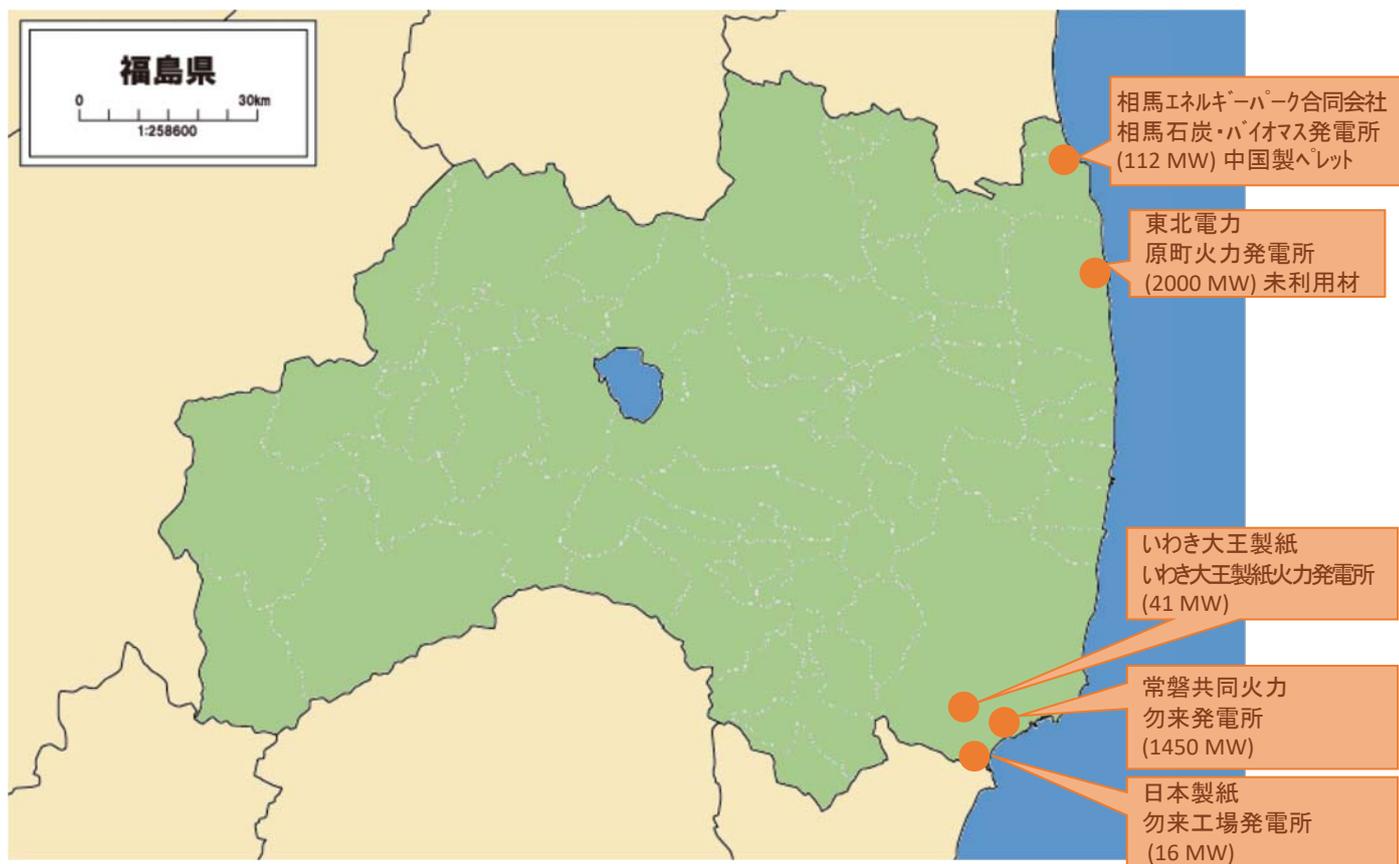
バイオマスによるカーボンニュートラル



カーボンニュートラル(炭素中立)



福島県内の石炭混焼火力発電所



浜通り地域の湾岸に多くの大型混焼火力発電所がある。

福島県内のバイオマス専焼火力発電所



中通り地域を中心にバイオマス専焼発電所がある。

福島県内の小規模バイオマス発電所

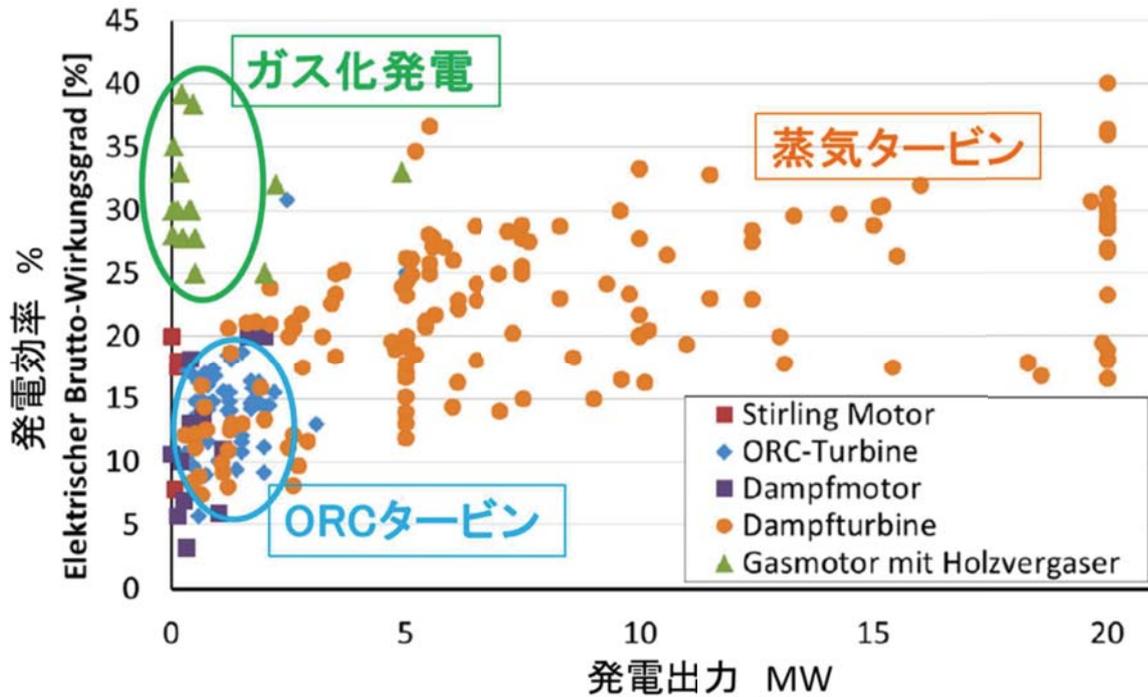


小規模なバイオガス発電所と木質ガス化CHPが新たに導入された。

木質発電技術を巡る選択



木質発電技術の選択 (熱効率の高い小規模分散発電)



小規模発電において、蒸気タービン方式による発電では発電効率が低い(スケールメリットが得られない)が、ガス化を用いれば小規模でも高効率

15

出典: Mattes Scheftelowitz et al., Stromerzeugung aus Biomasse 03MAP250, DBFZ (15.6.2013)

バイオマス発電技術の特徴



発電出力 1,000kW 2,000kW 5,000kW

ガス化
(CHP)

ORC
(CHP)

蒸気タービン
(発電のみ)



