

出國報告

(出國類別：其他)

「參訪日本生質燃料研究實驗室 收集生質能源或燃料相關技術」出 國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：劉勝男科長

出國地點：日本

出國期間：中華民國 102 年 6 月 22 日至 6 月 27 日

報告日期：中華民國 102 年 8 月 30 日

摘要

生質能源具備有產製技術成熟、商業化運轉潛力、經濟效益高的優勢，加上可使用農林廢棄物資源，故兼具廢棄物處理及永續再生能源之雙重效益。近年來因石油資源日漸枯竭導致油價高漲，形成能源危機，因此先進國家積極尋求替代能源，故投入將農林廢棄物轉化為生質能源及化工原料的研究議題，加上使用農林廢棄物作為生質能源的原料也不會發生糧食安全問題，所以生質能源發展之各項技術符合未來永續發展之實際需求，故已成為各國能源研發重點項目。

目前各國已將生質能源研究發展策略，由原本糧食作物(如玉米、甘蔗、大豆、甜菜等)產製生質能源方式轉向以非食用作物(如藻類、木質纖維素)萃取提煉之生產技術，為配合此項趨勢，本次參訪主要在於瞭解日本生質能源的研究方向與規劃目標期程，透過參訪行程發現日本在生質能源的研究部分，將藻類作為油品部份尚在初始階段並希望與國際同步，至於纖維素酒精已具相當成果，未來則以量產及成本降低為主要目標，另外在與日本研究機構交流方面，建立產業技術總合研究所(AIST)及日本生物產業協會(JBA)等單位之聯繫管道，將能持續針對生質能源議題，收集國外相關單位之研究成果，並針對非食用作物產製之生質能源品質標準與檢測驗證等方向，作為本局未來規劃生質能源業務之參考。

關鍵字：生質酒精、藻類生質能源

目 次

摘要	1
壹、參訪目的	3
貳、參訪機構與行程	7
一、行程內容	7
二、參訪機構與討論議題	8
參、心得與建議	18
一、心得	18
二、建議	19

壹、 參訪目的

生質能是人類史上最早使用作為能量的來源種類，在二十世紀之前均長期居於首位的能源，直至今日也僅次於化石燃料，對全球人類使用的能源種類來看，廢棄木材、穀物殘渣等生物資源都是重要的能源，對大部分非開發區域而言，生質能均直接燃燒產生熱能或烹調使用；不過近年來在經濟發展的帶動下，生質能也成為發電的原料。根據世界能源委員會的資料顯示，以生質能產生的發電量至少有四百億瓦以上，這個發電量在可再生能源方面僅落後於風力與水力發電量，另外在電廠也會將生質能與煤炭混合使用作為發電用途，以彌補天然氣發電的不足，目前也有許多汽電共生電廠使用生質能作為燃料，利用廢熱產生電力，以增加能源的使用效率。

生質能是指含有機物的生物質（Biomass），經由直接或間接轉換過程變成能源再加以使用。地球上的生物資源相當豐富，據估計地球每年經光合作用所產生的生質物高達 1,730 億噸，相當於全世界能源消耗量的 10~20 倍，而目前僅有 1~3% 的利用效率，所以如果能提升生質物的利用率，將會對於目前的能源需求有莫大的助益，然而 2008 年的世界經濟論壇（WEF）報告指出，糧食安全為未來 10 年影響全球經濟發展四大風險之一，為避免發生爭糧的狀況，因此近年來對於生質能源的技術發展，其使用的原料來源已從

第一代的糧食作物及植物油，逐漸發展為第二代以木質纖維素的利用，故透過將農業廢棄物或是非糧食作物的途徑來取得生質燃料，這是目前國際上生質能技術研發的一個重要趨勢。

另外研究資料發現其實生質燃料在整個生產過程中會需要大量能量輸入，例如植物的種植、除草、除蟲、收割、運送或處理等過程，也存在有能量的消耗或使用，因此這也是生質燃料發展的障礙，因此造成部分生質能源產業發展的遲滯，目前生質能的主要應用都是以汽油/柴油的替代品或是添加於車用燃料，因此對於生質燃料的成份或是其功能是否類似於汽/柴油以使用於現有引擎，而不會造成不良的影響，這部分也成為生質能源研究的重點方向。

目前生質燃料依其使用原料及發展歷程分成四代，一般而言第一代是將常用的糧食作物轉變成生質燃料，這類方法的發展技術最為成熟，但是這類生質燃料會發生糧食不足的問題；而第二代的技術則是將糧食作物中沒有被用到的部份（像玉米桿、麥桿）等廢棄物中所內含纖維質或非食用作物轉化成為生質燃料，經由廢物利用方式生產生質能源，但目前第二代技術的轉化效率有待提升，因此尚無法達到經濟規模；在第三代生質能源則是用微藻或綠藻等水生藻類，經由藻類能快速且大量地產生生物質，因此希望藉由藻類培育能更有效地利用本來就不能種植糧食作物的土地或海洋資源，目

前這項技術已有少數國家開始進行研究及示範計畫，故在生產技術上仍需再進行研發；最後第四代的生質能源技術則是透過基因改良的細菌或微生物，直接將空氣中的二氧化碳固定再加以轉換成生質燃料。

目前常用的生質能源主要是做為燃料使用的添加，可分為生質柴油及生質酒精兩大類，其中生質柴油 (Biodiesel) 是將沙拉油之類所謂的植物性或動物性油脂類，經過化學轉化過程 (酯交換反應) 轉換成性質類似於柴油的烷基酯，生質柴油的特點是柴油車輛可以不用經過任何改裝，亦可以直接使用生質柴油，目前歐洲地區是以 20% 比例和普通柴油混合使用，也就是所謂的 B20 柴油 (20% 生質柴油、80% 普通柴油)，而柴油車能否使用生質柴油的條件是在車內油料的管路，因生質柴油對普通橡膠有侵蝕性，因此相關車廠配合改用耐生質柴油的橡膠油管才能使用生質柴油，目前國內加油站所提供的超級柴油則是在石化柴油中添加 2% 生質柴油的比例。

而生質乙醇 (Bioethanol) 則是將糖份含量高的作物，如小麥、玉米的澱粉，或是甘蔗、甜菜的蔗糖等，經過酵母菌的發酵作用，就會產生酒精，因此將糖份發酵為酒精的技術已發展成熟，故生質乙醇可成為目前最普及的生質燃料，然而因為乙醇具有極佳的親水性，因此會吸收空氣中的水分，所以對現有引擎的零件侵蝕性相當

高，對於目前使用的汽油引擎需要進行調整或改造，目前只有巴西在使用乙醇燃料方面，屬於最先進的國家，已建立的加乙醇站網路並配合當地豐盛的甘蔗產量，因此在使用生質乙醇部分並無問題，至於其他國家受制於乙醇的生產成本及汽車引擎使用的限制，多屬於區域的示範運行計畫，因此要能真正使用生質乙醇作為替代燃料則需要政府的大力支持。

