第3回　つくば3E フォーラム会議

報　告　書

2009年8 月 8 日（土）
つくば国際会議場

Environment
Energy
Economy
TSUKUBA

つくばスタイル

Photo by Tomoyuki Hayashi / Design by Liu Junfeng

第 3 回　つくば 3E フォーラム会議
報　告　書

2009 年 8 月 8 日（土）

つくば国際会議場

主催：　つくば 3E フォーラム委員会(筑波研究学園都市交流協議会), 筑波大学,
つくば市, 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（JST/CREST）
後援：　産業技術総合研究所, 国立環境研究所, 物質・材料研究機構,
農業・食品産業技術総合研究機構, 茨城県

第 3 回つくば 3E フォーラム会議を終えて

井上　勲　（つくば 3E フォーラム議長）

第 3 回を迎えたつくば 3E フォーラム会議が 8 月 8 日につくば国際会議場で開催されました。第 1 回、第 2 回会議と比べると小さな会合でした。第 3 回をどのような会議にするか、事務局、委員会で議論をしてきた結果です。2007 年の第 1 回は、難産の末誕生した 3E フォーラムのキックオフという位置づけでした。世界と日本の環境、エネルギー、経済(3E)問題の現状と、つくばができることについて共通理解を深める会議でした。第 2 回は、市民のみなさんにも参加を呼びかけ、環境エネルギー問題に取り組む世界の都市の活動に学び、そして課題ごとのワークショップを通じて、つくばが具体的に実現できることを議論し、方向性を打ち出しました。

第 2 回会議以降、つくば 3E フォーラムでは、タスクフォース(TF)を再編して活動してきました。太陽エネルギー、バイオマスエネルギー、都市構造・交通、エネルギーシステム評価の 4 つの TF が活動しています。第 3 回会議では、TF の活動の具体的な結果を打ち出さなければならないという思いがありました。TF は、活動の開始や進行状況に差があり、残念ながら全体を統合して議論する段階に至っておりません。進展のあった TF が随時会議を開催し、情報を提供、共有していくことが重要との認識に至りました。しばらくは、このような形で、会議やシンポジウム、セミナー等を開催していきたいと思います。全体が進行し、統合を目指す議論ができるようになれば、第 1、2 回と同様、総合的な会議を開催したいと思っています。

今回のフォーラム会議のテーマは、バイオマス TF の活動の一つとして、筑波大学が中心に進めている藻類オイルにしました。この一年あまり、食料と競合しない第三世代のバイオマスとして藻類が注目を集めるようになりました。今年 1 月には、米国で 50%の藻類オイルを含むジェット燃料を使ってジャンボジェット機が飛びました。世界各国の研究がメディアで紹介されています。そこで、世界の主要な藻類エネルギーの研究者、行政担当者を招聘し、つくばで進行している研究を含めて情報を共有し、また将来の国際的共同研究の可能性を議論することにしました。国際シンポジウムとして開催した藻類エネルギーのセッションは、産業界からの参加者を含めて、予想以上の数の聴衆を集めました。活発な議論が交わされ、藻類エネルギーの活用が国際的な大きなうねりになっていることを実感しました。研究の方向は正しいと確信させるシンポジウムになったと思っています。

一方、つくば市では、昨年からの一年あまりをかけて、大学、研究機関、市民団体、産業界の代表が一堂に会して、つくば環境スタイル行動計画の具体案を作る作業が行われ、パブリックコメントを経て 7 月に最終案が正式に承認される見通しでした。3E フォーラムは、独自の研究開発を志向するだけでなく、つくば市の環境都市の構築に協力する立場でもあります。そこで、第 3 回会議のテーマを検討する段階で、つくば市のつくば環境スタイル行動計画をもう一つのテーマとする案が浮上しました。そこで、つくば市環境都市推進委員会による行動計画の概要説明と市民のみなさんとの対話をテーマとしたパネルディスカッションを行うことにしました。つくば市を構成する、学生さんを含むさまざまなセクターのパネリストから行動計画に対する意見をいただき、会場との間で活発な質疑が行

われました。時間が不足して十分議論を深めることができなかったと反省していますが、一方で、つくば 3E フォーラムが、さまざまな立場の方々が忌憚なく意見を披露し、議論できる場になっていることを感じさせました。

米国のオバマ大統領の就任、鳩山政権の誕生、そして 12 月の COP15 を控え、世界も日本も環境エネルギー問題を解決する方向に大きく舵を切り、大きな目標を掲げて取り組もうとしています。改めて、つくば 3E フォーラムの存在意義が問われているといえます。海外からの共同研究、活動の申し入れもあります。今後、タスクフォースの活動のさらなる活性化を図り、つくばでの研究開発を強化すると同時に、国内外との協力関係の可能性についても検討していきたいと思っています。

目　次

第 3 回つくば 3E フォーラム会議を終えて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

第 1 部　　　記録・資料

はじめに ・・・7

プログラム ・・8

午前の部：　　「つくば環境スタイルの全体像

「つくば環境スタイル」概要スライド ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

「つくば環境スタイル」概要紹介 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19

ポスター・展示　発表要旨 ・・23

午後の部：藻類燃料の開発に関する最新の国際動向を探る

講演要旨 ・・・31

参加者リスト ・・41

第 2 部　　　講演録・講演スライド ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・47

午前の部：

- オープニングセッション ・・・49
- 「つくば環境スタイル」概要説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・53
- 「つくば環境スタイル」に関するパネルディスカッション（総合討論） ・・・・・・・・・・・・・・60

午後の部：

✧ 『Microalgae for Production of Bulk Chemicals and Biofuels』 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・72
（バイオ燃料及びバルク化学物質生産のための微細藻類）
Rene Wijffels

✧ 『Large-Scale Production of Microalgae for Biofuels 』 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・76
（生物燃料としての微細藻類の大規模生産）
Bryan Willson

✧ 『Possibility of Algal Lipids as Industrial Ingredients』 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・89
（藻類脂質の工業原料としての可能性）
彼谷邦光

✧ 『Challenges and Opportunities for Biodiesel from Algae: ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・93
Approaches by CSIRO, Australia』
（藻類からのバイオディーゼルへの挑戦と機会－オーストラリア国立
自然科学産業研究機関（CSIRO）からの提案－）

Susan Blackburn
✧ 『Algal Fuel Research in Korea』 ・・・103
（韓国における藻類燃料研究）
Ji-Won Yang
✧ 『Biofuels Research and Development – An Overview of the U.S. ・・・・・・・・・・・・・・・108
Department of Energy Office of Biomass Program – 』
（バイオ燃料の研究開発－米国エネルギー省バイオマス計画部の概要－）
Joyce C Yang

第１部

記録・資料

はじめに

つくば 3E フォーラム会議は 2007 年 10 月に発足しました。筑波大学と筑波研究学園都市の研究機関、行政が連携してさまざまな課題について取り組むことにしたものです。大学、研究機関のトップが筑波研究学園都市における連携の推進に Go サインを出した結果実現したもので、当時の学長、理事長の方々のご決断に今も感謝しています。3E フォーラムでは、喫緊の課題として環境とエネルギー問題に関する連携研究・開発を主要な対象に設定し、タスクフォースを設置して活動してきました。たった 2 年足らずのことですが、関連してさまざまな動きがありました。3E フォーラムの活動との連携を前提に、つくば市が環境モデル都市に立候補してくださいました。国内、世界に普及できる環境都市つくばモデルの創出を謳った提案書の策定には、大学、研究機関の研究者が結集し、つくば市と協力して作業が進められました。残念ながらすでに省エネ、環境活動に実績のある自治体だけが採択されましたが、将来を見つめた夢のある提案だったと思っています。なによりも、つくばにおける協働、連携の気運を生みだしたのは、つくば市の賞賛すべき功績だと思います。この活動から、つくば市環境都市推進委員会が生まれました。大学、研究機関はもとより、産業界、市民の代表が参加する委員会で、課題ごとに分科会を設置して検討を重ねました。今年 3 月につくば市環境スタイル行動計画が完成し、パブリックコメントを経て、正式に提案されました。つくば市の今後の環境政策を大きく進めるこの行動計画に、大学、研究機関、産業界、市民、そしてつくば市の人口の 1 割を占める学生、大学院生がどのように関わり協働していくか、それを第 3 回フォーラム会議のテーマに設定しました。積極的な議論が展開されることを期待しています。

第 3 回会議のもうひとつのテーマは、藻類燃料です。バイオマスタスクフォースの活動の一つとして、藻類が産生するオイルを実用のレベルまで高めようという研究が進められています。今年 1 月に、藻類燃料 50%を含むジェット燃料を用いてジャンボが飛びました。藻類が作るオイルの可能性に世界中で注目が集まっています。おりしも東京で国際藻類学会議が開催され、各国から多くの藻類研究者が来日していることから、国際会議として開催することにしました。藻類燃料の研究の現状、実用化の可能性について情報を共有し、将来の共同研究や国際的な連携の可能性を議論したいと思います。専門的な議論が中心にはなりますが、市民、学生の皆さんにも聞いていただきたいと、同時通訳をつけました。つくば 3E フォーラムがどんな研究を進めているか、その一端をごらんいただけると思いますので、こちらにもぜひご参加いただきたいと思います。

2009 年 8 月 8 日

つくば 3E フォーラム会議　議長

井上 勲

プログラム

第3回つくば3Eフォーラム会議では、つくば環境スタイルについて多くの市民の方々と意見交換　を行うとともに、藻類燃料の発展性と国際的な動向を探ります。

午前の部:

10:00-10:30　**オープニングセッション**

つくば3Eフォーラム議長
筑波研究学園都市交流協議会議長
つくば市長
筑波大学長

10:30-11:00　**『つくば環境スタイル』 概要説明**

コンビーナー: 本位田　市長公室長(つくば市)
松本　環境都市推進室長 (つくば市)

『つくば環境スタイル』行動計画が本年3月につくば市で策定され、パブリックコメントの受付も完了しました。このシンポジウムでは、この提言を如何に実現するかについて検討します。

11:00-12:00　**『つくば環境スタイル』に関するパネルディスカッション(総合討論)**

司　　会:　井上　勲(筑波大学　学長補佐)

パネリスト:　柚山義人
(農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究所
資源循環システム研究チーム　チーム長)
作田宏一
(産業技術総合研究所　国際部部長)
上坂克巳
(国土技術政策総合研究所　道路研究部　道路研究室長)
宮澤伸一
(つくばエコライフフレンズ代表)
世一英俊
(株式会社間組　技術環境本部　研究所長)
白岩善博
(筑波大学大学院　生命環境科学研究科　教授)
熊谷　現
(筑波大学院生;つくば3Ecafe プロジェクトチーム代表)
本位田　拓
(つくば市　市長公室長)

12:00-13:30　**ポスターセッション　&　展示**

私たちの地域や生活を、環境への負荷が少なくて安全・安心なものにするには、どうしたらよいでしょう？　つくば市およびその周辺での環境改善活動，環境教育，環境・エネルギー技術，環境政策などに関する先進的な取り組みやアイデアを紹介します。

P-1　つくば環境スタイル
P-2　STOP！地球温暖化
P-3　3Ecafe　プロジェクトチーム　活動報告
P-4　大学の環境教育のネットワーク構築の試み2
－筑波学際環境教育セミナー　「我が学問と環境教育」(TIEES)－
3Eフォーラム設立後の動向
P-5　ジオネットワークつくば
P-6　バイオマス利活用の実証研究
P-7　バイオエタノール生産のためのモミの全粒糖化発酵法の最適化
P-8　URの環境配慮まちづくりの取り組み
P-9　廃食油そのままキャンドル
P-10　ひまわりのまちつくばプロジェクト
P-11　水田土壌のカドミウム汚染対策
・・・水田土壌活性材「土の生命(いのち)」
P-12　環境メタボノミクスの技術開発
P-13　植栽不能地の利用を目指した耐塩性遺伝子組換え植物の開発
P-14　低炭素な技術開発の探検地図
P-15　エコの木プロジェクト
P-16　高効率LED照明
P-17　ロケット開発で培われた最先端の断熱技術を、暮らしの中へ
P-18　地中熱利用を知ってますか

午後の部:

国際シンポジウム
『藻類燃料の開発に関する最新の国際動向を探る』
(使用言語: 英語, 同時通訳有り)

コンビーナー: 井上 勲 教授・渡邉 信 教授 (日本 筑波大学)

本シンポジウムでは、米国・オランダ・オーストラリア・日本・韓国・中国の各国での藻類燃料研究及び科学技術政策の情報交換をおこない、将来の共同研究の可能性を探ります。

13:30-14:00 **『Microalgae for Production of Bulk Chemicals and Biofuels』**
(バイオ燃料及びバルク化学物質生産のための微細藻類)

Rene Wijffels 教授 (オランダ ワーゲニンゲン大学)

14:00-14:30 **『Large-Scale Production of Microalgae for Biofuels 』**
(生物燃料としての微細藻類の大規模生産)

Bryan Willson 教授 (アメリカ コロラド州立大学)

14:30-15:00 **『Possibility of Algal Lipids as Industrial Ingredients』**
(藻類脂質の工業原料としての可能性)

彼谷邦光 教授 (日本 筑波大学)

15:00-15:20 コーヒーブレイク

15:20-15:50 **『Challenges and Opportunities for Biodiesel from Algae: Approaches by CSIRO, Australia』**
(藻類からのバイオディーゼルへの挑戦と機会ーオーストラリア国立自然科学産業研究機関(CSIRO)からの提案ー)

Susan Blackburn 博士 (オーストラリア CSIRO)

15:50-16:20 **『Algal Fuel Research in Korea』**
(韓国における藻類燃料研究)

Ji-Won Yang 教授 (韓国科学技術研究所)

16:20-16:50 **『Biofuels Research and Development - An Overview of the U.S. Department of Energy Office of Biomass Program - 』**
(バイオ燃料の研究開発 ー米国エネルギー省バイオマス計画部の概要ー)

Joyce C Yang 博士 (アメリカ エネルギー省)

16:50-17:40 **『General Discussion』**
(総合討論)

座長: 渡邉 信 教授 (日本 筑波大学)

目 次

午前の部

つくば環境スタイルの全体像

『つくば環境スタイル』概要スライド

『つくば環境スタイル』概要紹介

ポスター・展示セッション

P-1　つくば環境スタイル
P-2　STOP！地球温暖化
P-3　3Ecafe プロジェクトチーム 活動報告
P-4　大学の環境教育のネットワーク構築の試み2
－筑波学際環境教育セミナー 「我が学問と環境教育」(TIEES)－
3Eフォーラム設立後の動向
P-5　ジオネットワークつくば
P-6　バイオマス利活用の実証研究
P-7　バイオエタノール生産のためのモミの全粒糖化発酵法の最適化
P-8　URの環境配慮まちづくりの取り組み
P-9　廃食油そのままキャンドル
P-10　ひまわりのまちつくばプロジェクト
P-11　水田土壌のカドミウム汚染対策
・・・水田土壌活性材「土の生命(いのち))」
P-12　環境メタボノミクスの技術開発
P-13　植栽不能地の利用を目指した耐塩性遺伝子組換え植物の開発
P-14　低炭素な技術開発の探検地図
P-15　エコの木プロジェクト
P-16　高効率LED照明
P-17　ロケット開発で培われた最先端の断熱技術を、暮らしの中へ
P-18　地中熱利用を知ってますか

午後の部

藻類燃料の開発に関する最新の国際動向を探る

Microalgae for Production of Bulk Chemicals and Biofuels
（バイオ燃料及びバルク化学物質生産のための微細藻類）
Rene Wijffels 教授 （オランダ ワーゲニンゲン大学）

Large-Scale Production of Microalgae for Biofuels
（生物燃料としての微細藻類の大規模生産）
Bryan Willson 教授 （アメリカ コロラド州立大学）

Possibility of Algal Lipids as Industrial Ingredients
（藻類脂質の工業原料としての可能性）
彼谷邦光 教授 （日本 筑波大学）

Challenges and Opportunities for Biodiesel from Algae:
Approaches by CSIRO, Australia
（藻類からのバイオディーゼルへの挑戦と機会－オーストラリア国立自然科学産業研究機関（CSIRO）からの提案－）
Susan Blackburn 博士 （オーストラリア CSIRO）

Algal Fuel Research in Korea
（韓国における藻類燃料研究）
Ji-Won Yang 教授 （韓国科学技術研究所）

Biofuels Research and Development - An Overview of the U.S. Department of Energy Office of Biomass Program -
（バイオ燃料の研究開発 －米国エネルギー省バイオマス計画部の概要－）
Joyce C Yang 博士 （アメリカ エネルギー省）

パネルディスカッション 司会者紹介
渡邉 信

「つくば環境スタイル」概要スライド

つくば環境スタイル

地球温暖化対策の世界的な高まり

- 地球温暖問題の顕在化による世界中での対策強化
- 日本の提唱「2050年までに世界全体のCO_2排出量半減」

つくばの特徴

- CO_2削減のための研究開発や技術の集積
- モデルにふさわしい田園都市
- つくばエクスプレス沿線の新しいまちづくり

つくば環境スタイル

つくば３Eフォーラム

連携による低炭素なエコシティつくばモデルの構築が目標

第１回３Ｅフォーラム
『2030年 つくばの二酸化炭素排出50%削減を目指す』
【つくば３Ｅ宣言2007：2007年12月】

→ 国の温室効果ガス削減中期目標（2020年）
15%削減 に結実

第２回３Ｅフォーラム
『海外先進都市（ポートランド・フライブルクなど）と連携した国際フォーラム』
【2008年５月】

→ 国の低炭素都市推進協議会の活動
国際セミナーのモデル
2008年12月実施

つくば環境スタイル

つくば市環境都市推進委員会

市民，企業，大学・研究機関，行政で構成する推進組織
３４名（大学：5名　研究機関：10名　市民（NPO）・企業：15名　行政：4名）

つくば市環境都市推進委員会メンバー

所属機関	人数	所属機関	人数
筑波大学	5名	つくば市谷田部農業協同組合	1名
(独)物質・材料技術研究機構	1名	つくば市農業協同組合	1名
(独)産業技術総合研究所	3名	つくば市工業団地企業連絡協議会	1名
(独)国立環境研究所	2名	UR都市機構・茨城地域支社	1名
国土交通省　国土技術政策総合研究所	1名	首都圏新都市鉄道（株）	1名
(独)農業・食品産業技術総合研究機構	3名	関東鉄道（株）	1名
(社)つくば青年会議所	1名	筑波研究学園都市交流協議会	1名
つくば市商工会	1名	オルガノ（株）	1名
アースデイつくば実行委員会	1名	日本電気（株）	1名
東京電力（株）	1名	茨城県	1名
筑波学園ガス（株）	1名	つくば市	3名
関彰商事（株）	1名	合計	34名

つくば環境スタイル　「提唱」

つくば環境スタイル

コンセプト

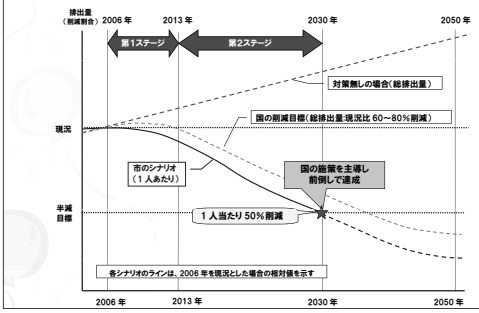
市民,企業,大学・研究機関,行政協働の実践体制
CO_2削減の革新技術の開発・実証実験
→ 統合 → つくば環境スタイル → 国内・世界へ発信

削減目標

現状 8.31t/人（年間）
→ 2030年 つくばの排出量を半減
→ 2050年 世界の排出量の半減に貢献

つくば環境スタイル

削減シナリオ



つくば環境スタイル

つくばのCO_2排出量の現状

「つくば市の人口一人あたりの二酸化炭素排出量」 **約 8.3t**

（2006年10月1日現在 人口 約20万3千人で算出）

*民生(業務部門)の割合が非常に高い
大学や公的研究機関の排出が要因

*産業部門が低い(全国平均の1/4程度)

部門		排出量（t-CO_2）	割合（%）
産業部門		155,726	9.3
民生	家庭部門	330,079	19.7
	業務部門	898,438	53.5
運輸部門		270,209（うち自動車：266,423）	16.1
廃棄物部門(廃プラ)		24,468	1.5
合計		1,678,920	100.0

表1 つくば市における部門別排出量と構成比(H18)

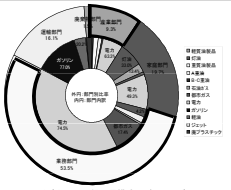


図1 つくば市のCO2排出量構成及びエネルギー内訳

つくば環境スタイル

つくば環境スタイル行動計画

5年以内に具体化する事業

つくばの二酸化炭素半減に向けて ＜2030年＞

目標(2009年～2013年)

Ⅰ 研究機関の集積と田園都市環境を活かした実証フィールドをつくる

Ⅱ 全員参加と協働を基本とした取り組みを推進する

Ⅲ 環境意識の高揚を図る

つくば環境スタイル

4つの柱とＰＤＣＡサイクル

国内・世界への発信
（世界全体の二酸化炭素排出量削減への貢献）

つくば環境スタイル

環境教育 | 交通体系 | 田園空間 | 実験タウン

協働による統合的な実施 ― 全51施策

『つくばのPDCAサイクル』
大学・研究機関によるモニタリング・評価・見直し

つくば環境スタイル

環境教育　施策一覧（14施策）

施策の方向	具体の施策	実施施策	プロジェクト
制度・システムの整備	学校環境教育プログラムの構築	幼稚園，小・中学校への環境カリキュラムの導入	環境教育カリキュラムの作成
			環境にやさしい料理教室の実施
			つくばIEC運動（改革・環境保護・地域社会）
	市民・企業参加型環境教育プログラムの構築	省エネルギーに対する啓発	一人一環境協力宣言（1人1日1kg削減20万人運動）（つくば市ホームページを利用した環境情報の周知）
			３R・ゴミ削減運動への理解・参加への啓発
			省エネルギーに対する理解の啓発
			つくばエコ大学院の創設
		環境配慮型企業への理解・啓発	ISO14001等環境認証取得の推奨（環境に配慮した事業者の育成）
			カーボンフットプリントの表示，制度の普及
			グリーン商品の購入推進
	環境情報発信施設の整備	つくば環境スタイルセンターによる情報収集と発信	つくば環境スタイルセンターの活用（情報発信・収集）
			環境イベントへの理解・参加への啓発（つくば環境スタイルツアーの実施）
			環境・地球温暖化対策等に関する計画の策定と周知
			茨城県次世代エネルギーパークの利用

つくば環境スタイル

つくば環境ＩＥＣ運動

学校から家庭へとエコアクション

各学校で「環境方針」をつくり行動する

家庭へ効果を拡大

I=improvement(インプルーブメント)：**改善**
E=environment(エンヴィロメント)：**環境保護**
C=community(コミュニティ)：**地域社会**

つくば環境スタイル

一人一日環境協力宣言
（１人１日１kg削減20万人運動）

1人1日1kgのCO2削減を宣言・実践する人を募集

温度調整で減らそう
- □ 冷房の設定温度を2℃度から2℃度に2℃度高くする。（83ｇ削減）

水道の使い方で減らそう
- □ 風呂のお湯を利用して身体や頭を洗い，シャワーを使わない。（371ｇ削減）
- □ シャワーの使用時間を１日１分短くする。（74ｇ削減）
- □ 風呂の残り湯を洗濯に使いまわす。（7ｇ削減）
- □ 入浴は間隔をあけずに。（86ｇ削減）

自動車の使い方で減らそう
- □ アイドリングを５分短くする。（63ｇ削減）
- □ 通勤や買い物の際にバスや鉄道，自転車を利用する(2km往復で計算)。（180ｇ削減）
- □ 加速の少ない運転をする。（73ｇ削減）
- □ 発信時に心んわりアクセル「ｅスタート」をする。（207ｇ削減）

買い物とごみで減らそう
- □ マイバッグを持ち歩き，省包装の野菜を選ぶ。（62ｇ削減）
- □ 水筒を持ち歩いてペットボトルの使用を削減する。（6ｇ削減）

電気の使い方で減らそう
- □ 冷房の利用時間を１時間減らす。（26ｇ削減）
- □ 主電源をこまめに切って待機電力を節約。（65ｇ削減）
- □ ｽﾔｰの保温をやめる。（37ｇ削減）
- □ テレビを見ないときは消す(ブラウン管テレビ)。（13ｇ削減）
- □ 使わないときは温水洗浄便座のフタを閉める。（15ｇ削減）
- □ 冷蔵庫の扉を開けている時間を短くする。（3ｇ削減）
- □ １日１時間パソコン利用を減らす(デスクトップの場合)。（13ｇ削減）

つくば環境スタイル

交通体系　施策一覧（15施策）

施策の方向	具体の施策	実施施策
意識啓発，教育	戦略的な情報提供による環境配慮行動の推進	モビリティマネジメントの推進、**エコドライブの啓発・教育・取り組み**、エコサイクリングの推進、自転車マップ作成
クリーンエネルギー自動車の普及促進	クリーンエネルギー自動車の普及促進	低公害型バスの導入
	公共交通体系の見直し	市内バス路線網の再編（つくバスの再編も含む）、工業団地2次交通整備
	割引制度の導入・検討	大口一括特約定期の導入推進、高齢者割引制度の導入検討
	乗り換え拠点の整備	つくば駅前広場再整備
自転車のまちづくり	自転車利用の施設整備	自転車環境の改善　歩道・自転車道のメンテナンス、自転車レーンの設置、駐輪場整備
	レンタサイクルや電動自転車の普及	レンタサイクル事業の拡大 電動自転車の普及

つくば環境スタイル

エコドライブの啓発・教育・取り組み

・エコドライブのための仕組みづくり

・講習会等の開催

5年間で受講者数3万人を目指す

イラスト　～チーム・マイナス6% ホームページより～

つくば環境スタイル

自転車のまちづくり

「自転車のまちつくば基本計画」策定

・自転車のまちづくり推進

・交通体系における自転車の位置づけや施策

つくば環境スタイル

田園空間　施策一覧（14施策）

施策の方向	具体の施策	実施施策
二酸化炭素吸収源を増やす	植樹等による緑化の推進	植栽によるCO_2吸収源の維持、工場緑化の導入促進 緑のカーテン設置やグラスパーキングの整備
	農地の保全	休耕田・畑の有効活用
	森林の整備保全	森林と里山の保全整備の推進 高崎自然の森整備
	グリーンバンク制度の創設	遊休農地等を登録し，貸し出しを斡旋するシステムの整備
バイオマス利活用	廃食油の利用	天ぷら油の回収と廃食油バイオディーゼル燃料化
	バイオディーゼルの利活用に向けた実証実験	藻類バイオディーゼルの利活用に向けた実証実験
	バイオマス利活用モデル実証実験及び構想の策定	バイオマス利活用型まちづくりの推進
地産地消	地産地消の実施	フードマイレージの導入，地産地消の推進
制度・システムの整備	制度による緑の確保	地区計画等による緑地の確保、生垣設置補助事業、駐車場植樹事業

つくば環境スタイル

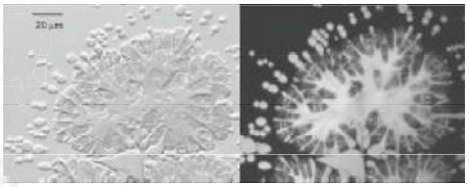
グリーンバンク制度

遊休農地等を登録し，貸し出す システム

つくば環境スタイル

藻類バイオディーゼルの利活用に向けた実証実験

つくばらしい　最先端技術



「ボトリオコッカス」　～JST(科学技術振興機構)ニュース　2009年6月号より～

3

つくば環境スタイル

実験タウン　施策一覧（8施策）

施策の方向	具体の施策	実施施策
全員参加モニタリングシティ　（実験タウンA） 今すぐ使える技術で，誰でも出来る，全員参加の実証実験フィールド		
低炭素環境モデルタウン　（実験タウンB） 最先端ハイテク技術のエリア的導入による低炭素環境先導モデルのまちづくり実証実験フィールド		
近未来エネルギー　（実験タウンC） 近未来の低炭素な暮らしのパイロット的実証実験フィールド		
低炭素技術開発ショーケース　（実験タウンD） 未来の低炭素社会づくりを飛躍的に加速させる最先端技術実証実験のショーケース		
施策の方向	具体の施策	実施施策
公共施設等への環境配慮技術の積極的導入	公共施設等への環境配慮技術の積極的導入	つくば駅前広場再整備
		新市庁舎建設の環境配慮
		（仮称）春日小中学校新設時における環境配慮
廃棄物の焼却に由来する二酸化炭素排出削減対策の推進	廃熱利用	クリーンセンターの焼却廃熱の余熱の利活用策の検討

つくば環境スタイル

インターネット環境家計簿（実験タウンA）

写真は「京都府」で実施中のものを【イメージ】として掲載

「モニター」になっていただける方

今日、「会場で、募集中」です。

ぜひ、ご応募ください

つくば環境スタイル

実証実験モデル街区の整備（実験タウンB）

・先進的なECO居住環境

＋

・先端技術の実証実験
　モデル街区

『つくばエクスプレス
　　沿線開発地区』

つくば環境スタイル

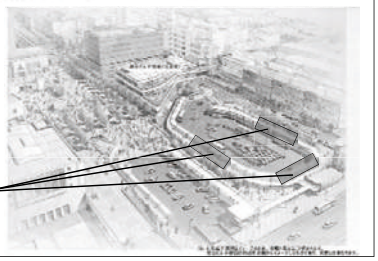
つくば駅前広場再整備

公共交通利用促進の拠点

・太陽光パネルを装備したシェルター　30kw

・遮熱性舗装

・LED照明



つくば環境スタイル

みんなで取り組もう！

つくば環境スタイルの周知PRとCO_2削減

つくばエコ通勤ウィークを実施しました。

CO_2削減量をとりまとめ、後日公表します。

つくば環境スタイル
報告書

つくば環境スタイル

国内モデル都市の比較

必要な５つの要素

環境モデル都市
（2008年5月）
募集の際の条件

環境モデル都市に選定された都市（中核都市）の取り組み内容

富山市　人口40万人

・LRT（路面電車）を活用した先進的な公共交通網の整備
・公共交通を軸にしたコンパクトなまちづくり

JR富山港線の廃線軌道を活用

北海道帯広市　人口17万人

・帯広の森や農地を最大限活用
・バイオマスによる創エネ、省エネの推進

豊富な農地と森林を活用

地域資源

両都市ともに『地域資源を有効活用』して、5つの要素を満たす施策を推進

つくば環境スタイル

諸外国の先進都市との比較

フライブルク市（ドイツ）

・2030年 温室効果ガス40%削減（1992年度比）
・交通、エネルギー、廃棄物の対策の総合的推進
＊自動車の市街地乗り入れ規制
＊LRT(レギオカルテ[貸し借りや複数利用可能な定期券])
＊ソーラー発電の推進
＊徹底分別による廃棄物対策

オレゴン州ポートランド

・ダウンタウンの再生
・交通対策、交通と連携した土地利用計画を推進
＊公共交通機関を優先した開発
＊歩いてくらせるコンパクトな街づくり
＊教育や情報提供の強化などによるゴミ減量、リサイクル推進

国際連携

日本 つくば3Eフォーラム（筑波研究学園都市:つくば市）
日中韓 3Eフォーラム 2009年5月
韓国（大徳イノポリス:大田市）
中国

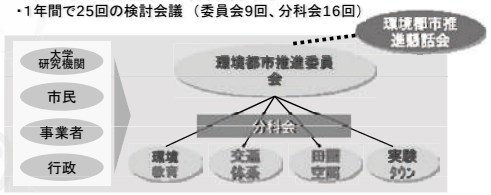
つくば環境スタイル

つくば環境スタイルがまとまった意義

筑波研究学園都市の大学・研究機関の横断的連携

「つくば市環境都市推進員会」による体制の整備

・市民，企業，大学・研究機関，行政など 34名で構成
・筑波大学や研究機関から専門家も多数参加
・1年間で25回の検討会議（委員会9回、分科会16回）



～知と創意で低炭素社会を実証する田園都市つくば～

つくば環境スタイル

筑波研究学園都市の方向性

筑波研究学園都市建設法

「研究学園地区建設計画」「周辺開発地区整備計画」

・約10年が経過
・都市を取り巻く環境は大きく変化

基本目標等を点検 方向性が示された

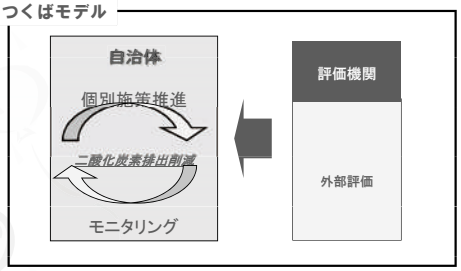
「筑波研究学園都市整備検討委員会」
平成20年度にこの点検のため設置
委員長：岩崎前筑波大学学長

“世界最先端の科学技術を活かした 環境都市「つくば」を目指す”

つくば環境スタイル

自治体における地球温暖化対策の仕組み

つくばモデル



他の自治体の先例に

つくば環境スタイル

今後、つくばで強化が必要な取り組み

実証実験を通じた普及方策
【制度やスキームの確立】
環境保全活動の促進や環境市場の創出
【NPOやベンチャー企業支援、有益な環境市場づくり】
大学・研究機関との連携（経済的・規制的手法）
【最先端技術や検証、それを活用した制度構築】
自治体連携
【地域の特性と資源を活かした都市間の協働】

つくば環境スタイル

求められるモデル的取り組みの例

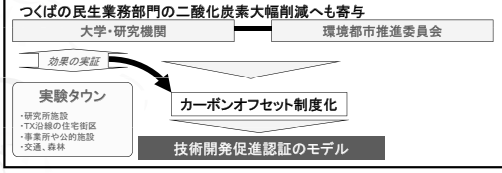
～筑波研究学園都市としての地域資源を活かす～

研究開発によるCO2削減を促進させる＝地域資源の活用

具体的方策『環境都市推進委員会で検討中』

大学・研究機関の国内・世界への二酸化炭素削減の成果をクレジットとするカーボンオフセットの仕組みの制度化

つくばの民生業務部門の二酸化炭素大幅削減へも寄与



つくば市
つくば環境スタイル
知と創意で低炭素社会を実証する田園都市つくば
2030年 つくばのＣＯ2排出量50%削減を目指します。

6

つくば環境スタイル

知と創意で低炭素社会を実証する田園都市つくば

地球温暖化対策の世界的な高まり

近年，地球温暖化問題が顕在化しており，世界中において低炭素社会に向け，さまざまな対策が取られています。我が国においても，「2050 年までに世界全体の CO_2 排出量を半減する」という目標を提唱しています。

つくばの特徴

■CO_2 削減のための技術や知見の集積

大学・研究機関が集積するつくば市には，地球温暖化対策に寄与する革新的な CO_2 削減技術・知見が集積しています。

■モデルにふさわしい田園都市

筑波山に代表される豊かな自然環境と都市環境とが調和する田園都市です。低炭素社会づくりの他地域のモデルとしてふさわしい環境に恵まれています。

■つくばエクスプレス沿線の新しい街づくり

つくばエクスプレス沿線では，知・都市・自然が調和する暮らし“つくばスタイル”をテーマにした新しい街づくりが進んでいます。

新たな役割

つくば市は，研究学園都市として「エコ・ライフ・モデル都市」が基本目標の一つに掲げられています。科学技術や知見の集積，都市環境など，つくばの特徴を活かした国内・世界のモデルとなる地球温暖化対策が求められています。

3Eフォーラム

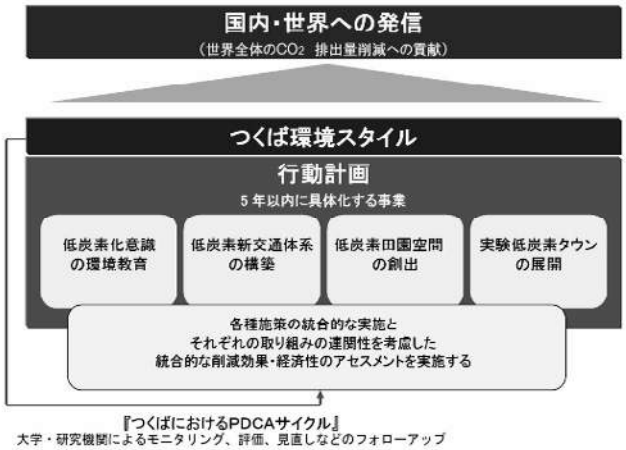
2007 年に，筑波大学を中心に，産業技術総合研究所，国立環境研究所，物質・材料研究機構，農業・食品産業技術総合研究機構などが参加して，低炭素のエコシティーつくばモデルの構築を目標に研究を進める「つくば３Ｅフォーラム」が立ち上げられました。