ガス化

- 熱電併給が原則
- 小規模でも発電効率大
- 人件費割安
- 設備費割高
- 良質燃料要



ORC

- 熱電併給が原則
- 小規模でも発電効率 20%を維持
- メンテナンス費割安
- 低質燃料利用可



蒸気タービン

- 規模が大きくなると発電効率大
- 燃料消費大
- 設備費割安

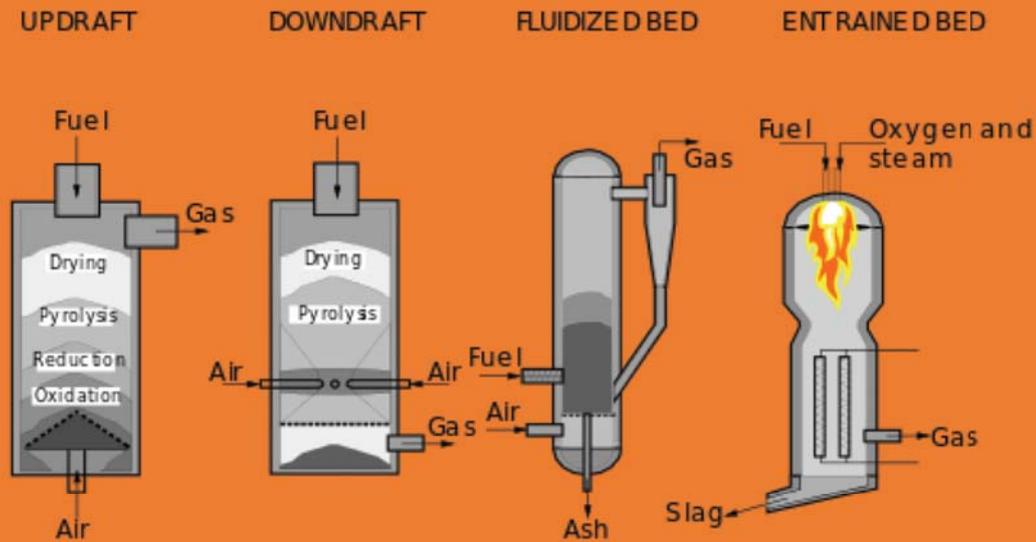
熱供給先

- 小規模地域熱供給 (~100世帯)
- 温浴施設
- 本格的な地域熱供給 (2000世帯~)
- 木材工場、製材所
- 大規模リゾート施設

出典: バイオマスアグリゲーション 久木氏資料より作成

16

2. バイオマスのガス化とは？



27

出典: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/Gasifier_types.svg

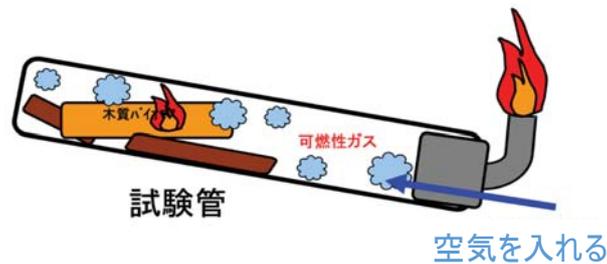
ガス化の原理



ガス化の方式

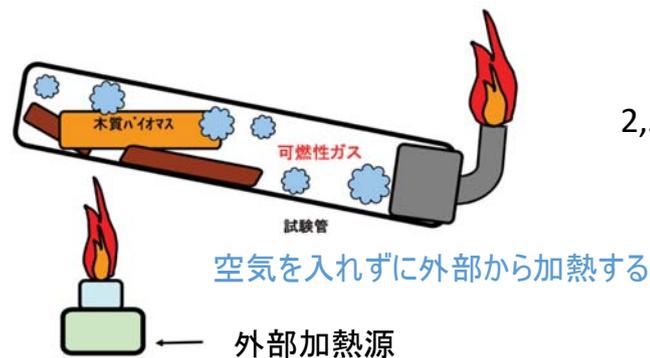
生成ガスの発熱量

直接式



900~1,200 kcal/m³

間接式



2,500~3,500 kcal/m³



総括一段反応：



木質バイオマス

通常は、タール、すす、チャー（炭化物）

反応		反応式	反応速度	反応熱 [kJ/mol]	
熱分解反応	熱分解	$C_xH_yO_z \rightarrow aCO_2 + bH_2O + cCH_4 + dCO + eH_2 + fC_{2+} + \text{char} + \text{tar}$			吸熱
	燃焼	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	速い	393.5	発熱
燃焼反応	酸化	$H_2 + 0.5O_2 \rightarrow H_2O$	速い	242	発熱
	部分酸化	$C + 0.5O_2 \rightarrow CO$	速い	123.1	発熱
還元反応	ブーリア反応	$C + CO_2 \rightarrow 2CO$	やや遅い	-159.9	吸熱
	水性ガス化	$C + H_2O_{(gas)} \rightarrow CO + H_2$	普通	-118.5	吸熱
	シフト反応	$CO + H_2O_{(gas)} \rightarrow CO_2 + H_2$	普通	40.9	発熱
	メタン化	$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O_{(gas)}$	遅い	205.2	発熱
	改質反応	$CH_4 + H_2O_{(gas)} \rightarrow CO + 3H_2$	遅い	-206	吸熱

出典：水素・燃料電池ハンドブック編集委員会 編，水素・燃料電池ハンドブック第1版，オーム社，p. 686，2006.