對於第二代生質燃料的基本要求，除了避免會發生搶糧的糧食作物之外，另外能在短時間內大量增加纖維素的植物，如草本植物或是生長快速的灌木都是不錯的選擇，而稻桿、麥桿、穀殼等食物生產過程的農業廢棄物，也可以作為轉換為生質能源的原料。

台灣其實有發展生質能源的條件，除了台灣擁有豐富的農業天然資源，而就生質能源來講，多屬於在地性的區域性產業，因此台灣應該把握發展生質能源的契機，對於新一代生質能源持續投入研究資源，本局亦應持續針對生質能源議題，收集國內外之研究資料與應用，並針對非食用作物產製之生質能源品質標準與檢測驗證等方向，規劃本局未來生質能源業務，以引領國內產業發展目標。

貳、參訪機構及行程簡介

一、行程內容

本次日本參訪行程共計安排訪問 5 家機構，參訪內容主要安排日本國內對於生質能源研究實驗室，針對生質能源能量建立進行技術交流，以了解日本境內對於生質能源之測試能力，希望能藉由本次參訪活動汲取經驗，提供國內相關單位未來規劃之參考。

有關本次參訪赴日本參訪之機構名稱及所屬性質：

- 日本產業技術綜合研究所(AIST)
- 日本筑波大學藻類能源系統研究單位
- 日本生物產業協會(JBA)
- 日本食品總合研究所(NARO)

本次參訪行程 102 年 6 月 22 出發至 6 月 27 日結束返國，各

參訪單位參訪之議題及內容說明如下：

參訪日期	參訪地點	擬參訪機構及訪談對象	參訪目的及討論主題
6/22(六)	台北 Taipei-日 本東京 Tokyo	去程	1440台北出發 1855抵達東京
6/23(日)	日本筑波	參觀筑波科學廣場 地址：茨城縣つくば市東 1-1-1	參觀筑波科學城市相 關研究機構之成果

參訪日期	參訪地點	擬參訪機構及訪談對象	參訪目的及討論主題
6/24(一)	日本筑波	拜訪日本產業技術綜合研究所(AIST) 聯絡人：矢追克郎博士 地址：茨城縣つくば市東1-1-1中央第6	討論生質酒精議題： 1. 酒精汽油原料轉化之方法產能效率 2. 日本生質酒精研究方向及進度
6/25(二)	日本筑波	拜訪日本筑波大學藻類能源系統研究單位 聯絡人：伊崎文和博士 地址：茨城縣つくば市天王台1-1-1	討論藻類生質能源議題： 1. 藻類生質燃料之趨勢與應用 2. 日本對於藻類生質能源研究方向
6/26(三)	日本筑波	拜訪日本生物產業協會(JBA) 聯絡人：小林良則博士 地址：茨城縣つくば市東1-1-1	討論生質酒精議題： 1. 日本生質酒精之發展方向及政策 2. 生質酒精酵素轉化之效率
6/27(四) 上午	日本筑波	拜訪日本食品總合研究所(NARO) 聯絡人：德安健博士 地址：茨城縣つくば市觀音台2-1-12	討論生質能源議題： 1. 日本有關生質柴油與生質酒精汽油之規劃 2. 該所目前生質能源之研究近況
6/27(四)	日本東京 Tokyo - 台北Taipei	回程	1830東京出發 2100抵達台北

二、參訪機構及討論議題

(一)筑波科學廣場

在筑波市設立的獨立行政法人產業技術總合研究所的展示室有許多針對未來節能環保的應用技術以及在人工智慧產業使用的新穎材料,另外日本亦持續發展人工智慧所使用的軟體應用於機

械控制部分，使人瞭解科技進步對於人類生活的改善。

由於日本已經邁入高齡化或超高齡化社會，因此亦針對國內的老年人口著手開發人工智慧照顧高齡老人藉以取代引進外勞人力，同時積極開發寂寞產業產品如小海豹，以安撫家中老人或小孩的情緒，另外日本亦對於綠色環保產業之高分子材料開發投入大量的研發資源，其中最讓人印象深刻的研究題目就是利用微波聚合方式合成生物分解塑膠-聚乳酸(PLA)並可作為生質塑膠產品，未來如能量產，將可大幅縮短 PLA 的合成過程，降低 PLA 之製造成本，對於生質塑膠 PLA 的普及應用將更有競爭力。

(二)日本產業技術綜合研究所(AIST)

日本產業技術綜合研究所為一個具綜合性的產業專業技術研究單位，該所成立於 2001 年目前共有 6 個研究領域，分別為環境能源領域、生命科學領域、電子通信領域、奈米科技材料領域、計量領域以及地質領域，另外該所針對新世代綠色能源及生活科技等先端技術亦擬定相關待解決的課題，並持續投入研究資源，以協助日本產業發展。

在生質能源部分，該所與日本新能源產業技術總合開發機構(NEDO)等研究機構進行合作，展開相關研究項目如纖維素生質酒精創新性生產系統、生質能源製備技術發展及次世代生質能源利用技

術研發，以建立日本國內能源的尖端技術並針對實用商業化技術進行推動以減少日本對於石化燃料的依賴程度。

討論議題說明：

1. 纖維素酒精及生質柴油之標準制定：本次安排之訪問單位主要係針對纖維素酒精之量產製程進行相關研究工作，惟訪問過程矢追克郎博士表示目前日本產業技術綜合研究所也有部門針對日本國內生質柴油及纖維素酒精標準進行探討與制定工作，並與國外標準組織合作進行標準調合及檢測項目之評估，日本在生質柴油部分訂有 JIS K2390 規範添加於車用柴油之相關品質要求，另外對於纖維素酒精方面制訂 JASO M361 規範添加於汽油之相關品質要求。
2. 日本在纖維素酒精生質能源的進展：目前日本在纖維素酒精對於添加於車用汽油部分分成兩部分，一種是直接將纖維素酒精加入汽油中使用，另一種則是將纖維素酒精經轉化為乙基第三丁基醚(ETBE)，關於 ETBE 與汽油具有極佳的互溶性，且醚類較不易吸收水分，如將 ETBE 添加於汽油使用，可無需修改引擎設備，但生產成本較高；針對纖維素酒精添加於車用燃料的比例要求，日本尚無全國性規定，僅有部份地區或產業進行示範性運行，但生質能源主要仍

由學術研究單位作為主軸，針對各項產製單元進行研究分析，以作為未來量產製程修正之參考。

3. 未來量產可能面臨原料來源的問題：目前日本國內係針對農業廢棄物(如稻桿或非食用草本植物)進行纖維素酒精之研究，透過發酵製程將纖維素轉化成為酒精，至於料源部分，在研發階段尚以國內各地農業廢棄物作為生產來源，如有大量生產，國內恐無足夠原料來源，因此須由東南亞地區種植或栽培能源作物以作為未來量產製造之原料。
4. 對於添加車用燃料之生質能源標準制定主管單位：目前日本對於生質柴油的添加，為了確保車用燃料使用之揮發油品質，已由日本國土交通省自動車交通局訂定生質柴油 B100 及混合比例超過 5%之燃料油，對於燃料品質及車輛構造等注意事項，至於在生質酒精部分，因目前仍處於研究階段，故添加比例將由主管單位召集相關團體討論再加以公布。
5. 實驗室參觀：該實驗室主要針對纖維素酒精製程之發酵部分進行研究，分析設備為發酵裝置及液相層析儀等設備，以作為發酵效率之評估依據。

