

加賀市バイオエネルギー生産地域協議会公募について

加賀市バイオエネルギー生産地域協議会は、平成 21 年度、地域資源利用型産業創出緊急対策事業（農山漁村地域資源有効活用推進事業）に採択された「廃菓子を原料に生産されるエタノールを燃料に適正に DFE ディーゼルエンジンを燃焼させる制御システム」についての公募を、以下の要領で行います。

尚、公募要領の記載するデータ等は参考資料です。

問い合わせ先 加賀市バイオエネルギー生産地域協議会ホームページ

<http://www.kaga-bioenergy.jp>

公募期間 11 月 8 日（月曜日）～11 月 21 日（日曜日）

応募方法 メールにて受付

[info@kaga-bioenergy.jp](mailto:info@kaga-bioenergy.jp)

審査方法 私共の採択要件

①廃菓子を原料に生産されるエタノールと廃食油（6）と軽油（4）を混合した燃料で燃焼する DFE ディーゼルエンジンを、軽油を燃料にした燃焼と同等の電力を発電する為の燃焼制御システムであること

今回の公募は、バイオ燃料を 70%～80%燃焼させた場合、不安定なバイオ燃料によるノッキングの発生が、発電する電気の質を低下させている問題の解決を目的とするものです。

結果は 11 月 25 日（木曜日）

落札者への

公表・連絡 ホームページで公表、メールにて連絡

平成 21 年度地域資源利用型産業創出緊急対策事業

DFE ディーゼルエンジン及び制御システムについて

平成 22 年 11 月 8 日

加賀市バイオエネルギー生産地域協議会

## 目次

1. 目的：趣旨（加賀市バイオエネルギー地域計画書）
2. **DFE** ディーゼルエンジン及び制御システムについて
  - 2-1) 公募要求仕様
  - 2-2) 納品物

## 1. 目的 主旨 (加賀市バイオエネルギー地域計画書)

### 加賀市バイオエネルギー生産地域計画書 (農山漁村地域資源有効活用推進事業)

#### 全体計画概要

事業名 地場食品産業廃棄物および規格外農産物のバイオエネルギー転換とこれを用いた地域農業の活性化

事業者 加賀市バイオエネルギー生産地域協議会

#### 事業概要 事業の背景

20世紀以降、化石燃料の大量消費による大気中の二酸化炭素濃度の増加が地球温暖化の原因となっている。最近120年間の世界および我が国の年平均気温の推移をみると、世界の年平均気温はこの100年間に約0.67℃上昇した。ところが、日本の年平均気温の上昇は約1.1℃で世界のそれを大きく上回っている。本事業案提出者の所在地のある石川県では、県都金沢の年平均気温の上昇はこの100年間に約1.5℃で、これは日本の年平均気温の上昇をさらに大きく上回っている。この20年来これまで豪雪地帯として知られてきた北陸地方でも雪のない正月は普通のこととなり、桜の開花時期が早まって紅葉が遅くなるなど、自然界にも確実に変化が現れている。これらの原因の一端には大気中に増加する二酸化炭素が存在することはもはや疑いない。このまま我々人類が化石燃料の大量消費を続ける限り年平均気温は上昇し、天候不順による凶作や極地の氷の融解による海水面の上昇など、我々の生活に大きな影響を及ぼす自然界の変化が起こる可能性が高い。

我が国において年々増加する二酸化炭素量を削減するためには、石油・石炭などの化石燃料の使用量を減らし、燃焼しても大気中の二酸化炭素が増加しないバイオマス由来エネルギーの使用量を増やすことである。現在、世界中で使用されているバイオマスエネルギー量は“全使用エネルギー量のわずか10%程度”にすぎない。地球上で毎年生産されるリグノセルロース系バイオマスの量は年間10~50×10<sup>12</sup> kgと見積もられ、そのセルロース含有率を40%として計算するとバイオエタノール2.5~12.5×10<sup>9</sup> kL (原油換算で1.5~7.5×10<sup>9</sup> kL)に相当する。2004年度の全世界の原油生産総量が4.6×10<sup>9</sup> kLであったことを考えると、これとほぼ同量のバイオマスエネルギーが毎年地球上で生産されていることになる。