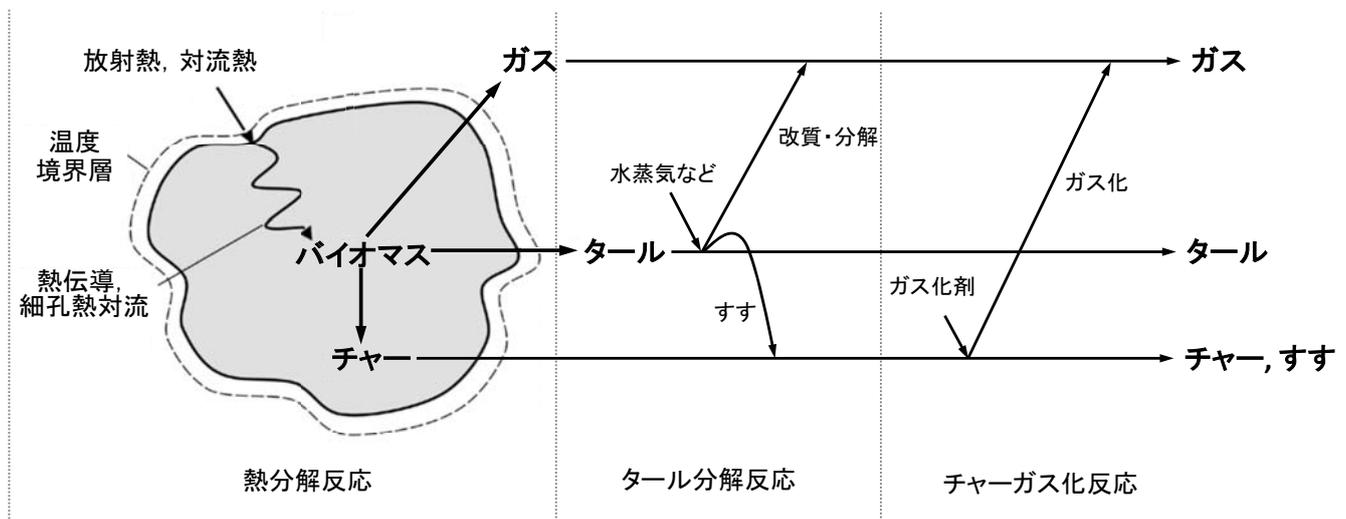
19

バイオマス燃料のガス化反応経路

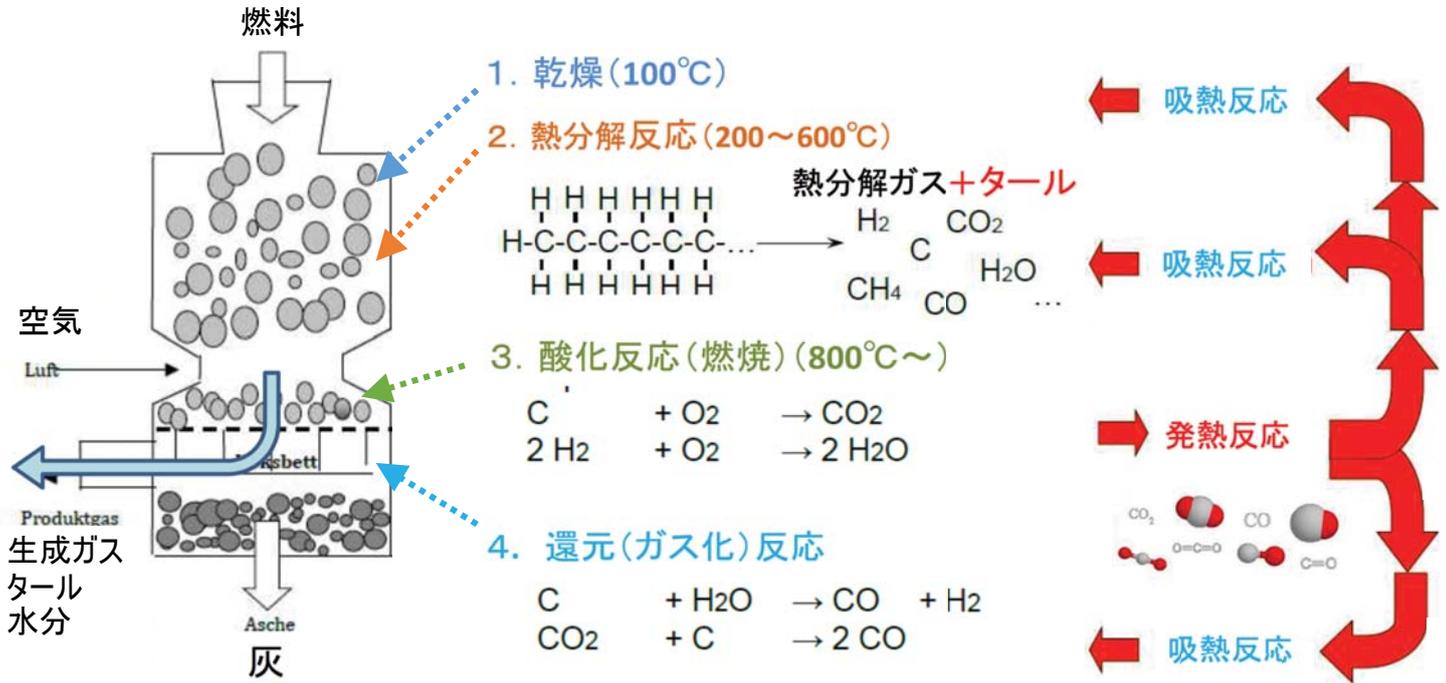


・ 反応の経路

(熱分解、部分酸化、還元(ガス化・水蒸気改質))



木質燃料を酸欠状態（理論燃焼空気量の25～40%）で加熱し、COやH₂などの可燃性ガスを生成する熱化学反応



3. 木質ガス化CHPの導入実態

《国内の導入実態》

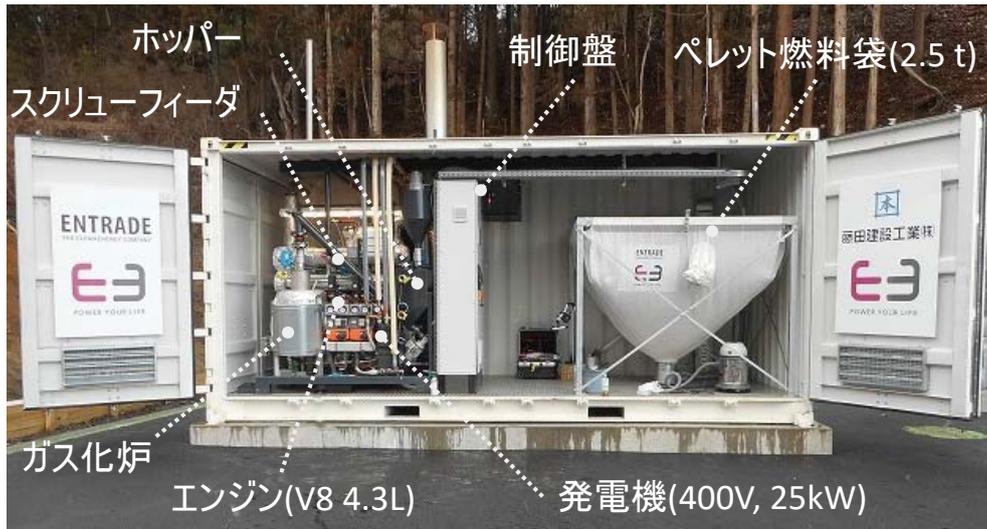
- FIT施行以前から国内メーカー20社程度が商品開発に着手したが、ほとんどが稼働停止、開発を断念した。
- FITの施行により木質バイオマス発電事業化が活発化し、欧州で稼働実績のある小規模ガス化プラント数機種が導入されはじめた。
- ガス化プラント事業の大多数は、熱利用のない発電単体事業で、熱電併給システムのメリットが活かされていない。
- 事業の継続性や採算性に大きく関係する乾燥木質の調達、熱利用の推進等に課題がみられる。



西郷村木質ペレットガス化CHP



スパリゾートあぶくまに設置された、木質ペレットガス化熱電併給プラント



- 発電出力: 25 kW_{el}、(発電効率: 25%)
- 熱出力: 60 kW_{th}、(熱効率: 60%)
- 総合効率: 85%
- 運転時間: 8,000 h/年(ドイツでの実績)
- 燃料消費量: 23 kg/h (552 kg/日)
- ガス組成: CO 23%/CO₂ 9%/H₂ 19%/CH₄ 1.8%
- ガス平均発熱量: 5,200 kJ/m³以上
- 燃料: 木質ペレット(欧州規格 6mm A1)
棚倉町の上台ペレット工場で製造

E4設置とFIT売電

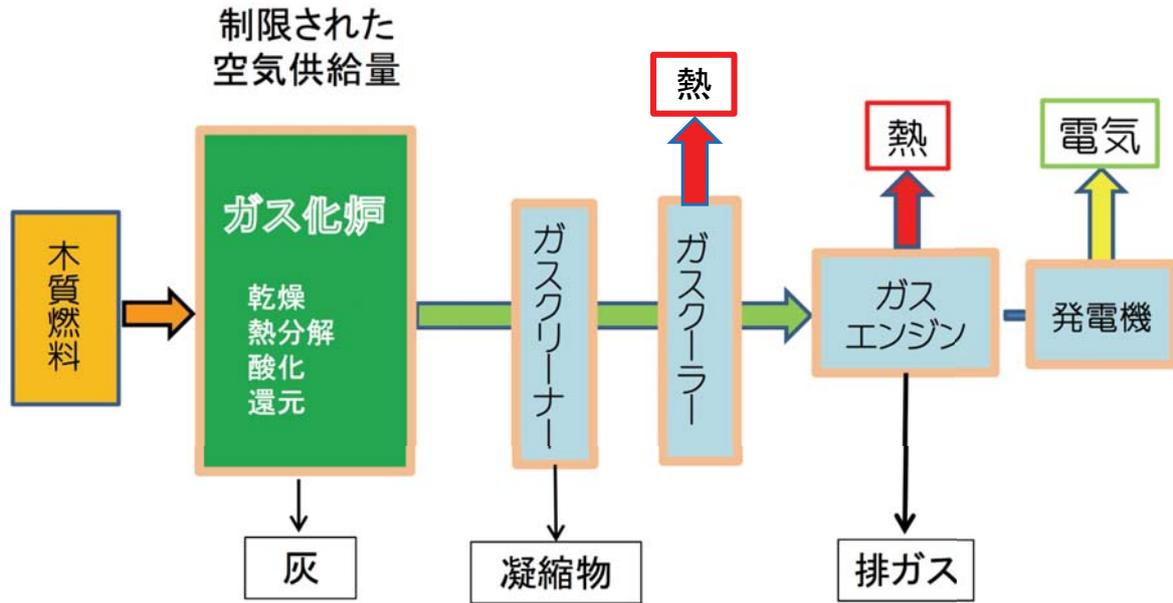


- 発電出力: 50 kW_{el} (η_{el} = 26%)
- 熱出力: 120 kW_{th} (η_{th} = 60%)
- 総合効率: 86%
- 燃料消費量: 46 kg/h