大学・研究機関の研究者が，低炭素社会づくりに連携して応える機運が高まっています。

つくば環境スタイル

つくば市では，他の地域のモデルとなる低炭素社会づくりを進めることが重要であるとの認識の元，市民，企業，大学・研究機関，行政が連携して取り組むため，「つくば市環境都市推進委員会」が発足し，2030 年までに一人当たりの CO_2 排出量を 50%削減することを目標に掲げた「つくば環境スタイル」を打ち出しました。

「つくば環境スタイル」は，「市民等の協働の実践体制の構築」と「二酸化炭素削減技術の開発・実験」とを統合して，国内・世界へ発信・普及を図ることを基本コンセプトにしています。



行動計画（概要版）

本編は，つくば市ホームページに掲載しています

目標

CO_2 排出量の大幅な削減のためには，一人ひとりのライフスタイルから革新技術に至るまで，まさに環境という名のごとく，取り巻く全てのものを変革していかなければなりません。

そこで，つくば環境スタイル行動計画の基本目標を次のように設定します。

目標Ⅰ

研究機関の集積と**田園都市環境を活かし**，地球を救う革新技術の普及に先駆けた二酸化炭素削減のための**実証フィールド**としてのシステム的な基盤をつくります。

目標Ⅱ

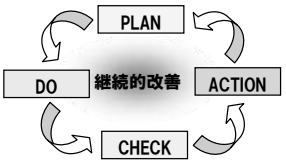
実行できるすべての取り組みを**全員参加と協働**を基本に進めます。その評価を行いながら，常に最適な取組みへの進化を目指します。他の自治体のモデルとなる取り組みを進めます。

目標Ⅲ

あらゆる世代への環境教育を進めることにより，**環境意識の高揚**を図り，全ての行動を支える基盤をつくります。

期間

2009 年度を初年度とし，2013年度までの５年計画とします。毎年，向こう５年の実施状況をレビューし，必要に応じて見直しを行います。５年毎に全体計画の見直しを行います。



つくば市の CO_2 排出量の現況

つくば市の人口一人当たりの CO_2 排出量

約 8.3 t－CO_2

（2006 年10月１日現在の人口 約20万３千人で算出）

つくば市における部門別CO_2排出量と構成比

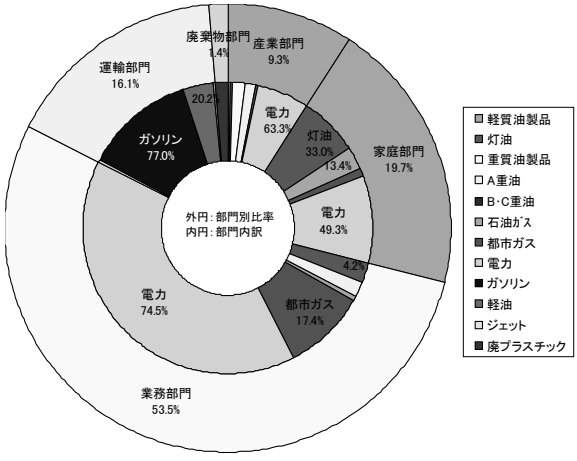
部門		排出量（万 t -CO_2）	割合（%）
産業部門		15.6	9.3
民生	家庭部門	33.0	19.7
	業務部門	89.8	53.5
運輸部門		27.0 （うち自動車：26.6）	16.1
廃棄物部門(廃プラ)		2.4	1.4
合計		167.8	100

つくば市は，民生（業務部門）の割合が非常に高くなっています。

「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づき報告されている温室効果ガス排出量の値からは，大学や公的研究機関の排出量が約 70 万 t に上ると推計されます。この値からは，民生業務部門の８割近くを占めるものと推定されます。

大学・研究機関が集積する特徴が，ここにも表れています。

つくば市における部門別エネルギーの内訳



業務部門のエネルギーでは，電力の割合が突出しています。大学・研究機関では，環境報告書を作成し排出実態を公開する取り組み等を行っていますが，これらを今後も進めるとともに，その他の事業所も含め更なる CO_2 排出量の削減に向けて，つくば環境スタイル行動計画と連携した取り組みが欠かせません。

具体的な取り組み

行動計画では，５年以内に実施する具体的な取り組みについて掲げています。４本の柱ごとに、各施策をご紹介します。

低炭素化意識の環境教育

筑波研究学園都市が持つポテンシャルを十分に発揮させ，最新の研究成果や環境情報を積極的に収集するとともに，広く発信します。また，市内の学校や市民・企業など，市に係わるすべての人々が地球環境や新エネルギー等に強い関心や知識を身に付けることを主眼とした教育プログラムを作成します。

これら「つくば発の環境教育プログラム」は，特に小・中学校では常に環境意識を持つ人材を育成することを目的とし，また市民や企業等にはそれぞれニーズに合った環境教育のプログラムを構築し，実践します。

施策の方向	具体の施策		実施施策
制度・システムの整備	学校環境教育プログラムの構築	幼稚園，小・中学校への環境カリキュラムの導入	環境教育カリキュラムの作成
			環境にやさしい料理教室の実施
			つくば IEC 運動 （改革・環境保護・地域社会）
	市民・企業参加型環境教育プログラムの構築	省エネルギーに対する啓発	一人一環境協力宣言（1 人 1 日 1kg 削減 20 万人運動） （市ホームページを利用した環境情報の周知）
			3R・ゴミ削減運動への理解・参加への啓発
			省エネルギーに対する理解の啓発
			つくばエコ大学院の創設
		環境配慮型企業への理解・啓発	ISO14001 等環境認証取得の推奨 （環境に配慮した事業者の育成）
			カーボンフットプリントの表示，制度の普及
			グリーン商品の購入推進
	環境情報発信施設の整備	つくば環境スタイルセンターによる情報収集と発信	つくば環境スタイルセンターの活用 （情報発信・収集）
			環境イベントへの理解・参加への啓発 （つくば環境スタイルツアーの実施）
			環境・地球温暖化対策等に関する計画の策定と周知
			茨城県次世代エネルギーパークの利用

低炭素新交通体系の構築

自家用車中心から自転車・バスへの転換，電気自動車の導入，効率的なバス網再編成等の総合的な交通体系の再編・転換により，CO_2 の削減を図ります。

将来的には，パーソナルビークルや移動ロボットなど都市構造にふさわしい新たな交通システムにより，低炭素型都市を形成する新しい交通体系の構築を目指します。

施策の方向	具体の施策	実施施策
意識啓発，教育	戦略的な情報提供による環境配慮行動の推進	モビリティマネジメント(※)の推進
		エコドライブの啓発・教育・取り組み
		エコサイクリングの推進
		自転車マップ作成
クリーンエネルギー自動車の普及促進	クリーンエネルギー自動車の普及促進	低公害型バスの導入
公共交通機関の利用促進	公共交通体系の見直し	市内バス路線網の再編（つくバスの再編含む）
		工業団地 2 次交通整備
	割引制度の導入・検討	大口一括特約定期の導入推進
		高齢者割引制度の導入検討
	乗り換え拠点の整備	つくば駅前広場再整備
自転車のまちづくり	自転車利用の施設整備	自転車環境の改善　歩道・自転車道のメンテナンス
		自転車レーンの設置
		駐輪場整備
	レンタサイクルや電動自転車の普及	レンタサイクル事業の拡大
		電動自転車の普及

低炭素田園空間の創出

居住空間周辺において，水と緑の拠点整備等による良好な環境空間の実現を図るとともに，環境に配慮した農業推進や地産地消の推進等により，低炭素型の「食」と「農」の充実に努めます。

また，バイオマスエネルギーの利活用を推進することで，新エネルギーの確保のみならず，農業の活性化を目指します。

施策の方向	具体の施策	実施施策
二酸化炭素吸収源を増やす	植樹等による緑化の推進	植栽による CO_2 吸収源の維持
		緑のカーテン設置やグラスパーキングの整備
		工場緑化の導入促進
	農地の保全	休耕田・畑の有効活用
	森林の整備保全	森林と里山の保全整備の推進
		高崎自然の森整備
	グリーンバンク制度の創設	遊休農地等を登録し，貸し出しを斡旋するシステムの整備
バイオマス利活用	廃食油の利活用	天ぷら油の回収と廃食油バイオディーゼル燃料化
	バイオディーゼルの利活用に向けた実証実験	藻類バイオディーゼルの利活用に向けた実証実験
	バイオマス利活用モデル実証実験及び構想の策定	バイオマス利活用型まちづくりの推進
地産地消	地産地消の実施	フードマイレージの導入，地産地消の推進
制度・システムの整備	制度による緑の確保	地区計画等による緑地の確保
		生垣設置補助事業
		駐車場植樹事業

実験低炭素タウンの展開

2030 年までに，国内はもとよりアジア・世界で新たな環境ビジネスの展開をはじめ，地球環境に対する国際貢献が可能な技術と実践の仕組みを発信します。

市では，シンプルライフ・シンプルエネルギーを実践させるまちづくりを目指します。

ここでいうシンプルライフとは，大量消費，大量廃棄型の生活スタイルを改め，資源が循環し，エネルギーの無駄な消費をしない環境に優しいライフスタイルを現しています。シンプルエネルギーとは，各種の法や規制，長距離送電に縛られることなく，本来理想と考える無駄の少ないエネルギーの供給や利用形態を追求したまちの姿を現しています。

施策の方向・具体の施策・実施施策		
全員参加モニタリングシティ（実験タウンA） 今すぐ使える技術で，誰でも出来る，全員参加の実証実験フィールド		
低炭素環境モデルタウン（実験タウンB） 最先端ハイテク技術のエリア的導入による 低炭素環境先導モデルのまちづくり実証実験フィールド		
近未来エネルギー（実験タウンC） 近未来の低炭素な暮らしのパイロット的実証実験フィールド		
低炭素技術開発ショーケース（実験タウンD） 未来の低炭素社会づくりを飛躍的に加速させる最先端技術実証実験のショーケース		
施策の方向	**具体の施策**	**実施施策**
公共施設等への環境配慮技術の積極的導入	公共施設等への環境配慮技術の積極的導入	つくば駅前広場再整備
		新市庁舎建設の環境配慮
		（仮称）春日小中学校新設時における環境配慮
廃棄物の焼却に由来する二酸化炭素排出削減対策の推進	廃熱利用	クリーンセンターの焼却廃熱の余熱の利活用策の検討

つくば環境スタイルを推進するために

つくば環境スタイルを推進するためには，具体的な取り組みを実行するとともに，以下の方策を進めていく必要があります。

①環境家計簿などを通じて，ＮＰＯと市民が積極的に連携する取り組みなどの制度的仕組みをつくります。

②環境保全基金等を創設し，環境活動を行う団体への支援策を進めます。

③つくば環境スタイルセンターを設立し，つくば環境スタイルの取り組みやその成果について，市民を含め幅広い情報発信を進めます

④大学・研究機関同士の連携による総合的共同研究を実施するとともに連携強化を図ります。

⑤つくば環境スタイル行動計画の取り組みを進めるため，有効な方策の積極的活用を図ります。

⑥つくばエクスプレス沿線自治体や豊かな水と森に包まれた地域等との自治体連携を積極的に図ります。

⑦つくば３Ｅフォーラムとの連携により，低炭素革新技術の導入等の取り組みを進めます。

世界目標である

2050 年までのCO_2排出量 50％削減に先駆け，

2030 年までのCO_2排出量 50％削減を目指します

発行：つくば市
編集：市長公室　環境都市推進室〔〒305-8555　茨城県つくば市谷田部 4741 番地〕
「つくば環境スタイル」計画書及び行動計画は，市ホームページでもご覧いただけます。
ＵＲＬ：http://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/13/883/2577/

ポスター・展示内容要旨

1

つくば環境スタイル

つくば市

つくば環境スタイルは，「市民等の協働の実践体制の構築」と「二酸化炭素削減技術の開発・実験」とを統合して，国内・世界へ発信・普及を図ることを基本コンセプトに，2030年までにつくばの1人あたりの二酸化炭素排出量を50％削減することを目標に掲げた地球温暖化対策です。研究学園都市として他の地域のモデルとなる低炭素社会づくり（温暖化対策）を進めることが重要であるとの認識の元，市民，企業，大学・研究機関，行政が連携して取り組むため，「つくば市環境都市推進委員会」が発足し，これを打ち出しました。この内容を中心にパネルにまとめて紹介します。また、インターネット環境家計簿を体験してもらうためのデモンストレーションも行います。さらに、システムづくりを進めているつくば版インターネット環境家計簿のためのモニター募集を行います。インターネット環境家計簿は、つくば環境スタイルの取り組みの柱である環境教育と実験タウンの取り組みを統合させたみなさんの参加が欠かせない重要なプログラムの一つです。

2

STOP！地球温暖化

土浦市

地球温暖化の原因となる行動や土浦市で取り組んでいる様々な地球温暖化防止の活動を紹介する。

土浦市では「第7次総合計画」および「環境基本計画」に基づき，協働によるまちづくりを推進している。環境の分野においても，街頭キャンペーンや市民出前講座の実施など，行政と市民が一緒に活動し，地域に活動が根付くよう市民の代表者が活躍している。電気自動車については，今年から三菱自動車ほかで販売を開始した。今年度土浦市でも12月に導入する予定であり，県内自治体では初めての導入となる。公用車として温室効果ガスの削減に寄与すると共に，各イベントなどで展示し，市民へのエコドライブの必要性や最新技術の情報提供など，環境への啓発を行う。なお，一般販売は来年度からとなっている。個人住宅用の太陽光発電システム導入の補助については，国の補助も再開されるなど，注目を浴びているが，土浦市では平成14年度から補助を行っており，国の補助とも併用可能であり，市内各家庭の普及を目指している。この他，保育所・幼稚園など44の公共施設でのグリーンカーテンの実施や市内の26店舗でのレジ袋無料配付の中止(有料化)，市役所自らが一事業者として推進している取組などを紹介する。

3

3Ecafe プロジェクトチーム 活動報告

熊谷 現（3E café プロジェクトチーム）

私たち3Ecafe プロジェクトチームは、「学生・市民としての立場を活かし、エコシティつくばの形成に貢献する」という理念のもと、筑波大学の学生が中心となって活動を進めてきた。今回の発表では、約一年半に渡るこれまでの活動内容の報告を行なう。

1)3Eカフェの開催： 3Eカフェとは、「学生・市民・研究者・行政といった、つくばにかかわるすべての人たちが気軽に参加・交流できる場を作ることで、エコシティつくばの実現に向けた行動や変革のきっかけを提供する」ことを

目的に実施しているイベントである。3E、つまり環境・エネルギー・経済の諸分野の専門家をお呼びして、飲み物を片手に気軽に参加できる小型の講演会と交流会を開催している。これまでにお呼びしたゲストは、筑波大学や国立環境研究所の研究者を始め、博報堂DYメディアパートナーズの環境コミュニケーションマネジャー、市民団体の代表など多岐に渡る。また、「横のつながりづくり」「参加者同士の情報交換」を意図した交流会の実施も、3Eカフェの特色である。3Eカフェは過去に6回開催し、延べ参加者数は400名にのぼる。また、満足度平均は5段階で4.3と好評価を頂いている。

2)環境情報の集約・発信: Webページ やBlog、メールニュース配信を通じた環境情報の収集と発信を継続的に行っている。Blogのアクセス数は2009年7月現在で15,000以上、メールニュースの登録者数は100名以上である。

3)各種提言活動: 第2回つくば3Eフォーラム、および2008年度筑波大学学園祭にて、「すみたいまちつくば～未来理想図2030～」の発表を行った。これは、第1回3Eカフェにて集められた「つくばで実現したいアイディア」を学生の手でまとめたポスターである。また、筑波大学教員からの依頼を受け、教養課程向けの環境概論授業の提案も実施した。

4

大学の環境教育のネットワーク構築の試み2 －筑波学際環境教育セミナー 「我が学問と環境教育」(TIEES) － 3Eフォーラム設立後の動向

内山 弘美 (産総研・三重大学生物資源学研究科(研究員))

環境問題を解決し、持続可能な社会を構築するために、大学を中心とした地域の環境教育のネットワーク構築は急務の課題である。2005年に、筑波大学の旧環境科学研究科を中心とする環境科学・環境教育関連の諸先生方のご支援を受け、筑波学際環境教育セミナー「我が学問と環境教育」(Tsukuba Interdisciplinary Environmental Education Seminar略してTIEES)が設立された。TIEESの設立の経緯や2007年までの動向は、第一回つくば3Eフォーラムで報告させていただいた。本報告では、3Eフォーラム設立後のTIEESの動向を紹介し、今後の大学の環境教育の方向性に関して、参加者の方々と意見交換することを目的とする。

5

ジオネットワークつくば

植木 岳雪 (産総研・地質調査情報センター)

「ジオネットワークつくば」は, (独)科学技術振興機構(JST)による地域ネットワーク支援事業として、今年度から3年間かけて地球と環境に関する児童・生徒、市民の科学リテラシー向上と地球環境・バイオダイバーシティ・ジオダイバーシティの保全・改善意識の醸成、さらには地域力強化をめざした地域ネットワークを構築しようとするものです。2009年が国際惑星地球年(IYPE)の最終年にあたることから、まずはIYPE日本に参加している研究機関とつくば市からスタートしますが、順次、つくばおよび周辺地域の自治体、研究機関、大学、企業、マスコミ、NGO等へと参加の輪を拡げていきます。ネットワークの構築・拡大のために、地球と環境についての科学的興味・関心・理解を高める教育・アウトリーチ活動を組織的・体系的・発展的に行ないます。参加機関の特長を生かして、教育・アウトリーチ活動は野外や実験室で調査・研究を体験できるものを主体とし、常設展示、サイエンスカフェ、コンテスト、特別日での発表会も行ないます。また、郷土の自然環境を解説するリーダー養成のために「ジオマイスター」制度を導入します。このような活動は、つくば地域が将来的にジオパークや環境モデル都市に採択されるための市民の意識・科学リテラシーの向上につながります。

6 バイオマス利活用の実証研究

柚山 義人（農村工学研究所 農村総合研究部 資源循環システム研究チーム）

将来の低炭素で安心・安全な社会への移行を考えた場合、バイオマスの有効的活用法の構築は必須の課題である。この課題に関して、今後、つくば市でバイオマス利活用を考える際に参考になる思う情報を本フォーラムにおいて紹介する。

1) 資源作物の生産特性データベース: 資源作物とは、バイオ燃料の原料として利用可能な成分の含有率が高く，利用しやすい含有形態で、高収量性、省力かつ低コストで生産可能、低環境負荷で生産可能な作物であり、生産特性とはある栽培技術体系のもとで作物を生産した場合の生産性や経済性、環境への影響のことである。国内で生産可能な資源作物について、各作物のモデル的な栽培技術体系における生産特性をデータベース化することにより、バイオ燃料原料としての資源作物の栽培を農業経営の中で検討する際に、生産ポテンシャルや経営収支，設備・施設等の整備の必要性を検討する基礎資料になる。

2) 関東都市近郊農業地域におけるバイオマス利用モデルの構築・実証・評価: バイオマス利活用の都市近郊農業地域モデルとして、千葉県香取市に試作・設置したバイオマス変換プラント群（山田バイオマスプラント）において、メタン発酵、メタン吸蔵、メタン車両用燃料化、コジェネ、炭化、消化液濃縮、水蒸気爆砕、堆肥化等を連動させて、98%メタン（燃料）、液肥、工業原料などを製造し、利用する実証研究を行っている。

3) メタン発酵消化液の液肥利用: メタン発酵技術とは、家畜ふん尿等の有機物を嫌気条件下において、燃料としてのメタンとメタン発酵消化液（消化液）を生成する技術である。重量比では，原料の97%が消化液で、消化液は肥料成分を含んでいるため、液肥として利用できる。農研機構農村工学研究所では、千葉県香取市において地元の農事組合法人と共同で消化液を液肥利用するメタン発酵システムの実証試験を行っている。

4) 地域バイオマス利活用診断ツールの開発: 地域でバイオマスの利活用を推進する計画の妥当性を見極めるため、地域を主として物質循環の観点から診断するモデルとモデル構築を支えるバイオマス成分、バイオマス変換技術の性能・コスト、資源作物の生産特性の情報からなる「地域バイオマス利活用診断ツール」を開発した。モデルの対象地域は1～十市町村、評価物質及び要素は窒素、リン、カリウム、炭素、生重量である。診断ツールを用いると、バイオマス利活用からみた地域の現状把握ができる。また、新たなバイオマス利活用計画案を需要と供給のバランスの確保、環境への影響、持続性などの観点から比較分析ができ、説得力のあるバイオマスタウン構想書の作成に役立つ。

7 バイオエタノール生産のためのモミの全粒糖化発酵法の最適化

藤枝 隆（筑波大学大学院）

日本国内において，エネルギー自給率の低さや石油価格の高騰が大きな問題となっており，その対応策として国産バイオマスの有効利用やエネルギーの地産地消の実現に向けた様々なプロジェクトが進行中である。本研究は，休耕田等を用いて低コストで生産された飼料用米をバイオエタノールに変換することで，水田農業の振興とエネルギーの地産地消を達成しようとするものであり，コメというバイオマスを使用することで世界的で懸念されている地球温暖化にも配慮している。

なお、本研究は農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」によって行われていることを付記する。

8

URの環境配慮まちづくりの取り組み

酒井　康至　（(独)都市再生機構茨城地域支社ニュータウン業務部）

UR都市機構において、つくば市内のつくばエクスプレス沿線で土地区画整理事業を施行中である、葛城地区、萱丸地区、中根・金田台地区における、環境配慮型まちづくりの取り組み内容を紹介するものです。

●研究学園　葛城地区

・ 水循環システムの導入：　雨水の水源かん養および流出抑制により、開発に伴う下流域への負荷低減を行うことを目的に、開発エリア内全域で雨水貯留浸透施設を導入しています。

・ 大規模緑地の保全：　当地区の水と緑のネットワークの拠点として、地区北側の蓮沼川源流域エリアの大規模緑地を「源流の森」として整備を行います。

●つくばみどりの里　萱丸地区

・ 水辺空間の保全～トンボ池～：　葛城地区のほぼ中央に位置し、トンボの希少種をはじめ多様な生物生息空間が形成されており、その環境を保全しながら整備を行います。

・ 既存集落整備：　これまで時間をかけてはぐくまれてきた集落ならではの魅力ある集落景観を生かした整備を行います。

●中根・金田台地区

・ 緑住農一体型住宅地：　筑波山への眺望、周辺の豊かな緑、のどかな田園風景等、「地域資源と調和したまちづくり」と、時代のニーズに対応した「独自の魅力を有する個性的な住宅地づくり」をめざし、「景観緑地」「住宅地」「農地」を1ユニットとした住宅地を計画します。

9

廃食油そのままキャンドル

宮澤　伸一　（つくばエコライフフレンズ）

廃食油を利用したキャンドルとしては、加熱した廃食油に凝固剤を入れ冷やして固めたものが知られていますが、凝固剤を購入し、廃食油を加熱・ろ過したりしなければならず面倒です。そこで、廃食油をそのまま使うオイルキャンドル用の芯たてを作りました。名付けて「廃食油そのままキャンドル」。芯たてをグラスの底に置き、廃食油を注ぎ入れて点火するだけ。煤や臭いも出ません。夜の食卓を彩るキャンドルとして、停電時の灯りとして、茶香炉の熱源として、料理の保温等、廃食油を身近なところで簡単に利用できます。廃食油は不純物が含まれているために芯の先端が炭化しやすく、炭化が進むと炎が小さくなって消えてしまいます。この芯たては、芯先端の炭化が進み難いよう、芯を支える部分に特殊な工夫がされています。（実用新案出願中）　芯たては、つくば市民活動センターで、1セット（芯たて＆替え芯）200円でお求めいただけます。

問い合わせ先：〒305-0047　つくば市千現1-18-5-101　つくばエコライフフレンズ事務局、TEL/FAX:029-859-0264
E-mail：tsukubahotnet@ybb.ne.jp

10

ひまわりのまちつくばプロジェクト

稲葉　淑江　（特定非営利活動法人NPOプラザ・ねこねっと）

「ひまわりのまちつくばプロジェクト」は、つくば市内を対象エリアとし、安心安全な食とエネルギーの自給自足により循環型の自立したまちづくりを行うことを目指す取り組みです。市民側からできることとして、まずは、農業の課題とする遊休農地に「食用ひまわり」をつくることから始めました。「食用ひまわり」は化学肥料や農薬を使わずに、荒れた土地でも生産が可能な上、特別な技術がなくても耕作しやすいので、環境にも健康にも良く、誰でも生産しやすいと

いうメリットがあります。このたび使用するひまわりの花は、画家ゴッホの描いた「ひまわり」のモデルとなったほど美しい花で、つくばの景観づくりにも一役担うことができます。そのほか、小麦やたまねぎの裏作として耕作すると、増収効果があると実証済みで、土作りにも良い作物とされています。収穫した種は搾油され「食用ひまわり油」となります。「食用ひまわり油」は、ビタミンEやリノール酸が多く含まれ、健康に良い油です。食べた後の廃食油はつくば市の指定回収場所に持ち込み、BDFに精製し公用車に使用してもらいます。本取り組みの課題解決の手法に「食用ひまわり」をテーマにした本格的事業化を促す「インターミディアリ（中間支援）」の役割が機能することが重要となります。エリア内の多様な資源が円滑に循環するようデザインしてつなぎ、単体では不可能な課題の解決力を高めるシステムづくりや、地域全体を包含してプロデュースするなどの役割は、地域再生の鍵となります。「ひまわりまつくばプロジェクト」は今年で4年目の取り組みです。昨年は、TXまちづくり大賞特別賞を受賞し、その実績により、今年は、TX万博記念公園駅そばの事業者管理地約1.6ヘクタール（約400メートルの長さ）の場所に食用ひまわりの花を咲かせることができます。9月26日（土）には、昨年好評いただいた「収穫祭」を開催します。種の収穫や搾油を体験いただくほか、ひまわり油や種子を使用したサラダやパン・クッキー・ケーキやお菓子などの試食会を行います。環境や農業問題に関心の高い市民の皆さま方のご参加をお待ちしています。また、お子様の食育や環境教育の一環として、ご家族でのご参加をお勧めします。希望者には、収穫された種から搾った「食用ひまわり油」300 mlを無料（搾油委託料・ビン代合計350円は自己負担）でお分けすることができます。

参加申し込みなどは、以下のURLからお問い合わせ下さい。http://www.npo-neconet.org/

11

水田土壌のカドミウム汚染対策・・・水田土壌活性材「土の生命（いのち））」

藤田　哲史　（つくばバイオマスもみがら研究会）

「土の生命（いのち））」は、大学発ベンチャーである Academia Active Organics LLP (有機アクションプラットホーム)と、株式会社つくばアイノ及びアグリカルチャールネサンス株式会社（石川県）が共同開発した水田土壌のカドミウム汚染対策のための高性能凝集材である。

1）現状の主たる問題点

(1)　農地の現状:　日本の農地の現状は、長い間化成肥料の投与と農薬の散布が主流であったため地力が弱り、土中の微生物群が減り、土そのものの循環的な活性化がないがしろにされてきた。

(2)水（汚泥）処理の現状:　従来の凝集剤には、硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムを中心にした凝集剤が主流であり、それらの凝集沈殿物のフロックにはアルミニウムを含むため、水田や畑地などへの循環利用が困難であり、産業廃棄物として処分されている。

また、水田土壌中のカドミウム汚染対策では、植物に吸収させることによって土壌中のカドミウムを減少させる方法、あるいは鉄系の凝集剤を使用する方法などが考えられている。

2）解決策としての水田土壌活性材「土の生命（いのち））」

素材1:　もみ殻の迅速発酵分解法によって発酵分解した「発酵済みもみがら」は、土に戻すと速やかに土中で分解し、土壌の団粒化を促進する。

素材2:　瞬間凝集材「水@ファイン」は、従来の凝集剤の欠点とされるアルミ系や鉄系のように環境負荷の大きい素材を使用することなく、主原料に環境にやさしいカルシウム系の天然素材と有機物資材の配合によって、従来にはない凝集効果を発揮するよう設計されており、すでに汚水の清浄化処理に利用されている凝集剤である。上記の素材を一定の割合で混合した結果、水田土壌中のカドミウムをフロック中に効率よく凝集し、土壌中のカドミウム濃度を減少させることが出来た。 フロックを回収して、繰り返し処理をすることによって、汚染土壌のクリーニングが出来るものと考えられる。

12

環境メタボノミクスの技術開発

菊地 淳 （理研PSC, 名大院生命農, 横市院国際総合）

複雑系、多様性が前提の生命科学の世界において、表現型解析の手法は極めて重要であろう。環境要因を受けて変化する表現型の解析手段として、メタボノミクスが挙げられる[1)]。特に、水圏の魚介類や陸圏のミミズ抽出物の^{1}H-NMRスペクトル比較から自然環境を評価する環境メタボノミクスが国際コンソーシアムで研究されはじめている[2)]。これらの動向からイマジネーションを膨らませれば、動的に変動する自然環境サンプルの化学生態学的アプローチ等々、実に多様な環境要因の評価に利用できよう。本ポスター発表では、これらの世界動向、我々独自の基盤技術開発[3)]や、昆虫や腸内細菌を用いた応用研究例[4)]を紹介したい。

＜参考文献＞
1) 菊地淳, (2009) 遺伝子医学 (in press); 菊地淳, (2007) メタボロミクスの解析と応用技術, CMC出版, 86-99; 菊地淳ら, (2007) ブレインテクノニュース, 124, 16-21.
2) Viant et al., (2009) Environ. Sci. Technol. 43, 219-225.
3) Kikuchi et al., (2004) Plant Cell Physiol., 45, 1099-1104; Kikuchi et al., (2006) Biotech. Agri. Forest. 57, 93-101; Kikuchi et al., (2007) Method Mol. Biol. 358, 273-286; Tian et al., (2007) J. Biol. Chem. 282, 18532-18541; Sekiyama et al., (2007) Phytochemistry 68, 2320-2329; Akiyama et al. (2008) In Silico Biol. 8, e27.
4) Chikayama et al. (2008) PLoS ONE 3, e3805; Fukuda et al. (2009) PLoS ONE 4, e4893.

13

植栽不能地の利用を目指した耐塩性遺伝子組換え植物の開発

島崎 高嘉 （筑波大学 遺伝子実験センター）

地球環境の温暖化は世界各地に少雨・洪水などの両極端な気象現象をもたらしている。これが植生の破壊につながり、さらに激しい気象変動の遠因となっている。二酸化炭素排出による地球環境の温暖化問題を解決する一手段として、樹木の植栽、バイオ燃料の開発・利用などをはじめとするバイオマスの利用が盛んになっている。しかし、バイオマスの利用、特にバイオ燃料の生産は、食糧生産との競合から新たな問題を生んでいる。こうした問題を解決する一つの方法として、環境ストレス耐性遺伝子組換え植物を不毛地へ展開することにより、植栽可能地を拡大させる事が挙げられる。植物が生育できる領域を増加させることにより、直接的・間接的にも地球環境の変動を緩和させることが可能になるとともに、紙をはじめとする産業原料の確保、食糧生産との競合問題を回避することも期待出来る。そこで我々は、これまで植物の栽培が不可能であった乾燥地や塩害地でも生育可能な遺伝子組換え植物の作成及び、実用化を目標とした基盤研究を推進している。これら研究の中から今回は、ベタイン生合成に関与する土壌細菌のcodA 遺伝子を導入したユーカリ及び、シロイヌナズナの環境ストレス耐性に関わる転写調節因子であるAtDREB1A遺伝子を導入したバレイショの研究成果を紹介する。遺伝子組換え体の耐塩性を評価するため、遺伝子組換え体を栽培するための温室である特定網室において塩水を与えながらポット栽培を行った。その結果、非組換え体が枯死するような高濃度の塩ストレス条件下においても生存する遺伝子組換えユーカリ及び、塊茎を生産するバレイショの選抜に成功した。現在では、遺伝子組換えユーカリを用いて国内第一例目と三例目となる遺伝子組換え樹木の隔離ほ場栽培試験を行なっている。また、遺伝子組換えバレイショにおいても同様の試験に向けた準備を進め、日本国内で作出・開発された遺伝子組換え植物の実用化を目指している。

14

低炭素な技術開発の探検地図

島田 敏 （島田設備株式会社）

生まれたばかりの”低炭素社会”という概念は、今後、私達一人ひとりが、それぞれの生活や仕事、産業、文化、人生と結び付けて考え始めていくことで伸びやかに大きく成長していく。しかし、低炭素社会について一人ひとりがどの

ように考えていったらよいのかという議論については、まだ十分な答えが提示されているわけではない。そこで、低炭素社会づくりについて、手法・これから40年間で取り組まなければならない課題について整理、並べ替えを行い、”低炭素な技術開発の探検地図”として整理した。この中では、エネルギーの節約、資源の節約、自然との共生、安全・安心の確保という持続可能な低炭素技術を発見する4つの条件の満足を手法とし、気候変動の緩和、気候変動への適応、自然資本の保護と回復、持続可能な社会の構築という5つの課題との関連性を俯瞰的に理解する。それぞれの人が従事する仕事や活動が、持続可能なものにするにはどうしたら良いのかを地図を使って試行錯誤し、評価することで、現状から低炭素社会への移行をより円滑かつ速やかに実現することに資することを目的とする。俯瞰図と具体的な使い方の事例が『低炭素社会学』に示してありますので参考にしてみて下さい。

http://lowcarbonstudy.blogspot.com/2009/07/blog-post_07.html

15

エコの木プロジェクト

島田　敏　（筑西市明野商工会エコの木プロジェクト部会）

筑西市明野商工会では、2008年10月に日本で初めて、商工会の低炭素社会づくり部会として、エコの木プロジェクト部会を発足させました。今回は、エコの木プロジェクト部会の活動紹介と、部会活動の延長で、部会員有志が取り組んでいる太陽熱調理器具『エコ作』と真空管式太陽熱温水器温水器の自作キット『サナース』の展示を行います。真空管式の太陽熱温水器は、日本ではあまりポピュラーではありませんが、中国など、世界では、最も普及している高性能な太陽熱温水器です。自作キットの為、低価格なのも魅力です！！真空管を使った太陽エネルギー利用を身近なに感じるチャンスですので是非お立ち寄り下さい！！

16

高効率LED照明

熊田　雅之　（GOODLIGHTING 株式会社）

地球温暖化の方策のひとつとして、エネルギー創成とエネルギー節約がある。GOODLIGHTING 株式会社はこの両面にて新方式を提案をはかっていくが、今回は前々回回（ファイマンコーポレーション）のこの場での紹介のあと大きな進展があったのでその報告を行う。

17

ロケット開発で培われた最先端の断熱技術を、暮らしの中へ

奥田　達矢　（環境エネルギー計画）

ガイナは、屋根や壁に塗るだけで断熱、遮熱、防音、消臭、防菌等に高い効果を発揮する断熱塗料です。住まいに塗るだけでこうした効果を実現できるその理由は、宇宙技術の転用にあります。大気圏を脱出するロケットを高熱から守るためにJAXA（宇宙航空研究開発機構）が開発した最先端の断熱技術を、私たちの暮らしに活かした商品として【JAXA COSMODE PROJECT】ロゴマーク第1号に認定されています。しかし、こうした高い品質を持つガイナですが、まだまだ認知度が低いのが現状です。その要因のひとつとして、本当に塗るだけで効果があるのか？という疑問があります。簡単な実験機器を用いてこの疑問に答え、ガイナの仕組みをわかりやすく説明する機会があればと思っております。つくばは、国内にあって、科学技術への理解度や親近感が非常に高い、大変貴重な街です。それゆえ、私は起業するにあたり、まったく知り合いもいないつくばの地を選びました。今回、発表を希望する断熱塗料ガイナは、一般の塗料を比べて2～3倍の寿命をもち、ホルムアルデヒド放散等級区分（F☆☆☆☆[Fフォースター]）

を取得する安全で、長持ちの塗料です。塗るだけで断熱でき、高い省エネ効果を発揮します。

こうした最先端の宇宙技術を暮らしに活かした商品への理解や普及を広めていくうえで、環境や科学に関心の高いつくばは最適な土地柄であると思います。まず、つくばから、ガイナで地球環境にも、経済的にも優れた省エネ生活を実現させたいと考えます。