バイオマスエネルギーとしてバイオエタノールが広く知られているが、これ以外にもメタンガスや水素ガスなどのバイオガスとバイオディーゼルがある。前者はガスのため単位重量当たりの体積が非常に大きく保存や取り扱いに難点がある。後者は主として植物や動物由来の油脂を原料とし、エステル交換によって脂肪酸のメタノールエステルとしたもので、主要なバイオマスであるリグノセルロースからは製造できない。これに対して、バイオエタノールは自動車燃料としてそのままか、あるいはガソリンと混合することによって現在我々が使用しているガソリンエンジンに使用可能であること、専用の燃焼装置を使用することによって電気エネルギーへの変換や他の用途への転換も可能であることなども、代替エネルギーとしてバイオエタノールが最適な点である。

リグノセルロース系バイオマスは農山村で発生する農業および林業廃棄物の主成分であり、これらを用いてバイオエタノールを製造することは我が国にとって極めて有益である。しかしながら、リグノセルロースは難分解性物質のリグニンによって被われ、分解してグルコースを得るためには大規模な施設で環境負荷の大きい強酸・強アルカリの存在下で高温・高圧処理を必要とするなどの難点を有する。近年、微生物特に糸状菌由来の高活性のセルロース分解酵素などを使用して温和な条件下での分解なども検討されているが、脱リグニンのために化学的または物理的な前処理が必要であり、残念ながら現段階ではリグノセルロース系バイオマスを原料としたバイオエタノールは、生産コストの面で化石燃料の代替エネルギーとして使用できる状況にはない。

#### 事業の目的と必要性

平成21年9月22日国連本部で開かれた国連気候変動サミットで鳩山首相が地球温暖化防止のために、我が国の二酸化炭素排出量を2020年までに1990年比で25%、2005年比で33.3%の削減を宣言した。また、すでに我が国には1997年の京都議定書で批准した“2010年度までに原油換算で50万kLのバイオ燃料を導入する”という目標があり、これを達成するためにはたとえ小規模であっても早急に各地域で利用可能なバイオマス原料の燃料化を

積極的に推進する必要がある。事業の背景の箇所ですでに触れたが、リグノセルロース系バイオマスは資源の乏しい我が国にも豊富に存在する魅力的なバイオマス資源であるが、バイオエタノールの原料としては現在までのところ実用段階ではない。

本事業案提出者が居住する石川県加賀市は古く藩政時代から和菓子の製造が盛んな土地柄で、現在は、中小規模のメーカーで全国の観光地で販売されている土産用菓子の大部分を製造している。製造時に生じる製造残渣・規格外製品や賞味期限の経過した商品はこれまで産業廃棄物として未利用のまま処理されてきた。これらの廃棄食品の構成成分の約70%が易分解性の糖質・デンプン系物質であり、我々が実験室レベルで行った分解・発酵試験では3日間で6~8%濃度のエタノール発酵液を調製することに成功している。また、加賀市では市民団体と事業者の連携によって家庭および店舗等から排出される生ごみの分別収集体系が確立されており、これを利用することによって、家庭、学校給食、温泉旅館および店舗等から排出される飯・パン類・麺類などのデンプン系廃棄食品を分別収集することが可能である。我々はこれらのデンプン系廃棄食品から、廃棄菓子と同様に6~8%濃度のエタノール発酵液ができることを確認している。我々はまた、農林水産省の委託を受けて行った「平成19年度知識集約型産業創造対策事業取り組み課題新たな産地づくりの推進事業テーマ野菜の豊作時における過剰野菜対策について」では、豊作時の余剰作物がバイオエタノール原料として可能かどうかを検討した。その結果、ニンジン・ダイコン・ゴボウ・キャベツ・タマネギ・キャベツ・サツマイモ・カボチャなどを原料として2~4%のエタノール発酵液を得ることに成功している。農業生産の過程では商品はおろか自家消費の対象にすらならない作物がかなり生じる。また、葉物野菜のブロッコリーやカリフラワーなどの集合花序を食用にする野菜では、肉厚の莖葉部が大量に廃棄されている。これらの有効利用法としてバイオエタノールの原料化も併せて検討する。「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」（食品リサイクル法）は、食品の売れ残り、食べ残し、食品の製造過程において大量に発生する食品廃棄物の発生抑制、減量化を推進することにより最終的に処分される量を減少させるとともに、飼料や肥料等の原材料として再生利用するため、食品関連事業者（製造、流通、外食等）による食品循環資源の再生利用等を促進することを目標として2000年（平成12年）に発令された。しかしながら、2006年度の農水省発表の「バイオマスを最大限に利用する持続可能な地域バイオマスタウンを目指して」において（図2参照）、国内で生じる食品廃棄物の年間総量は2000万トンでこのうち80%は依然として未利用のまま焼却または埋め立て等で処分されていることが報告されている。これに占めるデンプン・糖質系廃棄食品の割合を少なめに10%と見積もって含水率50%を乗じるとこれらに含まれるグルコース量は80万トンとなる。これをエタノール発酵すると40万トンすなわち約50万kLのエタノールが得られ、これは原油換算では31万kLに相当する。