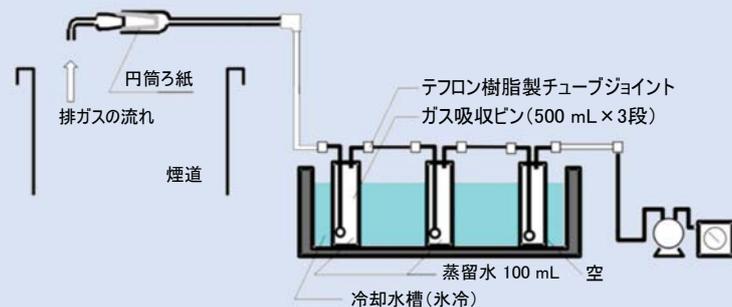
FIT売電のために、低圧配電線との連系のためのパワーコンディショナ(コンバータ・インバータ)を設置。

システム構成



放射能濃度測定

排ガス捕集



木質ペレット



ガス化燃焼灰 (ガス化残渣)



福島大学共通分析機器
ゲルマニウム半導体検出器
によるγ線スペクトロメトリ
(CANBERRA GC4020)

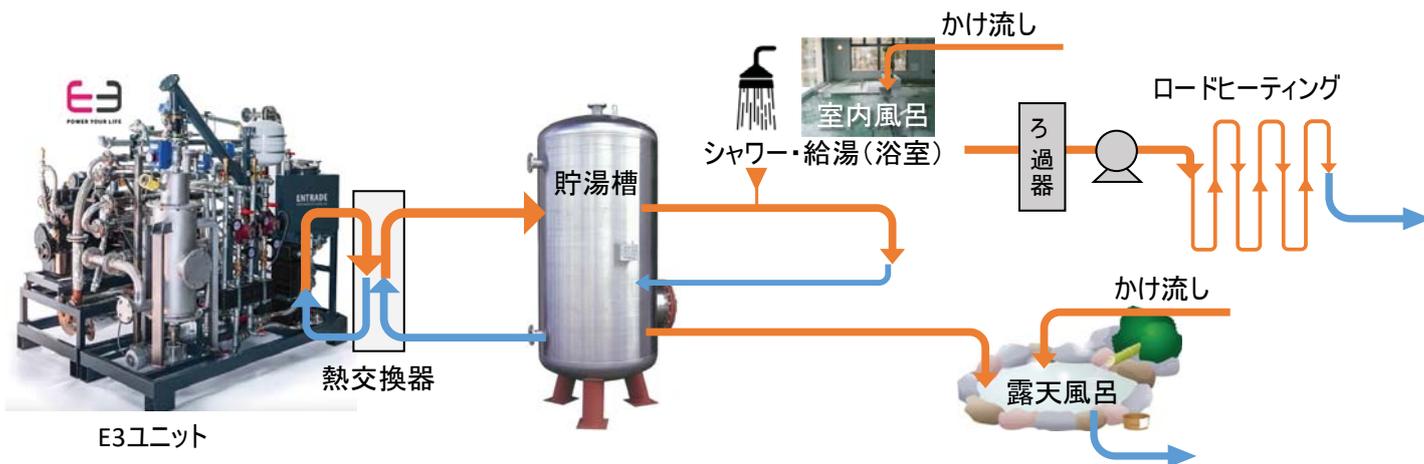
放射能測定結果

試料名	採取日	単位	セシウム134		セシウム137		測定時間 (h)
			測定値	検出下限	測定値	検出下限	
木質ペレット	2019/01/30 2019/02/22	Bq/kg	< 1.56	1.37	16.9	1.22	24
ガス化燃焼灰	2019/02/22	Bq/kg	51.3	5.21	774	5.10	12
排ガス (ろ紙部)	2019/01/30 2019/02/22	Bq/m ³	ND	0.015	< 0.020	0.017	24
排ガス (ドレイン部)	2019/01/30 2019/02/22	Bq/m ³	ND	0.036	ND	0.035	24

分析方法
 測定機器: ゲルマニウム半導体検出器 (CANBERRA GC4020)
 測定時間: 1検体あたり3時間
 測定容器: U-8容器(木質ペレット, ガス化燃焼灰, ろ紙部), マリネリ容器2L(ドレイン部)
 ND = 検出せず

熱の供給と需要について

生産した熱は、給湯(厨房)、シャワー(浴室)、室内温泉加温に使用している。

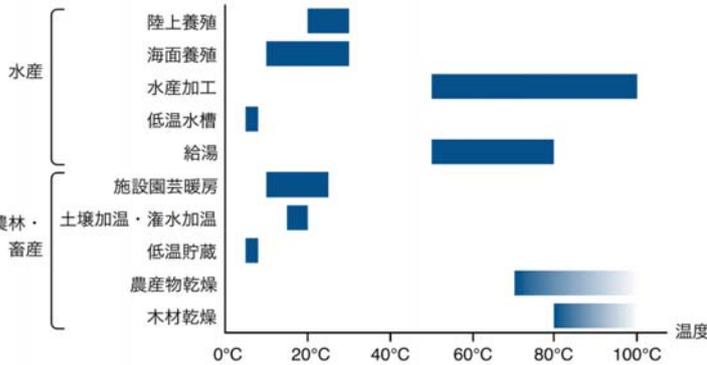


考えられる熱需要について(施設園芸)



● 熱利用: 熱のカスケード利用

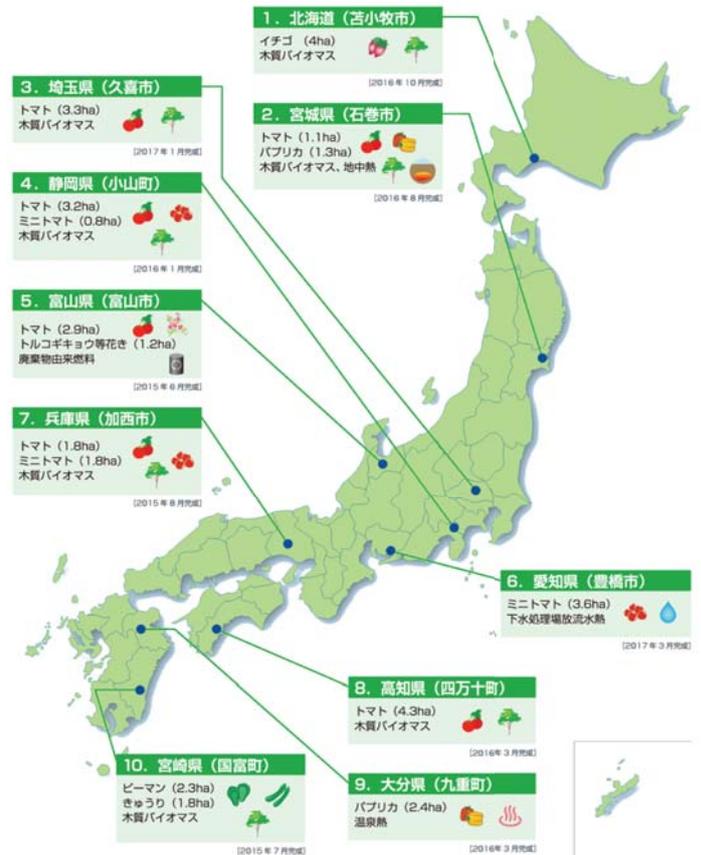
データ出所: バイオマス技術ハンドブック



出典: 秋澤淳、「熱エネルギーの合理的利用とは」シンポジウム「点から面へ〜岩手県の経験と今後の木質バイオマス熱利用拡大のための具体策〜」(2016/4/15)



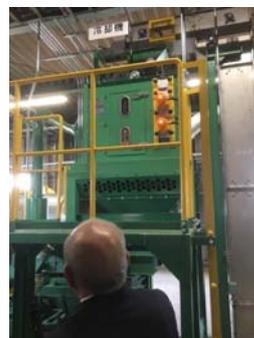
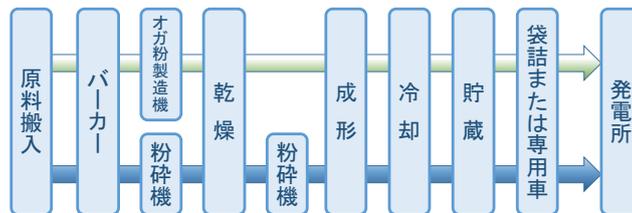
● 次世代施設園芸導入加速化事業実施地区一覧