18

地中熱利用を知ってますか

山野辺浩平 （(株)のあ設計事務所）

地中熱利用について

地中熱利用のシステムと現状、将来性についての説明をしたいと思います。低炭素社会に向かってあらゆる分野において努力が成されておりますが、その中で自然エネルギーが大きな注目と期待を集めております。太陽エネルギー、風力、水力、バイオ、等かなりの速度で研究・開発・普及が進んでおるようですが、その中で地中熱を利用する技術が少しずつ普及されております。資源の無い我が国に、実は地中熱という安定したエネルギーが、地下に大量に埋蔵されております。太古の弥生・縄文時代に竪穴式や横穴式住居に地中熱を利用して暑さや寒さを凌いできたといわれており、身近なエネルギーであります。地下5メートル以下は常に約15℃の温度が保たれており、夏も冬も、晴れても曇っても、ほとんど変化はありません。この「安定したクリーンなエネルギー」地中熱を冷暖房、給湯、融雪、農業施設に利用する技術が進んでおり、少しずつ普及しております。省エネルギー、二酸化炭素排出削減、ヒートアイランド対策として大きな役割が期待されます。海外では古くから広く利用されており、環境省が力を入れており、日本でも今後対策次第では、急速な普及が促進されるものと予測します。そこで、弊社におきましては、多くの皆様に大いなる関心をもって頂きたく、ご説明を致したく思っております。尚、NPO法人地中熱利用促進協会の協力を予定しております。個人として、茨城県地球温暖化防止活動推進員を委嘱されておるものです。

Microalgae for production of bulk chemicals and biofuels

バイオ燃料及びバルク化学物質生産のための微細藻類

Rene H. Wijffels

オランダ　ワーゲニンゲン大学　微生物プロセス工学コース　教授

油料作物由来のバイオ燃料は、石油燃料に変わる新規な「カーボン・ニュートラル」な燃料としての可能性を秘めている。高等植物と同様、微細藻類は貯蔵脂質としてトリアシルグリセロール（TAG）を生産するが、この TAG は石油燃料の代替物質である脂肪酸メチルエステルの生産に使われるのである。微細藻類が他の陸上のオイル生産生物と比べてたいへん魅力的であるのは、生産性が非常に高く、また他の人や家畜のための灌漑施設や農産物消費と競合することがないため、食料の安全が保証される点にある。

今日まで微細藻類の商業利用は、カロテノイド等のキロ当たりの価値が高い物質に集中していた。微細藻類由来のオイルが現実的に利用可能になるためには、現在のコストを 2 桁減らす必要がある。加えてオイル生産のスケールも、現在高付加価値の化学物質の生産に使われている規模より 3 桁大きくする必要がある。たいへん野心的な目標に思えるかもしれないが、微細藻類が通常の農作物の 10 倍の生産性を秘めているという事実を考えれば十分に実現可能である。我々は微細藻類の生産性に関する予備研究を行い、他の幾つかの生産技術との比較検討を行った。本研究の手法はオランダの最先端の太陽光利用に基づいている。その結果によれば、当初のオイル生産可能性に関する見積もりは過少評価であり、つまり目標とする生産性に達成するためには現状以上のシステムや工程をなんら開発する必要がないということがわかった。さらに感度解析を行った結果、生産コストも大きく減らすことができることもわかった。今回の太陽光の利用手法を他の方法と組み合わせれば、微細藻類の商業利用がバイオ燃料市場における代替品となる可能性が現実味を帯びてくる。

ルネ・ワイフェルズ

ワーゲニンゲン大学微生物プロセス工学コース教授。2005 年に「光合成細胞工場」という研究課題でオランダの科学研究資金を獲得。2007 年より微生物プロセス工学コースの長を務める。2008 年には微細藻類のオイル生産に関する大規模な研究計画をスタートさせる。研究分野は薬剤調合・食品添加物・バイオ燃料など多岐に渡る。

Large-Scale Production of Microalgae for Biofuels

生物燃料としての微細藻類の大規模生産

Bryan Willson

米国　ソリックス・バイオフューエルズ共同創設者・最高技術責任者
コロラド州立大学教授・クリーンエネルギー事業連合団理事

密閉式フォトバイオリアクター光生物反応器 (PBRs) は、特定の藻株の培養を容易とし、その最適生長条件を維持することを可能にする。しかし現在に至るまで、機器にかかる高額な資本と管理費が妨げとなり、生物燃料のような「低価格」産物を作り出すために PBRs が利用されることはなかった。ソリックス・バイオフューエルズは 2006 年の創立以来、低費用、高生産量を実現する光生物反応器開発のための弛まぬ努力を続けてきた。その結果、3 世代の PBRs が開発され、それぞれの世代の機種において、より低い資本コスト、より低い管理費、より低いエネルギー消費率とすることに成功し、拡張プロセスがモデリングされて経済見通しが立てられた。更なる発展への努力は現在、生産過程の下流部門における低コスト化に対して注がれている。すなわち、収穫、脱水、油分抽出、副産物生成といった工程である。主要な生物学的要因、設計合理性、モデル構成結果、予定生産価格が議論されてゆくこととなる。ソリックス社は今や、初期段階の大規模実証試験施設をコロラド州南西部の砂漠地帯にある、南ウート族指定保留地に完成させている。この拡張施設の概略を紹介する。

ブライアン・ウィルソン

藻類燃料の大量生産システム開発企業「ソリックス・バイオフューエルズ」の共同創設者・最高技術責任者。コロラド州立大学 (CSU) 機械工学の教授も勤める。25 年来、世界的エネルギー需要問題解決の推進に尽力。2009 年 6 月、「サイエンティフィック・アメリカン十傑」の一人にサイエンティフィック・アメリカン誌によって選出される。CSU のクリーン・エネルギー事業連合団の創立責任者、CSU のエンジン及びエネルギー変換学研究室の創設者兼室長、エンバイロフィット・インターナショナル社の共同創設者でもある。3 千万ドル以上の助成研究の主任研究者もしくは共同主任研究者であり、擁する大学院生・学部生は 350 名以上、発表した論文等の著作は 200 本を超える。

Possibility of algal lipids as industrial ingredients

藻類脂質の工業原料としての可能性

Kunimitsu Kaya

日本　筑波大学　特任教授

藻類由来の油、バイオ燃料といった言葉が昨今の新聞紙上をにぎわせている。航空会社の中には、生物由来燃料をジェット燃料として用いる取り組みを紹介しているところもある。しかしながら、現段階では石油由来の燃料より生物由来の燃料の方のコストが高い。われわれは藻類由来のオイルのコストを削減するために、種々の利用法を考えるとともに、生じる副産物の様々な産業への利用方法を考えてきた。そのためには、基礎的な知見として、微細藻類が作り出す油の物理的・化学的性質を理解しておく必要がある。藻類由来の油は非極性の炭化水素として存在している。具体的にはテルペン類、コレステロールの前駆物質であるスクアレン、グリセロール・脂肪酸が構成要素であるトリグリセリド、グリセロール・脂肪酸・糖が構成要素であるグリセロ糖脂質、グリセロール・脂肪酸・リン酸・コリン・エタノールアミンが構成要素であるリン脂質等が挙げられる。テルペン類と脂肪酸は燃料として利用可能であると言われている。一方、テルペンの中には分子内共役反応を起こすビニル基や二重結合を有するため、バイオプラスチックとしての利用が可能なものもある。また別のテルペンやスクアレンは肌の保湿や皮膚表面の酸化を防止する効果があると言われており、化粧品の成分として用いることができる可能性がある。さらに、スクアレンの他、エイコサペンタエン酸（EPA）やドコサヘキサエン酸（DHA）といった高度不飽和脂肪酸は医薬品の成分として利用できる可能性がある。またリン脂質や糖脂質は生分解性の洗剤や、薬品や食品の機能性成分としても用いることができるだろう。微細藻類由来の油と副産物が様々な産業で用いられると、バイオ燃料オイルのコスト減少につながるであろう。そうなれば、現在の石油(petroleum)燃料が生物由来の油「バイオリウム、bioleum」燃料に置き換えられるにちがいない。

彼谷　邦光

2009 年 3 月まで東北大学教授、2009 年 4 月から筑波大学特任教授。研究分野は微細藻類・原生生物の二次代謝産物に関する有機化学。これまで、藍藻（アオコ）由来の毒や原生生物テトラヒメナのタウリン含有脂質（Taurolipids）の化学的研究を実施してきている。分子鋳型という方法を用いた物質の選択的分離法にも取り組んできている。

Challenges and opportunities for biodiesel from algae: approaches by CSIRO, Australia

藻類からのバイオディーゼルへの挑戦と機会：
オーストラリア国立自然科学産業研究機関（CSIRO）からの提案

Susan I. Blackburn*, Tom Beer and Kurt Liffman

豪州　オーストラリア国立自然科学産業研究機関

オーストラリア国立自然科学産業研究機関（CSIRO）は、本格的な生産へスケールアップした時に当該世代が直面する経済・社会・環境上での制約を解決する革新的な次世代テクノロジーを開発することを目的としている。CSIRO の解析から、オーストラリアはガソリン供給よりもディーゼル供給に制約を受けることが現在までに示されており、そして既存の生物燃料資源ではオーストラリアでのディーゼル重要の６％しか満たすことができない。藻類とリグノセルロースは次世代生物燃料のための最も有望な原料であると認められた。

現在、３つの主要な挑戦がある。

- 投資家との協議で、生物燃料の３つのボトムライン（経済・社会・環境）を評価する持続的な体制を開発・適用する。
- 生物燃料の生産効率を改善するために、新たなオーストラリアの藻類株や酵素を発見・開発・使用する。
- 将来的・商業的に生き残れる事業を拡大させる。

藻類に関するこれらの課題に取り組むために、CSIRO エネルギー変換国家研究本部は藻類研究プロジェクトから３つのバイオディーゼルに取り組んでいる。

藻類の予備調査

CSIRO の予備的な評価では、従来の化石燃料を補うためにオーストラリアの潜在的藻類資源の量と質を調べて、実際にそれが寄与する潜在的な大きさを算定している。この研究では、池やバイオリアクター、廃水施設、ブルームまたは海藻などから供給される藻類藻類からバイオデイーゼルに変換する様々な過程で消費される温室効果ガス、エネルギー、水およびコストなどを見積もる３つのボトムライン評価を取り入れている。

藻類からのバイオデイーゼル—藻類株の選抜と最適化

藻類株の選抜と最適化のプロジェクトでは、生物燃料源として適した藻類を決定するために、藻類の成長率やオイルプロフィール、オイル生産を解析している。CSIRO は

国立藻類株保存施設（ANACC）に、これまで利用されていないオーストラリアの多様な微細藻類を保持している。それらは新たに効率的な微細藻類を探すのに用いられる。候補となった微細藻類は、生物量とオイル生産を最適化するよう強化・開発されている。藻類の高い生物量は、生物燃料や価値のある副産物を生産するだけでなく、その光合成と増殖により CO2 や多の温室効果ガスを緩和する可能性を秘めている。

熱流動と工学技術

CSIRO での藻類生産の解析では、主な費用は藻類自体の培養と回収にかかるとしている。このことから生物燃料の価格競争に勝つことが重要であり、CSIRO は藻類の生産・回収、リグノセルロースの処理の効率を改善することに努めている。熱流動と工学技術のプロジェクトでは、コンピュータ流動力学を用いて、設計の異なる池の効率性の違いを評価し、最も基本的で、低価格で、かつ生産性が高い藻類池をつくっているところである。。我々は開放系の池の設計を改善し、最も高い藻類収穫が高い池と同等の生産性をもち、低エネルギーの施設をつくることを目的としている。

スーザン・ブラックバーン

オーストラリア国立藻類株保存施設の施設長。微細藻類の多様性や有毒藻類を含む環境問題、バイオディーゼルのための藻類の選別と最適化を含む生物応用（CSIRO）に関する研究を先導。微細藻類の多様性、生活環、生態生理、集団動態、有毒藻類のブルーム、培養と生物応用などに関する研究と専門知識で世界的に認められている。アジア・オセアニア藻類株保管施設のネットワークの共同コーディネーターも務め、国際応用藻類学会の次期会長を務める予定である。

Algal Fuel Research in Korea

韓国における藻類燃料研究

Ji-Won Yang

韓国　韓国科学技術院（KAIST）化学・生体分子工学部門　対外広報部副部長

化石燃料の使用量が過度になったため、全世界的に気候変動やエネルギー問題が深刻になっている。その問題を解決するために世界中で様々な努力がされてきた。微細藻類を用いた二酸化炭素固定技術は最も重要な解決法の一つである。しかしながら、この技術は新規遺伝子解析や大規模培養といった、得られる結果の効率が高い技術がなければ経済的に成り立つことができない。バイオテクノロジーの発展やエネルギー問題が深刻になってきたため、藻類が近年は生物燃料の供給源として脚光を浴びている。

韓国では、微細藻類や大型藻類を用いた藻類由来燃料の研究が活発にされている。しかしながら、今までの微細藻類を用いた二酸化炭素固定技術が商業ベースにのるまではふたつの大きな技術的障害がある。ひとつは二酸化炭素固定能力や油生産能力の高い藻類を得ることである。スクリーニング、種の同定、新しい遺伝子操作技術を用いた品種改良が高い能力を持った藻類を開発するために重要である。もうひとつは微細藻類を大量培養するための装置（施設）の開発である。一般的に現段階での大量培養装置（施設）は高いコスト、強光阻害、微生物フィルムの発生などの問題を抱えている。これらのような状況に対して、発光ダイオードや高流量のガス供給システム（baffle system）を用いたバブルカラム型培養装置というものが新しい培養装置になりうるだろう。我々は藻類の二酸化炭素固定能力を増加させ、上記の培養装置を用いることで経済的に実現可能なものにするための試みがされている。われわれの研究グループはすでに試験的ではあるが 600L の培養装置を稼働させている。この工程で最も素晴らしいメリットのひとつとして火力発電所やセメント工場、製鉄所などで用いられる石炭から出る二酸化炭素を直接生物燃料のバイオマスとして得ることができる点である。

大型海藻の培養技術は中国、日本、韓国のみで一般的に実施されている。特に韓国は大型海藻の大量培養技術についてのノウハウをたくさん持っている。韓国政府は十分な日光・温暖な気候・賃金の安さから、熱帯域で大型海藻を培養しようと計画を立てている。しかしながら、大型海藻からのバイオアルコール生産はでん粉の糖化において効率が悪い。ガラクトースが主な主成分の混合糖質の脱重合化技術や、金属触媒を用いるときに生じる副産物（5-ヒドロキシメチルフルフラール）を最小限に抑える技術がバイオアルコール生産の効率を上げることにつながる。

最後に、藻類は二酸化炭素の排出量が低い持続可能な供給源としての大きなポテンシャルを有する。藻類燃料の研究はまだ始まったばかりである。地球的な問題を解決するために、研究費や研究者の確保も含めて多くの投資が必要である。

ジー・ウォン・ヤン

韓国科学技術院対外広報部副部長。1986 年から韓国科学技術院に所属、1988-1989 年に機械工学部門長、2003-2004 年に化学・生体分子工学部門長を歴任。1973 年にソウル国立大学化学工学部を卒業、トレド大学化学工学研究科で修士号を 1980 年に取得、1985 年にノースウエスタン大学化学工学研究科で博士号取得。170 以上の韓国内外へ論文を執筆しており、「フェナントレン汚染土壌に対する電気化学反応（フェントン反応）時の安定化剤の役割」や、「ミセル励起限外濾過法を用いたヒ素の除去」などが代表的論文。現在、韓国大田（テジョン）緑化成長フォーラムの代表を務める。2000-2001 年には韓国バイオテクノロジー・生物工学学会の学会長、1992-1996 年には大象株式会社（韓国）の中央研究所の技術顧問も務めた。

Biofuels Research and Development: An Overview of the U.S. Department of Energy Office of Biomass Program

バイオ燃料の研究開発　米国エネルギー省バイオマス計画部の展望

Joyce C. Yang

米国　米国エネルギー省　バイオマス計画部

再生可能なバイオ燃料・バイオ産物・バイオ電力を継続的に生産することができる国内産業を育成すれば、アメリカのエネルギー供給の安定性を高められ、同時にオイル供給の外国依存性を軽減することができる。このため、米国エネルギー省効率・再生可能エネルギー部のバイオマス計画は多様な研究開発・実行計画に投資・運営を行っている。我々はコスト競争力のあるバイオ燃料の生産に向けて、連邦当局・学術界・国立研究所・産業界と連携している。本計画には原料の安定供給・物流管理、バイオマス前処理及び転換技術も含まれており、また燃料供給や備蓄に必要なインフラ設備等の諸問題にも取り組んでいる。さらにこれらはエンジン性能試験によってテストされる。これら異なる分野の分業による技術開発は、一つの統合したシステム「統合バイオ精製所(IBr)」として完成することを目的としている。本計画は現在、様々な原料を用いて多くの様々な生産規模での「統合バイオ精製所」を支援している。近年最も労力を注いでいるバイオマス計画はセルロースエタノールの研究開発実証であるが、現在我々は視野を広げて他の高度なバイオ燃料を計画に含めることを検討しており、例えば他の輸送・航空燃料供給を支援するために生産工程を多様化させる予定である。藻類バイオマスはリグノセルロース原料以上にバイオマスを供給可能である。ある種の微細藻類は中性脂質を生産するが、これらはより高度なバイオ燃料の原料としてはうってつけである。つまり、微細藻燃料は本計画の目的である多様かつ継続的な国内エネルギー資源利用の促進を満たす可能性がある。微細藻類燃料はさらに本計画目的を拡張することによって、2007 年に米国で採択された「エネルギーの独立と安全保障に関する議定書」に規定された「再生可能な燃料標準」に追加貢献できるという可能性を持っている。

ジョイス・C・ヤン

米国エネルギー省バイオマス計画部(OBP)の科学技術フェロー。MIT のビジネスプランコンテストの代替エネルギー部門における「微生物燃料」での入賞を機に再生可能なバイオ燃料の実現に情熱を注ぐ。OBP では主に藻類関連事業の運営・提言に関わり、リグノセルロース利用の基盤整備にも関わる。最近では藻類燃料を産業復興法の枠に組み込むことに尽力。MIT にて微生物遺伝学で学位を取得後、ポスドクとして海洋性細菌のゲノム研究を行った経歴を持つ。数本の論文の著者であると同時に科学誌の編者も務める。

パネルディスカッション　司会者紹介

渡邉　信（わたなべ　まこと）

筑波大学生命環境科学研究科・教授

・北海道大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。

・専門分野は環境微生物学、生物多様性保全学。

・国立環境研究所研究員、主任研究員、室長、部長、領域長を経て、現職。2007 年４月より日本学術振興会学術システム研究センター主任研究員を併任。

・　これまで総合科学技術会議環境・エネルギー担当参事官、科学技術振興機構研究開発戦略センター特任フェロー、日本微生物資源学会会長、世界微生物株保存連盟副会長、国際藻類学会副会長等を歴任。

・　1994 年国際藻類学会パーペンフス賞授賞、2007 年日本微生物資源学会賞授賞および米国苔・地衣学会ツッカーマン賞授賞

・　著書に「微生物の事典」（共編者、朝倉書店）、「新版微生物学実験法」（共編著、講談社サンエンテイフィク）、「環境微生物図鑑」（共著、講談社サイエンテイフィク）、など。

第 3 回つくば 3E フォーラム会議　参加者リスト

	機関名
つくば市内研究機関および大学	独立行政法人　産業技術総合研究所
	独立行政法人　国立環境研究所
	国土交通省　国土技術政策総合研究所
	筑波大学
	独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
	財団法人　日本自動車研究所
	独立行政法人　物質・材料研究機構
	独立行政法人　理化学研究所
	独立行政法人　土木研究所
	独立行政法人農業環境技術研究所
市外研究機関および大学	独立行政法人　理化学研究所植物科学研究センター
	四国大学　短期大学部
	独立行政法人新工ネルギー・産業技術総合開発機構
	慶應義塾大学
	財団法人　化学技術戦略推進機構（JCII）
	千葉大学
	成蹊大学
	法政大学
	東京大学
	東京海洋大学
	流通経済大学
	京都大学
	東京工業大学
海外機関	University of the Punjab
	Surat Thani Rajabhat University
	Bar-Ilan University
	Pusan National University
	Inje University
	National Cheng Kung University
	Vietnamese Academy of Science and Technology
	Chulalongkorn University
	Kasetsart University
	University of Malaya
	INTERNATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

海外機関	Oceanfuel Ltd
	The University of Melbourne
	Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Taipei,
	Pusan National University
	University of Kolkata
	VIT University, India
	University of Konstanz
	University of Calcutta
	Viswabharati University
	Comenius University, Bratislava, Slovakia
	Institute of Hydrobiology, CAS, P.R. China
	Surat Thani Rajabhat University
	Rose-Hulman Institute of Technology
省庁・自治体	つくば市
	茨城県
	土浦市
	文部科学省
	農林水産省
NGO・NPO など	NPO 法人つくば環境フォーラム
	つくばバイオマスもみがら研究会
	つくば・市民ネットワーク
	教育ボランティア団体　Free Education
	特定非営利活動法人　NPO プラザ・ねこねっと
	内閣府認証特定非営利活動法人　環境・安全・教育支援機構
民間企業	日産自動車株式会社
	JVE 日本真空機器株式会社
	清本鉄工株式会社
	株式会社　若柳建築事務所
	ベステラ株式会社
	日揮株式会社
	JSR 株式会社
	コスモ石油株式会社
	巴工業株式会社
	関彰商事株式会社
	株式会社　のあ設計事務所
	株式会社　日立製作所材料研究所
	環境エネルギー計画株式会社
	出光興産株式会社

民間企業	株式会社　双日総合研究所
	株式会社　環境還元研究所
	近鉄ビルサービス株式会社
	環境エネルギー計画有限会社
	中部電力株式会社
	住友ベークライト株式会社
	森村商事株式会社
	株式会社　間組
	日本真空機器株式会社
	有限会社　塚田工業
	茨城店舗設備株式会社
	島田設備株式会社
	株式会社　ＡＣＣＥＳＳ
	株式会社　エイ・イー・エス
	株式会社　ファイマンコーポレーション
	奥村技術士事務所
	東洋エンジニアリング株式会社
	エーザイ株式会社
	帝人株式会社
	株式会社　地球快適化インスティテュート
	日本電気株式会社
	株式会社　常陽産業研究所
	有限会社　筑波総研
	株式会社　筑波バイオテック研究所
	ライオン株式会社
	富士フィルム株式会社
	スチールプランテック株式会社
	新日鉄エンジニアリング株式会社
	アサヒ農園株式会社
	株式会社　日本バイオマス研究所
	株式会社東芝　電カシステム社
	住友重機械工業株式会社
	アジレント・テクノロジー株式会社
	株式会社　竹中工務店
	東京ガス株式会社
	内外化学製品株式会社
	三井造船株式会社
	株式会社　IHI

民間企業	株式会社　KRI
	花王株式会社
	メルシャン株式会社
	株式会社　旭リサーチセンター
	ダイセル化学工業株式会社
	栗田工業株式会社
	株式会社　JAL エアロ・コンサルティング
	株式会社　神鋼環境ソリューション
	株式会社　ジャパンエナジー
	コスモ石油株式会社
	株式会社　豊田中央研究所
	太平洋セメント株式会社
	株式会社　ネオ・モルガン研究所
	TRD つくば事務所
	株式会社　エコ・アイ
	伊藤忠商事株式会社
	千代田化工建設株式会社
	株式会社　三井物産戦略研究所
	積水化学工業株式会社
	三和農林株式会社
	株式会社　コスモステクニカルセンター
	味の素株式会社アミノ酸カンパニー
	株式会社　ジャフコ
	株式会社　神鋼環境ソリューション
	新日本石油株式会社
	株式会社　日立ハイテクノロジーズ
	株式会社　デンソー
	日本エヌ・ユー・エス株式会社
	ダイセル化学工業株式会社
	日本たばこ産業株式会社
	株式会社　ジャパンテクノメイト
	東京電力株式会社
	日油株式会社
	日立セメント株式会社ｂ
	工ヌ・工スオイル株式会社
	株式会社　アイビーダイワ
	株式会社　ドリームインキュベータ（DI）
その他	財団法人　つくば化学万博記念財団

その他	財団法人　地球・人間環境フォーラム
	財団法人　研究学園都市コミュニティケーブルサービス
	独立行政法人　都市再生機構
	財団法人　応用光学研究所
	財団法人　九州環境管理協会
	財団法人　石川県産業創出支援機構
	財団法人　日本品質保証機構
	常陽新聞
	茨城新聞社
	筑波ジャーナル新聞会
	琉球新報社
	筑波大学新聞

その他

・筑波大学学群生

・筑波大学大学院生

・つくば市・土浦市・筑西市　市民

合計　　322 名

第 2 部

講演録・講演スライド

第 3 回つくば 3E フォーラム会議
日時　2009 年 8 月 8 日（土）
場所　つくば国際会議場（中ホール）

オープニングセッション
司会　井上　勲　氏（筑波大学　学長特別補佐）

（井上）　皆さん，おはようございます。第 3 回つくば 3E フォーラム会議を開催させていただきたいと思います。私は本日午前中の進行役を務めさせていただきます，筑波大学の井上でございます。プログラムに従って進行していきたいと思いますのでよろしくお願いいたします。

最初にオープニングセッションとして，何名かの方にご挨拶をいただきたいと思います。まず、つくば 3E フォーラム議長となっておりますが，これは私なので，私からはじめさせていただきます（拍手）。

井上　勲　つくば 3E フォーラム議長

（井上）　皆さん，お休みのところ 3E フォーラム会議にお越しいただきまして，ありがとうございます。本フォーラムも今回の開催で 3 回目を迎えました。2007 年 10 月にかなりの難産の末，この 3E フォーラムは誕生しました。本フォーラムは，つくば市内の大学・研究機関が協力していろいろな課題に取り組むのだ，という共通理解のもと，特にその中でも環境・エネルギー問題が緊急の課題であるという認識で，それを先行して取り上げていこうということで発足したものです。

第 1 回，第 2 回の 3E フォーラム会議は，いわば自己点検というような内容が主で，我々は一体何を持っているのか，何ができるのか，ということに焦点を当てて開催いたしました。自己点検も結構でき，これからは，では，具体的に何をどう進めるのかというところが課題だと思っておりまして，いろいろ議論を致しました結果，第 3 回は，つくば 3E フォーラム関連の具体的に進行しているもの，あるいは，これから本当に実行しようとしているもの，を取り上げることにしました。ですから，第 1 回，第 2 回はもっと大きな会場で，第 1 回は 500 名近くの方に参加していただいたと思いますし，第 2 回目は延べ 1,000 名ということで，だんだん規模も広がり，市民の方にも大勢参加していただいて，ある意味でつくばのいろいろなセクターの方が一堂に会する会として発展してきているところではあるのですが，第 3 回からより具体的なことを取り上げていきたいと考えました。

そこで，本日は午前中のセッションで，つくば市が策定して公表しました「つくば環境スタイル」をとりあげます。今回の公表で、5 年間の「つくば環境スタイル」の行動計画が実際に動きだそうということになりました。3E フォーラムもそれに深く関連していまして，今後とも連携してやっていくというような位置付けになっております。午前中のテーマとして，この「環境スタイル」，そして行動計画について，概要説明をいただいて，それから，ここに名前がもう張られていますが，各セクターの，学生さんまで含めたつくばの構成員の人たちが，このことについて議論をする。会場にも市民の方が大勢みえていますので，会場とのやりとりの中で，つくば，あるいは学園都市を構成するわれわれが，この「環境スタイル」の実現に向けて何ができるか，どう連携していけるのかということを議論していきたいと思っています。

それから，午後ですが，3E フォーラムにはタスクフォースが幾つかありまして，それぞれ活動しているわけですが，その中でバイオマス・タスクフォースというものがあります。その活動の一環として，藻類，いわゆる「藻（も）」から炭化水素，オイルを作り出そうということを筑波大学のグループが中心になって進めているところですが，それについての国際シンポジウムを開催したいと思います。実は昨日まで，東京で国際藻類学会議がありまして，私が委員長でそれをやってきたのですが，その流れをつくばで受けて，国際藻類学会議のサテライトシンポジウムとしても位置付けて，藻類燃料についての世界の研究の現状，将来性，国際的な連携の可能性について議論をしていきたいと思っています。

ですから，第 3 回つくば 3E フォーラムはかなり具体的なものに踏み込んだものになったと思ってお

ります。今後，他のタスクフォースでもいろいろな成果が出てくると思いますので，規模はいろいろなものになると思いますが，そういった具体的なものを出す形で 4 回，5 回のフォーラムを続けていきたいと思っております。

今日は，特に午前中のセッションで活発な議論をお願いしたいと思っています。午後のセッションは英語ですが，同時通訳をつけますので，学生さん，あるいは市民の方にも理解していただくことは十分可能ですので，そちらの方もぜひともご参加いただければと思います。今日はよろしくお願いいたします（拍手）。

堀江　武　筑波研究学園年交流協議会長

（井上）　続きまして，つくば 3E フォーラムが委員会として属している，筑波研究学園都市交流協議会の会長でいらっしゃる堀江先生にごあいさつをいただきたいと思います。よろしくお願いします（拍手）。

（堀江）　第 3 回つくば 3E フォーラム会議に，各方面より多数の皆さまにご参加いただきましたことに厚くお礼申し上げます。私は紹介いただきましたように，この 3E フォーラムの主催団体の一つである筑波研究学園都市交流協議会（筑協）の会長を務めております堀江でございます。所属は農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）に勤めております。3E フォーラムの開催に当たりまして，一言ごあいさつ申し上げます。

私ども筑協は，科学技術の街つくばに拠点を置く研究機関，大学，企業，そして行政機関などが連携することにより，今日，日本あるいは世界が抱えている問題解決に貢献することを目指しまして，さまざまな活動を行ってきております。この 3E フォーラムもその一つです。

現在，人類が直面している最大の問題は何かといいますと，やはり環境問題であり，エネルギー問題であり，さらには食料の問題など，これらはいずれも人間の生存にかかわる問題といえますし，あるいは，人間社会の持続性を脅かす問題ということができるかと思います。すなわち，地球の人口は急激な勢いで増加しています。年間 7,000～8,000 万人といわれていますが，これは日本の人口が 1 億 2,000 万人ですので，大体 1 年半に日本 1 国に相当する人口を持つ国が誕生していくことと同じです。今後 30～40 年後には，日本があと 20 ぐらいこの地球上に生まれることになるわけです。そういう中で，エネルギー消費型の生活をしていけば，地球温暖化などの取り返しのつかない環境破壊が起こるという警告が，一昨年に出された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告書で述べられております。

そういった問題を解決しつつ，いかにして持続可能な社会システムを構築していくかが，私どもに課せられた重要な問題であると認識しております。人類の抱える環境問題・エネルギー問題を解決するには，太陽エネルギーやバイオマスエネルギーといったエネルギーの開発，あるいは低環境負荷型の交通システムなど，科学技術の開発が非常に重要であることは言うまでもありませんが，それに加えて，そういったものを実践していける社会システムを構築していくことが重要になるかと思います。そういった低環境負荷型・低炭素型の社会システムの構築には，研究機関のみならず，企業，あるいは行政機関，市民の皆さま，一体となった取り組みが求められます。

この 3E フォーラムは，科学の街つくばが世界に先駆けて，低炭素・資源循環型の環境モデル都市となることを目指して，市民，研究者，行政組織が一体となって考え，行動する場ととらえております。本日のフォーラムでは，「つくば環境スタイル」についてのパネルディスカッション，および市民の皆さまのポスターや取り組みの紹介，午後には藻類のエネルギー開発の国際シンポジウムが予定されております。

この会の開催に至るまでにご尽力いただきました井上 3E フォーラム議長，実行委員，および関係者各位に厚くお礼申し上げます。また，本日のこのフォーラムが，つくば市の低炭素・低環境負荷型の環境モデル都市に向けた第一歩となり，お集まりの皆さまにとっても有意義な会となりますことを祈念いたしまして，私のあいさつといたします。ありがとうございました（拍手）。

（井上）　堀江会長，どうもありがとうございました。

市原　健一　つくば市長

（井上）　続きまして，ごあいさつをいただきたいと思います。市原健一つくば市長さまにお願いいたします。よろしくお願いします。

（市原）　ただ今ご紹介いただきました，つくば市長の市原でございます。第 3 回のつくば 3E フォーラム会議の開催に当たりまして，一言ごあいさつを申し上げたいと思います。

今回でこのつくば 3E フォーラム会議は 3 回目を迎えるわけですが，2007 年 12 月に第 1 回が開催されたわけです。このつくば 3E フォーラムは，2030 年までにつくばにおける二酸化炭素排出量を 50%削減することを目標に掲げまして，「3E シティーつくばモデル」と呼ばれるような，全国的，そして世界的にも通用するような低炭素社会システムの構築を目指すことを宣言したわけです。この第 1 回の 3E フォーラム会議は，地球温暖化問題解決，そして世界中のモデルとなり得るような省エネ都市づくりに向けて，筑波研究学園都市の各機関の英知と技術を結集して取り組むためのキックオフ・ミーティングでありました。そういう意味では，大変意義深いフォーラムでもあったと思っております。

さらに，昨年の 5 月に開催された第 2 回目の 3E フォーラム会議では，この目標達成に向け，9 項目にわたるアクションプラン構築に向けての方向が位置付けられました。この第 2 回目の 3E フォーラム会議には約 1,000 名の皆さんが参加され，非常に積極的な話し合いが展開され，環境問題に対する市民，関係者の意識の高さがあらためて認識されたわけです。

こういう流れの中で，つくば市としても，地球温暖化問題解決へ向けての貢献は，筑波研究学園都市の新たな使命であると認識しております。地域の取り組みとも連動しながら，環境意識の高い市民の皆さま，事業者，研究者，大学，そしてまたつくば市，これらの協働で，地球温暖化・環境問題への取り組みを実践していかなければならない。そして，昨年，2030 年までにつくば市の一人当たりの二酸化炭素排出量を 50%削減することを目標に掲げた「つくば環境スタイル」を打ち出し，さらに具体的な取り組みを直ちに始めるために「つくば環境スタイル行動計画」を策定いたしました。

この「つくば環境スタイル行動計画」ですが，二酸化炭素排出量の大幅な削減のためには，一人一人のライフスタイルから技術革新まで，すべてのものを変革していく必要があると考えております。そこで，基本目標といたしまして，一つは，地球を救う革新技術の普及に先駆けた二酸化炭素削減のための実証フィールドとしてのシステム的な基盤づくり，二つ目には，実行できるすべての取り組みを全員参加と協働を基本に進める，そして三つ目には，あらゆる世代への環境教育を進め，環境意識の高揚を図る。この三つの目標を掲げたわけです。さらに，二酸化炭素排出削減目標の実現を見据え，5 年以内に具体化する事業など，取り組みの柱を掲げさせていただいたわけです。なお，詳細につきましては，この後の「つくば環境スタイル」の全体像に迫る概要の説明，およびパネルディスカッションの中で，私どもの職員より説明させていただく予定になっております。

最後になりましたが，このフォーラムの主要テーマに「つくば環境スタイル」を取り上げていただいたことに対しまして，つくば市としても心から感謝を申し上げる次第です。「つくば環境スタイル」の実現には，市民の皆さまをはじめとして，事業者，研究機関，大学，そして行政，これらが全員参加と協働により取り組んでいかなければ成し遂げられないと考えております。皆さま方のご協力とご理解をあらためてお願い申し上げまして，私のあいさつとさせていただきたいと思います。本日はどうもありがとうございました（拍手）。

（井上）　どうもありがとうございました。

田中　敏　筑波大学副学長

（井上）　続きまして，筑波大学長のごあいさつをいただきたいと思いますが，田中副学長にお願いしたいと思います。田中先生，よろしくお願いします。

（田中）　ただ今ご紹介をいただきました，筑波大学副学長，環境問題担当をしております田中でございます。本日はプログラム・パンフレット等に学長からごあいさつを申し上げると記述をしておりましたが，急用ができまして私の方からごあいさつを申し上げます。また，本日は筑協の堀江会長，市原つくば市長にご挨拶をいただきまして，本当にありがとうございます。

これまでもご説明がありましたが，今回で 3 回目の 3E フォーラム会議です。地球温暖化問題は国際的な課題ということがあろうかと思いますが，日常的な問題としてとらえることがなかなか難しいということもあります。そういう意味で，このたびつくば市の方がまとめられた行動計画というのは，日常的にどんなことができるのか，どういうことをすればどのくらいの効果があるのか，というようなことで，大変意味のある，意義深いものだろうと思っているところです。