これまでバイオエタノールの利点について述べてきたが、バイオエタノールには製造における問題点がある。それは発酵液のエタノール濃度が高々15~20%程度に過ぎず、これを蒸留によって使用可能な少なくとも95%以上の濃度まで濃縮しなければならない点である。通常蒸留には加熱のためのエネルギー投入が必要であり、ここに化石燃料の使用を必要とする。本事業では発酵液に含まれるエタノールの濃縮に提案者が独自に開発を進めているナノミスト化回収システムを適用する。このシステムは発酵液を専用の機械でナノミスト化することによってエタノールを濃縮するもので、発酵液を加熱・蒸留することなく15~20%のエタノール発酵液から70%以上の濃度にエタノールに濃縮できることを実験的に確認している。ここで得られた70%以上のエタノールを燃料に、ビニールハウス暖房システムを構築して寒冷期の栽培での利用や発電機の燃料などに使用する。このシステムは、将来主要なバイオエタノールの原料となるリグノセルロース系バイオマスについても同様に応用される。したがって、以上の点から糖質・デンプン系廃棄食品からバイオエタノールを製造することは廃棄食品などの未利用バイオマスの有効利用であるばかりか、難度の高いリグノセルロース系バイオマスのバイオエタノール転換の実現に向けて確立すべき技術である。

本事業の目的は、加賀市の地場食品産業で生じる食品廃棄物からバイオエタノールを製造し、これを農業用エネルギーとして用いることによって地域農業の活性化を行うことである。また、本事業は未利用の食品廃棄物の有効利用のみならず、鳩山政権下で宣言された我が国の二酸化炭素排出量を2020年までに1990年比で25%、2005年比で33.3%の削減を達成するために貢献し、その社会的必要性も極めて大きい。

## 実証事業

形態：地場食品産業から排出される糖質・デンプン系食品廃棄物からのバイオエタノール生産および地域農業対応型バイオエタノールエンジンの開発

### a. 再資源化原料の回収

#### 初年度

- (1) モデルとなる地場の和菓子製造業者の工場（1～2か所）に可動式発酵装置を設置して、当該工場から排出される製造残渣・製造規格外品ならびに賞味期限経過商品を原料として3日間発酵を行う。発酵液は「なっば会」が定期的に回収し、70～80%程度まで濃縮後ボイラー燃料や発電機の燃料等に使用する。発酵残渣は乾燥後飼料原料として地域の家畜生産農家に販売する。
- (2) 商品として出荷できない規格外の農産物および収穫前後に生じる茎葉部などの農産廃棄物を回収し、「なっば会」に設置した可動式発酵装置を用いて発酵を行う。

#### 次年度以降

初年度の成績を勘案しながら

- (1) 可動式発酵装置を複数の地場の和菓子製造業に有料で貸し出し、製造規格外品および賞味期限経過商品の発酵を行う。発酵液は「なっば会」が定期的に回収し、70～80%程度まで濃縮後ボイラー燃料や発電機の燃料等に使用する。発酵残渣は乾燥後飼料原料として地域の家畜生産農家に販売する。
- (2) 加賀市ではすでに地域ぐるみの食品リサイクルに取り組んでおり、婦人会による廃油回収システムなどが構築されている。これは市内の小・中学校の学校や温泉旅館にも反映し、給食や食事の食べ残しの分別等も効率的に行われている。これらの地域で分別回収された白飯・パン・麺類などの糖質・デンプン系食品廃棄物を一括回収して「なっば会」に設置した可動式発酵装置を用いて発酵を行い、バイオエタノールの製造を行う。

### b. エタノール発酵

エタノール発酵は、回収した糖質・デンプン系廃棄物に含まれるグルコース換算で30%になるように水を投入後、デンプン糖化酵素および酵母を添加して35℃で3日間発酵を行う。実証事業と並行して実験室レベルで使用する酵母のスクリーニングを行い、エタノール耐性の高い菌株を選択してより高濃度のエタノール発酵液の調製を試みる。