出典: 日本施設園芸協会、次世代施設園芸の全国展開〜攻めの農業の旗艦〜、平成30年2月。

棚倉町木質ペレット工場: (株)シーズ上台工場 2017年4月5日

0.5 t/h (8 h/d 運転で 4 t/d)



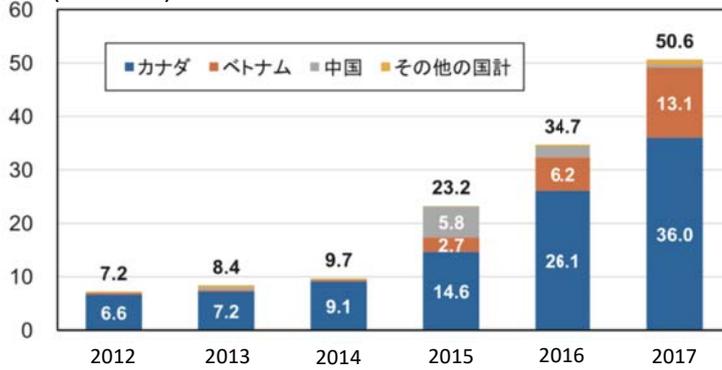
国内の木質ペレット生産



● 国内木質ペレット生産量は年間約12万トンで頭打ち



● 木質ペレットの輸入量の推移 (x 10⁴ ton)



国内産の木質ペレット燃料の供給量が頭打ち



海外産(カナダ・ベトナム産)の輸入が本格化



国産ペレットの低価格化が必要

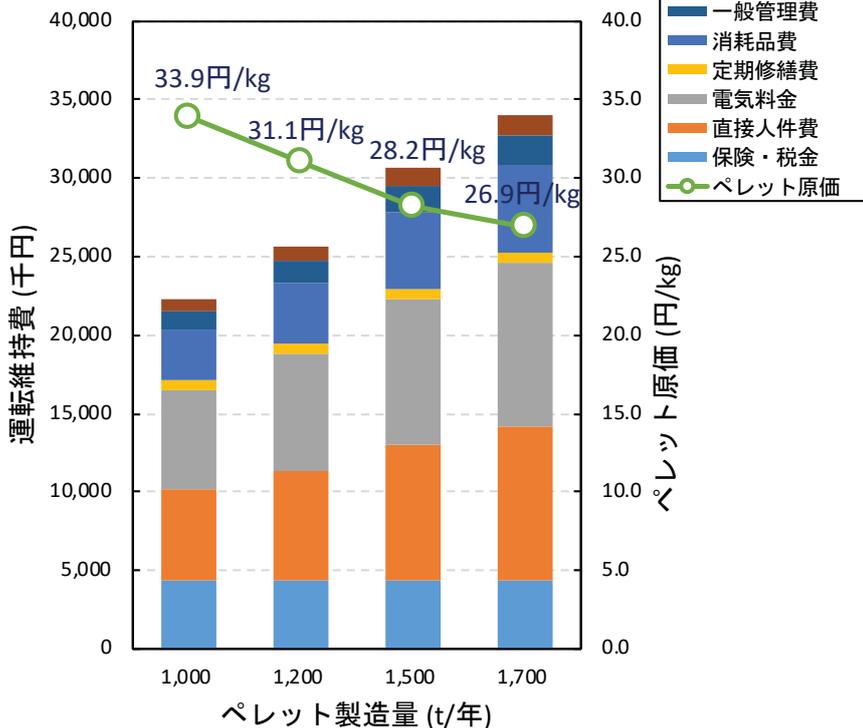
出典：林野庁、平成28年における木質粒状燃料(木質ペレット)の生産動向について

出典：財務省「貿易通関統計」、日本木質バイオマスエネルギー協会

木質ペレットのコスト削減策



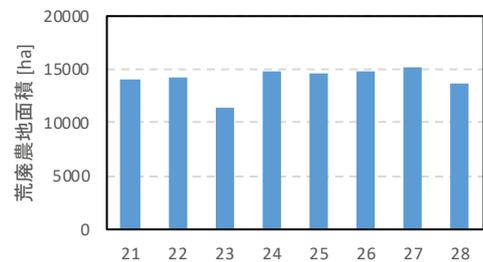
ペレット工場の規模拡大



エネルギー作物栽培の混合



- 燃料の低価格化、安定確保のための資源作物(エリアンサスなど)混合。
- エリアンサス: 中東~インド原産、大型多年生イネ科植物、木質に近い発熱量。
- 耕作放棄地・荒廃農地での栽培。



荒廃農地面積全国4位

津軽開発協同組合(中泊町)の資産結果から、規模の拡大によって、原価を抑えることが可能。

● 含水率

副生成物であるタールの発生につながる。



ラボスケールのガス化試験で回収したタール

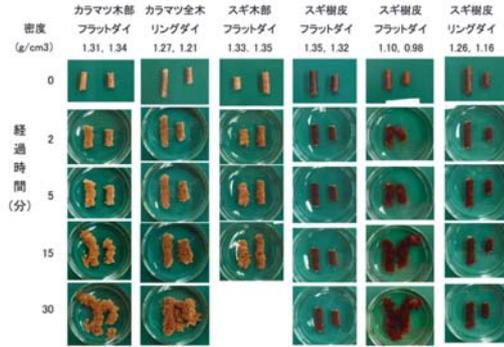


図 1-1 木質ペレットの水膨潤性

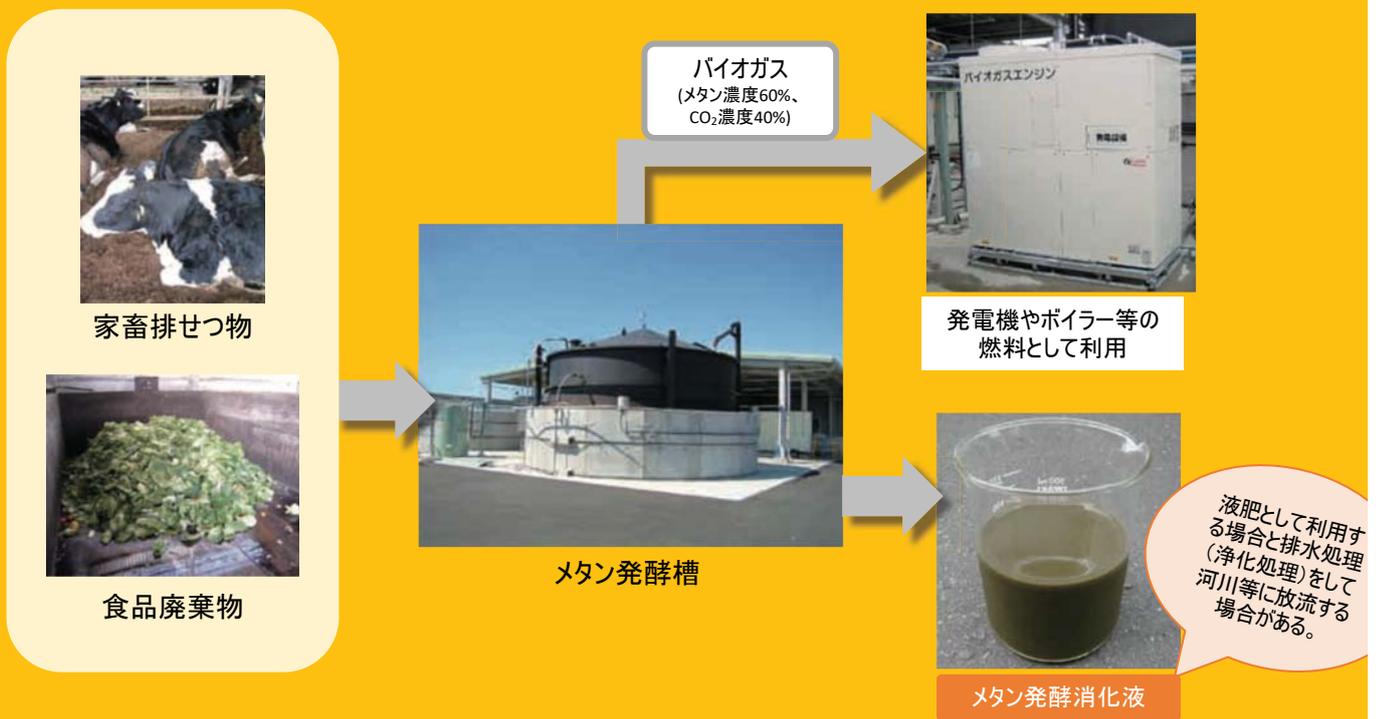
出典： 森林総合研究所, 木質ペレット成型機構の解明, 2010, ISSN 1349-0605