また，今回第 3 回目の 3E フォーラム会議に当たりまして，正面に書いておりますとおり，「つくばに未来を託す」ということが大きなメッセージです。託す責任，あるいは託された責任ということがあると思います。つくば全体として，環境問題について，つくばに託してみようという思いがこのメッセージに掲げられているのではないかと思っております。つくばの研究学園都市の大学・研究機関，あるいは市民の方々が一体となって，この託された責任を実現していくことが大事ではないかと思っております。

環境問題というのは総合的な観点からは，総論はよく分かるものの，なかなか各論は難しいということがあるのも一方の事実であろうと思います。これを何とかして，個別論ではなく，総合的な取り組みとして実現していくということで，本日のこの 3E フォーラム会議で意見を戦わせていただくことによって，大きな効果が得られるのではないかと思っております。

また，午後は世界最先端の研究の状況を，藻という日常的に身近にあるものからエネルギーを取り出すということについて，いろいろな意見，あるいは研究の状況が発信されるのではないかと思っております。なかなか専門的で難しいものになるのかもしれませんが，ぜひここもお聞きいただいて，世界の状況はどんなものなのか，そういう中で筑波の研究がどんなところにいるのかということも，ぜひご理解いただきたいと思っているところです。

筑波大学はご案内のとおり，開かれた大学，あるいは国際化ということを大きな方針に掲げておりますが，教育・研究を通して国際的に自立できる人材を育成していきたいと思っております。幾つかの戦略分野がありますが，環境という分野は筑波大学の大きな柱です。教育・研究について，環境の教育，あるいは環境の研究を重点的に，資源もそこで費やしていくことを考えていますが，例えばカーシェアリングのような，いろいろなところで報道もいただきましたけれども，日常的にできることもどんどん取り組んでいきたいと思っているところです。

本日は一日にわたるセッションですが，そのセッションを通して，いろいろ考えるところ，あるいはできるところをぜひお考えいただいて，お帰りいただきたいと思いますし，これからの発展ということを，ぜひこのフォーラムを通した情報発信，あるいは行動計画ということに結び付けていきたいと思っているところです。

最後になりましたが，このフォーラムの開催に当たりまして，井上議長をはじめ，フォーラムの関係の方々，あるいは本日参加いただきました市民の方々，そして講演等々を行っていただく関係者の方々に，深く感謝の意を申し上げたいと思います。たまたま本日，甲子園では常総学院が戦っているようですが，それにもかかわらず詰めかけていただいた方々，ぜひ甲子園からの情報発信に負けることのない情報発信をここから上げていただきたいと思っております。本日はどうもありがとうございます(拍手)。

（井上）　どうもありがとうございました。

「つくば環境スタイル」概要説明
コンビーナー　本位田　市長公室長（つくば市）
松　本　環境都市推進室長（つくば市）

（井上）　続けて，「つくば環境スタイル」の概要説明に移ります。第 1 回，第 2 回もそうでしたが，基本的にこの 3E フォーラム会議は完全に記録を残して報告書を作成します。それをホームページ等でももちろん公開いたしますが，筑波大学の筑波デポジトリーというものがありまして，そこにも収録して，全世界からいつでも見られるようにするということがあります。従って，今後パネルディスカッション等に入って，会場からご発言をいただく場合には，所属とお名前をはっきりとご発言いただきたいと思います。その点よろしくお願いいたします。

それでは，10 時半からということになっておりますが，あのスライドの枚数ではとてもこの時間では収まらないと読んでおります。5 分ほど早いですが，早速，本位田公室長，松本環境都市推進室長による「つくば環境スタイル」の概要説明をお願いしたいと思います。

（本位田）　よろしくお願いします。私はつくば市役所で市長公室長をしております本位田と申します。今日の最初の「つくば環境スタイル」の概要について，ご説明したいと思います。

私自身は昨年も第 2 回つくば 3E フォーラム会議で，つくば市の取り組みということで，2030 年までに CO_2 半減ということについて，「つくば環境スタイル」という計画をまとめているという途中経過をご報告させていただきました。今日は，その後いろいろな形でご議論を得まして，市の行動計画ということでまとまった，「つくば環境スタイル」行動計画の中身を主にご説明させていただきます。

行動計画というのは，市が進める行政ではいろいろな施策がありますが，5 年以内に具体化する事業について特に詳しく挙げるということを一番の目標としておりました。既に出来上がった施策で，この 7 月までにいろいろな手続きを経てできたものですので，中身については，まず担当の松本環境都市推進室長の方からご説明をさせていただき，この行動計画ができた背景，その意義等について補足をさせていただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

（松本）　皆さん，こんにちは。つくば市環境都市推進室の松本でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

本日の資料の方は，プログラムの 1～6 ページにパワーポイントの資料を掲載しております。それから，7～10 ページに「つくば環境スタイル」の概要版が載っておりますので，そちらをご覧いただきたいと思います。

地球温暖化問題は世界規模で対策強化が叫ばれております。つくば市におきましても，大学・研究機関の CO_2 削減のための研究開発や，つくばの田園都市という特徴を生かした温暖化対策が求められているところです。

そのような中で，本日 3 回目を迎えますこのつくば 3E フォーラムが 2007 年に最初に発足いたしまして，筑波大学や研究機関の研究者が中心となり，低炭素社会づくりに連携して取り組む機運が高まってまいりました。つくば 3E フォーラムの活動は，国の温室効果ガス削減中期目標の 15%に結実したり，低炭素都市推進協議会の国際セミナーのモデルになったりと，国内にも影響力を高めているところです。

つくば市では，他の地域のモデルとなる低炭素社会づくりを進めることが重要であるという認識を持ちまして，市民，企業，大学・研究機関，行政が連携して，つくば市環境都市推進委員会を昨年発足させました。

そして，2030 年までに一人当たり CO_2 排出量を 50%削減しよう，ということを目標に掲げ，「つくば環境スタイル」を提唱いたしました。この「つくば環境スタイル」は，市民，企業，大学・研究機関，行政の協働の実践体制と，CO_2 削減の革新技術の開発・実証実験の統合モデルとして，国内・世界に発信することを基本コンセプトとしております。

このグラフは，縦軸に CO_2 の排出量を示しておりまして，赤い点線で示しているのが何の対策も講じなかった場合の右肩上がりのラインになっております。つくば市の削減目標はブルーの線で示しておりますが，2030 年の 50%削減を目標（★）としておりまして，その少し上に緑色の点線で示している国の削減目標を前倒しで達成したいと考えているところです。

つくば市の CO_2 排出量の現状ですが，2006 年時点で人口一人当たりの排出量が約 8.3t となっております。ほかの地域と比べて，つくば市の特徴としましては，産業部門が非常に低く，民生部門の中の業務部門が 53.5%と非常に高い割合になっております。こちらの約 8 割が大学や公的な研究機関の排出が要因になっているという特徴を示しております。

2030 年までに CO_2 を半減するために，つくばで 5 年以内に具体化する事業を挙げていこうということで，行動計画を立てました。行動計画の目標は先ほど市長も申し上げておりましたので，三つほどありますが，ここでは割愛させていただきます。

行動計画では，環境教育，交通体系，田園空間，実験タウンと，この四つの柱の下にそれぞれ分科会を開きまして，それぞれで出された施策，全部で 51 施策を掲げ，これらを協働により統合的に実施するということにしております。さらに，大学・研究機関によるモニタリング・評価・見直しを行い，「つくばの PDCA サイクル」を導入していこうという計画になっております。

それでは，四つの施策ごとに具体的な取り組みを少しご紹介したいと思います。詳細はこの後パネルディスカッションもありまして，分科会の座長さん等も参加されておりますので，ここでは簡単に紹介したいと思います。

まず環境教育では，全部で 14 施策を挙げております。その中の二つをご紹介いたします。

一つは，つくば環境 IEC 運動ということで，こちらは各学校で「環境方針」を作って行動しておりまして，その活動を学校だけでなく，各家庭や地域に広げていくような活動をしております。二の宮小学校では環境大臣賞を受賞しており，環境問題関係は学校等でもだいぶ進めております。それから，CO_2 削減のためには市民の一人一人が意識を高めて温暖化対策に協力していただくことが重要になってきますので，一人一日 1kg 削減を 21 万人の市民に広げていこうという運動を行うことにしております。また，皆さまのお手元の方に「つくばからはじめよう CO_2 削減」というパンフレットや，「STOP！地球温暖化」という，「つくば環境スタイル」の特集号も配布させていただいていますが，市民の皆さまにも分かりやすく「つくば環境スタイル」を伝えていくことが重要であると認識しております。

次に交通体系では，自家用車中心から自転車・バスへの転換をするために，全 15 施策を挙げております。その中でも，エコドライブの啓発・教育・取り組みということでは，5 年間で延べ受講者数 3 万人を目指しまして，今年からエコドライブの講習会を広める事業を実施してまいります。それから，CO_2 削減に大きな効果を持つ，車社会から自転車等への転換を図るという目的で，自転車のまちづくりを進めてまいります。「自転車の町つくば基本計画」につきましては，今年策定する予定で今実施に入っております。

続きまして，田園空間といたしましては，植栽等による CO_2 の吸収源を維持していくなど，全部で 14 施策を挙げております。つくば市では，遊休農地等を登録して貸し出すシステムとして，グリーンバンク制度も開始いたしました。また，本日 3E フォーラムの午後の部で行われます，藻類バイオディーゼルの利活用実証実験を進めようということですが，こちらはつくばらしい最先端技術を生かしたモデルとして，大いに期待しているところです。

4 本目の柱として実験タウンですが，こちらはつくばらしい取り組みといえると思います。実験タウンでは，全部で 8 施策を挙げております。段階ごとに A・B・C・D と四つに分けておりますが，実験タウン A としましては，今，つくば版のインターネット環境家計簿の事業を産総研と協働で進めておりまして，ただ今，入力項目を検討するためにモニターを募集する準備中です。パワポの資料には「会場で募集中」と書いてありますが，大変申し訳ございません，8 月中旬以降からモニターを募集したいと思いますので，訂正をさせていただきたいと思います。本日ロビーの方で体験版をご用意しておりますので，ご興味のある方はぜひそちらで体験していただいて，8 月中旬以降，市のホームページにアクセスしていただきますと，そちらで応募できますので，ぜひともご応募いただけたらと思いますので，よろ

しくお願いいたします。また，実験タウンBということで，つくばエクスプレス沿線開発では，実証実験モデル街区の準備・整備を予定しております。さらにC・Dということですが，そちらにつきましては，つくばの最先端技術をつくばのまちを実証フィールドとして展開できないか，検討をし始めております。それから，つくば市役所の新庁舎の建設や，つくば駅前広場の再整備ということで，太陽光パネルを導入するなど，環境配慮型の整備を進めているところでもあります。

以上のような「つくば環境スタイル」を推進するためには，市内の全域での取り組みが大事になってまいります。今週の8月3日から昨日の7日まで，市内の事業者，市民の皆さまに呼び掛けをしまして，「つくばエコ通勤ウィーク」を実施いたしました。最初の取り組みですので，CO_2排出量を取りまとめて，皆さんに公表してまいりたいと思います。

また，本日は皆さまに「つくば環境スタイル」の概要版をプログラムの中に入れて，また「STOP！地球温暖化」の資料の中にも入れておりますが，もっと詳しい報告書が見たいという方のために，ロビーの方に準備しておりますので，閲覧していただくか，もしくは有料で販売もいたしておりますので，そちらでお求めいただくことも可能になっております。

それでは，私からの概要説明は終了いたしまして，本位田の方にマイクを戻したいと思います。ありがとうございます。

（本位田）　続きまして，今，中身をご説明申し上げました「つくば環境スタイル」の行動計画について，少し外から，この行動計画とは何なのかということについて考えてみたいと思います。

「つくば環境スタイル」を昨年まとめましたが，もともと国の方で「環境モデル都市」というものを提案しており，それに応募していたということがございます。これについて，反省も含めていろいろな議論をしてきました。それで，ほかと比較してみるという視点を少し入れてみようと思います。

この環境モデル都市は，昨年（2008年）5月時点の募集条件として，提案内容の中で，大幅な削減目標，先導性・モデル性，地域適応性，持続性，実現可能性といったことが，必要な五つの要素とされておりました。

環境モデル都市として採択された都市の中で，つくばと似た規模の中核市で取り組み内容を見てみますと，一つは富山市で，こちらではLRT（路面電車）を活用した公共交通網の整備，それから，その公共交通を軸にしたコンパクトなまちづくりを行っておりました。これはもともと廃線を活用するということで，まちづくりをしてきたと考えております。それから，北海道の帯広市は人口17万人ですが，帯広の森や農地を最大限活用する，またバイオマスによる省エネの推進など，豊富な農地・森林を活用する計画となっておりました。両都市ともに地域の資源を活用して施策を推進するということ，かつ，もともとこういう施策を推進している中で応募されてきたということがあったのではないかと考えております。

それから，昨年，第2回3Eフォーラム会議に来られた諸外国の先進都市との比較ということで少し考えてみました。フライブルク市では，2030年，温室効果ガスを1992年度比で40%削減するということで，こちらは交通やエネルギー，廃棄物の対策など，非常に総合的に行っている，まさに環境の先進都市といえるかと思います。また，例えばオレゴン州ポートランドに関するご説明でも，ダウンタウンの再生，それから，特に交通の対策として土地利用計画を見直していくというような説明がありました。それ以外にも，教育の充実，ごみの減量，リサイクルの推進など，総合的に取り組んでいたと考えております。

さらに国際的な連携ということで，今つくばが置かれた現状を見ておりますと，このつくば3Eフォーラムがやはり，つくばで行われている活動の中で非常に国際的な発信力があると考えております。そもそも国の方での環境モデル都市の取り組みでも，このフライブルクやポートランドも呼ばれて，いろいろな国の先端的な都市との比較なりをされていました。また，既に日中韓による3Eフォーラムが2009年のこの5月に開催されたということも聞いております。このように，既に国際的な広がりを持っておりまして，つくばはそういう意味でも注目されているのではないかと考えております。

これら先進都市との関係を考えた上でも，やはり地域の資源をしっかり生かすことが何よりも大切で

はないかと思っております。筑波研究学園都市というのは，もともと大学・研究機関が集積しているところです。「つくば環境スタイル」というのは，これらの横断的な連携を行っているものだと，つくば市環境都市推進委員会そのものがそういう横断的な体制の象徴といえると思いますが，既にそういう連絡・連携を取る体制が出来上がったと考えております。そもそも取りまとめるまでには相当な議論，昨年1年間で25回の検討会議が行われております。特に四つの柱，個別の分科会に分かれて，相当集中的な議論をいただきまして，今つくばで何ができるのかということを取りまとめてきたと考えております。

筑波研究学園都市の立地に関して，ちょうど筑波研究学園都市建設法というのがありますが，こちらの方でも法律に基づく建設計画等ができてから既に10年以上たっておりまして，つくばエクスプレスの開業などをはじめ，つくばを取り巻く環境が大きく変化しております。その中で，基本的な目標を点検するという，国の方での作業がありました。昨年度，この点検のために，筑波研究学園都市整備検討委員会が設置されまして，これらの点検の結果，つくばがどういうまちを目指していくかべきかという国の方の指針では，「世界最先端の科学技術を生かした環境都市つくばを目指すべきだ」という結果を出されております。こういう意味でも，「つくば環境スタイル」というのは非常に時宜にかなった計画であったと考えております。

この中で，この「つくば環境スタイル」の取り組みというのは，自治体の中で個別の施策，先ほど51施策あるとご説明しましたが，それらを行う。そしてさらに，それをしっかりモニタリングして，5カ年の計画に従ってやっていく，ということにしております。この行動計画の中では，これをさらに外部の評価機関に評価いただいて，しっかりCO_2が減って温暖化対策に資しているかどうかチェックしていく仕組みとなっております。この仕組みそのものが他の自治体のモデルになるのではないかと，我々は考えております。特にこういう委員会を作って，市の総力を挙げて施策を実施するというのは，今，全国の自治体が国の施策の動向なども踏まえて一斉に走りだしていますが，そういう意味でも少し先んじてモデルになるような形を作ったのではないかと考えているところです。

最後になりますが，この行動計画をしっかり進めていくことが何より必要です。その中では，それぞれの市民，研究機関等々の役割があると思います。さらに今後，つくばで強化が必要な取り組みにはどういうものがあるかということで，四つほどの方向性を考えております。

一つは，先ほどの実験タウンを，Aは市全域，それから実験タウンBをつくばエクスプレスの沿線開発でやろうとしております。このような実証実験を，研究者の方に研究室から出てきていただいて，市内で市民が住んでいる場所で一緒にやっていただく。そのためには，まだ制度やスキーム等を作っていく必要があると考えております。

それから，各種の環境保全の取り組みが，つくばでは非常に盛んです。これをさらにビジネスにしっかり結び付けていきたいと考えております。これはもともと国の方の取り組みでも，環境と経済の両立ということがいわれております。これをしっかり支援して，新しいお金の流れを作っていきたい。

それから，自治体連携ということでは，そもそもつくばの取り組み自体がモデルになるところが多いのではないかと考えておりますが，さらに地域の資源を生かした取り組みとうまく連携してやっていきたい。今後はCO_2の削減に向けて，さらに制度的に，規制的な手法なども検討していく必要があると考えております。

具体的には，モデル的取り組みの例として，つくばでのCO_2の排出は，大学・研究機関が非常に多くを占めているという事実があります。これらは研究開発を行うことで出てきているものですが，筑波研究学園都市の在り方からして，研究活動を抑制することはあってはならないと考えております。他方，研究活動を促進させながら，CO_2をどのように削減していくか，これには新しい仕組みが必要であると考えております。これについては，環境都市推進委員会の方でも今後タスクフォースなどを作って検討すべきだという話も出ております。例えば，研究の成果が全国なり世界でのいろいろな取り組みになった場合，これらをクレジットとして，CO_2排出量からオフセットするような仕組みをやはり考えていかなければいけないのではないか。あるいは，それらの実験の効果を，実験タウンの方で実際に街中で目に見える形で示せないかと。そのようなことを一つの制度に組み込んでいくことが，特に今後考えなければいけないところだと思っております。

これらは非常に新しい取り組みであり，まだ緒に就いたばかりの，これからの取り組みですので，非常に課題も多いと思っておりますが，方向性も明確になってきたということで，市としては皆さまのご協力を得ながら推進していきたいと考えておりますので，引き続きよろしくご協力いただきたいと思います。

説明は以上です。どうもありがとうございました（拍手)。

（井上） どうもありがとうございました。スケジュールが 10 分前倒しになっておりますが，いいことだと思っております（笑)。それにしても，10 分余裕ができておりますので，もし会場の皆さんからコメント等，あるいは質問でもよろしいかと思いますが，ありましたらお受けしたいと思いますので，挙手をお願いできればと思います。

質疑応答

（Q1） 農研機構の柚山と申します。「環境スタイル」についてパブコメが出ておりました。幾つか意見が出たと思うのですが，その意見を踏まえて行動計画の策定につながったと思うのですが，いかがなものでしょうか。どういう注目すべき意見が出て，どういうものが市民からの意見ということで取り込まれたのか，一端をご紹介いただければと思います。よろしくお願いします。

（本位田） ありがとうございます。市の基本的な計画ですので，今ご質問あったように，この行動計画をまとめるに当たっては，市民と行政が共に施策を作る手続きとして，パブリックコメントというものが条令で決まっております。この条令の手続きに従いまして，5 月 13 日～6 月 12 日までの 1 カ月間に，16 名の方から 125 件のご意見の提出をいただきました。

パブリックコメントというのは，市の方でもいろいろな形で基本的な計画をかけておりますけれども，環境の取り組みというのは非常に多岐にわたりまして，かつ，正直申し上げると若干難しいのかと思っておりますが，そういう計画の中では非常に多くのご意見をいただいたと思っております。

ご意見の中身ですが，幅の広いご意見，かつ詳細なものをいただきましたので，詳細そのものについては，ホームページ等でも実施結果について条令の手続きに従って公表しておりますので，ご覧いただければと思います。かいつまんで説明できる点だけではないかもしれないですけれども，多かったのは，非常に詳しい，研究者ではないかと思われますが，環境に関心の高い方からのご意見をいただきました。中には「この計画はまだ未熟だから，もっと考えろ」という厳しいご意見もありましたし，逆に「つくばがこういう形で取り組み始めたのは素晴らしいことだから，期待しています」というようなご意見もいただきました。

非常に幅がありましたが，あとは具体に，51 施策ありますので，例えば，ごみについて詳しく記述を見た上で，より進めていくべきだとか，あるいは交通の対策について，こういうことができるのではないかというような，さまざまなご意見をいただきました。それらのご意見を踏まえまして，必要な修整を加えて，今回行動計画をまとめたという形になっております。

（井上） はい，ありがとうございます。ほかにいかがでしょうか。

（Q2） 方向性としては非常によろしいのですが，お話を伺った範囲内では，つくばの特徴である世界最先端の技術という観点，その方向性，目指すというのはいいのですが，具体的にその内容が見えてこなかったので，どんなことをその内容として考えていらっしゃるのか。そして，幾つかの連携都市で，これは先端都市と言われましたが，どうも帯広とか富山とかフライブルクとかポートランドとか，それも最先端の先端都市とはとても言えないような気がするので，そういう観点の，具体的にこんなことをやりたいというようなことはあるのでしょうか。

（本位田）　ありがとうございます。四つの柱ということで取り組んでおりまして，実はやはり，個別の施策を一つ一つご説明申し上げた方がより具体的によく分かるかと思います。

一番特徴的なものの一つは，例えば教育の話が先ほどありました。つくばにはたくさんの研究者の方がいらっしゃいまして，現在，既に学校でIEC運動に取り組んでおります。さらに今後，こちらの一番上に書いてありますが，環境カリキュラムということで，つくばの市民がすべての学校で取り組めるような教育プログラムを，現在大学の方と協力して作っていただいているところです。これを学校で教えて，つくばに育ち，つくばから羽ばたいていく市民の皆さんが環境教育を受けているというようなものが，例えば非常に特徴的かと思います。

（Q2）　それは最先端技術とは言えないのではないでしょうか。

（本位田）　そういう意味では，例えば，今日ご議論いただいている藻類のバイオディーゼルの活用に向けた実証実験を行いましょうということが，この51施策の中で書かれておりまして，そういうものはまさにつくばらしい施策かと思います。それから，先ほど申し上げました実験タウンというのもこの四つの柱の一つでして，この実験タウンについてはA・B・C・Dという四つのカテゴリーに分かれております。これ自体が非常に活発なご議論をいただいて作ったもので，実験タウンDと書いてあるところで，研究学園都市で最先端の研究を集めたショーケースのようなものがぜひ作れないかという話が出ております。

（Q2）　その話，具体的に例を挙げてください。

（本位田）　これについては，まだお金の手当てをどうするかというところが課題でして，進んでおりませんが，それらとともにB・Cということで，できるだけ人が住めるところで行えるような，現在市場に出回っているもの，あるいは出回っていないものでも，実験タウンでやっていこうというようなものがあります。これらのものは非常につくばらしいものではないかと思っておりますし，ほかの町でこういう取り組みをしているかと言いますと，同じような方向を目指しているところはあると思いますけれども，具体的に市の取り組みなり，自治体なりの取り組みとして既に手を付けているところは，まだなかなかないのではないかと思っておりまして，そういう意味で非常に先端的な施策をやっていると考えております。

（Q2）　その実験タウンで，1例でも挙げていただけますか。

（本位田）　先ほどご説明させていただきました実証実験モデル街区というのは，地図がちょっと分かりにくいですが，今，研究学園駅というところです。

（Q2）　その中身の話です。具体的にどんなことをそこで提案されているか。

（本位田）　それはまだこれから，先ほど課題があると申し上げましたが，人が住む場所でどのような実験を一緒にできるのか，今，検討しているところです。それについては，これからやっていくことになると思っております。

（井上）　はい，ありがとうございました。では，手短にお願いしたいと思います。

（Q3）　日本自動車研究所の木村と申します。クリーンエネルギー自動車ということで，低公害型バスの導入ということが挙げられています。多分これはバイオマスのディーゼル燃料を使ってということなのでしょうが，基本的にこれらを行っている都市というのは，東京都や京都市など，結構やられていま

すけれども，それと同等の方向性ということで理解してよろしいのでしょうか。

（本位田）　はい，ありがとうございます。交通については，実は特にバスの話が非常に多く，いろいろなご意見をいただきました。ちょうど今，路線バスがつくばで走るとともに，市が「つくバス」というのを走らせておりまして，これは市の全域，特に交通弱者に対するバスを基に作ったコミュニティバスです。これの見直しを来年 22 年度いっぱいで行って，23 年度当初から変えようということで，現在，協議会が別途ありまして，そちらでご議論いただいております。そもそもこの「つくば環境スタイル」をまとめていただいた，そのご意見をもって，市の公共交通体系全体の議論の方に引き継いでおります。その中に，この低公害型バスの導入を積極的にやろうと，もう一言言えば，例えば，「つくバス」に何か導入できないかというようなことを含めて，今ご議論をいただいているところです。

「同じ方向」という言い方だと，そこはやはり，つくばのまちの特性を踏まえたものになるかと思っております。まちの特性というのは，例えば人口密度や，実際のバスの利用状況，あるいは，そういう交通体系の利用の仕方，先ほどご指摘のあった東京都や京都市と比べますと，やはり人口の規模の面でも差がありますし，まちの成り立ちについても違います。あるいは，そういう事業者さんの数も，実際には，つくばの場合には 1 社，2 社程度しかないわけです。そういう産業として成り立つかというところもありまして，そういうことをさまざま踏まえて導入していくことになると思っております。

（井上）　ありがとうございました。それでは，この概要説明を受けて，総合討論ということで，パネルディスカッションの形式で進めたいと思っております。パネリストにお願いした皆さんはご着席をお願いしたいと思います。よろしくお願いします。

「つくば環境スタイル」に関するパネルディスカッション

司会　　井上　　勲　氏（筑波大学　学長補佐）

パネリスト　柚山　義人　氏（農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究所
資源循環システム研究チーム　チーム長）

作田　宏一　氏（産業技術総合研究所　国際部部長）

上坂　克巳　氏（国土技術政策総合研究所　道路研究部　道路研究室長）

宮澤　伸一　氏（つくばエコライフフレンズ代表）

世一　英俊　氏（株式会社間組　技術環境本部　研究所長）

白岩　善博　氏（筑波大学大学院　生命環境科学研究科　教授）

熊谷　　現　氏（筑波大学院生　つくば 3Ecafe プロジェクトチーム代表）

本位田　拓　氏（つくば市　市長公室長）

（井上）　引き続き，進行は私が務めさせていただきますので，よろしくお願いいたします。これはパネルディスカッションで，パネリストの方のご意見をもちろんいただくのですが，同時に会場とのやりとりという形で進めたいと思いますので，ぜひ積極的なご発言をお願いしたいと思います。それから，ご発言される場合には，一人 1 分以内，テーマは一つ，三つ言いたいことがある場合には 3 回に分けてご発言いただき，それぞれ 1 分以内でお願いしたいと思います。

それでは，ただ今「つくば環境スタイル」の概要についてご説明いただきましたが，このつくば市の環境スタイル行動計画の策定と公表ということを受けて，つくばの各セクターが協力して何ができるか，何をどう進めていくべきかということを議論していければと思っております。

こういう現状と背景といいますか，いろいろなことがありまして，本位田 市長公室長の説明にもありましたし，ごあいさつの中でもいろいろ出てきたかと思いますが，世界的な省エネ，あるいは環境改善技術の導入，環境意識の醸成・啓発等の動きがあります。一方で，グローバリゼーションが進んでおりまして，経済だけでなくて，教育・研究も含めて，多くのものが必然的にグローバル化の流れの中に投げ込まれています。都市自体の国際化ということも，特につくば市については，国から求められているところでもあります。

そんな状況の中で，つくばはどうあるべきか，環境問題，温室効果ガス削減の取り組みに加えて，国際化ということ，それから，何をやるにしても人材が一番大事ですから，人材育成の仕組みを各セクターが協働してどう取り組んでいくかというようなことも，この環境スタイルの実現と密接に結び付いているのではないかと思いますので，そういうことも含めた議論ができればと思っています。

それでは，まずパネリストにお願いした方々に，自己紹介を兼ねて，先ほどの概要説明についての簡単なコメントをいただきたいと思います。お一人 3 分以内で，それでも 20 分ちょっとかかってしまいますが，柚山さんからお願いいたします。

（柚山）　こんにちは。農研機構の柚山です。私はバイオマス利活用を通して資源循環型の社会システムを作る研究，人と技術と制度をつなげる取り組みを全力で行っております。最近は，皆さんご存じでしょうか，「Go　Go　バイオマス」という歌を作りまして，その作詞者として，結構この界隈で有名になっております。

実は 3 日前，8 月 5 日に筑波大学でバイオマスのワークショップを開催しました。小学生，中学生，高校生，大学生，市民の方々，市役所からは五つの部署，それから，筑波大学やうちの農研機構など，研究機関に出演いただきました。もう素晴らしいパフォーマンスを発揮いただきまして，実は今，感動で少し余韻に浸っているところです。

私自身はこのつくば 3E の中では，バイオマス・タスクフォースの座長を仰せ付かっております。このタスクフォースでは，まずはつくば市のバイオマスタウン構想を策定する。次に，1/100 から 1/1000 規模のバイオマス利活用の社会実験を多くのセクター連携で行っていく，そのお手伝いをしようということにしております。

行動計画を拝見いたしました。良いものができたかと思っております。一つ注文をつけるとすれば，一人当たりの年間 CO_2 排出量が 8.3 トンということで数字が示されていますが，日常感覚からすると，ちょっとイメージができにくいところがあります。イメージができにくいということは，何か対策を講じたときにどれだけの効果があるかというイメージができないということになります。願わくば，つくばの典型的な生活者 5 人ぐらいを採り上げて，その人の生活，あるいは仕事の中で，具体的に 8.3 トンがどう形成されているかなどということが示されれば，より分かりやすかったかと思います。

バイオマス・タスクフォースでは，田園空間の施策とかかわりが深いです。これに網羅されているものを見ますと，まずやるべきことが盛り込まれていて，非常にいいと思っています。ただ，バイオマス利活用というのは温暖化対策だけではありません。地域活性化に資するというのが大きな目的の一つです。そういうことからすると，14 施策出ておりますが，仮に 5 年間の行動計画の中でということに限れば，残念ながらこの施策は，客観的に見て 1%以下の削減の貢献しかないかと思います。

それから，藻類エネルギーが相当に注目されております。これがつくばらしいかというと，現時点では私はそうは思いません。しかし，いろいろな研究機関が加わり，市民の方，あるいは産業界の方が加わると，つくばらしくできると確信しております。「人と技術と制度がつくる　バイオマスにぎわう夢空間」，これを目指して，皆さん力を合わせていきましょう。以上でございます。

（井上）　はい，ありがとうございます。作田先生。

（作田）　産総研の作田と申します。私自身は 30 年来，太陽エネルギーの研究をずっとやってきておりまして，今ちょっと国際部というところで国際協力の仕事をしているのですが，このつくばの 3E フォーラムには当初からご協力させていただきました。

特にこの行動計画については，先ほどごちょっと質問もありました実験タウンの分科会の取りまとめ役を仰せ付かりました。議論が非常に多岐にわたりまして，最終的な行動計画という意味では，先ほどのご質問にあったように，ちょっと具体的なものが見えないという懸念があるのですが，それはどういうことかと言いますと，こういった 30 年に 50%削減というのは，何か一つのことをやればいいということでは決してなくて，非常に幅の広い取り組みが必要です。それを先ほど簡単にご説明がありましたが，実験タウン A・B・C・D と分類しまして，A というのは今もう既に世の中にある技術をいかに市民全員でやっていくかということです。それから，D というのは全くまだ，研究所の中でもまだまだこれからという未来の技術を，なるべく早くショーケースとして見えるようにしてみたい。これもつくばだからできることだと思うのですが，このような四つぐらいのカテゴリーに分けて，さまざまな実験をこれから取り組んでいこうという枠組みができたところだけですので，そういう意味ではちょっと消化不良というか，まだまだこれから中身を詰めていかなければいけない段階かと思います。

私自身は太陽エネルギーをずっとやってきていまして，太陽というのは再生可能エネルギーの一番大元で，特に住宅のエネルギーなどは，太陽でほとんど何とかなるということがあります。日本は太陽電池の世界でずっとトップだったのですが，最近ドイツに抜かれてしまいました。それもどういうことかというと，技術だけではなくて，やはりどういう仕組みで世の中に入れるかというのが非常に大事だということの表れです。日本政府もまた盛り返すというか，新しい施策をこれからどんどん打ち出すことになっていますので，そういったことをつくばでいかに皆さんと一緒にできるようにするかということを，これから考えていきたいと思っています。よろしくお願いいたします。

（井上）　はい，ありがとうございます。では，上坂さん，お願いします。

（上坂）　国土交通省の国土技術政策総合研究所（国総研）の上坂と申します。私は道路研究室ということで，全国の道路の計画の考え方，あるいは設計基準などの研究をして，行政のサポートをしているところです。その中で，最近脚光を浴びているのが自転車の問題です。今回この「環境スタイル」の中では自転車の問題が大きいですので，私はそれについてコメントさせていただきます。

まず，この CO_2 の削減目標，2030 年で半減ということですが，これが自転車利用でどれだけ役に立つかということです。実は家庭から出る CO_2 のうちの 3 割は自家用車から出ております。これはクーラーだと 2%ぐらいですので，それに比べると非常に大きいということです。それで，それを減らすためにはどうすればいいかということですが，実は自転車の量は，日本は世界的に見ても非常に普及しています。私も家に車 2 台と自転車 3 台あるのですが，その自転車が使われていない，あるいは，使われていても短距離でしか使われていない。

先ほどの「環境スタイル」でも，往復 2 km でどれくらいの削減と言っていましたが，それだと駄目なのです。これからの自転車施策の一番のポイントは，自転車で走る距離を延ばす，短距離から長距離に延ばすというのが一番の大きなポイントです。その際，一つの目安になるのが 5 km です。5 km ぐらいであれば，実は車に乗って行くよりも自転車に乗って行った方が速い。車だと駐車場が遠くて，ドア・ツー・ドアでいったときにかかるのですが，5 km だったら速い。例えば，ここから筑波大に行くときに，車で行くのと，この公園通りを通って自転車で行くのを比べたときに，自転車が勝つ距離というと，5 km というのが一つの目安です。

その 5 km というと，都市部では実は自動車利用の 4 割が 5 km なのです。その 5 km を転換することで，それなりの CO_2 の削減が見込めるということです。また，それについていろいろなやり方が今考えられているのですが，最初は 3 分ということなので，問題提起ということでさせていただきます。

（井上） はい，ありがとうございます。宮澤さん，お願いします。

（宮澤） 皆さま，こんにちは。「つくばエコライフフレンズ」の宮澤でございます。「つくばエコライフフレンズ」という組織は，一昨年の 7 月にレジ袋の無料配布中止を目標にして，八つのグループから結成された団体です。幸いに皆さま方のご協力により，昨年の 9 月 1 日よりレジ袋の無料配布の中止が実現しまして，今ではすっかり定着いたしました。所期の目的が達成されたので，解散しようかという話もあったのですが，ちょうどそのころ，この環境スタイル計画が持ち上がりましたので，それでは環境スタイル計画の枠組みの中で，何か市民として協力できないかということで，引き続き組織を維持しております。

この環境スタイル計画，3E フォーラムもそうですが，筑波研究学園都市が出来上がって 30 年にして，ようやくつくばとしての，つくばらしい取り組みではないかと，私たちも非常に期待しております。期待だけではなくて，私たち市民も社会実験を積極的に担いたい，受け身ではなくて，積極的に担っていきたいと考えております。

ただ，先ほどから「市民参加」という言葉がたくさん出てきますが，その市民参加という意味合いにもいろいろあろうかと思います。重要なことは，全部おぜん立てができてから，「さあ，市民の方，やってください」というときになって初めて市民が参加するやり方ではなくて，実施計画の基本計画の段階から市民の代表が入っていって，システムや装置の試験をする，それから消費者として意見を言って，より良い方法で実施する，ということが必要だと思います。こうした市民が参加するということが計画の中に担保されていないということを非常に危惧しております。

実例を挙げますと，私たちは「エコドライブに取り組みましょう」ということで関心があるわけですが，この計画によりますと，「エコドライブの普及促進のために国立環境研究所，筑波大学，市が連携して，エコドライブのための仕組みづくり，講習会の施行を行います」とあります。「産学官民 4 者が連携してやりましょう」ということをうたいながら，そこで既に産と民は除外されております。その結果，出てきたのが，伺いますと，5 年間で受講者 3 万人の講習会をやりましょうと。これは 1 回当たり 30 人の講習会を年間 200 回やらなければいけないということです。そういう講習会に人が集まるでしょうか，200 回もできるでしょうか，と考えた時に非常に非現実的です。