### c. エタノールの濃縮および燃焼

我々が独自に開発しているナノミスト化回収システムの性能と燃焼システムの燃焼効率の向上に向けてさらなる検討を行う。

### d. 再資源化商品の利用・販売

「なっば会」では、生産したバイオエタノールを自前の農業用ビニールハウス栽培の熱源として使用する。ビニールハウス栽培を行わない時期は発電機の燃料として使用する。余剰分については燃焼システムと併せて他者への販売を検討する。発酵残渣は固液両者について養豚業の飼料原料として、地域の養豚事業者等に販売する。

### e. 事業評価

化石燃料の代替えとしてバイオ燃料を使用した場合、排出権が生じる。今回の事業では、生産したバイオエタノール量に応じて削減される「温室効果ガス量」を国内排出権として商品化し、これを販売して得た収益をもって事業評価とする

## 2. DFE ディーゼルエンジンおよび制御システムについて

- ①DFE ディーゼルエンジンではガソリンエンジンに存在する吸入空気量の制限が無いいため流入する空気量が多く、この空気流入負圧を利用してバイオマス燃料（エタノール・廃食油由来ディーゼル燃料など）を吸入ポートへ噴射する。
- ②高圧縮によってシリンダー内は高温となるが、セタン価の低いエタノール単独では着火し難いため、高セタン価の廃食油由来ディーゼル燃料が先ず着火し、これにエタノールミストを空気と一緒に吹き込み燃焼させる。
- ③ガソリンと類似の性質を有するエタノールの引火温度は 13℃と低い、自己着火温度は 515℃と高いためガソリンエンジンにおけるプラグ火花電極による着火は困難である。したがってエタノールを DFE エンジンの燃料にするためには、廃食油などや軽油等の自己着火温度の低い燃料を燃焼させる必要がある。
- ④我々はこれまでに上記（①～③）の燃焼構成で、木を炭化したときに発生する木タールが木質バイオガスと一緒にエンジンに吹き込まれエンジン内に付着してエンジンが止まるなどの問題で従来のエンジンでは燃焼困難であった木質バイオガスの燃焼を DFE エンジンで解決した。
- ⑤今回の技術実証は、木タールを燃焼させた経験を生かし水分を含む 70～80%バイオエタノールを燃料として最適な燃焼状態を得るための DFE エンジンの制御システムを構築することである。燃料組成から最適燃焼を予測し、各燃料調節弁と空気調節弁を作動するシステム制御方式を開発する。

### 2-1 公募要求仕様

#### 1.ソフトウェア仕様（DFEエンジンの制御アルゴリズム）

##### （1）概要

エタノールを気化させる装置（＝沸騰槽）があり、濃度が 0～100%の間で動的に変化するエタノールの気体を生成している。

これをDFEエンジンの吸気ポートの直前に設置してあるミキサーにて空気と混合し、軽油を火種にして燃焼させる。

軽油をなるべく消費せずに運転するためのECUのアルゴリズムを開発する。

##### （2）要求仕様

- ・DFEエンジンの負荷は秒単位でかつ、0～100%の間で変化する。
- ・エタノール気体の濃度は秒単位でかつ、0～100%の間で変化する。
  
- ・エタノール気体の濃度、エンジンの負荷の変動にかかわらずDFEエンジンは 1800 r p mにて定速運転すること。
  
- ・エタノールのエネルギー比率は70%以上とする。

- ・DFEエンジンの回転ムラは5%未満。

## 2.H/W仕様（ECUが制御する主なH/Wの仕様）

### （1）ECUが制御するH/W

- ・エタノール沸騰槽への給湯弁  
エタノールを気化させる装置。DFEエンジンから冷却水が供給されている。
- ・ミキサー（混合比制御）  
DFEエンジンの吸気ポートの直前に設置された気体のミキシング装置。  
ここでエタノール気体と空気を任意の割合で混合する。
- ・DFEエンジンのアクチュエーター  
DFEエンジンのアクセル開度を制御するための駆動装置。

### （2）制御内容

- ・エタノール沸騰槽への給湯弁  
エタノール沸騰槽の温度が一定になるように流量を制御する。
- ・ミキサー  
エタノール気体と空気の混合比をECUが制御する。
- ・DFEエンジンのアクチュエーター  
エタノール気体の熱量やDFEエンジンの負荷量によってDFEエンジンにはばらつきが生じるおそれがある。回転数が許容範囲から逸脱した場合、もしくは逸脱しそうになった場合には、このアクチュエーターを制御して回転ムラを1800rpm±5%に制御する。

以上

上記に関しては、製作事前に担当者と綿密な打ち合わせを行い、製作承認を得ること。

## 2-2 納品物

DFEディーゼルエンジン燃焼制御システム