● ペレットトラック(バルク車)

木質ペレットの品質保持と効率的輸送のために



4. メタン発酵・バイオガス発電

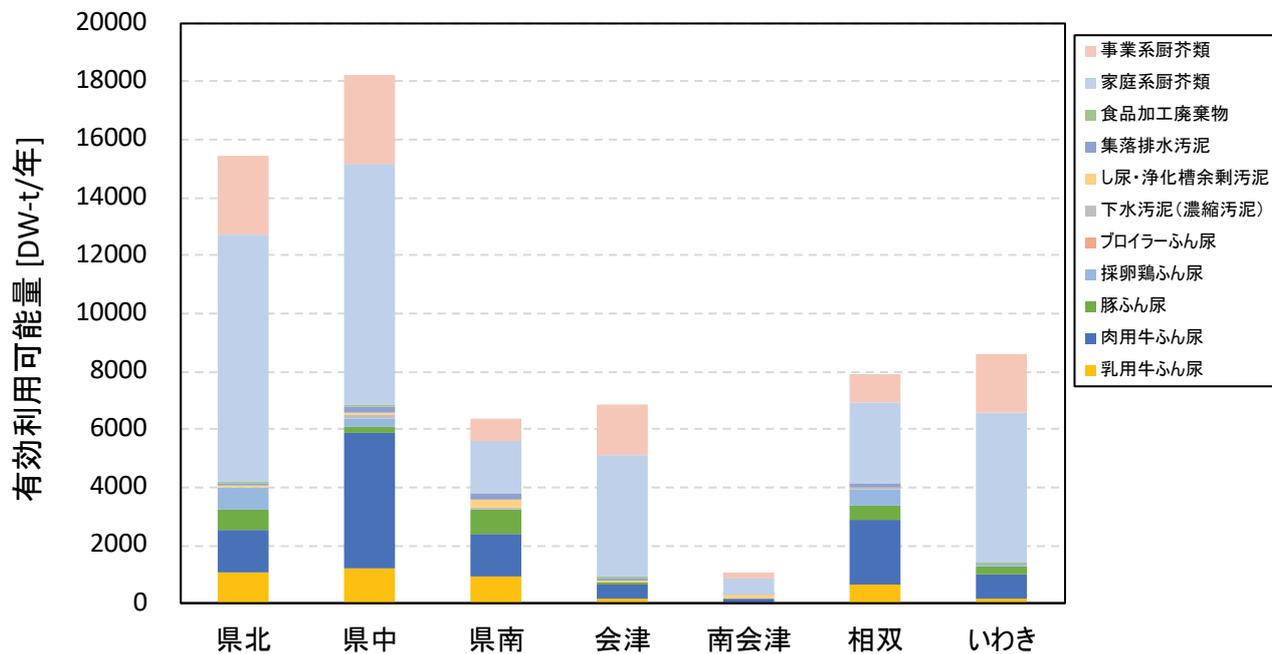


メタン発酵では、多くの微生物によって有機物を分解して、メタンと二酸化炭素を発生する。

福島県の湿潤バイオマス利用可能量



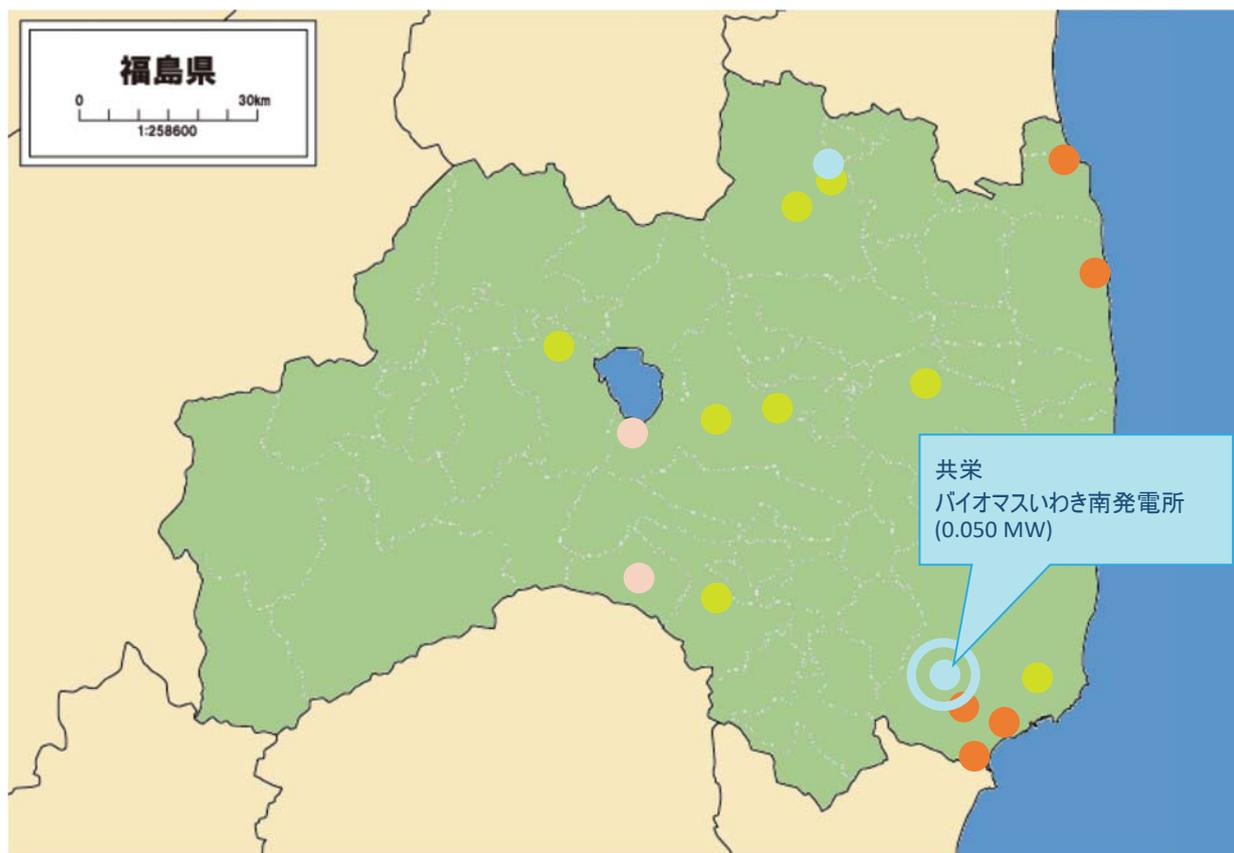
- 事業系厨芥類、家庭系厨芥類、豚ふん尿、肉用牛ふん尿、乳用牛ふん尿など



厨芥類とふん尿の利用可能量は比較的高い

出典: 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が推計した全国のバイオマス賦存量・利用可能量

福島県内の小規模バイオマス発電所



小規模なバイオガス発電所と木質ガス化CHPが新たに導入された。

共栄バイオマスいわき南発電所



プラント1号機



加水分解槽



発酵槽



消化液ろ過装置

加水分解槽・メタン発酵槽にはバイオガス発生率を高めるためメタン菌滞留材が設置されている

板式上下攪拌方式への変更により攪拌消費電力量が70%削減

消化液専用のろ過装置を設置し、ろ過固形物の肥料化、排水の農業利用を想定している



いわきhulaフラ



ガスエンジン



プラント2号機

発酵槽をセメントで作り、断熱性能の改善



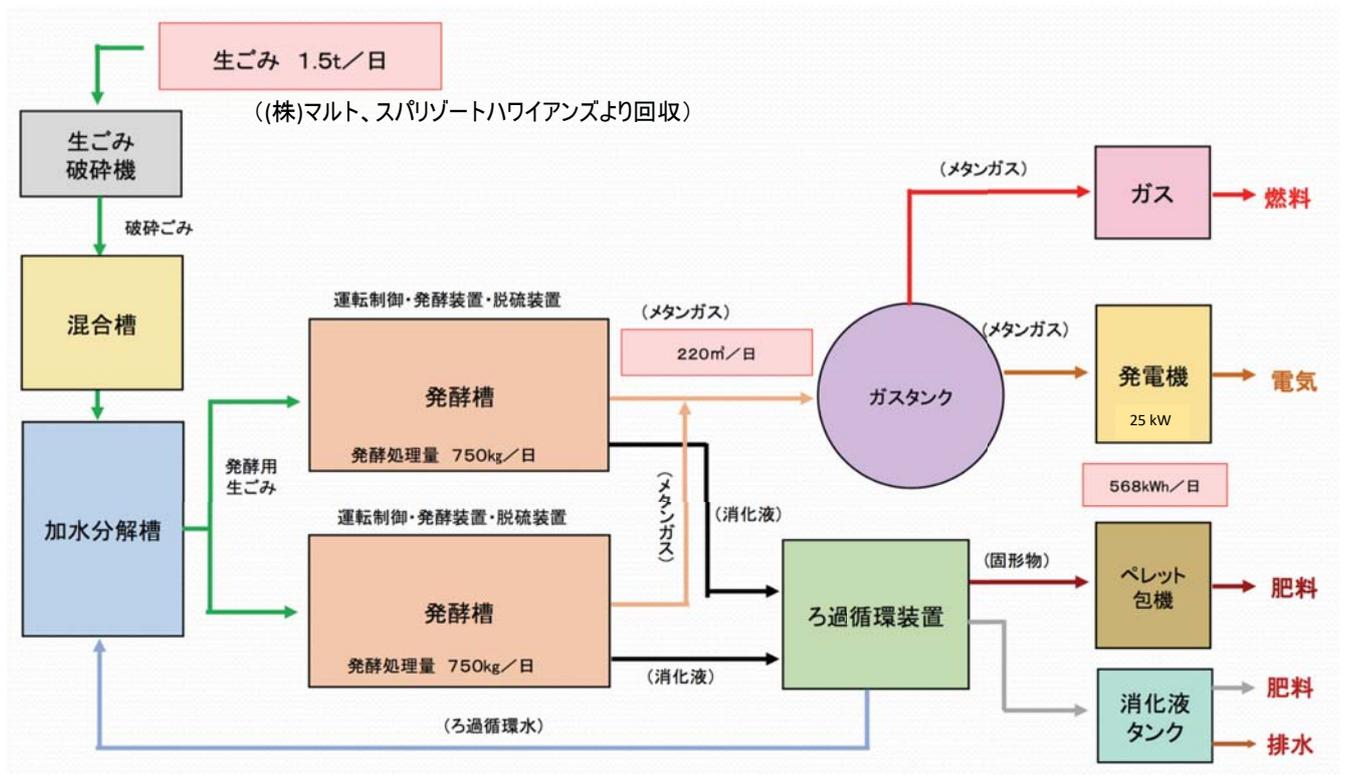
ガスホルダー



消化液貯留

出典：共栄株式会社、ふくしま発 食品残渣メタン発酵システム 事業化ワーキンググループキックオフ会議資料(2017/10/20)