茨城県でもエコドライブを推進しているわけですが，昨年，今年，来年と 3 年かけてやっていますが，茨城県ではいろいろなセクターが入っています。例えば，教習所や JAF，バス会社，タクシー会社，運輸会社，それから県警が入っています。

そういう講習会も重要ですが，免許の更新時，あるいは高齢者講習会が義務付けられていますので，こういった間にエコドライブの教科を 1 科目入れていただくだけでも，5 年で全員が必ず更新しなければいけないわけですから，多くの方に受講していただけるのではないかと。

なぜその非現実的な計画が出てくるかというと，限られたセクターの中で，限られた議論，限られた観点の中で議論されているから，そういうことが出てくるのだと思います。できるだけいろいろな，特に市民の中に根付いて，多くの人たちにやっていただかなければならないことに関しては，市民の代表を入れていただくということを担保してほしいなと，そういう協議の場を設けてほしいと思っております。

（井上） はい，ありがとうございます。世一さんお願いします。

（世一） はい。間組技術研究所に勤めています世一と申します。民間建設業の研究所組織です。私どもだけではないのですが，民間企業の低炭素社会への取り組みというのは，環境監査という ISO14000 の取り組みが代表されると思います。企業が環境に対する方針を定め，年度ごとの環境の目標・目的を掲げ，活動していくような仕組み，これを今，大半の企業でやっているという現状です。さらにグリーン購入という，いわゆる環境に優しい商品，もしくは資材を購入し，それを生産活動に充てていくというようなことが行われています。それに応じて，環境会計ということもやられております。つまり，その企業が環境に対して，環境を保全するために，どれぐらいのお金を全体として使っているのかというものを公表していく。そして年間環境報告書というもので，ホームページや冊子などを作って公表していくというようなことで，企業は今，低炭素社会への取り組みをしています。

その中で，今回「環境スタイル」を見せていただいたところで，民間事業所に対する分担や役割がいろいろなところにちりばめられております。その中でやはり，私がずっと見てみますと，省エネルギーというのが大きなウエートを占めているのではないかと思っています。省エネルギーがなぜわれわれ民間事業所としても進めやすいかというのは，これは言わずもがなのことですが，経費削減に直結しているからということになります。つまり，例えば，小規模な投資をすれば，そこのところではお金がかかったとしても，ランニングコストで非常に助かる。そのことで，さらに環境に貢献できるということもあります。それと，設備や建物をリニューアルするときに，省エネの技術を導入して，省エネを使っていくということも行われているのではないかと。これをもっともっと進めていくということが，今回のこのスタイルにもいわれていることではないかと思っております。

その省エネを含めた今回のスタイルの施策が，成功する，うまくいっていくということを見せるためには，まずは活動をもっと PR すべきではないか。この PR というのは非常に難しいと思います。例えば，今日ここにおいでの方は 100 人ぐらいと思いますが，では，21 万人のうちの 100 人なのかということになります。活動の PR をもっと増やしていきたいということ。それと，効果が出てきたときに，効果をいかにして皆さんに分かってもらうように見せていくかという，これはスタイルの中にもありましたように，可視化が必要だと思っております。それと，それを含めたような効果をどう評価していくか。先ほどのご説明にもあったと思いながら見ていましたが，外部にオーソライズされるような評価をしていくということが，また次の 5 年，次の 1 年の活動につながっていくのではないかと思います。

最後にもう一つだけですが，実証実験というお話がありました。私どもの分野でどういうところがお手伝いできるかと思ったときに，例えば実証実験 A ぐらいのところで，レベルの低いところではありますが，例えば，モデルの建物を建てていくときの省エネ診断，普通の建物を建てられるときの省エネの相談や指導，そういったもので，われわれの分野の研究所の人間が結構このつくばにいます。そこで，公的機関の建築系の方がリーダーになって，われわれの研究所のようなところの職員，技術者を引っ張っていただいたら，こういう省エネ相談や診断などの応援ができるのではないか、と思います。以上でございます。

（井上） はい，ありがとうございます。白岩さん，お願いします。

（白岩）　大学の役割というのは，一つは，世界をリードする最先端の研究をする。それから，その研究成果をきちんと自分のところの学生，大学院生に対して教育をする。そして，その人材を世の中に送り出す。世の中というのは日本だけではなくて，世界全体に対して送り出していくということが非常に重要な使命であるわけです。大きな話はいろいろ出ましたので，大学として，今，具体的に取り組んでいる事例を幾つか申し上げます。

一つは，藻類バイオマスエネルギーの研究。これは世界最先端の研究として，今，既に始まっております。この 3E フォーラムの事務局長をやっておられる渡邉信先生をリーダーとして，生物側としては井上先生，それから私です。そして，そこで作った油，オイルを化学的に改質して，燃料等々に利用していくという研究を富重先生。それから，太陽エネルギー，それから直流電流の利用というものをそれにかましていくということで，システム情報の石田政義先生。そういったグループの研究を大学としてサポートすると同時に，国の大型予算を獲得して，先端研究を行っております。それに基づいた，いろいろな周囲の研究室を大きく巻き込むことによって，筑波大学としての環境問題に対する研究を，既存の研究室の成果を併せることによって，大学としての一つの方向性を打ち出していくという，そういう方向で具体的に動いております。

教育に関しては，実はこの 3E フォーラム会議の第 1 回目が行われたときに，私は出席して会場を見回したところ，筑波大学の学生の姿が非常に少ないことに愕然といたしました。こういったことに対して，もっと学生が関心を持つべきだということで，実は筑波大学が全国の大学に先駆けて作った大学院共通科目，これは全部で五十数科目あるのですが，この中に 3E フォーラムの内容を入れ込んで，「環境・エネルギー・経済（3E）概論」というものを講義の一つの科目として提供し，それを受講する大学院生に対してレポートや研究発表を求めるということで，大学生に対してこういった活動をしっかりと浸透させていくということをすぐ始めました。

それと同時に，この科目は，筑波研究学園都市のほかの研究所が提供するサイエンスコミュニケーションの科目であるとか，その研究者が提供する，非常勤講師としてお願いする科目も含まれておりまして，筑波研究学園都市の英知を結集して，それを筑波大学の大学院生，あるいは学生に提供するということを実際に行っております。

実はこの科目は市民の方どなたでも，「科目等履修生」という制度がありまして，大学の事務室に連絡して手続きをして，ちょっとお支払いいただくのですが，ただ，お支払いいただく以上は，学生として図書館を利用するとか，いろいろな施設を利用する権利も一緒に得られます。その科目等履修生として，この科目を受講して，それぞれの科目の単位を取得していただくことがどなたにもできる，そういうことを実際に行っております。

それから，筑波大学として，環境，人材育成と国際化というのも大きなキーワードでありまして，国際化のために，日本の国やつくば，あるいは国内に対する発信だけではなくて，世界に対して発信するために，留学生という大きな力があります。その留学生を世界中から招いて環境教育を行うということで，「環境リーダー」という国の事業が採択され，既に実行に移す準備が完了しております。

それからもう一つは，「グローバル 30」という，ついこの前採択された国の大きなプロジェクトがあります。10 年後には筑波大学の学生の二人に一人は留学生にするのだというような大きなプロジェクトですが，そういう国際化の中で，こういった 3E フォーラムのような活動，環境教育のような活動を，しっかりと留学生に対して教育をして，それを国に持って帰ってもらうということです。世界に対する日本の科学技術の PR，それから浸透，そして，それらの留学生の方々は必ず将来その国のリーダーになるわけですから，そういった人材の教育をつくば市の中でしっかりと行っていくというのが大学の方針です。

そういったことを実現するための第一歩として活動を始めています。これは環境とは全く関係なく始めたことですが，つくば市の方々はものすごく知識レベルが高いのです。英語がしゃべりたくてうずうずしている人が山ほどいるということを，この活動を通じて初めて知ったのですが，筑波大学には社会貢献事業という予算化されたプログラムがあります。その中で，私が応募して採択されたのが「シティ

ーチャットカフェ」という活動です。市内の LALA ガーデンというショッピングセンターがあるのですが，そこに協力していただけて，無料で五十数人入る部屋を提供してくれるのですが，そこに月に 2 回自由に集まっていただいて，留学生や市民の方々に国際的なコミュニケーションの活動をしていただいたり，自由に話をしていただく無目的のカフェを開催しています。このカフェでつくば市民と留学生がコミュニケーションすることによって，そのこと自身が，国へ帰った留学生がつくばをふるさとと思うようなことができれば，環境教育だけではなくて，世界に対する非常に重要な人材育成の貢献ができると私は確信しております。

環境にターゲットを絞った活動としては，隣にいる熊谷君がやっているような 3Ecafe というのがありますし，ほかにもバイオ Ecafe という，生命環境科学研究科の教員が主催しているものがあります。ただ，やはり大学としては，環境教育だけを取り上げてやるというのではなくて，大学の教育全体の中で，国際的に，グローバルに，かつローカルにも，いろいろなことをやっていくということを具体的に始めております。皆さま方が参加できるシステムを整えてありますので，ぜひ参加していただきたい。ちょっと長くなりました。

（井上） はい。熊谷さん，お願いします。

（熊谷） 先ほどのお話でもちょっと紹介していただいたのですが，「3Ecafe」というイベントを運営しております，筑波大の大学院生の熊谷といいます。

僕らは，3E フォーラムの流れを受けまして，学生の方から何かやろうということで活動を始めた団体です。3E（環境・エネルギー・経済）の専門家の方をゲストとしてお招きして，学生や一般の方を対象に情報提供の講演会と，参加者同士の交流を行っているイベントです。環境問題というのがこちらのフォーラムの主目的でもありますが，いろいろなセクターの人が協力していかないと駄目だろうということで，少しでも情報の横のつながりや，活動の協働のきっかけみたいなものがつくれればいいかなと思って活動をしています。

僕は，今日は学生の立場ということで呼んでいただいたのですが，「つくば環境スタイル」行動計画を拝見いたしまして，学生をもっとうまく使えないか，ということを考えていました。学生というのは，つくば市の人口の 1 割を占めるということで，地域の立派な資源だろうと思いますし，あと，若いということで地域の活力源になるのではないかと思っています。また，学生自身のことを考えますと，つくば市の方に出ていって活動するということが，個人の人材育成にもなるということで，価値があるのではないかと考えています。ただ，学生というのはどんどん入れ替わってしまいますので，ある程度，継続させる仕組みが大事ではないかと思っています。そこで先ほど白岩先生がおっしゃっていた単位化，授業化というのが非常に大きいキーワードになると思います。

今日も多分，授業化されていることで来た学生が何人もいると思いますし，あと，千葉大の方で ISO14001 を学生と協働して回しているという事例がありました。そちらもうまく授業化したり，インターンのようなものを活用して持続的に行っているということで，やはり学生をうまく使うのであれば，大学がインターンや授業化という仕組みを利用して，大学の中であったり，外であったり，人と協働を進めていくことがいいのではないかと感じます。

筑波大にはいろいろな団体がありまして，例えば，それこそ先ほどお話が出ていた PR の問題だったら，もしかすると芸術の学生などをうまく巻き込めると，スキルの部分では力になってくれたりもするかと思いますし，あと，環境教育の分野では学生がどんどん出ていければ，学生自身も興味があると思うので，そのあたりを進められるといいのではないかと思います。

（井上） はい，ありがとうございました。本位田さんには先ほど説明していただいたので，自己紹介はなしということで，これでパネリストの方の自己紹介を兼ねたコメントを終わらせていただきたいと思います。

それで，いろいろなご意見があったかと思いますが，内容がつかみにくいとか，分かりにくい，まだ

これから計画しなければいけない，自転車についてはクリティカルな距離は 5 km だと，それから，市民参加の問題・意味が指摘されました。それから，もっと PR が必要だ，省エネが大事だという話。それから，大学の役割，取り組みについての説明，そして，学生の力をもっと活用してほしいと，そういういろいろな意見がありました。

質疑応答

（井上） これから 12 時までは，会場の皆さんとのやりとりの中でパネリストの方にご発言をいただきたいと思っております。今いろいろ出てきたご意見，それから，本位田さんに関しては，先ほどの概要説明について，まだちょっと聞き足りないようなことがありましたら，それも含めてご発言いただいて結構かと思います。

先ほど申し上げましたように，1 コメント 1 分というところでお願いしたいと思います。ご自由に挙手をお願いできればと思います。

はい，赤ちゃんを抱いておられる方。

（Q4） 一般市民の吉田と申しますが，先ほど言われていたことについてお聞きしたいと思います。例えば，ガソリン税を今の 3 倍にして，その税金を使って自転車道を整備するとか，あとは事業者等については，そのガソリン税を多く取った分，ガソリン代などで返還，元に戻すということができれば，すべて丸く収まるのではないかと思うのですが，それについてコメントをお願いします。

（井上） はい。どなたかな。では，上坂さん，お願いします。

（上坂） はい。一応道路関係ということで，私の方からコメントさせていただきます。ガソリン税を 3 倍にして自転車道を造ればということですが，まず自転車道を造るというやり方は一つありますが，実はそれは，やはりお金がかかります。そういうことで，一つ紹介させていただきたいのが，今の時代，低コストでどれだけ自転車を使ってもらうかというところに知恵を働かせるのが第一なのですが，皆さん，これはご存じですか。「つくば自転車スローライフ」，これをご覧になったことがある方は挙手していただければと思います。

いらっしゃいますか。かなり広がっていますね。ここにつくばの自転車マップが付いています。実はこれは「つくば環境スタイル」の一つのテーマ，市民と行政と研究者が一緒になってやっていくということの一つの実現した姿なのですが，市民の方にワークショップで集まってもらって，やはり一番道のことを知っている市民の方に自転車で走ってもらって，走りやすい道と走りにくい道を色分けしてもらっています。それから，自転車が寄る施設なども入れています。これにはうちの研究所，われわれは全国の自転車道の整備事情を知っていますので，そういうノウハウ，それから，つくば市さんに協力していただいて一緒になってこういうものを作ったということです。

実はこういうものを作ると自転車利用が上がるということは，過去の事例でも出ています。こういうものを MM（モビリティマネジメント）と呼んでいまして，やはり行動変化を起こさせるということです。自転車を使っている人に対して，ちゃんとした情報提供をすることによって，行動の変化を与える。

この本には自転車のパンクの直し方や，安全な自転車の乗り方など，いろいろ書いてあって，また今後，これにはまだ書いてないのですが，例えば「□□から△△まで，実はこの道を通ったら 15 分ぐらいで行けるんだよ。自動車で行くより速いでしょう」というようなことを伝えることによって，直していくことがまずあります。

ここでいったん切らせていただきます。

（井上） はい。ガソリン税というのは国が上げるのですか。自治体でいいのですか。

（上坂）　いや，法律ですので。

（井上）　国ですよね。

（上坂）　ええ。国が上げて，それで国の取り分，地方の取り分があります。

（Q4）　ありがとうございます。理想はそうなのですが，何年か前にガソリンが上がって，車に乗らないで自転車に乗っていたという方もいらっしゃると思います。現実的な問題として，ガソリンが上がれば，みんな車に乗らなくなるから排出量は減りますよね。それによって，ガソリンが上がったとしても，事業者さんは運賃というか，ガソリンを申告していると思うので，申告すれば返ってくるような制度ができれば，事業者も困らないし，排出ガスも減るし，予算も，例えば税金が入れば市民の分，税金を取ったから，車の道路の端の方をラインを引くだけで自転車専用道にするとか，そういうことが可能だと思うのです。

（井上）　資金の確保という意味でもなかなか面白いとは思いますが，このつくば市，あるいは研究学園都市の手に余る部分がかなりありそうな気がするのですが（笑），本位田さんいかがですか。

（本位田）　大変面白いご提言だと思います。ただ，現実にはやはり，ガソリン税を3倍にすると，そもそも倒産するというか，会社でも事業活動そのものにも影響が出るとか，いろいろな形で社会生活に影響が出ると思います。先ほどの話にもありましたが，環境の話は，例えばここをやると解決するのではないかと，私ももともとそういうふうに考えていたところがありまして，先ほどの世一さんの方からも，電力について，やはり省エネではないかというような話がありました。端的にいえば，例えば原発を回せばCO_2の排出量は一気に減ります。だから，そこをぐっと締めればぐっとうまくいくのではないかとか，何か一網打尽にできることを私も最初は結構考えていたのですが，環境の問題というのは非常に難しくて，難しいというのは，どこかを押せば全部がばっと解決するわけではないというところがやはり一番難しいのです。ですから，今のようなご提言というのは，実際にはなかなか，これで全部うまくいくというのは難しいのではないかと私は思っています。

（Q4）　だから，先ほど事業者さんは特例というか，「ガソリンをこれだけ使ったので，税金をこれだけ払ったのだけど，今と同じだけ返してくれるかい」ということにすれば，事業者は経費は上がらない。事務的なものはガソリン代でやっているので，国の方が大変だとは思いますが，事業はつぶれないとは思うのですが。

（井上）　はい。国への提言というような内容ですよね。3Eフォーラムでも都市構造・交通体系に関するタスクフォースがありまして，そういうところで議論の対象になれば，つくば発の提言として国の方に上がっていくというようなことは可能性があると思いますので，伝えておきます。ありがとうございました。

交通の話が出てきているので，関連していかがでしょうか。

（Q5）　一般市民の熊田と申します。今の自転車に関しては，つくば発ではなく，いずれ電気自動車がこれに代わって解決していくだろうと私は考えております。

それで，50%削減のための，その中身のブレークダウンとして何が挙げられているのか。今，50%という目標を定めていたわけですから，既にそれは検討されていると思います。藻類のバイオマスは，最初の方の発言によると 1%程度と非常に少ないので，唯一つくば発の先端技術としてはどうも解決策にはならないと。自転車の問題では30%と非常に大きいのですが，それは技術革新によるものではないので除きます。太陽光がもしちゃんとできる見通しが立って50%に対してかなりの寄与ができるというの

であれば，太陽光では現状どこまでいって，どれくらいの見通しがあるのか。多分，太陽光と電気自動車が大きな比率を占めると思いますが，このつくばフォーラムではそこのところを，ブレークダウンとして 50%の内訳をどう考えているのかということをお聞きできればと思います。多分，井上先生が最適なのではないかと思いますが，どうでしょうか。

（井上） 第 2 回の 3E フォーラム会議のときにワークショップを開きました。交通に関するもの，バイオマスに関するもの，省エネに関するもの，ライフスタイルに関するもの，いろいろあったのですが，それぞれでどれくらいのことができるかというところで，できるだけ数字を出してくださいということでやりました。それで，バイオマス関係で 5%，自動車関係は 30 年までに半減できますということで，いろいろな数字がそのときに出てきています。50%削減のために，どれだけやらなければいけないかと，省エネも含めて，あるいは革新的な技術がやはり必要だという議論をしているところです。だから，もう既に内訳がこうなっているというものではなくて，これから実験タウン D・E という話もありましたけれども，そこにいろいろな技術，考え方をどのように統合していくことによって 50%を目指すかというところをやっているところです。

全体がどうなっているかというのは，エネルギーシステムを全体として評価する仕組みをつくばに確立しようということをやっていただいておりまして，そこが常時モニタリングをし，かつ，こういう部門でこれくらいの取り組みがさらに要求されます，というフィードバックがかかるような仕組みを作りたいと思っているところです。

太陽光についてはどうですか，作田先生。

（作田） 確か環境モデル都市の提案のときに，一応そういった議論をかなりしました。ただ，この数字は非常に難しくて，私も個人的には太陽がかなりの割合を占めないと，逆に無理ではないかと思っていますが，それでも 50%のうちの半分いくのはかなり大変かもしれません。だけど，そのくらいはいかないといけないのではないかと思います。今の交通の問題とか，バイオマス関係，あとはやはり省エネ，特に住宅の省エネですが，こういったものを足していって，何とか 50 にするというくらいではないかと思います。

（井上） はい。柚山さん。

（柚山） 私は先ほど，この行動計画は 5 年間でということだったものですから，藻類の実用化技術の展開は，この報告書によりますと，2020 年過ぎぐらいから実用化を考えているので，それが想定している休耕地等が確保されてやったら，試算としてポテンシャルとして 3%台の削減の可能性があると試算していますが，5 年間ではそこまでは着手できませんので，他のものを合わせても 5 年間では 1%以下だろうという客観的なコメントをいたしました。

（井上） はい。では，他いかがでしょう。

（Q6） 国立環境研究所の藤野と申します。CREST の領域アドバイザーとしても，こういう会が催されるのは大変いいことだと思います。

今の話に関連するのですが，やはり 2030 年 50%削減というのは非常に大きな目標です。今後 5 年間の取り組みも非常に大事で，一つの質問は，それでどれくらい減ると見積もられているか，ということをお聞きしたいのですが，やはり，今できることだけを続けていても，きっとそこまで到達できないと思うのです。それに対して，どのような計画をされようとしているのか。例えば滋賀県では，モデルを作って，シナリオを作って，特に重点化するところを見つけ出してやることを，条令の方にも踏み込んでやられたりしています。ある程度のスピード感を持ってやらないと間に合わないのではないかということで，その点についてどのようにお考えなのか，お聞かせ願えればと思います。

（井上）　はい，ありがとうございます。これは本位田さんからコメントいただけますでしょうか。

（本位田）　最初の方のご質問ですが，具体的な数字は挙げませんでした。5 年間での削減のシナリオのところ，これですと，1 ページのスライドの中の右下の「削減シナリオ」と書いてあるものがあります。2006 年の現状比を出しましたので，それで減らそうというところまででして，具体的に何トンというところの数字までは出ていないという状況です。ただ，減らすということは，やはり経済活動が伸びる中で，一応目標になっていると考えております。

それから，特に重点化していくところでどこかということですが，同じスライドですと，この資料 5 ページの左下，「今後，つくばで強化が必要な取り組み」のところで少しご説明させていただきました。特に研究活動を促進しながら CO_2 を削減する，ここがやはり一番課題として重いし，かつ，ハードルが高いと思っております。具体的に CO_2 削減と認定させられるような仕組みが作れるかどうかが，つくばの場合は勝負になるのかと思います。いきなり何か規制をかけて CO_2 を減らせというのは研究活動を阻害することになりますし，また，そういうことが求められているとも思いません。

やはり市民の具体的なレジ袋の削減であるとか，交通の取り組みであるとか，既にやっている取り組みがありまして，こういうものとある程度リンクしていないと，多分，制度的にもなかなかご理解が得られないのではないかという感触を持っているところです。この辺について，スピード感というか，この 5 年の中でかなり踏み込んだところまでいかなければならないのではないかと思っています。

（Q6）　その中で，研究開発の CO_2 削減の効果をクレジット化するというのは非常にチャレンジングで，これは取りようによってはいくらでもがばがば数字を作れて，この地域内で全然減らさなくても，世界への波及効果で，つくば市 50%削減に十分役立つというようにしてしまえることもあると思いますが，それだとちょっと，何なのだろうかということになります。どちらかというと，それはあくまでバーチャルな数字で，そういう貢献はしているけれども，もっと域内で，いわゆる中期目標でいえば「真水」という数字で，つくば市内で 50%削減するようなビジョンを描かないと，何だ，というように思われてしまいます。うちの研究所も似たようなことをしていますが（笑），どうなのでしょうね。

（井上）　今のコメントにいかがでしょうか。研究者の方もいらっしゃいます。藤野さんの言うとおりだと僕も思っておりまして，最大限の努力を各大学・研究機関がまずしっかりとやるべきだと，それをやらないで，初めから CDM のようなことを考えるわけにはいきませんというところで，各機関が取り組んでいると思います。さらに加速させようというところをやっておられるし，大学もやっていますので，最初から CDM ありきという議論はないだろうと信じております。

いかがでしょうか，そこの女性の方。「パネリストに女性がいないのはけしからん」と先ほど怒られたばかりなので，女性の方のご発言は大歓迎ですので，よろしくお願いします。

（Q7）　市民の安田と申します。市民の立場で参加して，現実の生活と皆さんの研究とのギャップをとても感じてしまいます。

まず交通の方でいきますと，つくば市はとても広いので，非常に不便なところもあります。皆さん通勤を中心に考えて，研究機関への通勤などをきっと重視していらっしゃると思うのですが，それ以前に市民としては，子供たちの通学です。高校は県内が 1 学区になりまして，どこでも行けるのですが，その子供たちの通学に関して，やはり親が送り迎えをしているということで，通勤だったら片道でいいのですが，送り迎えというと 4 回になってしまいます。

うちの息子は 10 km 近くをほとんど毎日自転車で通ったのですが，そういった整備ということを今考えたのですが，そうしたら，整備にはお金がかかるということで，お金をかけないで自転車の利用率を上げたいわけです。そこで，もう少しつくば市さんで頑張っていただいて，通学路とか，具体的に言うと大角豆の交差点とか，あの辺をどうにか改革して，お金がかかるのでそれができないと言われてしま

うとちょっとあれなのですが，研究というよりも，やはり市民としては，そちらの方を充実させていただければ，随分と効果があるのではないかと思います。市としては，大角豆の交差点は県道だからというような感じで，いろいろ難しいのかもしれませんが，つくば市ができてから，もう何十年も市民が困っていたので，教育委員会とかいろいろな部署がかかわってくると思いますが，やはりそういった市民の目に見える形でどうにかやっていただければ，本当に市民のほとんどが喜ぶことなのではないかと思います。

エコドライブについては，先ほど宮澤さんが教習所とかとおっしゃっていましたが，高校生のほとんどの方は免許を取るので，高校などの学校でも，やはりエコドライブについては・・・。1 項目でしたよね，すみません。

（井上） 女性だから特別です（笑）。

（Q7） すみません。高校生などにもそういった項目を，保健体育でもいいかと思いますが，どんどん入れていただいたり，それから警察ですね。エコドライブですと安全がとても向上するということで，警察の方にもご協力いただいて。先ほどアンケートがあったので，ノーマイカーデーでしたか，「車ではなくて通勤を」ということで，気になったことというのはやはり，ドライバーがスピードを出すとか，自転車で走っているととても怖い思いをすることもあるので，警察関係にも協力いただくことが必要だと思いました。すみません，まとまりませんが，お願いします。

（井上） はい，ありがとうございました。子供たちの通学に関して総合的な対策をお願いしたいということだと思います。はい，上坂さん。

（上坂） すみません。私は先ほどはっきり言い過ぎたのですが，第一にお金がかからないことを考えるということで，その後はもちろんやるのです。

実は今，全国 100 カ所ぐらいで自転車の整備のモデル地区というのが動いています。それは，長距離を走るためには，自転車も快適にスピードを出して走ってもらう環境が必要です。そのときに歩道上だと，やはり歩行者との事故が今ものすごく問題になっていますので，歩行者と自転車を分離するような空間を必死で探しています。日本はあまりないのですが，そういうものを探してやるということを取り組んでいます。あと，つくば市の，例えばつくばの西大通りなどは歩道が非常に広くて，そういう自転車が安全に走れるようなところでは，歩道上の段差が自転車にとってはものすごく問題です。そういうところをなくすとパンクもしなくなるというところがありますし，そういう自転車が快適に走れるような環境は，もちろん今，細かく考えていくというところは一方ではあります。

すみません，ちょっと誤解を与えてしまいました。申し訳ございません。

（井上） はい，ありがとうございます。実はもう 12 時で，終わらなければいけません。これは丸一日やらなければとてもではないけど収まりがつかないのですが，次の予定もありますので，ここで基本的に閉じなくてはいけません。あとは，サンドイッチでも食べながらディスカッションをしていただくというような形に持っていきたいと思います。

どなたかご発言。あちらかな。はい，簡潔にお願いいたします。

（Q8） 市民の永井といいます。先ほど柚山さんの方から，8.3 トンの「見える化」をして欲しい，というようなご発言がありましたが，やはりつくば市報にも載りました 8.3 トンの解決法は? ということを，すぐ市民は考えます。だから，それぞれの目標をしっかりと 5 年ぐらいの間に出していただきたいということと，それから事業部門の 53%は何とかしないと，この中には全く解決法が載っていないのですね。市民の立場からしますと，この解決法が市報の中には載っていないということで，何かやる気をなくすなという感じがしたので，そのあたりをしっかりと出していただきたいと思います。

（井上）　はい，コメントありがとうございます。閉めなくてはいけないのですが，今回いろいろなセクターの方からパネリストにおいでいただきました。実は私の考えていたことは，こういう様々なセクターの方が協働して，一緒に働いて，この「環境スタイル」の実現にどう寄与していくことができるのかということで，協働体制をぜひともここで確立したいと思っていたのですが，そう簡単ではない。やはりいろいろな距離感が依然としてあるわけで，それをどれだけ縮めていけるかということが課題だろうと思っています。

それをやってくれるのは，多分，若い人だろうということで，熊谷君に最後に何か一言お願いしたいと思います。

（熊谷）　はい。そういう話を今朝聞いたので，びっくりしているのですが（笑)。ちょっと個人的な感想からいこうと思うのですが，二つ印象的なことがありました。

一つは，当たり前ですが，特効薬はないということを確認させられたというところです。先ほどおっしゃってくださいましたが，僕も何かすぐに解決する方法はないのかということを，これを眺めながら考えていったりしたのですが，やはりローカルな話が非常に多いので，一つ一つの細かい部分を研究者の方と地域のことをよく知っている方で調整していかなくてはいけないのかなということを非常に感じました。

あと，生活と研究のギャップを感じたとおっしゃってくださった方もいました。僕は大学にいるので，やはり研究者の方は非常に頑張られている，頑張られていると言うとちょっと偉そうになってしまいますが，すごく熱心に取り組まれていてすごいなといつも驚いているのですが，でもやはり神様ではないので，細かい部分は難しいのかなと。そこで，さらに，パブリックコメントのような文字媒体ではなくて，こういうフェース・ツー・フェースで会話しながらベクトルをそろえて進めていくということがもっとできていけば，こういうローカルな課題は解決できるのではないか，むしろ，そうしないとできないのではないかということを非常に強く感じました。

ということで，この後，ポスターセッションに皆さんは出されているかと思います。僕ももちろんいますが，多分そこでの話が今回の会の一番中身のあるところになると思いますので，僕も含めまして，これからの 1 時間半を非常に楽しみにしております。

今日はどうもありがとうございました。

（井上）　はい，ありがとうございました。それでは，これでいったん総合討論としてのパネルディスカッションを閉めさせていただきたいと思います。

この後，12 時から 13 時 30 分までポスターセッションと展示ということで，そこの出たところにポスターが展示されております。それから，お昼の時間ですので，サンドイッチが用意されていると思います。インフルエンザのこともありますので，ちゃんと手を洗って，そこで活発なディスカッションを続けていただければと思います。

午前中のセッションにご出席いただきまして，どうもありがとうございました。これで終わりたいと思います。パネリストの皆さんもありがとうございました（拍手)。

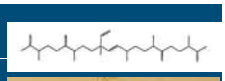
Microalgae for production of bulk chemicals and biofuels

René H. Wijffels
www.algae.wur.nl

Contents

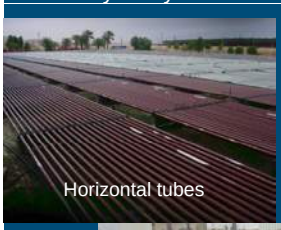
- Biodiesel from microalgae
- Feasibility study
- Biorefinery of microalgae
- Our microalgae research agenda
- Pilot studies: AlgaePARC

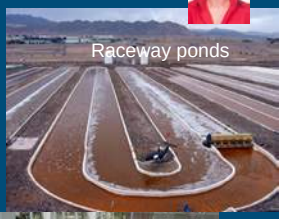
Biodiesel from microalgae

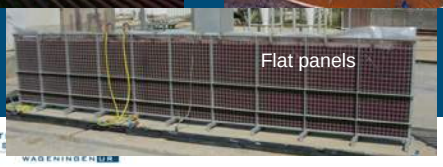


- *Botryococcus*
  - Alkanes (C34)
  - High concentrations (40-70%)
- Other algae
  - 20-60% lipids
- High productivity
  - Palm oil: 6,000 l/ha/year
  - Algae: 20,000-80,000 l/ha/year
  - No competition with food
  - Salt water

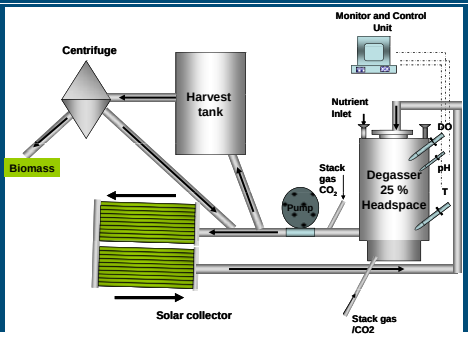
Feasibility study — Delta nv



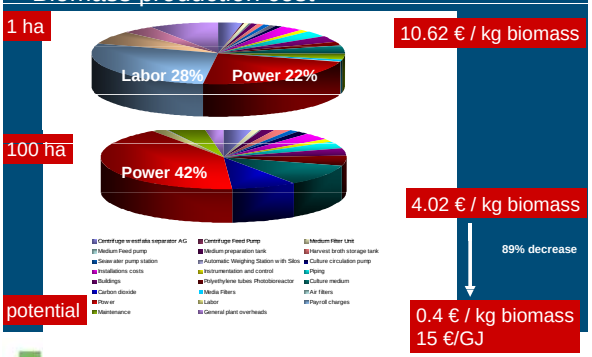




Tubular reactor



Biomass production cost



Conclusions Delta report: economical viability

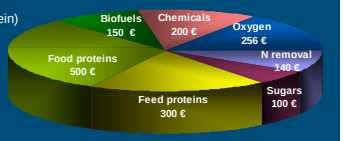
- Power input is the main constrain in photobioreactors
- Sensitivity analysis show that biomass production costs can be further decreased from 4 to 0.4 €/kg
- Parameters that need improvement
  - Mixing system / efficiency
  - Photosynthetic efficiency
    - reactor design
    - cultivation conditions
    - strain improvement / screening
  - Integrate processes
- Positive energy balance still needs to be reached

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Economical Viability: Process integration and valorisation

Bulk chemicals and biofuels in 1,000 kg microalgae

- 400 kg lipids
  - 100 kg as feedstock chemical industry (2 €/kg lipids)
  - 300 kg as transport fuel (0.50 €/kg lipids)
- 500 kg proteins
  - 100 kg for food (5 €/kg protein)
  - 400 kg for feed (0.75 €/kg protein)
- 100 kg polysaccharides
  - 1 €/kg polysaccharides
- 70 kg of N removed
  - 2 €/kg nitrogen
- 1,600 kg oxygen produced
  - 0.16 €/kg oxygen
- Production costs: 0.40 €/kg biomass
- Value: 1.65 €/kg biomass



AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

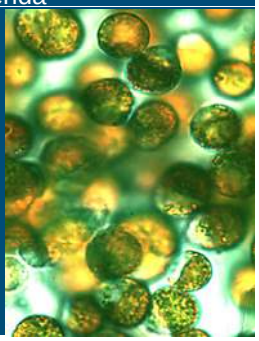
Research programs

- Photosynthetic Cell Factories (NWO)
- Solar-H and Solar-H2, SUNBIOPATH (EU)
- Sealand Sole (Min. Agriculture, province Sealand, companies)
- SUNLIGHT (University of Ghent)
- CO_2 fixation (TNO)
- Reactor design (Proviron, University Huelva, Wetsus)
- AlgiCoat (Akzo, Ingrepro, Essent)
- Wetsus (17 companies)
- AlgaePARC (15 companies)

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Wageningen research agenda

- Control of primary metabolism
- Photobioreactor design
- O_2 removal and CO_2 supply
- Biofilms for post-treatment wastewater
- Harvesting and Oil extraction
- Biorefinery
- Design scenarios
- AlgaePARC



AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Control primary metabolism

– Annette Kliphuis, Anne Klo

Packo Lamers

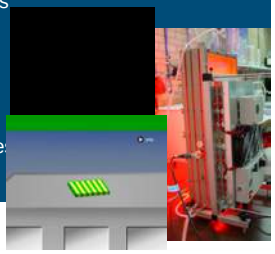
- Research reactor to apply wide range of cultivation conditions
- On-line monitoring of production and consumption rates (CO_2, O_2, N, biomass)
- Metabolic network model and flux calculations to predict rates in primary metabolism
- Objective: control metabolism

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Photobioreactor design

Maria Cuaresma, Lenneke de Winter, Jan-Willem Zijffers, Rouke Bosma, Niels Henrik Norsker, Carsten Vejrazka

- Translate laboratory experiments to practice, study daily variations:
  - day to day changes in light
  - day/night changes in light
  - Temperature
- Development of control strategies
  - Mixing
  - Biomass density - harvesting



AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

O_2 removal and CO_2 supply

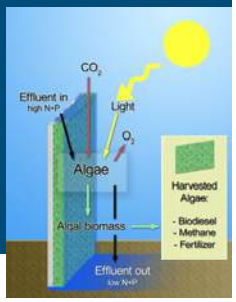
Claudia de Sousa, Ana Santos, Sayam Raso, Michiel Michels

- High Oxygen partial pressure inhibits photosynthesis
  - Maximal tolerable O_2 partial pressure
  - Strains more resistant to O_2
  - Develop new technology to remove O_2
- Energy efficient CO_2 supply
  - Conditions: high pH, high salt
  - Selection of lipid accumulating strains

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Biofilms for post-treatment wastewater – *Nadine Boelee, Kanjana Tuantet*

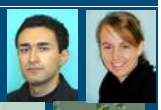
- biomass is easier to harvest
- no suspended matter in effluent
- low energy requirement (no mixing)
- vertical placement is possible (giving higher photosynthetic efficiency due to light dilution)



AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Harvesting and oil extraction

Sina Salim, Dorinde Kleinegris



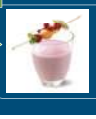
- Reduction of cost & energy demands
  - No additional chemicals
  - Ensure medium reuse
- Bio- & auto-flocculation
  - Microalgae with high lipid content
  - Characterization of algae
  - Mechanistic study
  - Kinetics of harvesting
- Milking of microalgae

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Biorefinery: Make value from protein – *Anja Schwenzfeier*

Isolation of pure and native protein from microalgae for food applications

Characterization and fractionation of the isolated protein



Test techno-functional properties of isolated protein fractions and its possible applications as a food ingredient

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

Design scenarios - *Ellen Slegers*

- Objective
  - Develop scenarios for production of energy carriers at very large scale
- Why
  - Logistics: complexity and energy use of supply of materials
- Research issues
  - Which scale is most economic? 1-10-100-…>10,000 ha?
  - Logistics of a large scale facility are very complex
  - Energy
  - Mixing, degassing, CO_2 supply, harvesting, materials
  - Industrialized areas, desert, floating, local
  - Day/night/summer/winter
  - Storage

AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

AlgaePARC: Algae Production and Research Center

- Development of a process chain
- Experience with systems
- Information for design of full scale plants
- Comparison of systems
- Comparison of strains
- Comparison of feeds (nutrients, CO_2, sunlight…)
- Supply of biomass for further processing
- Further processing

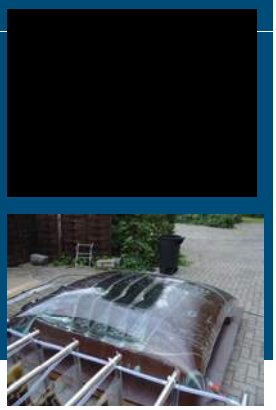
AGROTECHNOLOGY & FOOD SCIENCES GROUP WAGENINGEN UR

AlgaePARC

- Research plan
- 4 outdoor systems of 25 m^2 each
  - Open pond: reference
  - Horizontal tubular system: high light intensity, oxygen accumulation
  - Vertical tubular system: low light intensity, oxygen accumulation
  - Flat panel system: low light intensity, no oxygen accumulation
- 4-8 systems of 2.5 m^2
- Specific requirements: extra systems

2.5 m^2 systems

- Phase between lab and pilot
- Test things where you are not sure of
- Different strains
- Different feed stocks
- Adaptations in design
- New systems
- If successful
  - To 25 m^2 scale
- If not successful
  - More experiments
  - Reject



Conclusions

- Microalgae are promising for production of bulk chemicals and biofuels
- Microalgae technology is immature
- Development of technology requires large research programs
- Combination with biorefinery important
- Join forces

What we aim at

Collaborative research programs

- Wetsus
  - AF&F, Dow Chemicals, Delta, Eneco Energie, Essent, Friesland Campina, De Alg (Hednesford), Hubert, Ingrepro, Neste Oil, Liandon (Nuon), Rosendaal Energy, STOWA, Syngenta, Unilever
- AlgaePARC
  - LOI of 15 companies, Ministry of Agriculture, Biosolar program, province of Gelderland
- Biorefinery
  - Combination of end users (for the different biomass fractions) and technology suppliers

www.algae.wur.nl

- Program coordinators:
  - Marcel Janssen: photobioreactors and CO_2 transfer
  - Marian Vermue: harvesting, biorefinery and O_2 effects
  - Dirk Martens: metabolic flux modelling
  - Maria Barbosa: AlgaePARC

Large Scale Production of Microalgae for Biofuels

Dr. Bryan Willson
Chief Technology Officer

SOLIX

International Symposium on Algal Fuel Research
Tsukuba, Japan
July 27, 2009

2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

3 Main Points

- Solix is a leading developer of closed photobioreactor-based production systems for algae-based biofuels
- Solix's cost trajectory shows that fuel production from algae can be cost-competitive with petroleum – but requires full value extraction from the production co-products
- Solix has now begun operation of the world's largest closed photobioreactor for biofuel production.