(三)日本筑波大學藻類能源系統研究單位

日本筑波大學藻類能源系統研究單位是由該大學生命環境科學研究科渡邊信教授推動成立，渡邊信教授對於水中生態系含有的藻類構造及多樣性保存利用已有相當研究，配合再生能源的發展，藻類作為能源料源已受到美國及歐盟的重視，因此日本國內亦由筑波大學渡邊信教授主導，展開藻類能源的基礎研究、產物用途評估、商業化進程分析等項目，以使日本能成為藻類能源生產國，並協助解決國內能源缺乏的現象，提高國內能源的自給率。

討論議題：

1. 目前藻類產製油品之成分：依據該單位研究資料顯示藻類產製油品之成分，其油質成分有 80% 為重油，20% 為植物性油脂成分，這兩種成分均可作為生質能源使用。
2. 對於藻類量產製備油品的規劃：目前日本對於藻類生質油品部分尚處於研究開發及試作階段，未來希望能善加利用此項生質能源，以提高日本國內能源自給供給之比例，減少對進口能源的依賴。
3. 未來藻類油品品質的判定及標準：有關藻類油品部分，目前均處於研究期程，對於所得油品可能因藻類種類有所差異而成份有所不同，故須再收集更多資料，期能針對藻類油品品質規範項目進行完整測試後，再由國內單位或與國

外標準組織制訂相關標準。

4. 藻類生產成本及瓶頸預估：有關藻類生產油品過程，現階段係針對研究發現所得之兩種微藻類(Botryococcus braunii 及 Aurantiochytrium)進行研究並探討大量生產的可能性，目前因計畫屬研究性質尚無法提供成本分析，希望能在未來兩年內與筑波地區農會合作，利用閒置農地進行藻類栽培與生長，以 S 型培育槽設計進行先期測試並作為後續量產之參考。
5. 藻類油品之研究國家：目前藻類油品研究之先進國家主要有美國及歐盟等國家，均以發展可持續性再生能源作為主要目標，並以大量生產及降低成本為主要考量，目前以美國 Solazyme 公司及 Sapphire Energy 公司已開始進行商業化運轉並產製相關油品，未來日本亦希望能夠在新能源之研究開發方面佔有一席之地。

(四)日本生物產業協會(JBA)

日本生物產業協會是在 1987 年成立的非營利法人單位，該協會以全球宏觀角度，希望透過生物科技的發展，獲得日本生技相關產業的合理發展；另該協會亦協助先進生物科技及日本食品工業的發展，日本生物產業是以傳統發酵工業為基礎，會員主要由應用

生物技術如藥廠、食品廠、化妝品廠及化工廠組成，並由公眾組織、大學及公立研究單位等專家學者參與，目前該協會約有 200 家工廠公司、100 家公立組織及 800 個學校專家學者會員組成，藉以擴大產官學研的範圍，促進生物技術產業的發展。

日本生物產業協會主要希望能在全球變遷的大環境下以最有效的方法，對日本生物科技的最新發展提出要迫切解決的問題，另外該協會也將協助發展日本區域性且具特色的生物產業。

討論議題：

1. 推動纖維素生質酒精的角色：該協會主要以原有具備的發酵技術為基礎，並與日本產業技術總合研究所(AIST)合作進行纖維素酒精產製技術的研究與改善，協助發展日本的纖維素酒精產業。
2. 日本纖維素酒精的量產時程：目前纖維素酒精部分主要以研究改善產製技術，並以降低製造成本為目標，依據日本能源政策要求，預定 2020 年達到 1 公升纖維素酒精為 40 日圓的目標，並製造提供廉價且高性能的酵素，以達生質能源的普及化。
3. 纖維素酒精製程中酵素選擇與回收機制：該協會針對纖維素酒精生產過程使用的酵素，配合日本生物產業技術的演

進，希望對於日本國內使用的植物料源生產過程中能提供酵素的另一種選擇，原因在於酵素在整個纖維素酒精製程佔有相當大的成本比例，使用的酵素多自國外大廠(如 Genencor 或 Novozyme)進口購買且價格相當昂貴，為改善此一狀況，該協會與研究單位合作進行一系列酵素活性的評估，希能開發出適合日本國內料源且成本低廉的酵素以降低纖維素酒精的成本，並進而外銷開拓國際市場；另外因酵素本身係作為催化劑，因此如能在製造過程中加以回收將會成本降低有相當的助益，該協會亦將與日本纖維大廠 Toray 公司合作開發特殊濾膜，在生產過程回收酵素並評估回收酵素之活性，希望能降低纖維素酒精的製造成本同時提高產品製造效率，以擴大生質能源的市場。

(五)日本食品總合研究所(NARO)

日本食品總合研究所是隸屬日本農林水產省底下農業、食品產業技術總合研究機構的其中一個研究組織，並於 2001 年成為獨立行政法人單位，該研究所係為日本唯一有關食品相關科學及技術之研究機構，主要研究項目為提昇農產品及食品的附加價值以及確保安全食品的穩定供應，除了基礎研究及先進技術的開發，這些研究目標亦符合社會的變化與要求。

除了上述的研究目標之外，該所目前亦持續針對生質能源部分規劃生物質研究發展中心，對於生物質的利用如能源作物的培育、生質能轉換及生質材料的製造等進行探討，目前有培育多用途且高產量的甘蔗植物、由纖維素原料轉換製造潔淨再生燃料氣體能源以及在鄉下農業及畜牧區發展生質能源的串聯利用模式。

討論議題：

1. 目前日本纖維素酒精之運作模式：關於日本對於纖維素酒精的運作，目前多僅於地區性的示範運行，部分地區係由研發單位與農會等農協組織合作，於車用燃料添加 3%纖維素酒精使用，並非全國適用。
2. 纖維素酒精之規劃時程：目前日本對於纖維素酒精依據日本能源政策要求，預定 2020 年達到 1 公升纖維素酒精為 40 日圓的目標，未來亦計畫與成立酵素生產公司，提供廉價且高性能的酵素，以期能成為有競爭力之國際性公司。
3. 纖維素酒精實用化的瓶頸：日本纖維素酒精生產主要是以稻桿、茅草等草本植物，將這類植物纖維素以酵素轉化成六碳糖成分，並經發酵成為纖維素酒精，目前使用之酵素濃度為每克糖質成分為 1 毫克酵素(相當於 0.1%)，在進行實際應用階段主要的困難點有酵素價格偏高、製造規模無