システムフロー図



発酵残渣(消化液)の利活用



様々な発酵残渣の利用および排水処理の方法

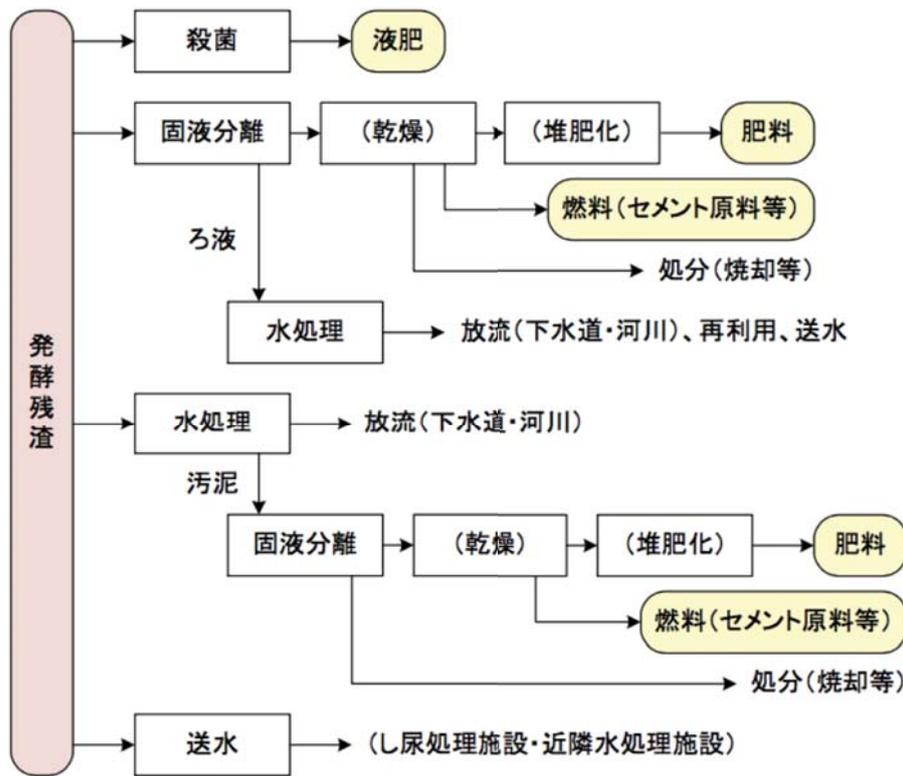


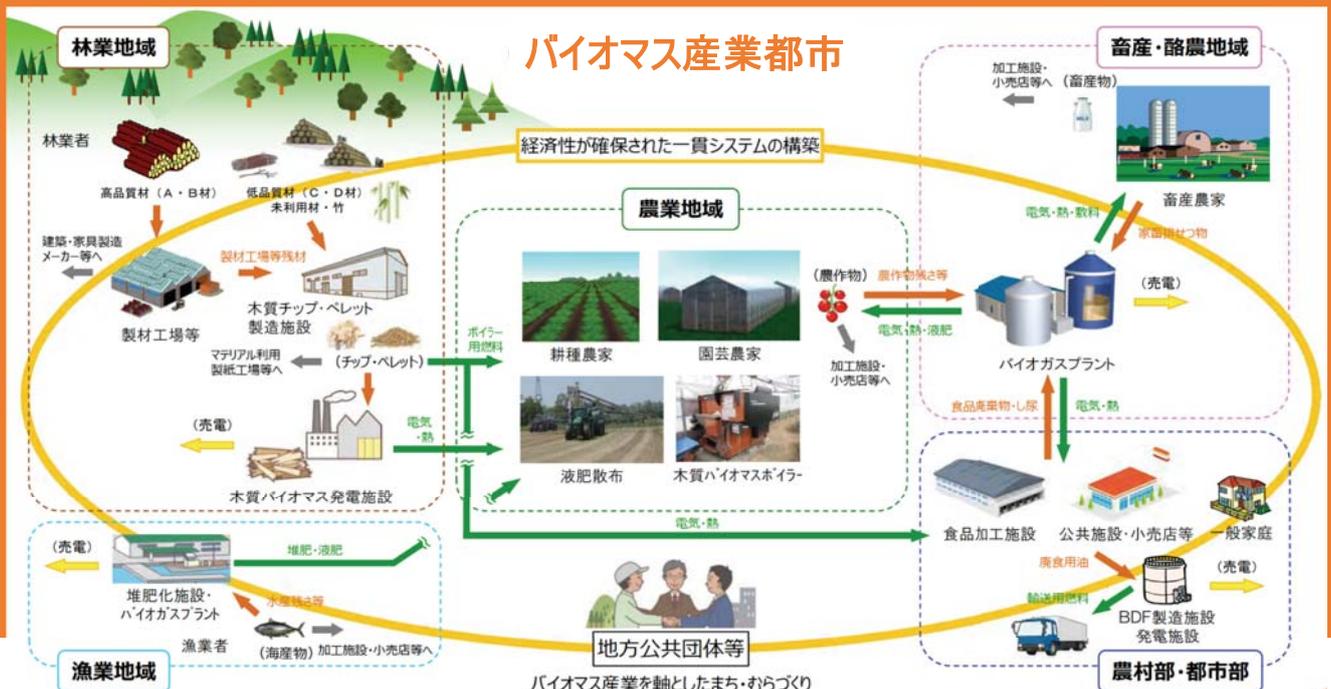
写真-2 C社のスラリースプレッダー

南丹市や大木町において、消化液はスラリースプレッダーによって圃場散布

発酵残渣(消化液)は様々な付加価値化がある

環境省 大臣官房 廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課、廃棄物系バイオマス利活用 導入マニュアル(詳細版)(案)、2016/03

5. 国内のバイオマス導入事例



バイオマス産業都市とは、**経済性が確保された一貫システムを構築し、地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指す地域**であり、関係7府省が共同で選定。
 (※関係7府省：内閣府、総務省、文科省、農水省、経産省、国交省、環境省)

バイオマス産業都市



北海道ブロック (34市町村)

十勝地域 (19市町村)、下川町、別海町<H25①>、釧路市、興部町<H25②>
平取町<H27>、知内町、音威子府村、西興部村、標茶町<H28>
滝上町、中標津町、鶴居村<H29>、稚内市、浜頓別町、幌延町<H30>

北陸ブロック (4市)

新潟県 新潟市<H25①>、十日町市<H28>
富山県 射水市<H26>、南砺市<H28>

近畿ブロック (5市町)

京都府 南丹市<H27>、京丹波町<H28>、
京都市<H29>
兵庫県 洲本市<H26>、養父市<H30>

東海ブロック (3市)

愛知県 大府市<H25①>
半田市<H28>
三重県 津市<H25②>

東北ブロック (10市町村)

青森県 平川市<H28>、西目屋村<H29>
岩手県 一関市<H28>
宮城県 東松島市<H25①>
南三陸町<H25②>
大崎市<H27>、加美町<H28>
色麻町<H29>
山形県 最上町<H27>、飯豊町<H29>

中国・四国ブロック (10市町村)

鳥取県 北栄町<H30>