2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

Outline

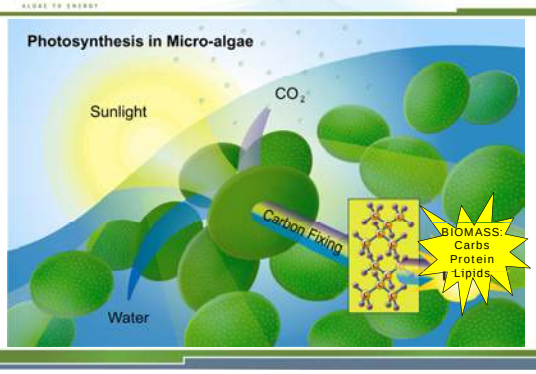
Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

SOLIX
fuelling a better world

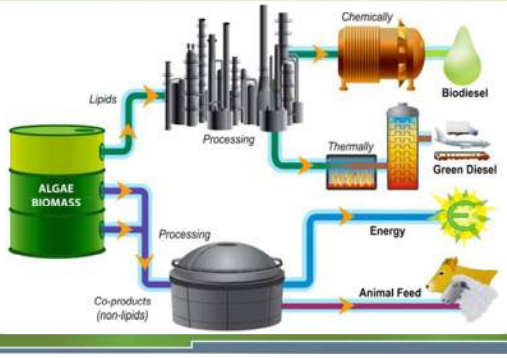
About Solix

- *Focused on the development and commercialization of large-scale algae-to-biofuels systems*
- *Launched in March, 2006*
- *Privately funded*
- *65+ employees*
- *Headquartered in Fort Collins, Colorado, USA*
- *1st scaleup site on the Southern Ute Indian reservation in southwest Colorado*
- *Significant strategic partners in advanced biology, midstream processing, fuel processing, and scaleup engineering*

Photosynthetis / Algae



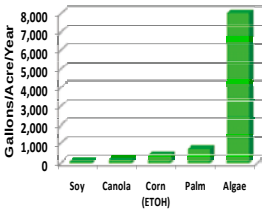
Processing



Land & Water Efficiency

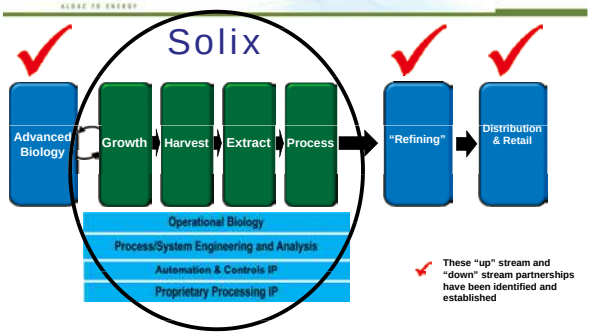
Annual Production

- Soybean: 40 to 50 gal/acre
- Rapeseed: 110-145 gal/acre
- Mustard: 140 gal/acre
- Jatropha: 175 gal/acre
- Palm oil: 650 gal/acre
- Algae est.: 5,000-10,000 gal/acre
  7,000 "nominal"



7

Solix Value Chain Positioning



Outline

Solix / Algae Intro

Production in Open Ponds

Production in Closed PBRs

Solix AGS System

Harvesting & Extraction

Scaleup: Coyote Gulch

Production Costs

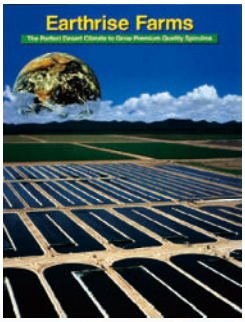
Solix Business Model

Conclusions

Open Pond Cultivation: Dunaliella - Eilat, Israel

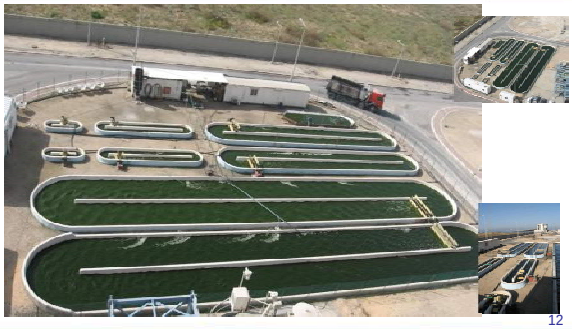
10

Open Pond Production: Earthrise Spirulina - California



11

Open Pond Production: Seambiotic - Ashkelon, Israel



12

Open Pond Attributes

Advantages
- Lowest capital cost
- Only technology demonstrated at large scale – to date
- Can maintain specific cultures of extremophiles

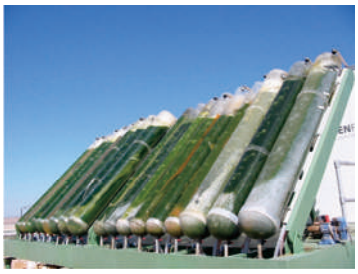
Disadvantages
- Allows contamination of specific culture with local species / strains
- Potential for loss / migration of GMO
- Susceptible to weather
- Water loss from evaporation / percolation

13

Outline

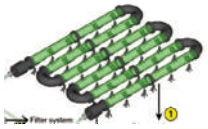
Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

Direct Light PBRs: GreenFuels, 1st Gen



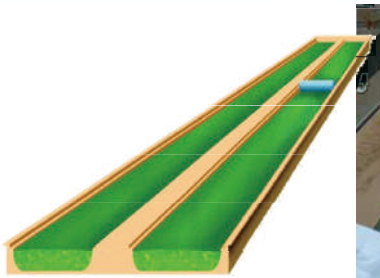
15

Direct Light PBRs: AlgaeLink / Bioking



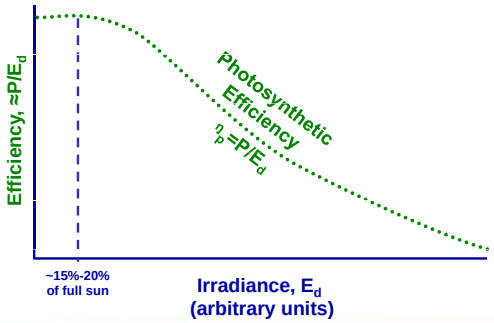
16

Direct Light PBRs. Solix 1st Generation



17

Photosynthetic Efficiency



18

Impact of Light Intensity

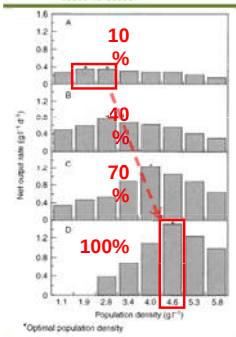


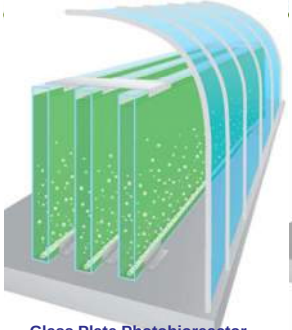
Fig. 8.3. Interrelationships between incident PFD, optimal population density and net output rate. A – 90% shade; B – 60% shade; C – 30% shade; D – no shade, full sunlight (from Hu & Richmond, 1994). Reprinted with permission from Kluwer Academic Publishers (J. Appl. Phycol.).

Note: 10X increase in light, but only 3.5X increase in output. Implies a 3X reduction in photosynthetic efficiency.

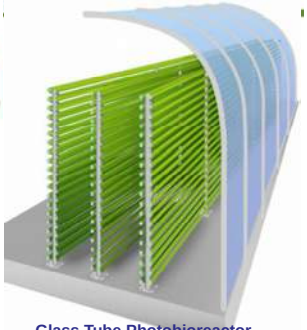
Conversely, if diffuse light can be used over extended surface area, 3X increase in output possible.

19

Extended Area PBRs



Glass Plate Photobioreactor
(Pulz, Richmond, others)

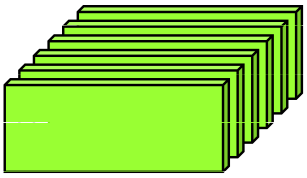


Glass Tube Photobioreactor
(Pulz, IGV, Ketura, Torzillo, others)

20

IGV Diffuse

≈5 m² illuminated area for 1 m² of ground area



Utilizes diffuse light, short photic distances (approaches ideal cycle time of 20 ms) for high photosynthetic efficiency

Figure 8. Meandering plate cultivator 100 to 6000 L. IGV Institut für Getreideverarbeitung

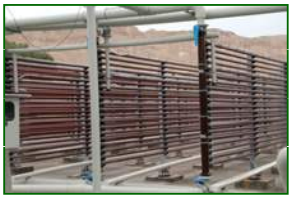
21

Pumped Tubewall PBR: IGV

Figure 4: The cultivation in the PBR 4000 from 21.04.2006 to 21.05.2006 with sunlight and no artificial light

22

Pumped Tubewall PBR: AlgaTech



High-Growth Phase **Stress Phase**

23

Closed PBR Attributes

Advantages
- Allow growth of specific cultures
- Allows environmental control
- Potential for much higher growth rates (with extended surface area and/or high turbulence)

Disadvantages
- Potential for high capital cost
- Potential for high energy costs
- Low-cost production has not been demonstrated

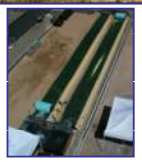
24

Outline

Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

SOLIX
fuelling a better world

Cost vs. Productivity

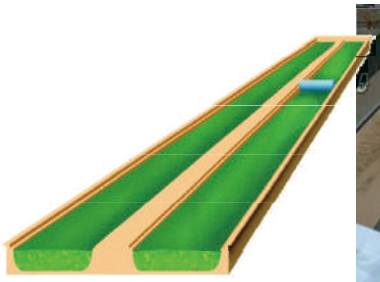


Direct Light PBR:
Low Cost & Productivity

Diffuse PBR:
High Cost & Productivity

26

1st Generation PBR. July '06

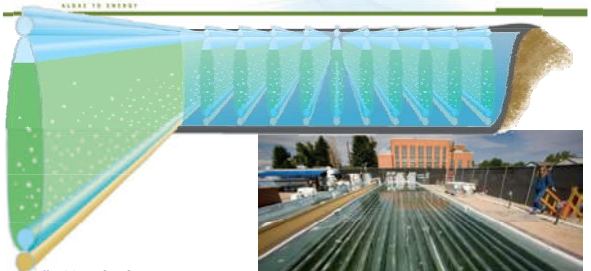


27

2nd Generation PBR – May '07

28

3rd Generation PBR –Nov '07



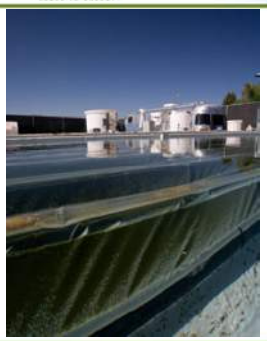
Solix G3 Technology:
- Extended surface area
- Water supported
- Integrated CO_2 / air sparging
- G4 under development

29

Solix G3 (cont)

30

Solix G3 (cont)



31

Solix G3 (cont)

32

Winter Operation: ‘07 & ‘08

33

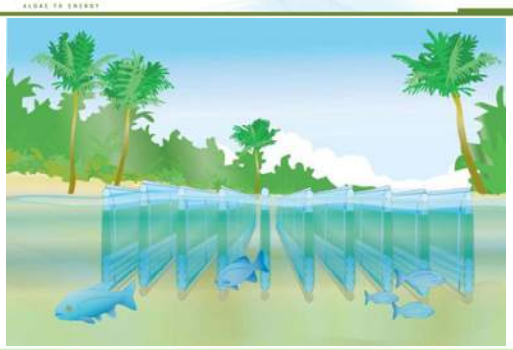
Continuing AGS Improvements

Solix G4a Technology:

- Membrane CO_2 delivery
- Membrane O_2 removal, internal
- Reduced thickness / higher density

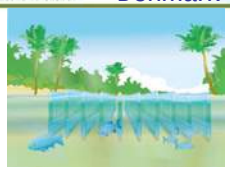
34

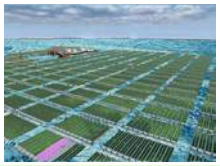
Potential Open-Water Application

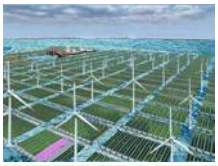


35

Offshore Production? Denmark Workshop, Apr 20-22







36

Outline

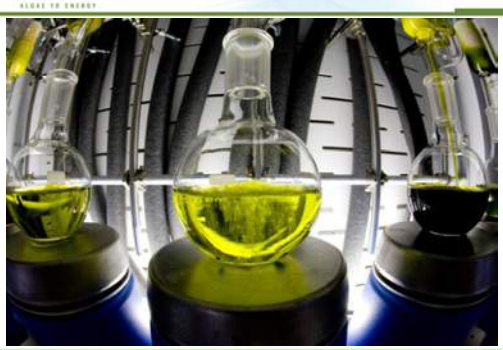
Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

SOLIX
fuelling a better world

Biology

38

Harvesting & Extraction



39

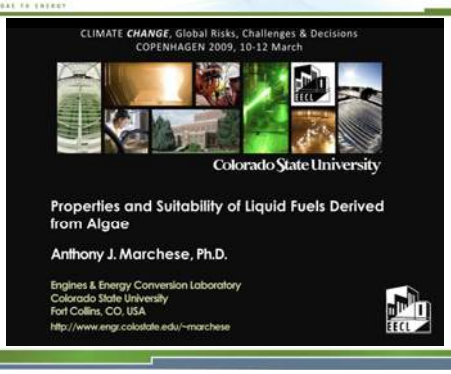
Extraction

40

Extraction

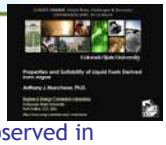
41

Fuel Properties - General



42

Fuel Properties - General



- Algal oil is unique in that it tends to contain a significant quantity (~5-20% by volume) of long highly unsaturated oils, which are rarely observed in more traditional biodiesel feedstocks, such as soy and rapeseed (canola) oil.
- The two most common types of long and highly unsaturated oils found in algae oil tested to date are eicosapentaeonic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA).

43

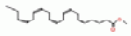
Feedstock Composition

Fatty acid content varies widely depending on the feedstock. The chemical composition has implications in terms of combustion characteristics.

	Saturated Acids						Mono Unsaturated Acids			Total Poly Unsaturated Acids		
	10:0	*12:0*	*14:0*	*16:0*	*18:0*	*>18:0*	*16:1*	*18:1*	*22:1*	*n:2*	*n:3*	*n:4-6*
Coconut	7	**47**	15	8	2			6		2		
Palm			3	40	3			46				
Rapeseed			3	2	1	1		12	**55**	15	8	
Soybean				9	4	8	1	26		**55**	6	
Nannochloropsis Oculata			2	15	2	2	16	10	1	6	4	**31**
Nannochloropsis sp.			3	14	11	3	19	6		7	3	**20**

methyl dodecanoate (coconut)

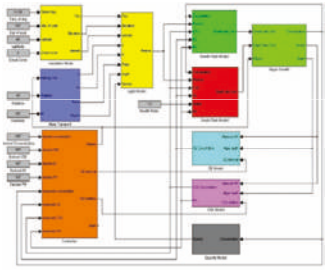
methyl linoleate (soy)



eicosapentaeonic acid methyl ester (algae)

Automation & Controls

- Automates conditions for optimal productivity of different organisms in different climates
- Gives predictive and diagnostic capabilities



45

Outline

Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

Scaling Up. . .

47

SOLIX

Coyote Gulch Amine Plant

SOLIX

Basin A

2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

Basin A

2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

Coyote Gulch

Coyote Gulch Layout

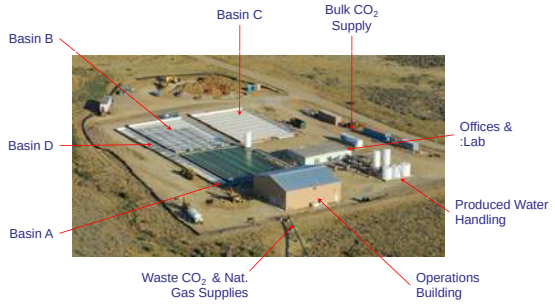


Photo taken 07.19.2009

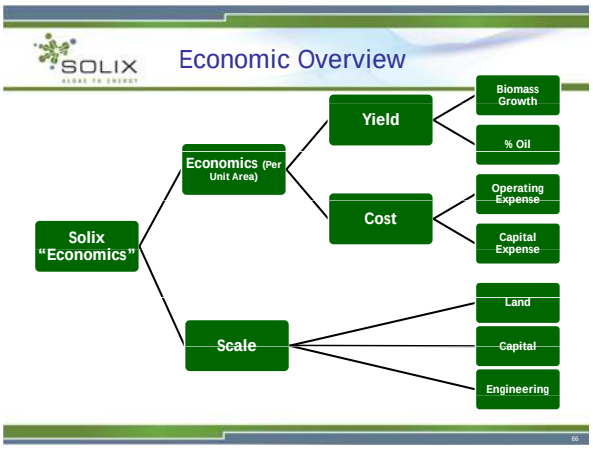
57

2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

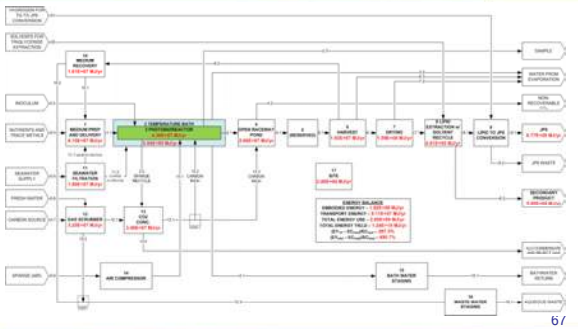
SOLIX
Basin A
2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

SOLIX
Basin A
2009 Solix Biofuels. All Right Reserved.

Outline
Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions
SOLIX


SOLIX
Economic Overview
Solix "Economics"
Economics (Per Unit Area)
Yield
Biomass Growth
% Oil
Cost
Operating Expense
Capital Expense
Scale
Land
Capital
Engineering

System Analysis / Modeling



67

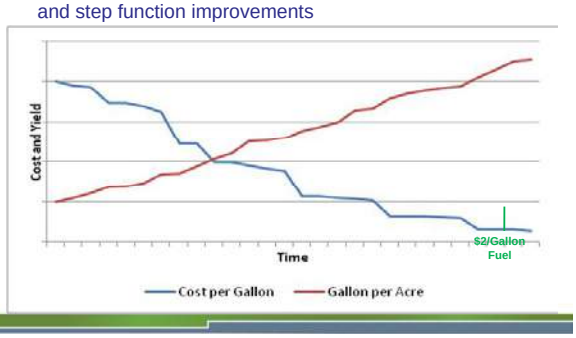
R&D Roadmap

$250/Gal

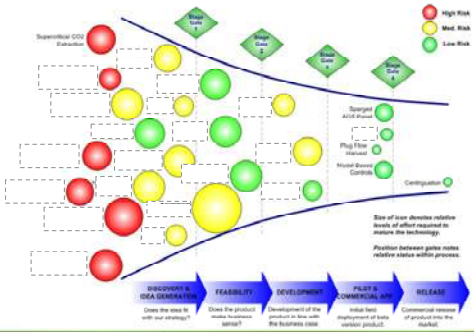
$2/Gal

Path to Fuel Cost Parity

The path to fuel cost parity will require both incremental and step function improvements



Technology Roadmap



70

Outline

Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

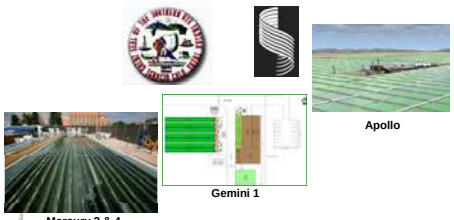
Business Model

- *Solix* **contributes:**
  - **production/processing technology**
  - **project development and operational expertise**
- **Partner contributes:**
  - **CO2, land and capital**
- **Value from:**
  - **Fuel, co-products and CO2**

- **Solix is teaming with international partners in order to develop large-scale production**

Confidential

Path to Commercialization



Outline

Solix / Algae Intro
Production in Open Ponds
Production in Closed PBRs
Solix AGS System
Harvesting & Extraction
Scaleup: Coyote Gulch
Production Costs
Solix Business Model
Conclusions

Conclusions

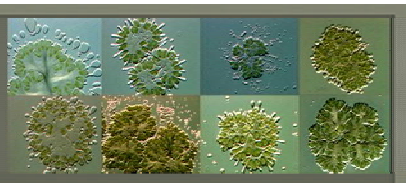
- Economical biofuel production appears feasible, using low-cost high productivity photobioreactors
- Requires tight coupling of biology and engineering
- Value of co-products must be captured; may approach or exceed value of oil
- Systems modeling/integration required to achieve cost targets

75

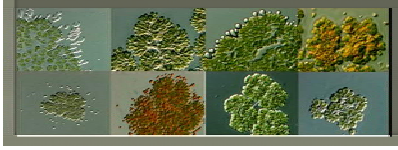
Contact Information

Dr. Bryan Willson
Chief Technology Officer, Solix Biofuels
Bryan.Willson@solixbiofuels.com
+1 (970) 491-4783

Professor of Mechanical Engineering
Colorado State University

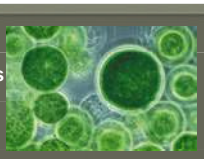


Possibility of Algal Lipids as Industrial Ingredients



Kunimitsu Kaya
University of Tsukuba

Lipid accumulating microorganisms



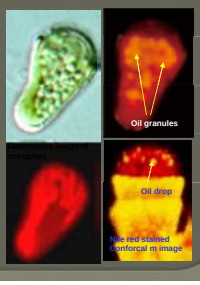
Green Algae

Pseudochoricystis ellipsoidea

Botryococcus braunii

Euglenoid

Euglena gracilis



Cost of Algae Production

algae	cost (JPYen/kg DW)	market price (JPYen/kg DW)
Botryococcus	80	?
Chlorella	159	2,000 – 10,000
Spirulina	160	2,000 – 7,000
Euglena	?	50,000 – 100,000

Lipid Composition of Algae

Botryococcus *	
Hydrocarbons	-- 5-75%/DW
Triglyceride	-- 1-3%/DW
Glycolipids	-- 3-5%/DW
Phosphlipids	-- 1-2%/DW

Euglena (light condition)	(dark condition)
Triglyceride 8.2%	20.5%
Glycolipids 70.4%	5.9%
Phospholipids 20.7%	74.3%

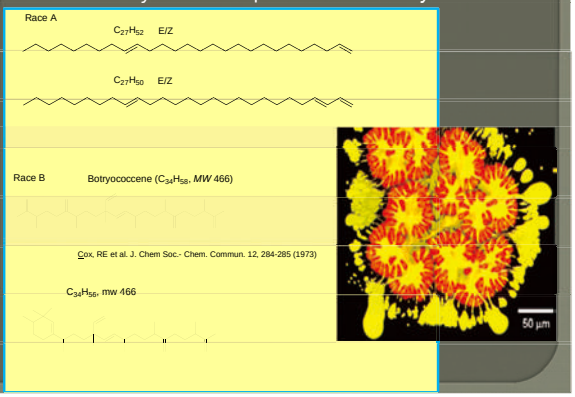
*The lipid content and composition are dependent on media nutrients and culture conditions.

Hydrocarbons of *Botryococcus braunii*

Strain No	H.C. content (% in algae DW)	Growth rate (μ/day)	Mol.Formula of the most abundant H.C.	Purity (%) of the H.C.
001	40.8	0.078	C34H58 (T) mw=466	92
002	21.1	0.187	C33H64 (A) mw=460	54
003	42.3	0.066	C34H58 (T) mw=466	97
004	45.3	0.158	C31H58 (A) mw=430	56
005	25.1	0.33	C34H58 (T) mw=466	94
006	45.7	0.2	C34H58 (T) mw=466	95
007	25.3	0.088	C19H38O (E) mw=282	51

T: terpene; A: alkene; E: alkane epoxide

Structures of hydrocarbons produced from *Botryococcus*

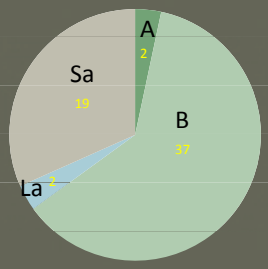


Hydrocarbon compositions of *B. braunii Races* Isolate from Japan

	Rt	Mol.%	mw	Molecular formula	Unsatu.
Race-A:	40.32	40	432	C31H60	2
	40.78	4	374	C27H50	3
	41.34	56	430	C31H58	3
Race-B:	41.29	39	466	C34H58	6
	43.18	50	466	C34H58	6
	43.52	11	466	C34H58	6
Race-Sa:	25.94	73	268	C18H36O	1
	27.61	27	278	C19H34O	3
Race-La:	25.92	10	268	C18H36O	1
	31.93	5	310	C21H42O	1
	44.48	42	557	C39H72O	4
	49.04	44	575	C40H78O	2

GC/MS Column: methylsilicon; Temp: 60ºC(2min)- 5ºC/min -280ºC

Major Hydrocarbons of Races of *B. buraunii* collected from Japanese freshwaters



A: $C_{27}H_{50}$, $C_{27}H_{52}$,$C_{29}H_{56}$

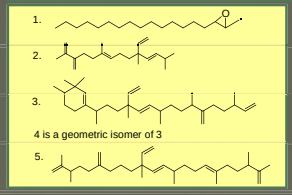
B: $C_{32}H_{54}$, $C_{34}H_{58}$

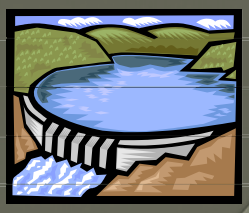
La: $C_{39}H_{72}O$, $C_{40}H_{78}O$

Sa: $C_{18}H_{36}O$,$C_{19}H_{34}O$

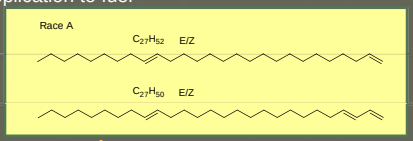
Hydrocarbon composition of *Botryococcus* isolated from a dam

	Rt		composition	unsaturation	compound
1.	18.01(min)	C18H36O, mw 268	6.4% (weight %)	1	epoxide
2.	20.32	C21H34, mw 286	19.1	5	diterpene
3.	27.19	C33H56, mw 452	20.2	6	triterpens
4.	27.30	C33H56, mw 452	26.0	6	triterpene
5.	27.57	C32H54, mw 438	28.3	6	triterpene





Application to fuel

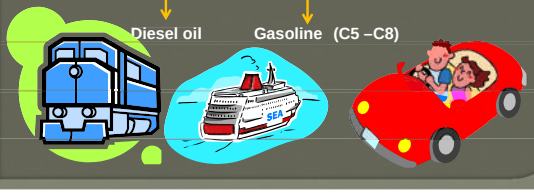


Direct Use

Catalytic Cracking

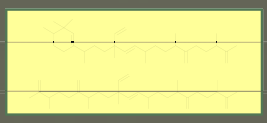
Diesel oil

Gasoline (C5 –C8)



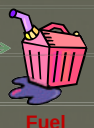
Application to chemical ingredients

The purities are over 90%



Polymer

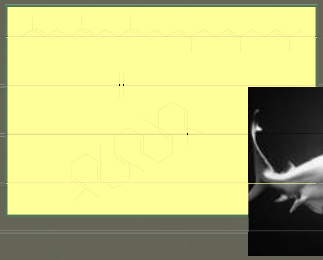
Chemicals



Fuel

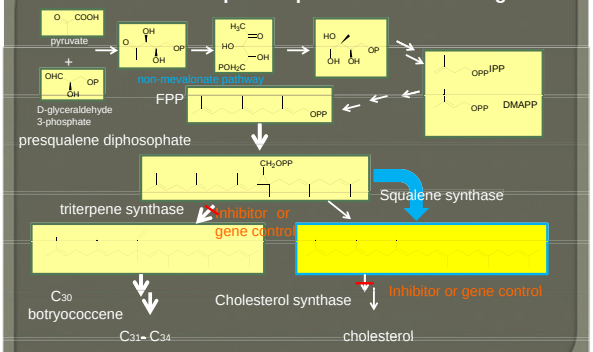
Squalene is a minor component of hydrocarbon fraction of microalgae

Squalene is isolated from shark liver oil. The market price of squalene for cosmetics is JPYen16,000/100g.

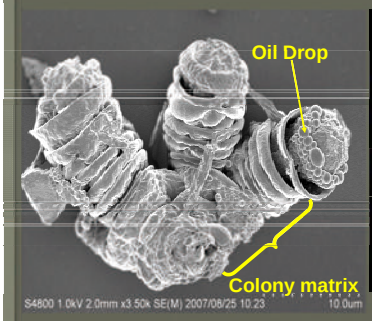


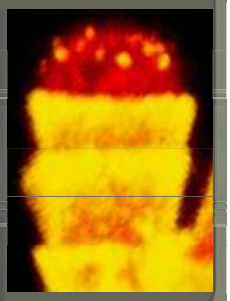
Squalene is used to keep skin moisture, and protect skin surface against oxidants.

How to control squalene production in microalgae



Algaenans (insoluble biopolymers as the main component of colony matrix)





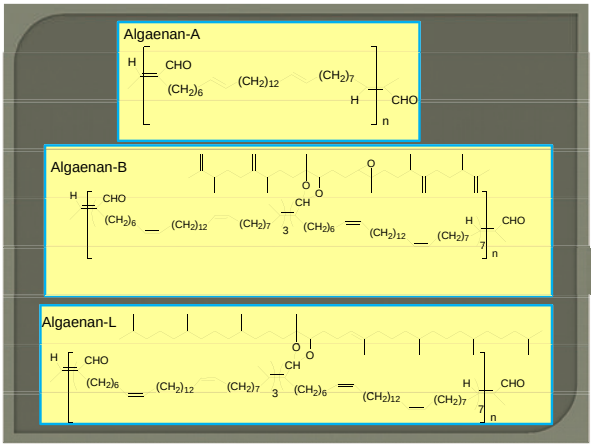
Algaenans :

◎ the major component of colony matrix

◎ insoluble with organic solvents (chloroform/methanol, ethanol/diethy lether)-----Stubborn biopolymers

◎ partially soluble by the treatment with KOH/Methanol or trifluoroacetic acid and HCl/methanol),but not all

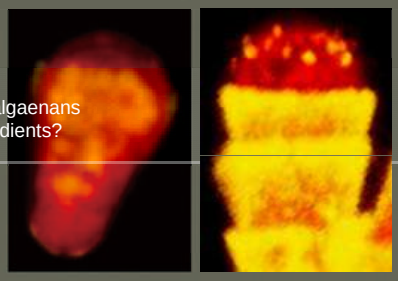
◎ consist of hydrocarbon units, mainly methylenic chains, $-(CH_2)_n-$



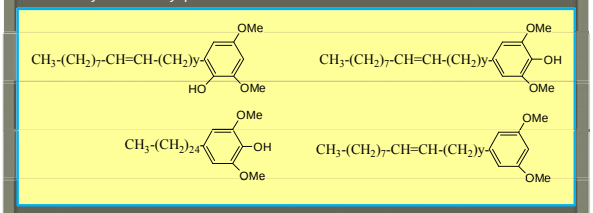
Algaenan forms sponge-like shape (reticulum structure), and hold a lot of hydrocarbon secreted to out-side of cells.

The colony is ensured by hydrophobic cohesion of algaenans .

Can we use algaenans as some ingredients?



N-Alkyl and Alkenyl phenols *of B. buraunii* Race- A



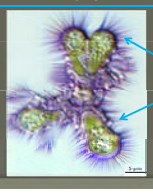
Y= 15-21, odd number

The phenolic moieties protect the aliphatic chains against degradation by Bacteria and fungi.