法達到經濟化、料源的穩定供應及企業對於此類能源熱度降低等方面。

4. 日本對於生質柴油之規劃與運作方式：關於日本目前對於生質柴油之規劃，主要利用回收沙拉油或工業廢油作為料源，至於國外部分則是以棕櫚油、椰子油及向日葵作為產製的料源，這部份與國外有所差異，同時對於車用燃料之添加比例部分，在相關法令已規定車用燃料之生質柴油比例不得超過 5%，如各地區使用的燃油添加比例超過 5% 以上，須另外經過核准才能採行，以避免造成對於車輛構造之不良影響。

參、心得與建議

一、心得

本次參訪行程拜會日本筑波地區主要的生質能源研究單位，透過參訪活動瞭解日本目前在生質能源（如生質柴油、纖維素酒精、藻類油品）所進行的研究方向與目標，並進行相關議題討論及意見交換，日本近年來對於生質能源的態度漸趨保守，由於之前受到糧食作物的搶糧效應已受到質疑，加上油品公司的配合態度消極，故在推動過程不甚順利，這部分與國內狀況相當類似，目前在國內生質能源的使用部分，僅對於銷售之柴油要求添加 2% 生質柴油，至於在生質酒精部分僅止於示範運行階段；當然生質能源的推廣會與製造成本有極大的關連性，如果與目前使用的石化燃料比較，則生質能源的成本相對偏高，因此要深化生質能源的應用，可以先採行在目前使用的車用燃料部分添加一定比例的生質能源，另外也以政府補助或法令強制規定等方式，才能增加國內生質能源的使用並協助生質產業的發展。

日本在經歷 311 福島地震核災，造成能源政策的改變，因此對於再生能源的使用普及率將會重新評估並加以調整，據參訪單位表示日本將會制定新能源政策，以綜合性安全保障及降低地球暖化對策的雙重目標，來追求日本經濟成長與能源供給安定性共

存的方向，而對於再生能源的部分，預估在 2020 年能達成日本能源供給量的 10%目標，另外在生質能源部分則會要求在全國供應的油品中添加至少 3%以上，同時在 2030 年確立日本的纖維素酒精及藻類油品的量產技術並加以應用於國內產業，擴大日本生質產業。

本次參訪在於瞭解日本生質能源的研究方向與規劃目標期程，而日本在生質能源的研究部分，將藻類作為油品部份尚在初始階段並希望與國際同步，至於纖維素酒精已具相當成果，未來則以量產及成本降低為主要目標，另外在與日本研究機構交流方面，建立產業技術總合研究所(AIST)及日本生物產業協會(JBA)等單位之聯繫管道，將能持續針對生質能源議題，收集國外相關單位之研究成果，並針對非食用作物產製之生質能源品質標準與檢測驗證等方向，作為本局未來規劃生質能源業務之參考。

二、建議

- 1、目前日本對於生質能源的標準主要仍參考國外 ASTM 及 EN 標準，並進行調和工作，。
- 2、日本正積極進行纖維素酒精及藻類油品生產技術的研究，而其作法可作為國內相關單位借鏡，日本目前在生質能源及纖維素酒精研究是由獨立行政法人新能源產業技術總合開發機構

(NEDO)統整各研究機構之計畫，分別針對中長期生質能源研究方向及計畫內容(2015-2030 年間)以 2 年為期逐步檢討生產技術的能力與成熟度，另外對於先進的實用量產技術部分，也會以 3 年為期分群分組對於生產過程的瓶頸及流程加以探討，並以協同發展方式達到 2020 年量產目標，而這種方法正是國內所欠缺，如果能由主管單位加以整合國內生質能源的研究，將會對國內產業會有極大的助益。

附錄：



圖 1、參訪日本 AIST 照片



圖 2、參訪日本日本食品總合研究所照片



圖 3、參訪日本筑波大學藻類能源系統研究單位照片

藻類バイオマスエネルギーの 実用化の推進

1. 現状と課題
2. 筑波大学での取組み概要
3. つくば国際戦略総合特区での藻類バイオマスの取組み
 - 3-1 つくば国際戦略総合特区とは
 - 3-2 プロジェクト「藻類バイオマスエネルギーの実用化」

平成25年6月25日



筑波大学

1

1. 現状と課題

現状と課題 1 我が国のエネルギー政策

- エネルギー政策には、総合的な安全保障、地球温暖化対策、経済成長、安全性の並立が必要
- 再生可能エネルギーは2020年までに一次エネルギー供給の10%を目指す 新成長戦略(2010.6)

エネルギー源のベストミックス

ゼロ・エミッション電源(原子力+再生可能エネルギー)の比率

34%(2010) → 50%以上(2020) → 70%以上(2030) エネルギー基本計画(2010.6)

太陽光発電



2050年に国内需要の5~10%を賅う

太陽光発電ロードマップ(NEDO 2009.6)

風力発電

2020年に10GW、2030年に

20GWを導入 風力発電ロー

ドマップ検討結果報告書(NEDO 2005.3)



バイオマス

2020年に全国のガソリンの3%以上

2030年までにセルロース、藻類等の技術確立で

最大限の導入 エネルギー基本計画

原子力発電

2020年までに9基、2030年ま

でに14基以上の新增設

エネルギー基本計画



今般の震災を受けて、エネルギー基本計画を白紙に
(2011年5月10日 菅首相会見)

エネルギー基本計画2013年末を目途に策定：ベストミックスは示さない予定。

大規模輸送には、**液体燃料**が必須(電気では飛行機は飛ばない)

液体燃料を提供できるのはバイオマスだけ



世界が新たに注目

食料と競合しないバイオマス:

藻類と微生物の活用

現状と課題 2 各種バイオマスの生産能力

とうもろこしなどの従来のバイオマスに比べ、**微細藻類は桁違いにオイル生産能力が高い。**

作物・藻類	オイル生産量 L/ha/年	世界の石油需要を満たす のに必要な面積(100万ha)	地球上の耕作面積に 対する割合(%)
とうもろこし	172	28,343	1430.0
綿花	325	15,002	756.9
大豆	446	10,932	551.6
カノーラ	1,190	4,097	206.7
ヤトロファ	1,892	2,577	130.0
ココナッツ	2,689	1,813	91.4
パーム	5,950	819	41.3
微細藻類(1)	136,900	36	1.8
微細藻類(2)	58,700	83	4.2

[各種作物・微細藻類のオイル生産能の比較(Chisti 2007を改変)]

注) 微細藻類(1)はバイオマス*(乾燥重量)の70%がオイルの種あるいは培養株
微細藻類(2)はバイオマス*(乾燥重量)の30%がオイルの種あるいは培養株

バイオマス:家畜排せつ物や生ゴミ、木くずなどの動植物から生まれた再生可能な有機性資源のこと(「バイオマス・ニッポン」農林水産省)

現状と課題3 微細藻類バイオ燃料の開発動向

- 国内外において、急激な油価上昇や、気候変動リスクの高まりから、2000年代になって、微細藻類バイオ燃料開発が急進展している。
- 特に米国は、微細藻類ベンチャー企業とエネルギー関連企業が組み、政府から多額の資金援助を受けながら実証レベルの開発段階に至っている。