島根県 奥出雲町<H25②>
隠岐の島町<H26>
飯南町<H27>
岡山県 真庭市、西粟倉村<H25②>
津山市<H27>
広島県 東広島市<H29>
山口県 宇部市<H29>
香川県 三豊市<H25①>

関東ブロック (7市町)

茨城県 牛久市<H25①>
栃木県 茂木町<H27>、大田原市<H29>
群馬県 上野村<H29>
山梨県 甲斐市<H27>
静岡県 浜松市<H25②>、掛川市<H28>

九州ブロック (10市町)

福岡県 みやま市<H26>、宗像市<H27>、糸島市<H28>
佐賀県 佐賀市<H26>
大分県 佐伯市<H26>、臼杵市<H27>、国東市<H28>
宮崎県 小林市<H27>
鹿児島県 薩摩川内市、長島町<H28>

年度別選定地域数 (※市町村数)

H25		H26	H27	H28	H29	H30
1次	2次					
26	8	6	11	16	11	5

※ < >内は選定年度 (①: 1次選定、②: 2次選定)

4

地域熱供給事例1 (山形県最上町)

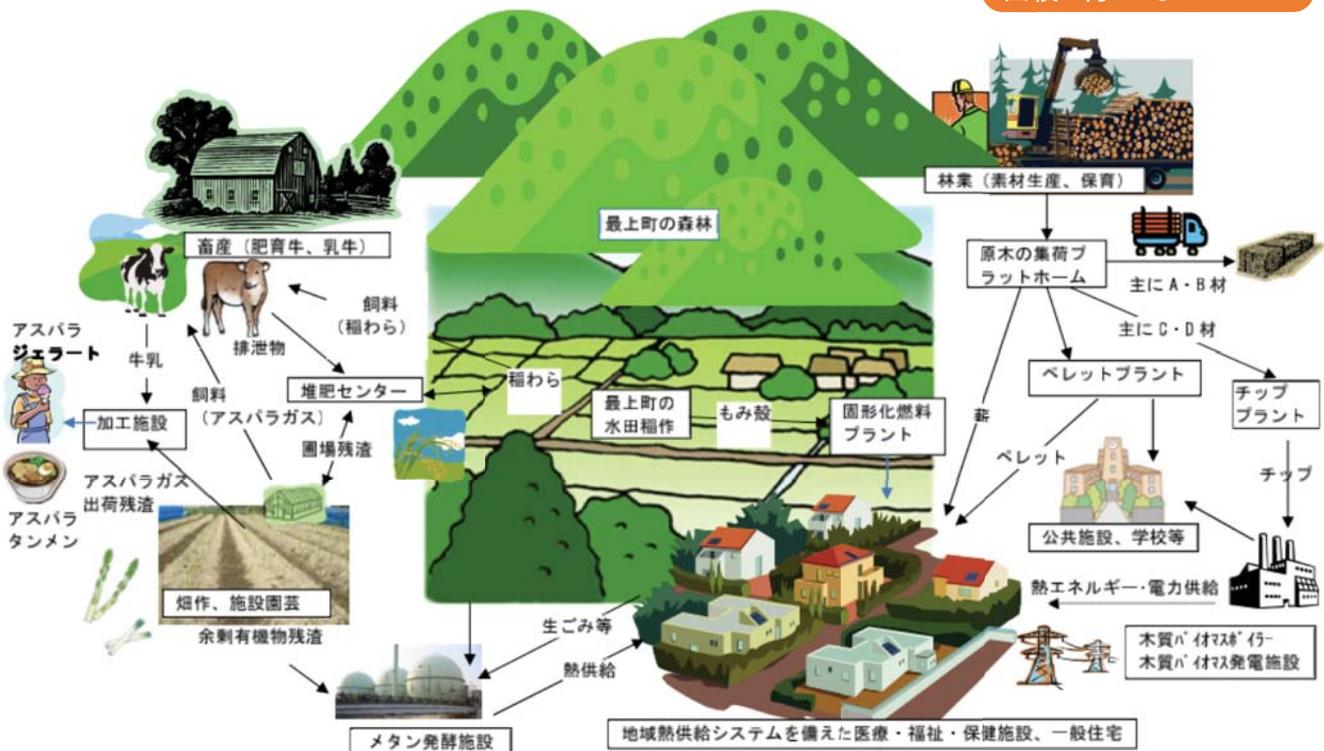


山形県・最上町 (バイオマス産業都市)

山形県・最上町

人口: 約1万人

面積: 約3.3万ha





岩手県・紫波町 オガールタウン

岩手県・紫波町

人口：約3.3万人

面積：約2.4万ha



紫波中央駅前の再開発地域(町役場、商業・宿泊施設、住宅57軒、保育園など)に対しエネルギーステーションからの熱・冷熱を供給。暖房、給湯、冷房用途。

住宅内機能



単発では再エネ化が難しい中小規模熱需要に対し、いくつかの商業用熱需要とともに住宅熱需要を集めるといふ、地域熱供給の本来の意義の構図

出典：山口勝洋、「木質バイオマス熱供給事業 実践と考え方～紫波町オガールを事例に～」シンポジウム点から面へ(2016/4/5)

ご清聴ありがとうございました



ご質問・お問い合わせは、

E-mail : koido@sss.fukushima-u.ac.jp

Website: <http://kkoido5.wixsite.com/biomass>

(福島大学共生システム理工学類研究実験棟506室)

小井土 賢二まで