Productions of hydrocarbon and slime exopolysaccarides by *Botryococcus braunii*

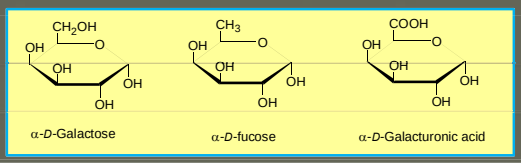
strain	Biomass (g/L)	Hydrocarbon (% of w/w)	Exopolusaccarides g/L
LB 572	2.0-3.6	20-35	1-2
SAG30.81	1.5-2.2	40-50	0.5-2
UC58			4-4.5
SI30	10	10-28	

Radial secretion of polysaccharides, stained with methyl violet



Exopolysaccarides (violet color)

Sugar composition of the slime exopolysaccarides



In a case of strain UC58, the carbohydrate of the slime exopolysaccarides is mainly composed of α-*D*-glucose, α-*D*-fucose and α-*D*-galacturonic acid. Fucose may be related with apoptosis of cancer cells

Content and composition of slime exopolysaccarides of UT009 and 010

	Total*	Sugar composition (mol ratio) (Fuc / Gal / G-uron.A / Unknown compound)
009		
Exocarbohydrate	15mg/100mL	1/2/1/1
Cell debris (upper 5μm)	11 mg	1/2/1/1
010		
Exocarbohydrate	1.5g/L	1/3/2**

Fuc: α-*D*-fucose; Gal: α-*D*-galactose; G-uron. A: α-*D*-galcturonic acid.
* Excretion of slime exopolysaccarides is dependent on culture conditions
**not containing unknown compound.

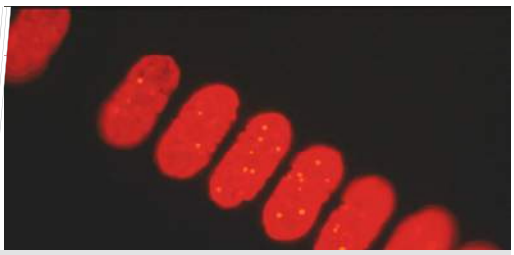
Summary

1) Many microalgae accumulate hydrocarbons or triglycerides.
2) In culture costs, *Botryococcus* is the cheapest. The Hydrocarbon (HC) content reaches about 50% in *Botryococcus* dry cells.
3) The major HC are terpene, alkene and alkane epoxide, these chemical species are dependent on strains. Especially, many Japanese strains produce alkane epoxides. The purities of terpens in HC are over 90%.
4) Alkene and alkane epoxide can be utilized as fuel. Terpenes can be utilized as ingredients of polymer, detergents and other medicinal and industrial chemicals.
5) Squalene is an expensive ingredient of cosmetics, but a minor component of H.C. of microalgae. If we use inhibitors or gene modification of key enzymes of squalene biosynthesis, we obtain a large amount of squalene
6) Algaenans are insoluble biopolymers consisted of HC.
7) Slime exopolysaccarides is a major by-product of *Botryococcus*, and is composed of α-*D*-glucose, α-*D*-fucose and α-*D*-galacturonic acid. Also, these can be utilized as industrial ingredients.

When the lipids and by-products of microalgae will be utilized in various industries, the cost of biofuel produced by microalgae will be reduced. As the results, bioleum (bio + oleum: oil of bioresources) will become an alternative resource of petroleum.

Thank you for your attention

This study is supported by JST-CREST (Algal Oil Project)



www.csiro.au

Challenges and opportunities for biodiesel from algae: approaches by CSIRO, Australia

Energy Transformed National Research Flagship

Susan I. Blackburn, Tom Beer and Kurt Liffman

Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

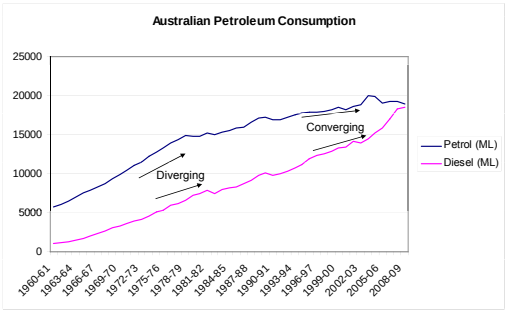
National Research FLAGSHIPS Energy Transformed CSIRO

CSIRO Energy Transformed Flagship Team

- Tom Beer – Biofuels Stream Leader; Prefeasibility study
- Susan Blackburn – Strain selection and optimisation
- Kurt Liffman – Thermal and fluids engineering

- David Batten
- Peter K. Campbell
- Chong Wong
- Ben Aldham
- Greg Griffin
- Greg Threlfall
- John Volkman
- Graeme Dunstan
- Dion Frampton
- Lesley Clementson
- Nicolas Labriere
- Ian Jameson
- Lisa Albinsson

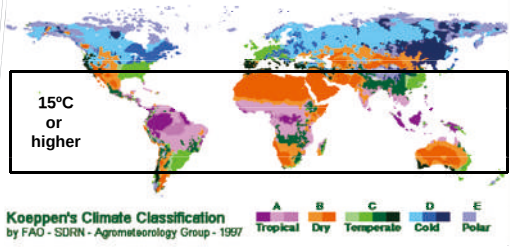
Diesel use growing more rapidly than petrol



Why Algae?

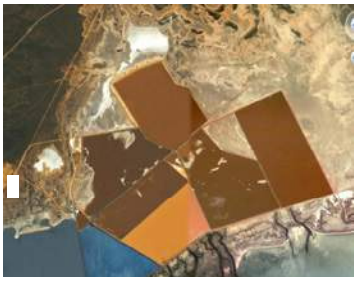
- Worldwide interest in making biofuels from biomass is high:
  - global warming associated with higher levels of GHG emissions
  - onset of peak oil in a global economy
  - national energy security concerns, and
  - perceived opportunities for more sustainable, regional development.
- Algae produced most fossil fuels in the first place.
  - Microalgae are diverse, grow rapidly, yield more biofuel than oil plants, can sequester CO_2, contain no sulphur, are highly biodegradable & are less competitive with other plants as a source of human food, fibre or other products.
- Already they are aqua-cultured to produce various high-value foods, nutraceuticals and chemicals
  - Methods adopted have not yet proved to be economically and ecologically viable for the production of biodiesel or other biofuels in quantities large enough to replace fossil fuels.

Australia's competitive advantage



Australian algae industry

Cognis algae lakes, Whyalla, South Australia (also Western Australia)



cognis.

Nutraceuticals – largest global producer natural β-carotene; food / feed colourants

Without further research:

Most dedicated algae-to-biodiesel projects will face uneconomically high costs for:

- Algal selection and optimization
- Site acquisition and preparation
- Bioreactor construction materials
- Construction, deployment and reconstruction
- Chemical and energy inputs
- Algal harvesting, dewatering and concentration
- Lipid extraction
- Biodiesel and by-product processing
- Surveillance, process control and maintenance
- Transport

Australian Government, 5th August 2009

"Minister for Resources and Energy, Minister for Tourism

SECOND GENERATION BIOFUELS FUNDING ANNOUNCED

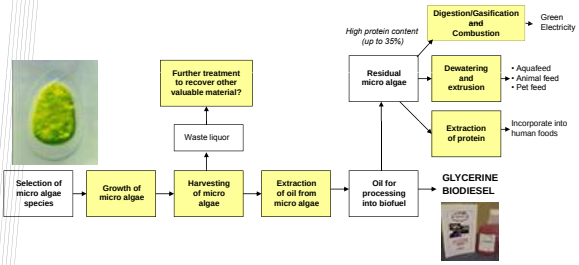
The Minister for Resources and Energy, Martin Ferguson AM MP, today announced the successful applicants for funding under the Australian Government's $15 million *Second Generation Biofuels Research and Development Program.*

The *Second Generation Biofuels Research and Development Program* supports the research, development and demonstration of new biofuel technologies which address the sustainable development of the biofuels industry in Australia."

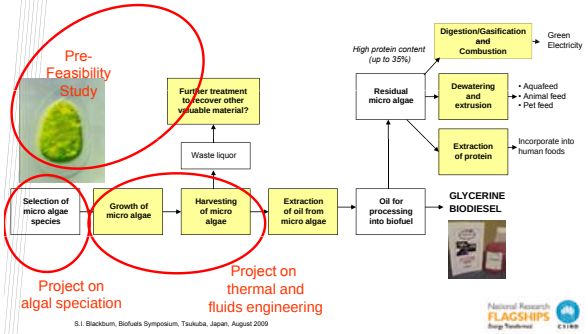
CSIRO Energy Transformed National Research Flagship: Innovative second-generation biofuel technologies

- Three major challenges are identified:
  - **Develop and apply (in consultation with stakeholders) a sustainability framework to assess the triple-bottom line status of biofuels.**
  - **Discover, develop and use innovative Australian algal strains and enzymes to improve efficiencies of biofuel production.**
  - **Scale up operations to a) continuous and b) commercially viable operations.**

Algae to Biodiesel Pathway



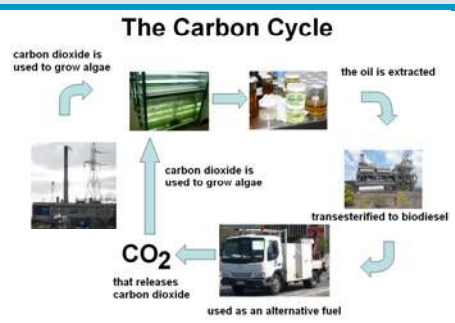
Algae to Biodiesel Pathway



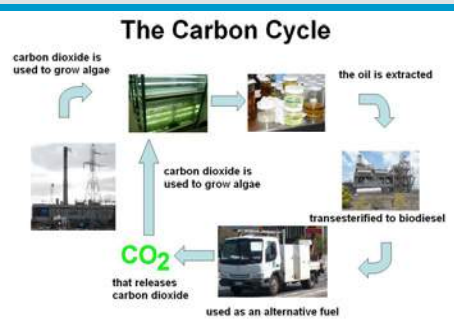
Pre-feasibility study

- Objectives:
  - To estimate the realistic potential size of microalgae's contribution to supplement Australia's conventional fossil fuels;
  - To place bounds on Australian microbial biomass production under different land-use scenarios and process technologies;
  - To quantify the greenhouse gas benefits that could emerge as a result of producing biodiesel from algae;
  - To examine the possible co-product implications; and
  - To provide an indicative evaluation of the triple bottom line benefits associated with the use of algae (and especially microalgae) as a biofuel.
- Project leader:
  - Tom Beer

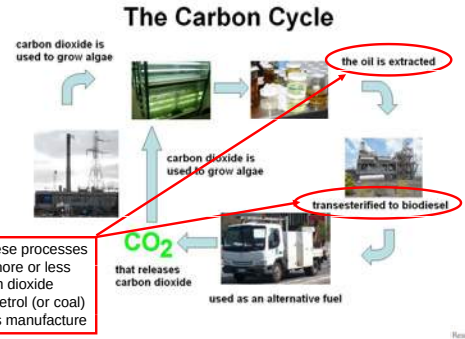
Life Cycle Analysis
(Full Fuel Cycle or Well-To-Wheel analysis)



Life Cycle Analysis
(Full Fuel Cycle or Well-To-Wheel analysis)



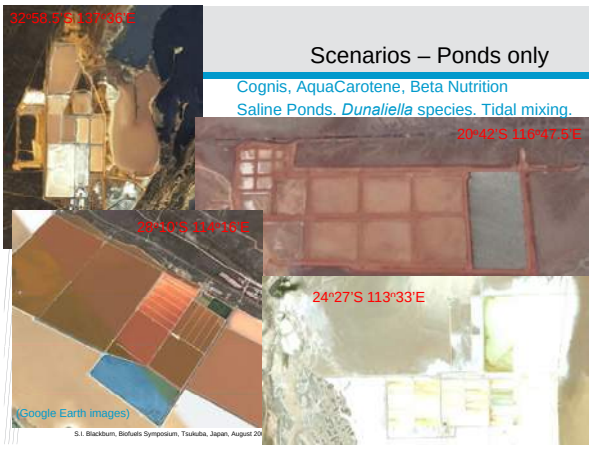
Life Cycle Analysis
(Full Fuel Cycle or Well-To-Wheel analysis)



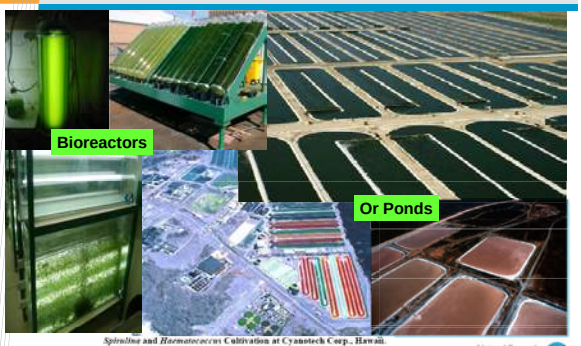
Do these processes emit more or less carbon dioxide than petrol (or coal) and its manufacture

Scenarios – Ponds only

Cognis, AquaCarotene, Beta Nutrition
Saline Ponds. *Dunaliella* species. Tidal mixing.

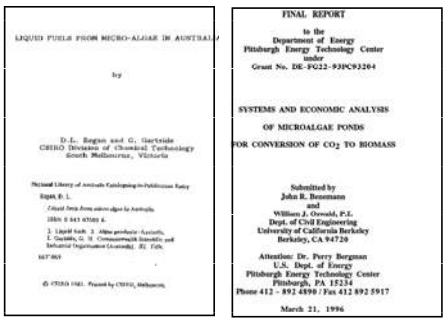


Bioreactors or ponds?



Spirulina and *Haematococcus* Cultivation at Cyanotech Corp., Hawaii.
Spirulina: blue-green ponds. *Haematococcus*: orange-red ponds)

Life Cycle Analysis – Design variables



LIQUID FUELS FROM MICRO-ALGAE IN AUSTRALIA

by

D.L. Regan and G. Garteide
CSIRO Division of Chemical Technology
Leech Melbourne, Victoria

FINAL REPORT
to the
Department of Energy
Pittsburgh Energy Technology Center
under
Grant No. DE-FG22-93PC93204

SYSTEMS AND ECONOMIC ANALYSIS
OF MICROALGAE PONDS
FOR CONVERSION OF CO_2 TO BIOMASS

Submitted by
John R. Benemann
and
William J. Oswald, P.E.
Dept. of Civil Engineering
University of California Berkeley
Berkeley, CA 94720

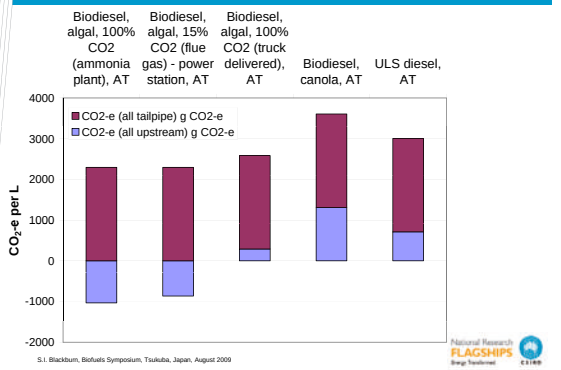
Attention: Dr. Perry Bergman
U.S. Dept. of Energy
Pittsburgh Energy Technology Center
Pittsburgh, PA 15234
Phone 412 - 892 4890 / Fax 412 892 5917

March 21, 1996

Assume raceway ponds instead of tidal mixing

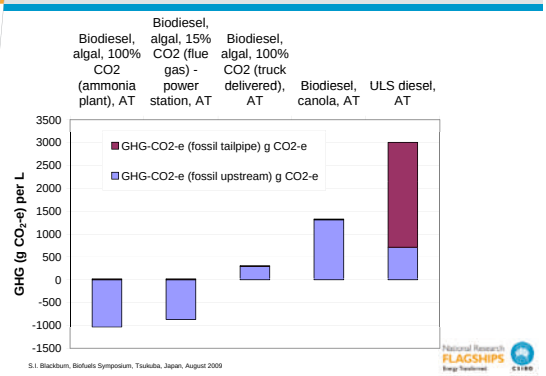
Assume 30 g/(m2-day) [110 t/(ha-yr)] and 15 g/(m2-day) [55 t/(ha-yr)]

Carbon Dioxide Emissions per Litre



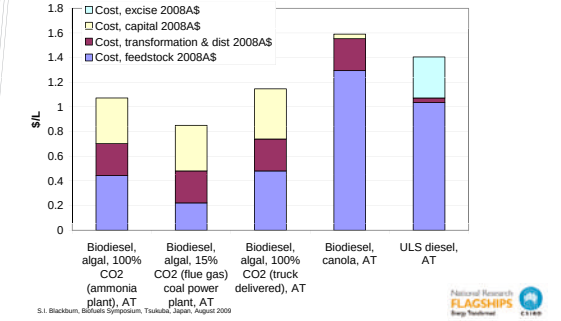
S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Greenhouse Gas Emissions per Litre



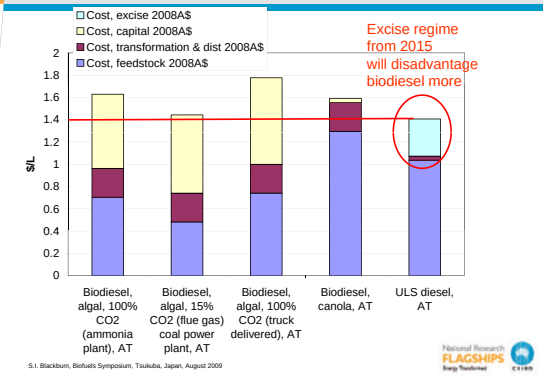
S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Costs per Litre 30 g/(m^2-day) [110 t/(ha-yr)]



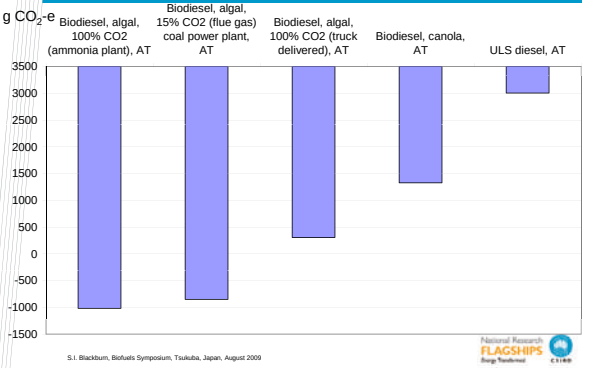
S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Costs/L (if only 50% yield) 15 g/(m^2-day) [55 t/(ha-yr)]



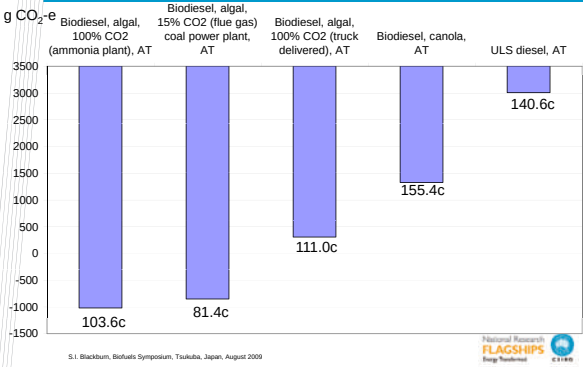
S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Greenhouse gas emissions per litre



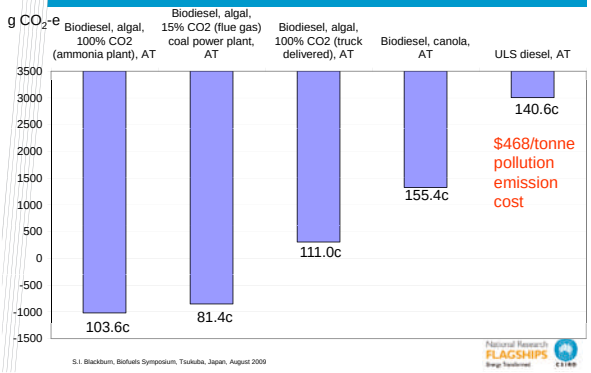
S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Greenhouse gas emissions per litre

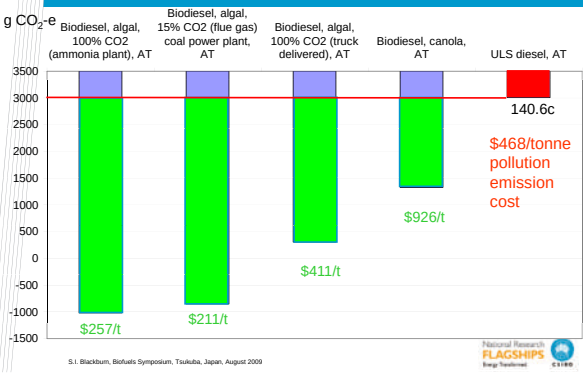


S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

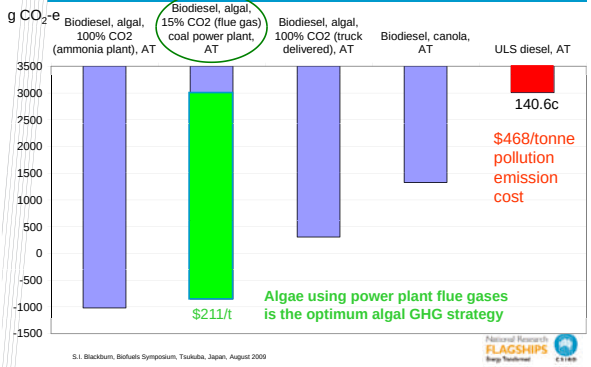
Greenhouse gas pollution cost ($/tonne)



Greenhouse gas abatement costs ($/tonne)



Greenhouse gas abatement costs ($/tonne)



Life Cycle Analysis

- Campbell, P.K., Beer, T., and Batten, D. (2009) Greenhouse Gas Sequestration by Algae – energy and greenhouse gas life cycle studies, in Proc. 6th Australian Life-Cycle Assessment Conference. http://www.csiro.au/resources/Greenhouse-Sequestration-Algae.html

Algal strain selection and optimisation

Objective:

To identify and characterise, develop, enhance and trial Australian endemic microalgae with the best growth rates, oil profiles and productivity for production technologies selected and developed by CSIRO and / or industry partners, for biodiesel and co-product applications, including GHG abatement, and suitable for Australian conditions and environments.

Project leader:

Susan Blackburn

Algal Production:
algae produce high biomass in nature (algal blooms)

Dinoflagellate bloom, eastern Tasmania

Cyanobacterial bloom, Queensland

Fatty acid composition

Fatty acid	BDF from		Lipids from			
	Crude palm oil	Crude coconut oil	*Dunaliella maritima*	*Dunaliella salina*	*Chlorella vulgaris*	*Polytoma oviforme*
Caproic acid, C8:0	-	7.4	-	-	-	-
Capric acid, C10:0	-	5.8	-	-	-	-
Lauric acid, C12:0	0.35	49.8	-	-		-
Myristic acid, C14:0	0.92	18.8	0.4	0.5	2.0	-
Palmitic acid, C16:0	44.1	8.6	11.8	17.8	19.6	39
Stearic acid, C18:0	4.4	2.7	0.4	1.5	3.3	3
Arachidic acid, C20:0	0.09	0.18	0	0	0	0
	49.8	93.1	12.6	19.7	25.7	42.0
Palmitoleic acid, C16:1	-	-	4.2	2.5	8.8	2
Oleic acid, C18:1	39.0	5.5	2.5	3.4	7.3	31
Linoleic acid, C18:2	11.2	1.3	4.1	6.1	11.8	5
Linolenic acid, C18:3	-	0.07	45.8	39.4	22.6	8
Sum of Unsaturated FA	50.2	6.9	87.4	80.3	74.3	58

Oil content as % dry weight for some microalgae grown under nutrient-sufficient conditions

Species	Lipid %	Reference
Chlorella emersonii	29	1
Chlorella minutissima	31	1
Chlorella sorokiniana	20	1
Chlorella vulgaris	18	1
Dunaliella salina	14.4	2
Dunaliella primolecta	23.1	3
Isochrysis galbana	21.9-38.5	4
Nannochloropsis sp.	33.3-37.8	5
Nitzschia closterium	27.7	2
Phaeodactylum tricornutum	19.8	3
Tetraselmis suecica	20-30	6

1: Illman et al. (2000), 2: Zhu and Lee (1997), 3: Thomas et al. (1984b), 4 : Fidalgo et al. (1998), 5: Fábregas et al. (2004), 6: Otero and Fábregas (1997).

Choice of species is critical

Australian National Algae Culture Collection

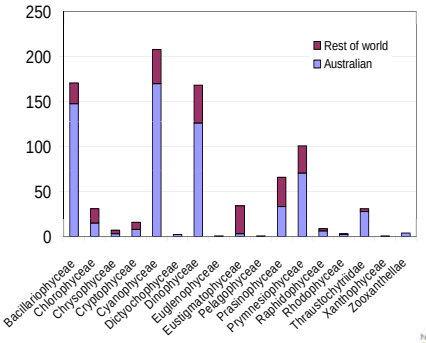
- CSIRO National Biological Collections: Algae – a living collection
- 1000 strains of more than 300 microalgae species
- unique Australian biodiversity, sourced from the tropics to Antarctica, marine and freshwater microalgal classes
- isolation of new strains from Australia's biodiversity
- strain characterisation: taxonomic identification, chemical & molecular characteristics, growth parameters

Formerly
CSIRO Collection of Living Microalgae
http://www.cmar.csiro.au/microalgae

Algal Culture Facility

- Controlled environment rooms and cabinets
- Secure facility - AQIS

Number of Strains in the Collection, October 2008



Screening of the Australian National Algae Culture Collection (ANACC)

Characterise selected strains for:

'Biodiesel' Analysis
- Fatty acid methyl esters (FAME or biodiesel)

As well as 'Co-product' Analysis:
- Pigments
- Phytosterols
- Diacylglyceryl ethers
- Hydroxy fatty acids
- Long chain ketones and fatty acids
- Other novel lipids

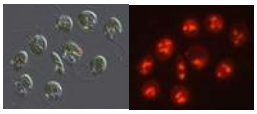
New Australian strain isolation: Biorational discovery

- Biomass production / oils and other products
  - growth rate; productivity; biomass production
  - lipid profile; oil content
  - co-products e.g. protein, carbohydrates, pigments / antioxidants, omega-3 oils, etc.
- Biogeography / environment
  - Australian – endemic: AQIS issues
  - climatic zones: temperate, sub-tropical, tropical
  - water supply / quality
    - extremophiles e.g. hypersaline
    - wastewater: algae for bioremediation

200 new strains isolated

- Technologies
  - open ponds or photobioreactors or a combination of both
  - flue gas / CO_2 sources (high CO_2 assimilation)

New Strains isolated 2009



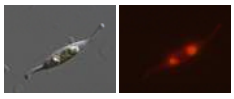
Hypersaline 13_ *cf Dunaliella*

Hypersaline 40_ cyanobacteria

KTPL3-19 *Closterium sp.*

BBUL04 *Botryococcus*

Lauderia annulata



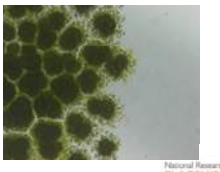
DF_Hypersaline_ *Nitzschia closterium*

Botryococcus braunii: source of long-chain hydrocarbons

Up to 86% of the dry weight of the green alga *Botryococcus braunii* can be long-chain hydrocarbons. The composition depends on the particular "race" of *Botryococcus*. The classic hydrocarbons are called botryococcenes. These are C_{30}-C_{37} isoprenoid triterpenes having the formula C_nH_{2n-10}

Botryococcus can bloom in Australian waters; however it grows slowly.

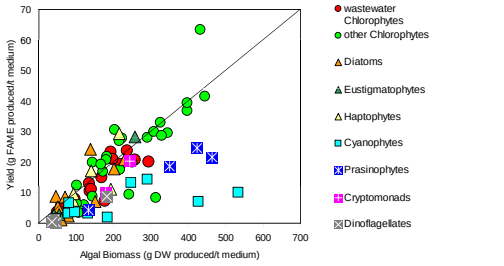
University of Western Sydney / CSIRO collaboration : Energy and Nanotechnology: nano-scale catalysts for production of biofuels



S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Screening of ANACC microalgae

Fatty acid yield versus biomass production

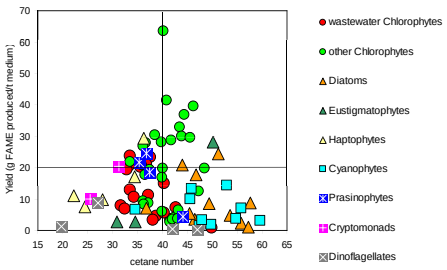


Diagonal line indicates 10% of dry weight is fatty acid

S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Screening of ANACC microalgae

Fatty acid yield and Cetane Number (90 strains)



S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Biodiscovery: hypersaline green microalgae

Typically *Dunaliella* spp. do not produce the long-chain C_{20} and C_{22} Omega 3 PUFA

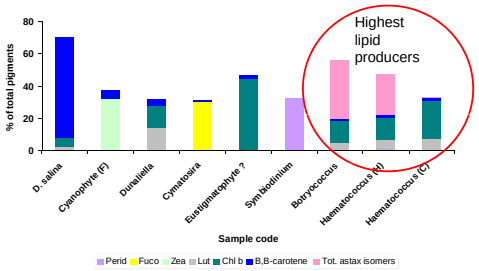
strain	*Dunaliella tertiolecta*	*Dunaliella*-like				*Dunaliella*-like which produces long-chain PUFA						*Tetraselmis*-like			*Tetraselmis suecica*
fatty acid	CS-175*	BD3-13	BD3-12	BD3-09	BD3-06	BD3-01	BD3-03	BD3-05	BD3-07	BD3-17	BD3-04	BD3-08	BD3-16	BD3-15	CS-187*
16:4 w3	**21.0**	**8.7**	**10.7**	**10.8**	**19.1**	12.1	14.0	13.4	13.3	14.2	13.2	12.4	14.7	15.2	10.8
20:5 w3	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	**6.8**	**6.6**	**9.0**	4.8
22:6 w3	-	-	-	-	-	**0.2**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.0**	**1.5**	-	-	-	trace

*Volkman *et al.* 1989

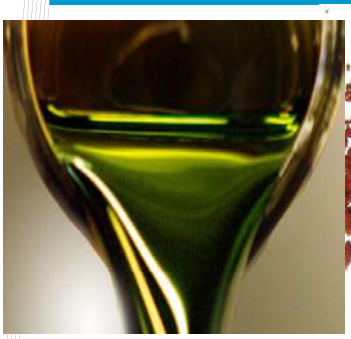
S.I. Blackburn, Biofuels Symposium, Tsukuba, Japan, August 2009

Potential co-products: Pigments

High pigment producing strains



Co-product Development: Oil / Pigments



Thermal and fluids engineering project
(CSIRO Materials Sciences and Engineering)

- Task Objectives:
  - **To provide the following areas of expertise and equipment:**
    - **Optimising Flow Conditions**
    - **Flow Optimisation within Pipelines**
    - **Algae Separation**
    - **Heat Transfer**
    - **Impellor Design**
    - **Sparging Systems**
  - **To evaluate the cost-efficiency of Open Ponds versus Covered Ponds or Raceways versus Enclosed Photobioreactors**
- Project Leader:
  - Kurt Liffman

Project Background

- Relatively straight forward to make fuel from micro-algae.
- Technologically viable process since the 1970s
- Lance Hillen (DSTO, Aust) produced jet A and petrol from *Botryococcus*

- Challenge: to produce algal fuel economically.
- Fundamental problem: Algal slurry is a dilute medium
- Ten tonnes of algal slurry/water processed to produce one litre of oil

- Potential solution: minimize capital costs and “free” energy input, i.e.,
  - Cheap land
  - Stirred, open ponds; not photo-bioreactors
  - Atmospheric CO_2 , for true biosequestration
  - Cheap, quick harvesting system

Improving Open Pond Productivity

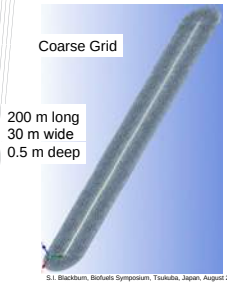
We wish to understand the factors governing the productivity in race-way ponds and then apply these principles to basic open ponds

Raceway pond

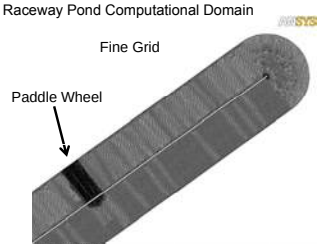
Open pond

Computational Fluid Dynamics (CFD)

We have built a computational code to model the growth of algae in raceway and open ponds. Factors of interest are: intensity of sunlight, CO_2 absorption/diffusion, turbulence, pressure drop, velocity, algae growth.



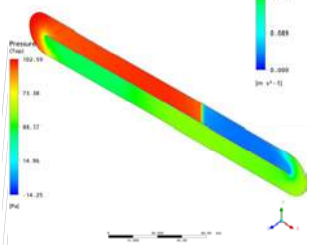
Raceway Pond Computational Domain



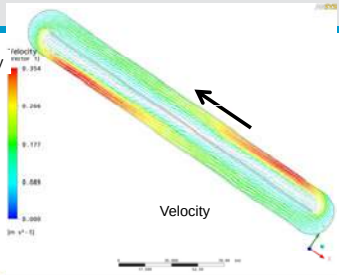
Computational Fluid Dynamics (CFD)

Raceway Pond Pressure and Velocity

Pressure



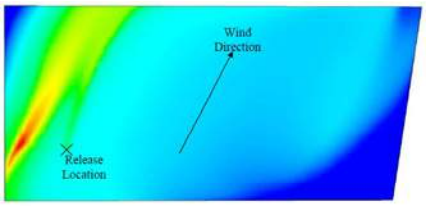
Velocity



Raceway Ponds tend to be expensive and energy intensive, as the water is always in motion.

Computational Fluid Dynamics – Mixing of algal ponds

Our initial (qualitative) results suggest that the degree of mixing is a fundamental driver of algae productivity. We are attempting to quantify this mathematically within our CFD code. Industrial scale mixing simulations of open ponds.



Computation of a plume of fertiliser – real pond scenario. Wind powered mixing.

Separation / harvesting technologies

Besides capital cost, harvesting algae is the major cost impediment (10-20%) in making algae a commercially competitive feed stock for biodiesel.

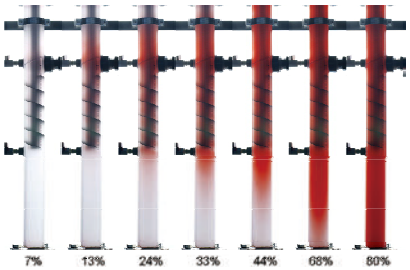
There are a number of algae harvesting technologies, e.g. sedimentation, floatation, filters and centrifuges. The separation system has to be designed for an individual alga / growth technology.

We have developed a potential in-line harvesting system called the CST, which uses centrifugal force, but without the expensive centrifuge (provisional patent).