[出典：産業競争力懇談会2010年度 研究会 中間報告]

海外の動向

○米国では、国家事業としての位置付けによる政策支援・事業支援策が実施されている。

- * 米エネルギー省(DOE)は2010年5月に大学、企業で構成する「藻コンソーシアム」に5000万ドル(約45億円)を拠出する計画を発表。
- * 2011年7月には世界最大手の石油会社、米エクソンモービルが、藻に関する研究開発に6億ドル(約540億円)を超える投資を実施すると発表。
- * 米国国防省は軍用ジェット燃料研究に350万ドルの出資を決定。
- * NASAでは海上での大規模生産を想定したOMEGA計画を発表。

○このほか、オーストラリア、イスラエル、中国、インド、インドネシア、韓国など世界各地で微細藻類の研究開発・実証が行われている。

世界的にも、次世代バイオ燃料の原料として「藻類」が注目されている

5

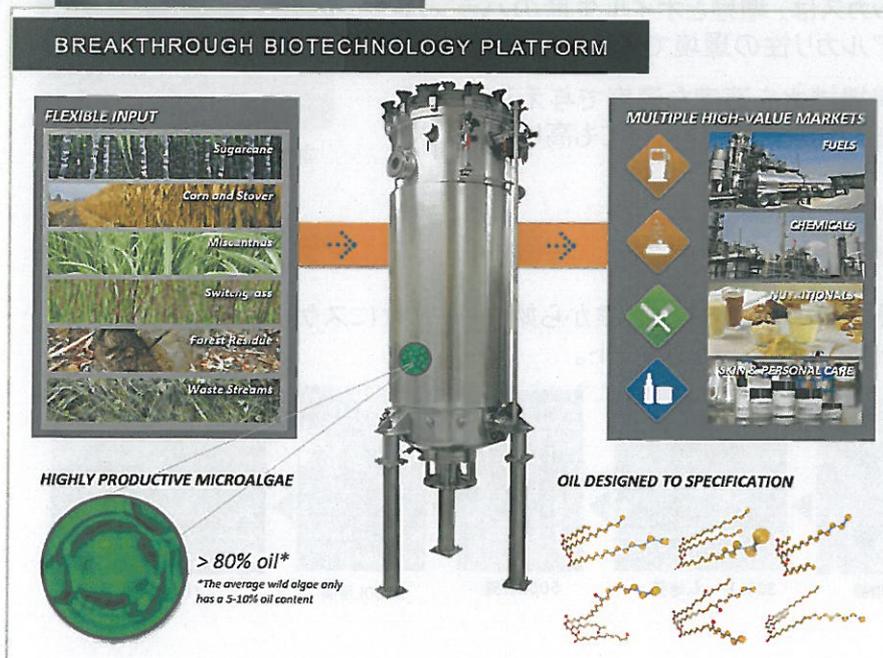
米国：藻類産生オイル(1)



Solazyme

米国・カリフォルニア州のベンチャー企業、

DOEから2180万ドル



・藻類バイオ燃料
ジェット燃料基準クリア
世界初、藻類バイオ燃料誕生
実用化には壁

・地元の燃料小売業Propel Fuels社と共同で、B20を1ヶ月試験販売

米国：藻類産生オイル(2)

SAPPHIRE ENERGY

SAPPHIRE ENERGY社、藻類バイオ燃料商業用デモンストレーション装置が稼働(Sapphire Energy HP)



DOEから5,000万ドル
USDAから8,500万ドルの債務保証

ニューメキシコ、コロバス(2012年8月27日)

藻類バイオマスエネルギー社として世界トップランナーの一つであるサファイヤエネルギー社は第一期グリーンバイオ燃料施設を完成し、運転を実施したと発表。

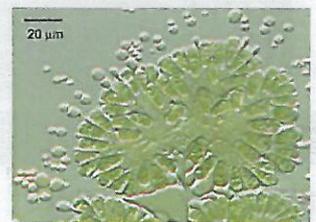
2014年末には年間150万ガロン(約6千kL)の生産能力を有する。培養地と収穫工場などを含めて120haの施設となる。

(注)日本の年間原油輸入量(2010年度) 約2.1億kL

2. 筑波大学での取組み概要

取組概要1 改良型のボトリオコッカス

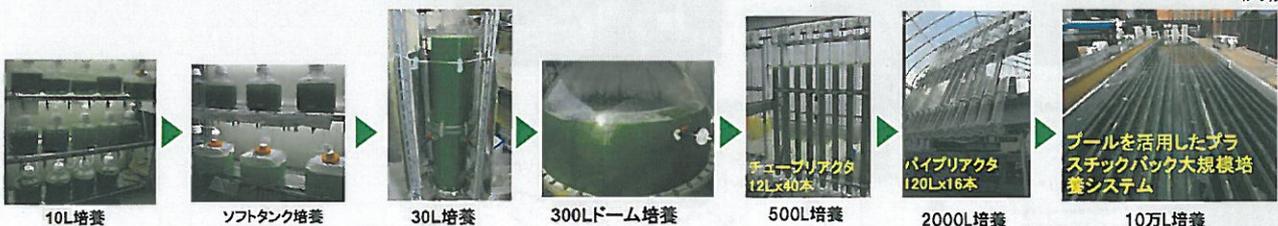
- ボトリオコッカスは、淡水に生息する光合成を行う藻類で、二酸化炭素を吸収して炭化水素オイルを生産する。
- 筑波大学で開発したボトリオコッカスは、増殖とオイル生産のバランスがよく、CO₂が溶け込みやすいアルカリ性の環境で良好な増殖を示す。
- 家庭や工業排水などから出る有機排水を適度な濃度で与えると、ボトリオコッカスの増殖が著しく促進され、弱光下においても高いバイオマス生産が得られる。



ボトリオコッカスの顕微鏡写真

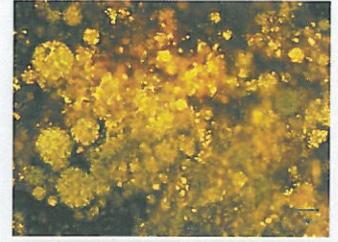
ボトリオコッカス大量培養技術の開発

- これまで、10リットル程度の実験室レベルの培養実験から始まり、徐々にスケールアップし、今年からは10万リットルという大規模な実証実験をスタート。



取組概要2 オーランチオキトリウム

- オーランチオキトリウムは、光合成をしない従属栄養藻類で、光がなくても炭化水素オイルを生産する。
- 筑波大学で発見したオーランチオキトリウムは、ポトリオコッカスに比べて、重量当たりのオイル生産量は1/3程度であるが、増殖時間は36倍（2時間で2倍に増える）と極めて速く、炭化水素オイルの生産効率としては、ポトリオコッカスの12倍を誇る、世界最高性能である。