In-line Algae Separation System (CSIRO SeparaTor or CST)

500L capacity

CST – experimental results



Percentage of oil in water

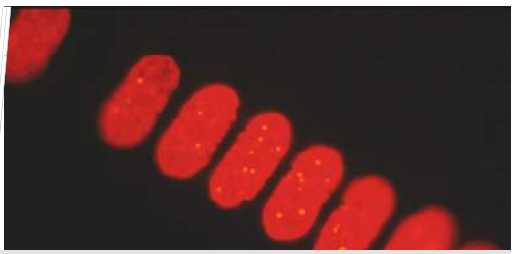
The future: Combined technologies / bioremediation / multiple bioproducts

Speciality chemicals

Biodiesel

Protein meal

Fermentation to alcohols



www.csiro.au

Thank you

CSIRO Marine and Atmospheric Research
Susan Blackburn

Email: susan.blackburn@csiro.au
Web:http://www.cmar.csiro.au/microalgae/

Contact Us
Phone: 1300 363 400 **or** +61 3 9545 2176
Email: Enquiries@csiro.au **Web:** www.csiro.au

National Research FLAGSHIPS Energy Transformed

CSIRO

Algal Fuel Research in Korea

Ji-Won Yang

Dept. of Chemical and Biomolecular Engineering
KAIST

Contents

- Climate Change & Energy Crisis
- Solutions for the Problem
- Global Research Trend
- Algal Fuel Research in Korea
- Breakthrough of Algal Fuel
- Conclusion

KAIST

Climate Change & Energy Crisis

Fossil Fuel

Energy Crisis

High Oil Price
Energy Security Risk

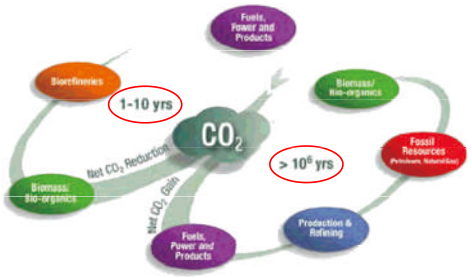
Climate Change

Global Warming
Temperature Rise
Sea Level Rise

KAIST

Solution for Climate & Energy Crisis

- Biofuel
  - Short carbon life cycle
  - Substitution of fossil fuel

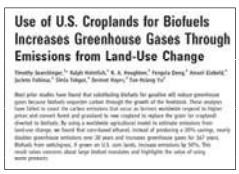


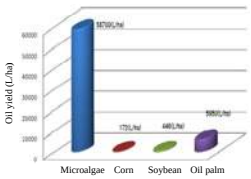
KAIST

Science 319, 1238 (2008) / *Biotechnology Advances* 25: 294-306, 2007

Solutions for the Problem

- Algal biofuel - Alternative to biofuel from land plants
  - Greenhouse gas reduction - Renewable feedstock
    - Carbon neutral
  - No competition with food crop
  - High oil yield > 100x those for land plants
  - Biodegradable


Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change

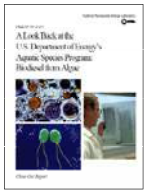


KAIST

A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae

Global Research Trend

- Past Microalgal Research at NREL
  - U.S. DOE's Aquatic Species Program (ASP, 1978-1996)
    - 3,000 strains of algae collected and screened
    - Develop renewable transportation fuels from algae
    - Produce biodiesel from microalgae with high lipid contents in open pond (1000 m^2)
    - High cost estimates for algal lipids ($40-$70/barrel oil)
    - Important resource for algae researchers worldwide



KAIST

http://www.nrel.gov/biomass/proj_microalgae.html

Global Research Trend

❖ Current Microagal Research at NREL

- Colorado Center for Biorefining and Biofuels (collaboration between NREL and Colorado School of Mines)
  - Bioenergy-focused microalgae strain collection
- Collaborative Research and Development Agreement (CRADA) under Chevron/NREL Alliance
  - Algae strains that can be economically harvested and processed into finished transportation fuels
- Laboratory Directed Research and Development
  - High-throughput technique for assessing lipid production in algae
  - Novel gene sequencing technology for high-throughput transcriptomics analysis of microbial strains used for biofuel production

KAIST

Energy Convers. Mgmt Vol. 38, Suppl., pp. 487-492, 1997 / *Energy Convers. Mgmt* Vol. 38, Suppl., pp. 493-497, 1997

Global Research Trend

❖ RITE (Research Institute of Innovated technology for Earth, Japan)

The Biological CO_2 Fixation and Utilization Project by RITE(1) – Highly-effective Photobioreactor System –

Naoto Usui, Masahiro Ikenouchi

THE BIOLOGICAL CO_2 FIXATION AND UTILIZATION PROJECT BY RITE (2) – Screening and Breeding of Microalgae with High Capability in Fixing CO_2 –

Masakazu Murakami and Masahiro Ikenouchi

- Biological CO_2 fixation and utilization project by microalgae (1990-1999)
  - Developed highly effective photobioreactor system
    - closed photobioreactor using optic fiber
    - Sunlight collection & transmission system
  - Applied to LNG power plant
    - 70% conversion rate of CO_2 to microalgal biomass
  - Production of fuel oil from *Botryococcus* sp.
    : 10,400 kcal/kg

KAIST

http://www.co2captureandstorage.info/networks/Biofixation.htm

Global Research Trend

❖ International Network on Biofixation of CO_2 and Greenhouse Gas Abatement with Microalgae

- Biological CO_2 fixation project
  - Started operation in June, 2002.
  - Manager: Dr. Benemann (Inst. for Environ. Management)
  - US DOE, Eni Technologie (Italy), Exxon Mobil, etc.
  - Biodiesel production (*Botryococcus* sp.)
- Research goal
  - Doubled productivity in mass cultivation of microalgae (50→100 DCW ton/ha/year in favorable climatic conditions)
  - CO_2 reduction: 100 ton CO_2/ha of algal pond

KAIST

http://www.cdrs.re.kr/

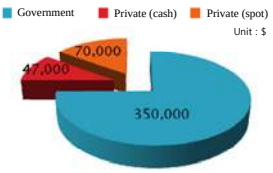
Algal Fuel Research in Korea (1)

❖ CDRS (Carbon Dioxide Reduction & Sequestration R&D Center)

- Ministry of Education, Science and Technology
  - KRIBB (Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology)
- Period : 2002-2012 (10 years in 3 phases)
- CO_2 fixation with microalgae and biodiesel production

CDRS Carbon Dioxide R&D Center

KRIBB 한국생명공학연구원



KAIST

Algal Fuel Research in Korea (1)

❖ Microalgae Screening and Identification

Microalgal strains

Accessible microalgal strains through BRC

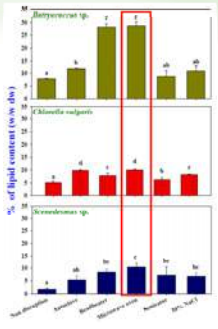
Taxonomy	Habitat	Capacity
Cyanophyceae	Freshwater & seawater	188
Chlorophyceae	Freshwater & seawater	339
Charophyceae	Seawater	23
Bacillariophyceae	Freshwater & seawater	45
Chrysophyceae	Freshwater & seawater	2
Xanthophyceae	Freshwater	2
Cryptophyceae	Seawater	7
Euglenophyceae	Freshwater & seawater	3
Rhodophyceae	Freshwater & seawater	2
Total		611

Service by BRC-Web site : http://www.brc.re.kr

KAIST

Bioresource Technology (2009), Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae

Algal Fuel Research in Korea (1)



❖ High efficient lipid extraction method
- Microwave oven

- For *Botryococcus* sp.
  - Bead-beating (28.1%)
    : difficult to scale-up
  - Microwave oven (28.6%)
- For *C. vulgaris*
  - Autoclaving and microwave oven
    : highest efficiency
  - Bead-beating (7.9%)
- For *Scenedesmus* sp.
  - Microwave oven
    : highest efficiency

KAIST

Marine Bioenergy Planning Report (2009), Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

Algal Fuel Research in Korea (2)

❖ Planning of R&D : Bioenergy Technology Master Plan using Marine Biomass

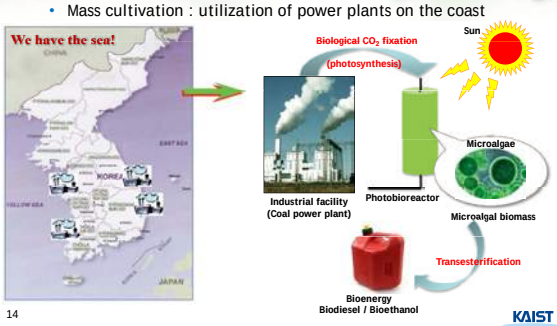
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs
  - Inha University
- Period : 2008-2009 / 2009-2018
- Total fund : $ 200 million
- Biofuel production using microalgae and macroalgae

13 KAIST

Algal Fuel Research in Korea (2)

❖ Condition of location

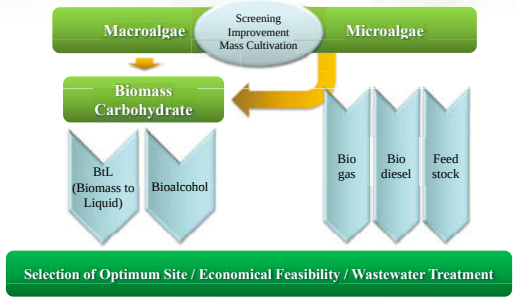
- Mass cultivation : utilization of power plants on the coast



14 KAIST

Algal Fuel Research in Korea (2)

❖ Strategy of Research



15 KAIST

The 2nd International Bioenergy Forum October 31, 2008, Korea

Algal Fuel Research in Korea (3)

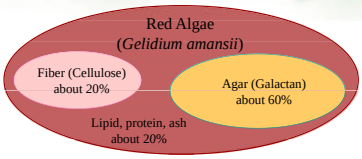
❖ Development of Bioethanol Production Technology from Red Algae

- KITECH (Korea Institute of Industrial Technology)
- Period : 2008-2011
- Feedstock : 2 million ha of farm until 2018
- Commercialization of bioalcohol until 2013
- Production of 1.9 billion L of bioalcohol until 2018

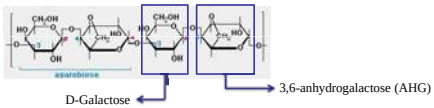
16 KAIST

Algal Fuel Research in Korea (3)

❖ Compositional Analysis of Red Algae



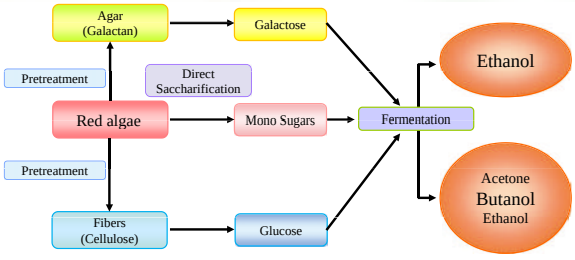
- Galactan structure : D-Galactose + 3,6-anhydrogalactose (AHG)



17 KAIST

Algal Fuel Research in Korea (3)

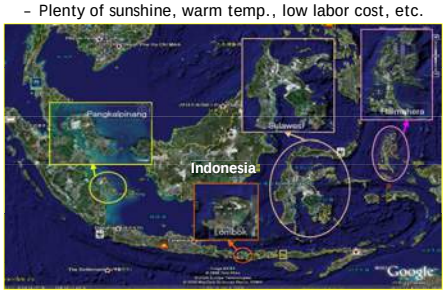
❖ Simple Process



18 KAIST

Algal Fuel Research in Korea (3)

- Technical Hurdles : Economical Feedstock by Marine Aquaculturing
  - Tropical region
    - Plenty of sunshine, warm temp., low labor cost, etc.



KAIST

Algal Fuel Research in Korea (3)

- Technical Hurdles : Effective Depolymerization
  - Depolymerization of galactose-based mixed sugars
  - Minimization of byproduct (5-HMF) formation using noble catalyst
  - Saccharification of crystalline fiber
- Saccharification Experiment
  - Condition : 140 ~ 150℃ with various acid catalysts
    - Substrate : pulverized *Gelidium amansii*
  - Saccharification (Direct) : 51% based on total carbohydrate
  - Saccharification (Indirect, Acidic saccharification)
    - Monosugar yields from Agar : 78% based on galactan
    - Monosugar yields from Agar : > 95 % using ionic liquids (IL) with minimized formation of 5-HMF
    - Monosugar yields from Fiber : 61% based on glucan

➡ Total saccharification yield : 59% (without IL), 69% (with IL)

KAIST

J. Microbiol. Biotechnol. (2005), 15(3), 461-465

Algal Fuel Research in Korea (4)

- Biological CO_2 fixation by microalgae (KAIST, 1999-2001)
  - *Chlorella* sp. HA-1 (NIES, Japan)
  - 3L lab-scale photobioreactor

	Operation period (days)	The averaged cell growth rate (g/l-day)	Total amount of fixed CO_2 (g/day)
Batch	7	0.413	1.320
Semi-Continuous (0.5-0.6-0.7)	30	0.360, 0.321, 0.277, 0.340 (per week)	1.038
Series (4 reactors)	7	0.368, 0.331, 0.250, 0.365 (per reactor)	4.013

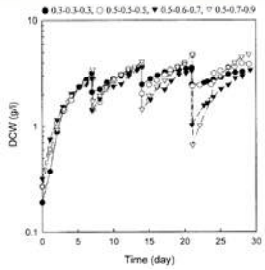
- Various operation
  - Batch mode
  - Semi-continuous mode
  - Series mode

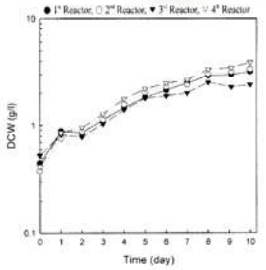
KAIST

J. Microbiol. Biotechnol. (2005), 15(3), 461-465

Algal Fuel Research in Korea (4)

- Semi-continuous mode
- Series mode



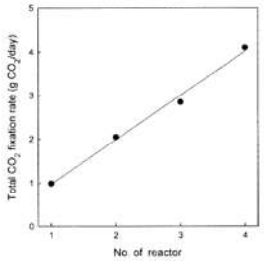


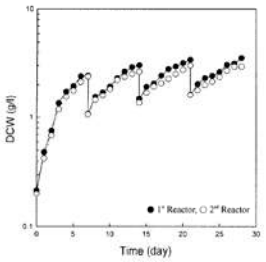
KAIST

J. Microbiol. Biotechnol. (2005), 15(3), 461-465

Algal Fuel Research in Korea (4)

- Correlation of total CO_2 fixation rate and the number of connected reactors
- Series reactor system of semi-continuous operation

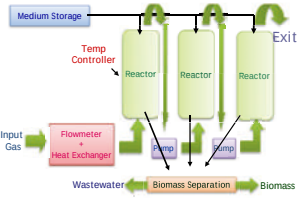




KAIST

Algal Fuel Research in Korea (4)

- Biological CO_2 fixation by microalgae (KAIST, 1999-2001)
  - *Chlorella* sp. HA-1 (NIES, Japan)
  - 600L pilot-scale photobioreactor
    - Main objective : CO_2 fixation
    - CO_2 fixation rate : 0.562 kg/m^2·day
    - Oil contents of *Chlorella* sp. HA-1 : 18.4%



KAIST

Breakthrough of Algal Cultivation

❖ Conventional Culture System

Tubular photobioreactor	Helical photobioreactor	Raceway pond
High efficiency but high cost	Suitable for small-scale cultivation of microalgal inoculant	Low operation cost but low growth yield

Problem : Photoinhibition, Biofilm formation, Higher production cost

KAIST

Breakthrough of Algal Cultivation

❖ Breakthrough - PBR Design

- High density mass cultivation of microalgae

Light

- Internal light using high efficient light source (LED)
  - Reduction of photoinhibition and heat generation
  - Low electrical energy cost

Type

- Bubble column type reactor
  - Improvement of mixing efficiency (baffle, stirrer, etc.)
  - Various operation methods (batch, semi-continuous, series, etc.)

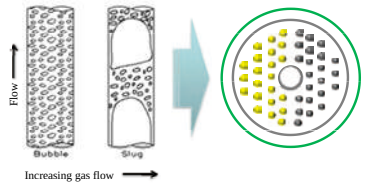
KAIST

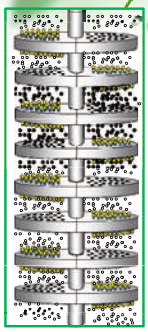
http://www.lbgweb.com/articles-news015a.aspx

Breakthrough of Algal Cultivation

❖ Breakthrough - PBR Design

- Internal LED light
- High gas flow rate → Slug flow
- Baffle design → Decrease of bubble size

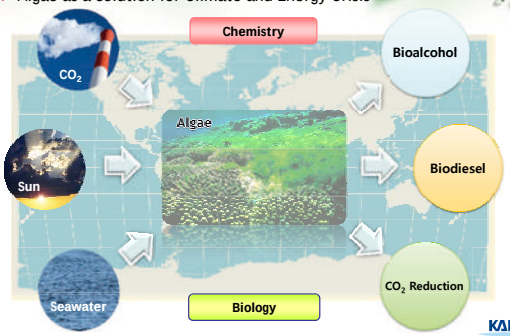




KAIST

Conclusion

❖ Algae as a Solution for Climate and Energy Crisis



KAIST

Thank You !

jwyang@kaist.ac.kr

KAIST

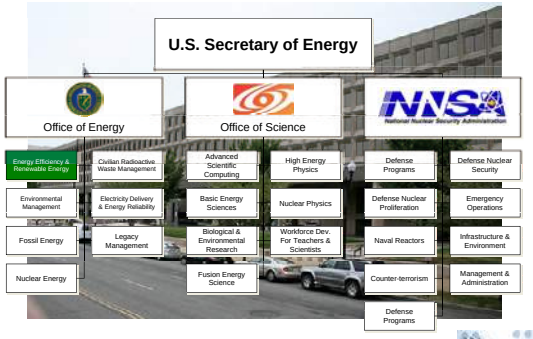
Biofuels Research and Development:

An Overview of the U.S. Department of Energy
Office of Biomass Program

CREST International Symposium of Algal Fuel Researches
August 8, 2009

Joyce C.Yang, Ph.D.

U.S. DOE Organization Chart

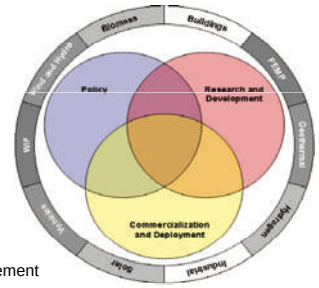


Office of Energy Efficiency & Renewable Energy

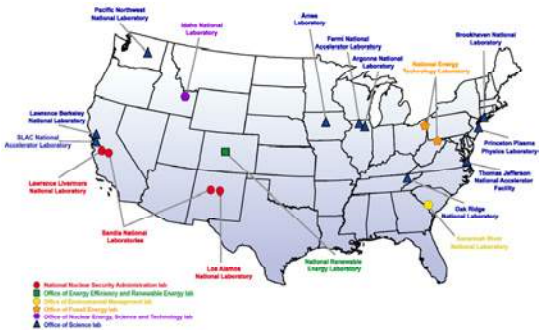
Power Generation
- Geothermal
- Wind & Water Power
- Solar

Fuels & Vehicles
- Biomass/Biofuels
- Hydrogen
- Vehicle Technologies

Energy Efficiency
- Buildings Technologies
- Industrial Technologies
- Weatherization
- Federal Energy Management



DOE National Laboratories



Why Biofuels?

Why Biofuels?

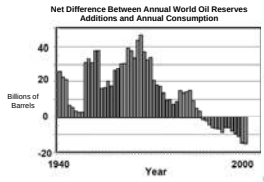
The peaking of world oil production presents the U.S. and the world with an unprecedented risk management problem. As peaking is approached, liquid fuel prices and price volatility will increase dramatically, and, without timely mitigation, the economic, social, and political costs will be unprecedented.

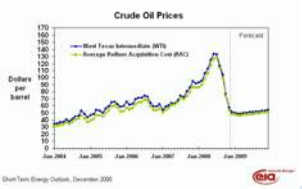
Hirsch et al., *2005*
Peaking of World Oil Production:
Impacts, Mitigation & Risk Management

Why Biofuels?

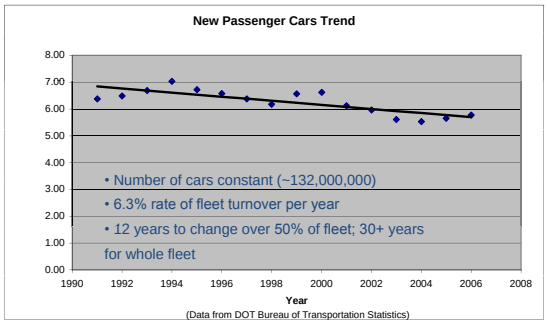
The peaking of world oil production presents the U.S. and the world with an unprecedented risk management problem. As peaking is approached, liquid fuel prices and price volatility will increase dramatically, and, without timely mitigation, the economic, social, and political costs will be unprecedented.

Hirsch et al., *2005*
Peaking of World Oil Production:
Impacts, Mitigation & Risk Management

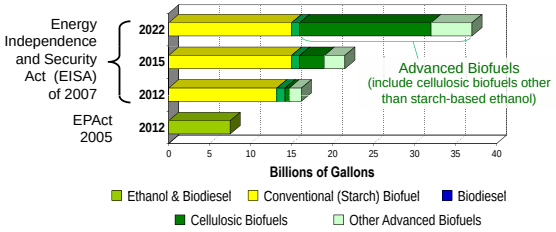




Why Biofuels?



U.S. Legislative Mandates (Selected Years)



EISA defines ***Advanced Biofuel*** as "renewable fuel, other than ethanol derived from corn starch, that has lifecycle greenhouse gas emissions…that are at least 50 percent less than baseline lifecycle greenhouse gas emissions."

Biomass Program Mission

Develop and transform U.S. renewable and abundant biomass resources into cost-competitive, high-performance biofuels, bioproducts, and biopower.

Focus on targeted research, development, and demonstration

- Support through public and private partnerships
- Deploy in integrated biorefineries

Successive Generations of Biofuels

Corn Ethanol

- Commercially available (no DOE research)
- Reduced GHG emissions
- Capacity constrained

Cellulosic Ethanol

- Focus of current DOE research
- Potential to lower GHG emissions 86%
- Uses biomass from waste and non-agricultural land

Advanced Biofuels

- Focus of planned DOE research
- Could minimize environmental footprint
- Energy content, fuel economy, and chemistry may be more similar to petroleum-based fuels

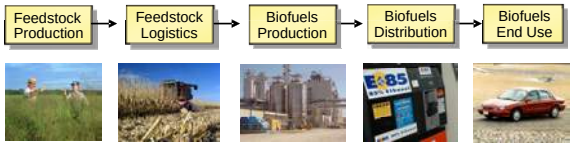
Biomass Program Goals

Short Term: Foster breakthrough technologies needed to make cellulosic ethanol cost-competitive by 2012 (cost target: $1.76/gal).

Mid Term: Help create an environment conducive to maximizing the sustainable production of biofuels by 2017, including cost-effective technology, sufficient infrastructure, appropriate policies, and supportive consumers.

Long Term: Increase the supply of cellulosic and advanced biofuels to 21 billion gallons by 2022 (per Renewable Fuel Standard in the Energy Independence and Security Act of 2007)

Biofuels Supply Chain



- **Cellulosic Ethanol**: Primary focus of the program.
- **Alternative Light-Duty and Diesel Replacement Fuels:** Major scoping activities are underway to help prioritize future work on additional alternate fuels that require governmental support and can significantly contribute to achieving the President's goals.

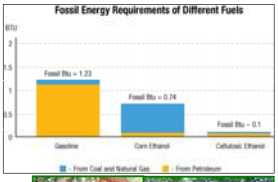
Feedstocks for Today and Tomorrow

Today

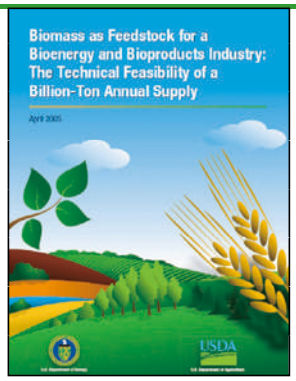
- Grains (corn, sorghum, wheat)
- Oilseeds and plants (soybeans)

Tomorrow

- Agricultural residues (stalks, stems, cobs, other crop wastes)
- Energy crops (switchgrass, miscanthus, poplar, willow)
- Forest resources (wood waste, forest thinnings, small-diameter trees)
- Oilseeds and oil crops (Jatropha, rapeseed, microalgae)
- Green wastes (urban wood wastes, sorted municipal solid waste)



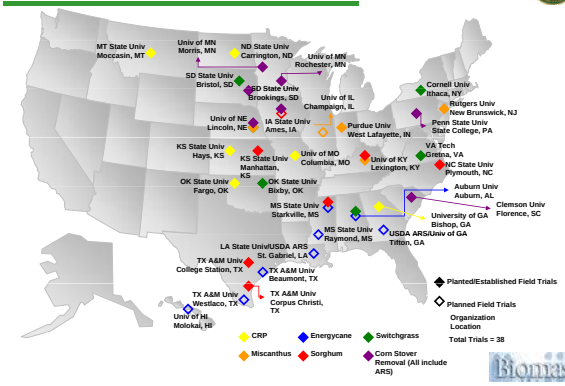
Biomass Resources Adequate to Meet RFS



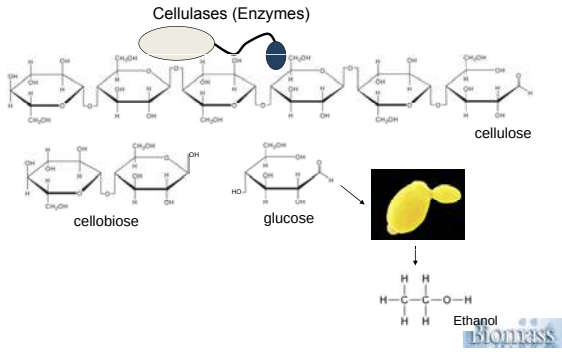
Conclusion:
By 2017, forest and cropland resources can yield 20-30 billion gallons of cellulosic biofuels.

Perlack *et al.*, 2005

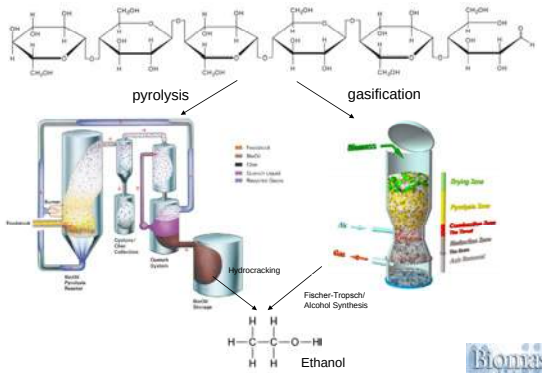
Regional Biomass Energy Feedstock Partnership



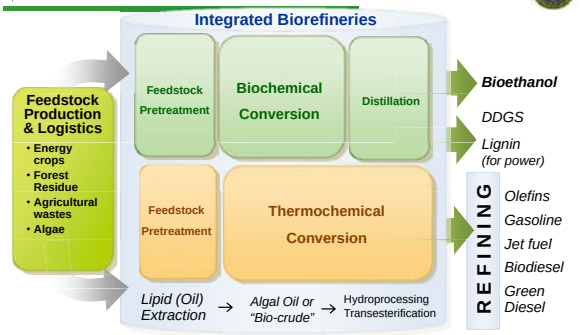
Biochemical Conversion of Cellulose



Thermochemical Conversion of Cellulose



Exploring Routes to Convert Biomass



Need for Advanced Biofuels

Recent studies highlight the potential of advanced biofuels other than cellulosic ethanol.

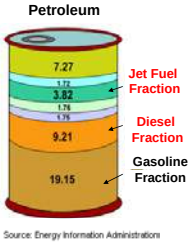
Compared to ethanol, this next generation of biofuels would be more similar in chemical makeup to gasoline and diesel fuels.

Their compatibility with the existing infrastructure may expedite rapid displacement of petroleum (hydrocarbon-based fuels) in the market.

- Green gasoline
- Cellulosic biobutanol
- Algae-based biofuels

} **Hydrocarbon-Compatible (Infrastructure-Compatible) Advanced Biofuels**

Why Advanced Biofuels? Demand

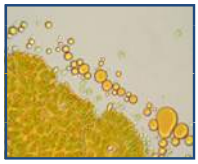


U.S. Diesel Outlook
(EIA FY2008 Reference Case for 2030)
- 75 billion gal/yr
  - < 0.5 billion gal/yr biodiesel production (2007)
  - 13 billion gal/yr if the entire U.S. soybean crop utilized

U.S. Jet Fuel Outlook
(EIA FY2008 Reference Case for 2030)
- 35 billion gal/yr

Cellulosic Ethanol displaces light duty gasoline fraction only.
Need heavy duty/diesel substitutes to displace entire barrel.

Why Algae? Supply



- Algae can produce more lipids (plant oils) per acre than other plants -- *potentially 10x - 20x*
  - Lipids are the preferred starting point to make diesel or jet fuel from biomass
- Algae cultivation can utilize:
  - marginal, non-arable land
  - saline/brackish water
  - large waste CO_2 vent resources
- Minimal competition with food, feed, or fiber

Commercial-Scale Cultivation

Raceway Ponds
Cyanotech, Hawaii

Outdoor Photobioreactor
Arizona State University

Technical Barriers

Algal Cultivation
- Bioreactor design
  - Temperature control
  - Invasion and fouling
- Starting species
  - Growth rate
  - Oil content & FA profile
- Nutrient requirements
  - CO2 and H2O sources

Oil (Lipid) Recovery
- De-watering methods
- Lipid extraction
- Purification

Fuel Production
- Process optimization
- Fuel characteristics
- Engine testing (ASTM)

U.S. Congressional Interest

FY08 DOE Appropriation Language

Biomass and Biorefinery Systems R&D.— Funding under this heading in the amended bill includes $200,000,000 for integrated research and development on biomass and biorefinery systems, an increase of $20,737,000 over the budget request for additional biomass research solicitations. The Department is directed to include algae as a potential feedstock in its biomass research and development.

2007 Energy Independence and Security Act (EISA)

- Section 228 Required the DOE to present a report to Congress on the feasibility of microalgae as a feedstock for biofuels production

Recent Biomass Program Algae Activities

- Algal Biofuels Technology Roadmap Workshop December 2008
  - *Public comment on rough draft ended 08/03/09
  - *Workshop Proceedings
    http://www.orau.gov/algae2008pro/
- 3 University-based algae projects
  - *U. Georgia – livestock waste as algae nutrient
  - *Montana State & Utah State- extremophilic algae
  - *Scripps Oceanographic Institute- diatom lipids
- Analyses
  - *Techno-economic modeling (Sandia and NREL)
  - *Resource assessment (Pacific Northwest National Lab)
- Algal Biofuels Consortium FY10

Algal Biofuels Consortium Announcement

- Release Date: July 15, 2009
- Funding Opportunity Number (Grants.gov): DE-FOA-0000123
- Close date: September 14, 2009
- Consortium Composition: "appropriate mix of U.S. industry, academia, and government and/or non-government laboratories, and could include foreign entities with the appropriate skill sets".
- R&D areas:
  - Feedstock Supply- Strain development and cultivation
  - Feedstock Logistics- Harvesting and extraction
  - Conversion/Production - Accumulation of Intermediates and Synthesis of Fuels and Co-products

Integrated Biorefineries & Biofuels Infrastructure Compatibility

Biorefinery Demonstrations

Expediting Commercialization

Commercial-Scale Biorefineries (up to $272 M)

- Four cost-shared, integrated biorefinery demonstrations to produce 98 million gallons of cellulosic ethanol in 5 years with variety of conversion technologies and cellulosic feedstocks

10%-Scale Biorefinery Validation (up to $210 M)

- Cost-shared, integrated biorefinery demonstrations using cellulosic feedstocks to produce renewable fuels at one-tenth of commercial scale
- Eight projects now in progress

Commercial-Scale Biorefinery Demonstrations

DOE investments in cellulosic biofuels will accelerate commercialization and help create a biofuels market based on non-food feedstocks.

Performers	Feedstock Type	Conversion Technology	Status of Project
Abengoa	Agricultural Residue	Biochemical	Phase 1-Cooperative Agreement signed Sept. 2007
Bluefire	MSW	Biochemical	Phase 1-Cooperative Agreement signed Sept. 2007.
Poet	Corncobs Corn Fiber	Biochemical	Phase 2-Technology Investment Agreement – Signed Oct. 2008
Range Fuels	Woody Waste	Gasification + Mixed Alcohol synthesis	Phase 2-Technology Investment Agreement – Signed Nov. 2007 Ground Breaking Nov. 2007

Small-Scale (10% of Commercial Scale) Biorefinery Demonstrations

Performers	Feedstock Type	Conversion Technology
Alltech Envirofine, LLC	Wood Residue	Biochemical
Flambeau River	Wood Residue	Thermochemical
Lignol Innovations	Wood Residue	Biochem-organosolv
NewPage Corporation	Wood Waste	Thermochemical
Mascoma	Switchgrass & hardwoods	Biochemical
Pacific Ethanol	Agricultural & Forest Residue	Biochemical
RSE Pulp & Chemical	Wood chips (mixed hardwood)	Biochemical
Verenium Biofuels	Bagasse, Agricultural & Wood Residue	Biochemical

Impacts of Intermediate Ethanol Blends

Preliminary Report Issued Oct. 7, 2008

- DOE studying intermediate ethanol blends (allocated $2.1 million in FY07 and $12.5 million in FY08).
- The DOE test program is evaluating --
  - Vehicle exhaust and evaporative emissions
  - Catalyst durability and aging
  - Cold-start operation and drivability
  - Fuel-system and catalyst materials compatibility
- DOE is also evaluating impacts of higher ethanol blends on small engines
  - Testing leaf blowers, line trimmers, pressure washers, and small generators
  - Expanded test plan for marine engines, all-terrain vehicles, and motorcycles in summer 2008 with input from industry.
- Additional durability testing is required

The Biomass Program Yesterday,Today, and Tomorrow

A Billion-Dollar Investment in Biofuels

Since early 2007, DOE has announced investments of *more than* $1 billion for the RD&D of new biofuels technology, with a focus on non-food, cellulosic feedstocks.

- Cellulosic Ethanol Biorefinery Demonstrations at commercial and 10%-scale
- World-class Bioenergy Research Centers (Office of Science)
- University Research projects (including Advanced Biofuels)
- New and Improved Enzymes and Micro-organism R&D
- Thermochemical Processes R&D (Pyrolysis, Gasification)
- Annual USDA/DOE Joint Solicitation
- Field Trials under the Regional Biomass Energy Feedstock Partnership
- Biofuels Sustainability Studies and Modeling (Knowledge Discovery Framework)
- Joint EPA/DOE Ethanol Blend Studies

Major DOE Biofuels Project Locations

2009 Program Priorities and Goals

Advancing Presidential Objectives

Science & Discovery
- Connecting basic and applied bioscience
- Conducting R&D at universities and national labs to achieve transformational breakthroughs:
  - Advances in enzymes and catalysis
  - Engineering of new microorganisms
  - Novel sustainability indicators

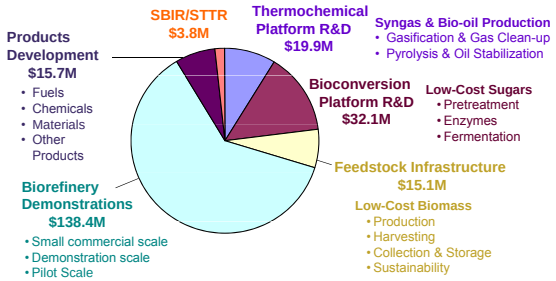
Clean, Secure Energy
- Developing & demonstrating cellulosic and advanced biofuels to meet RFS

Economic Prosperity
- Creating 50 to 75 jobs per new biorefinery
- Creating major new energy crop markets
- Reinvigorating rural economies

Climate Change
- Reducing GHG emissions by up to 90% with advanced biofuels (compared to gasoline)

Program Plan for FY 2009

Biomass Budget by Technology Area



Recovery Act: Biomass Program

Recovery Act Funding for Biomass Projects

Secretary Chu Announces Nearly $800 Million from Recovery Act to Accelerate Biofuels Research and Commercialization – May 5, 2009

As part of the ongoing effort to increase the use of domestic renewable fuels, U.S. Secretary of Energy Steven Chu today announced plans to provide $786.5 million from the American Recovery and Reinvestment Act to accelerate advanced biofuels research and development and to provide additional funding for commercial-scale biorefinery demonstration projects.

- $480M Integrated pilot and demonstration biorefineries
- $176.5M Commercial-scale biorefineries
- $25M Process demonstration user facility
- $5M Sustainability efforts
- $50M Algal biofuels consortium
- $35M Advanced fungible biofuels technology consortium

Biomass Program: The Impact

We are bringing a viable alternative to gasoline to the market, lowering greenhouse gas emissions in the transportation sector, and reducing the need for imported oil.

- In 2007 alone, the U.S. biofuels industry --
  - Added $48 billion to U.S. gross domestic product
  - Supported creation of 230,000 jobs
  - Displaced 228 million barrels of oil and saved Americans $16.5 billion
  - Displaced 3% of vehicle gasoline consumption
- Recent McKinsey study found that ethanol blending lowered gas prices by 17 cents per gallon in 2008

Questions?

http://www1.eere.energy.gov/biomass

発　行　元　　つくば 3E フォーラム実行委員会

（筑波研究学園都市交流協議会）

発 行 年 月 日　　2009 年 12 月

問い合わせ先　　つくば 3E フォーラム事務局

筑波大学大学院生命環境科学研究科内

〒305-8572　茨城県つくば市天王台 1 丁目 1-1

E-mail：secretariat-3ef@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

http://www.sakura.cc.tsukuba.ac.jp/~eeeforum/