オーランチオキトリウムの顕微鏡写真

炭化水素オイル以外の可能性

- また、スクアレンという高価な炭化水素を生産する。スクアレンは、抗酸化作用、鎮痛作用、免疫促進作用、殺菌作用、浸透作用、細胞賦活作用、保湿効果などがあるとされ、化粧品や健康サプリメント、インフルエンザワクチンなどに用いられている。
- 現在、スクアレンは絶滅危惧種である深海サメから抽出されている。オーランチオキトリウムから大量に生産されるようになれば、新たにバイオ産業を創出できる。



化粧品



ソフトカプセル
健康食品



インフルエンザワクチン



医薬部外品

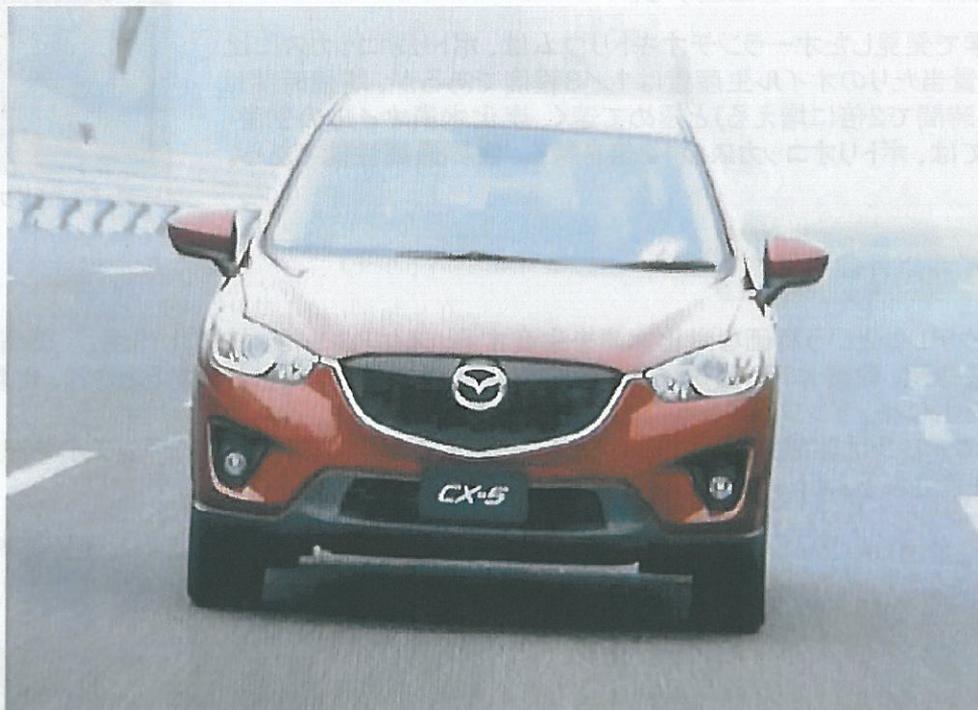
9

取組概要3 藻類由来オイルによる実験

2011年5月、ポトリオコッカスが生産した炭化水素を混合燃料として、トラクターでの実証運転に成功



2011年11月 オーランチオキトリウムのスクアレンを70%含む燃料でディーゼルエンジン車の走行実験を行い、成功した。



11

7

取組概要4 産学官連携体制の広がり

藻類産業創成コンソーシアム

○ 筑波大学が中心となり、国内の大学・研究機関、産業界、つくば市など83の機関会員と、24の個人会員で構成される藻類産業創成コンソーシアムを結成。藻類の産業利用の推進に向けた活動を行っている。

○平成23年度には農水省補助事業で、「藻類バイオマスファームの事業可能性調査」を実施した。

[活動内容]

- 藻類の産業利用及びそれに関わる技術開発課題の探索
- 藻類に関する国内外の調査及び情報の収集、提供及び交換
- 藻類研究に係わる団体、研究機関、学会及び法人との交流
- 藻類産業の育成等に寄与し、低炭素社会の実現に貢献するために必要とする活動

つくば3EフォーラムバイオマスTF

○ 藻類エネルギー開発は、「つくば3Eフォーラム」のバイオマスタスクフォースの活動と位置づけて実施している。

○ バイオマスTFでは、筑波大学、国立環境研究所、農研機構、産総研、土木研が、連携して総合的に藻類バイオマスエネルギーの技術開発を進めている。

○平成24年11月5日 つくば特区「藻類バイオマスエネルギー」を支援するワークショップをつくば市役所で開催した。



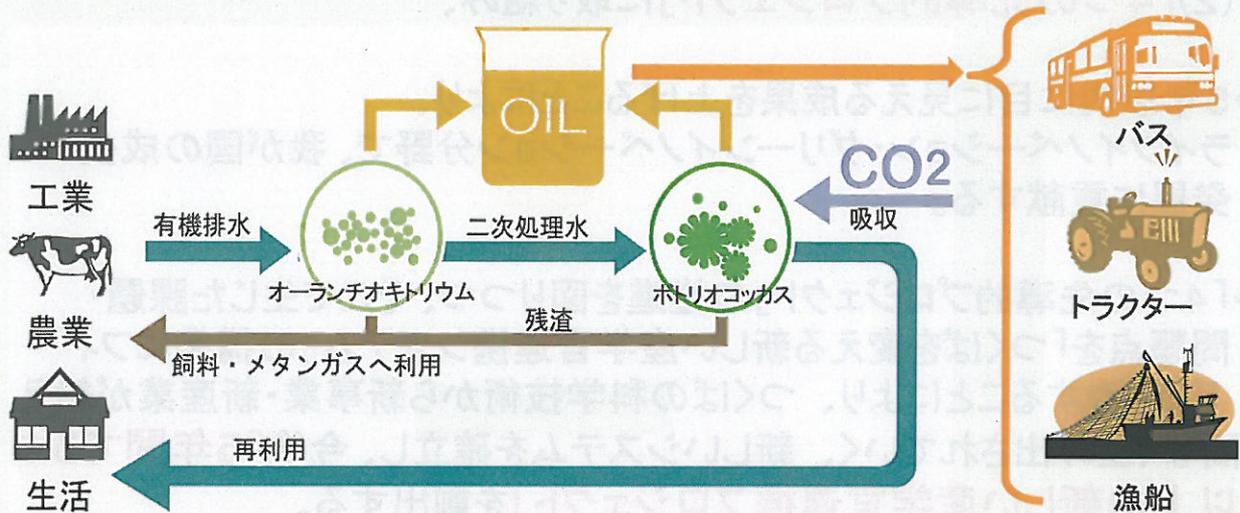
Environment
Energy
Economy

12

取組概要5 ハイブリッドシステムで炭化水素生産

ボトリオコッカスとオーランチオキトリウムハイブリッドで、CO₂の吸収と排水処理を行いながら、生産された炭化水素を燃料として利用する循環システムを構築する。

- 例えば、バス燃料とすることにより、高齢者・子どもとその家族、高台からの通勤者などへの移動手段として、新エネルギーを暮らしに還元し、住みやすい社会を実現する(エコモデルタウン)。
- 自動車用燃料、船舶用燃料としての利用可能性については、地元関係機関や企業の協力を得て、実証を進め、世界へ発信する。



3. つくば国際戦略総合特区での藻類バイオマスの取組み

3-1 つくば国際戦略総合特区とは

筑波研究学園都市の提案が
国際戦略総合特区に指定



指定申請書授与式における米倉副学長、橋本知事、野田総理、市原市長(左から)



国際戦略総合
特別区域指定書

つくば国際戦略総合特区のポイント

つくば国際戦略総合特区では、

- ◆総合特区で講じられる「規制緩和」や「税制上の特例措置」等を効果的に活用し、
 - (1)「つくばを変える新しい産学官連携システム」の構築と
 - (2)「4つの先導的プロジェクト」に取り組み、
- ◆5年以内に目に見える成果を上げることにより、ライフノベーション・グリーンイノベーション分野で、我が国の成長・発展に貢献する。
- ◆「4つの先導的プロジェクト」の推進を図りつつ、そこで生じた課題・問題点を「つくばを変える新しい産学官連携システム」の構築にフィードバックすることにより、つくばの科学技術から新事業・新産業が絶え間なく生み出されていく、新しいシステムを確立し、今後「5年間で5つ以上の新しい産学官連携プロジェクト」を創出する。

4つの先導的プロジェクト

ライフノベーション

Project①: 次世代がん治療(BNCT)の開発実用化

- ◆画期的次世代がん治療(BNCT)の実用化
- ◆国際標準化し、医療関連産業の国際展開

【参画機関】

筑波大学、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究機構、北海道大学、企業、茨城県



治療前

治療後

Project②: 生活支援ロボットの実用化

- ◆生活支援ロボットの安全性評価基準を確立
- ◆国際標準化により、ロボット産業の国際競争力を牽引

【参画機関】

産業技術総合研究所、日本自動車研究所、筑波大学、企業等



搭乗型

装着型ロボット

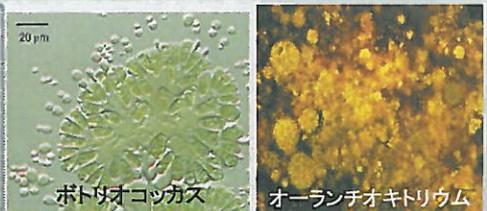
グリーンイノベーション

Project③: 藻類バイオマスエネルギーの実用化

- ◆石油代替燃料として期待の藻類バイオマスの実用化
- ◆世界的エネルギー問題の解決に貢献

【参画機関】

筑波大学、藻類コンソシアム、つくば市



ボトリアオコッカス

オーランチオキトリウム

Project④: TIA-nano 世界的ナノテク拠点の形成

- ◆国際競争力ある世界的ナノテク拠点を構築。
- ◆画期的な省エネ機器等の開発や人材育成を推進。

【参画機関】

産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学、企業



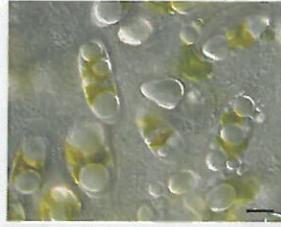
スーパークリーンルーム

炭化ケイ素

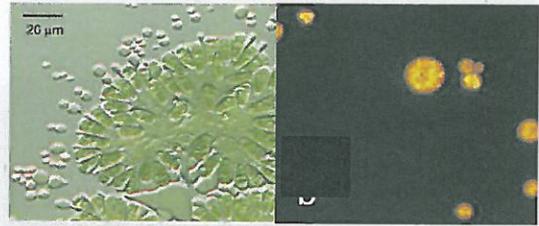
3-2 プロジェクト「藻類バイオマスエネルギーの実用化」



海藻類



殆どの微細藻類



ボトリオコッカス、オーランチオキトリウム

炭水化物 ⇒ アルコール

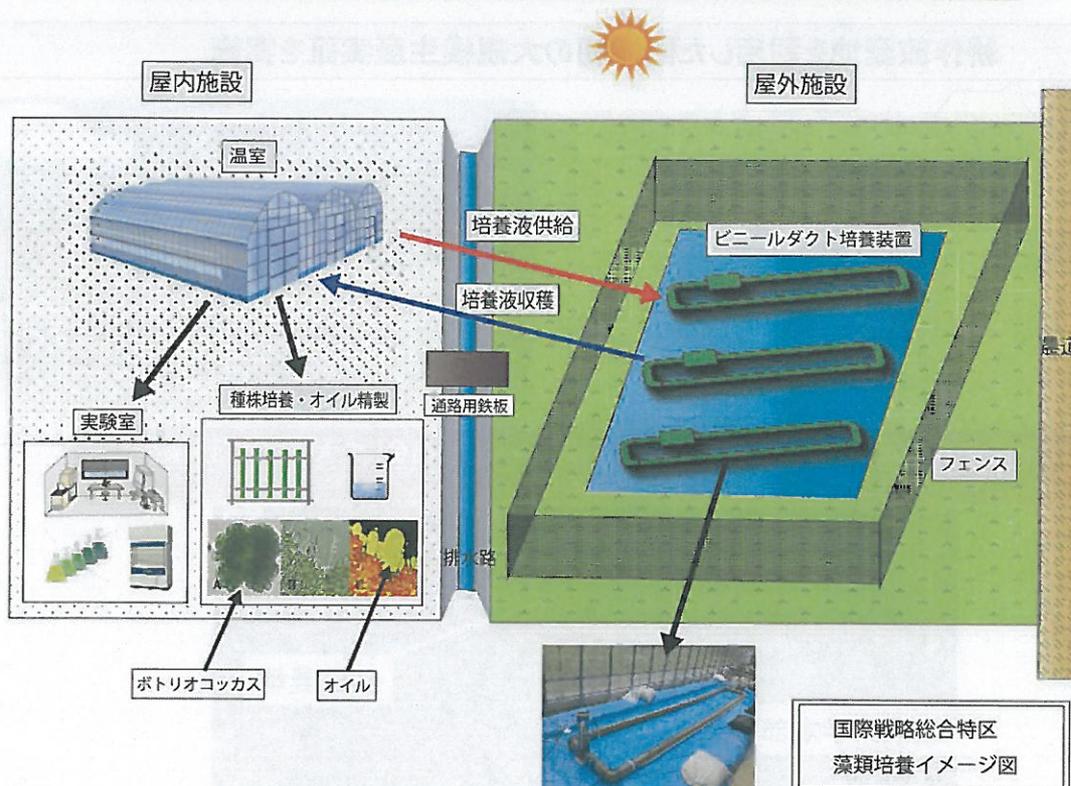
脂肪酸等 ⇒ バイオディーゼル

炭化水素 ⇒ 現運輸燃料

燃料	原料	燃料の特徴
アルコール	炭水化物(糖類等)	エネルギー密度が低い ゴム、プラスチックの腐食
バイオディーゼル	トリグリセリド(脂肪酸等)	熱による品質劣化(酸、スラッジの発生)、ゴム、プラスチックの劣化、低温凝固
B-重油(軽油、ジェット燃料、ガソリンへの変換が可)	炭化水素	石油燃料と同等であることから、この成分に着目

17

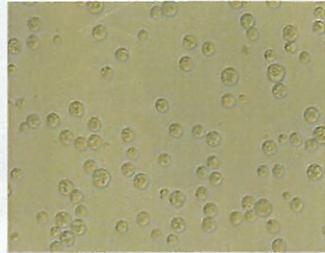
ボトリオコッカス大量培養技術の開発



100万L スケールの実験実証農地

18

オーランチオキトリウム大量培養技術の開発



200 mL



6 L



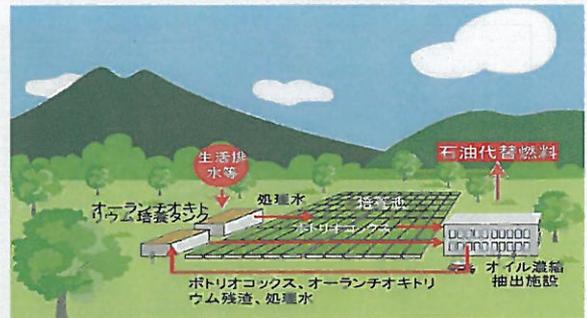
90 L (戦略特区)¹⁹

生産実証実験の概要とスケジュール

耕作放棄地を利用した国内初の大規模生産実証を実施

つくば市概略

筑波大学 実証農地



つくば市内の耕作放棄地の一時転用等により、2種類の藻類を複合した大規模実証を実施
→農地転用許可の要件緩和と手続きの迅速化が必要



The history of algae

We live on earth that has 21% oxygen in its atmosphere and is teeming with life. This incredible biodiversity and environment are the gift from algae. Let's travel back in time and see how algae have played such an important role for life on earth.

“Past”

Oxygen:

3 billion years ago
Oxygen produced by photosynthesis of the blue green algae (cyanobacteria) changed the atmosphere to oxygenic.



Iron deposit:

2.5–1.8 billion years ago
Vast amount of ionic iron in seawater became insoluble iron oxide by combining with oxygen, which fell to the seabed and formed iron ore deposit.



Petroleum:

200–100 million years ago
Dead organisms including algae on the sea bed became trapped in the crust and were denatured by high pressure and geothermal heat to form petroleum.

“Future”

Transformation from consuming natural resources to producing our own resources



Integration of Photosynthetic Alga *Botryococcus braunii* and Heterotrophic Alga *Aurantiochytrium*

Botryococcus braunii is cultured in the large-scale outdoor plant, while *Aurantiochytrium* is cultured in tanks. After going through all the process of culturing, harvesting, and oil extraction, organic effluent and residues will appear. The mixture of solubilized algal residue and organic effluent is a good source of organic nutrition for *Aurantiochytrium*. In addition, effluent of *Aurantiochytrium* cultivation, which contains mineral nutrients such as nitrogen and phosphorus, can be recycled for *Botryococcus braunii* cultivation. The project being carried out in the Tsukuba International Strategic Zone aims to develop technologies for this integrated cultivation of two species of microalgae. It is a sustainable and efficient way of producing hydrocarbons.



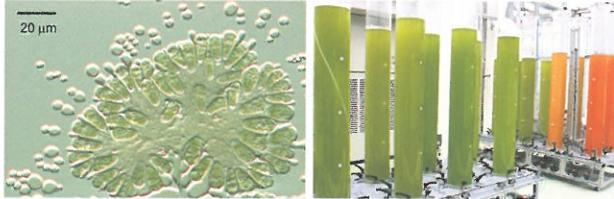
“Present”

Tsukuba International Strategic Zone

Algal Biomass Project

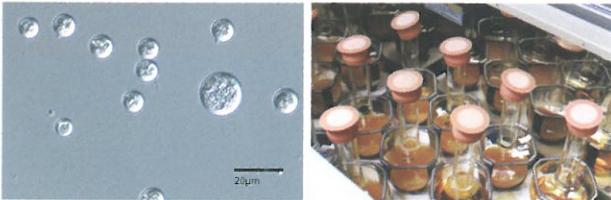
Abandoned rice fields in Tsukuba City are being used to establish a large-scale outdoor system for cultivation of hydrocarbon-producing algae. The resulting algal oil has a wide range of potential uses for biofuels and bioproducts.

Botryococcus braunii



- freshwater green alga of green to red color
- forms 30–500 µm colonies
- fixes carbon dioxide
- produces hydrocarbon (20–70% dry weight)
- produced hydrocarbon is an alternative to fossil fuel

Aurantiochytrium



- brackish water heterotrophic alga
- produces hydrocarbon squalene using organic matter
- contains hydrocarbon in the cell (20–30% dry weight)
- squalene can be used for fuels, cosmetics, drugs, and supplements

Why algae?

- High productivity per unit time and per unit area
- Various types of land can be used for culturing
- No competition with food production

Initiatives in Tsukuba International Strategic Zone

1. Objectives

A new industry-government-academia collaboration system is to be constructed to change Tsukuba by effectively using the preferential legal and tax measures that are available in the zone. The aim is to attain tangible results in five years from the four pioneering projects in order to solve the problem that we face in the field of Green& Life innovation.

2. Construction of a new industry-government-academia collaboration system to change Tsukuba

- Establishing an organization for promoting global innovation in Tsukuba to serve as a core of the collaboration system
- Creating systems for enabling researchers to use leading-edge research facilities of other organizations, producing tangible results, publicizing study resources, and supporting projects on a common platform
- Creating at least 5 new projects in 5 years

3. Four pioneering projects

- Project 1 Life-Innovation Development and implementation of next-generation cancer treatment, BNCT
- Project 2 Life-Innovation Living with Personal Care Robots
- Project 3 Green-Innovation Practical use of algal biomass energy
- Project 4 Green-Innovation Creating a global hub of nanotechnology, TIA-nano

For more information, please contact: www.tsukuba-sogotokku.jp



Science and Technology Division,
Department of Planning, Ibaraki Prefectural Government
978-6 Kasahara-cho, Mito, Ibaraki 310-8555, Tel. 029-301-2529, Fax. 029-301-2498



Science and Technology Promotion Division,
Tsukuba International Strategic Zone Promotion Department, City of Tsukuba
2530-2 Karima, Tsukuba, Ibaraki 305-8555, Tel. 029-883-1111 (ex. 5270), Fax. 029-868-7640



Office of the Organization for the Promotion of Tsukuba-Based Global Innovation,
Department of Research Promotion, University of Tsukuba
1-8-3 Kasuga, Tsukuba, Ibaraki 305-0821, Tel. 029-853-5887, Fax. 029-853-5889



Core Laboratory for Algal Biomass and Energy System,
University of Tsukuba
1-1-1 Tenodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Tel. 029-853-4301, Fax. 029-853-4301

Algal Biomass Project:

Creating our own resources

