



研究報告討論会

# アジアのバイオ燃料市場の現状と課題

2007年11月20日(火)

財団法人 日本エネルギー経済研究所  
戦略・産業ユニット 新エネルギーグループ

# アジアバイオ燃料市場の現状と課題

## 第1部 アジアバイオ燃料ブームの背景と実態(CHEW)

- アジアバイオ燃料のブームの背景
- 政府と民間の思惑と期待
- 浮上する課題:環境破壊、食料との競合
- 将来性(キーポイント)

## 第2部 アジアバイオ燃料の可能性(山口)

- エネルギー安全保障対策としての可能性(供給能力の観点から)
- 経済的観点から見たバイオ燃料開発
- 政府の役割:日本を含む各国政府政策の役割

# 第1部

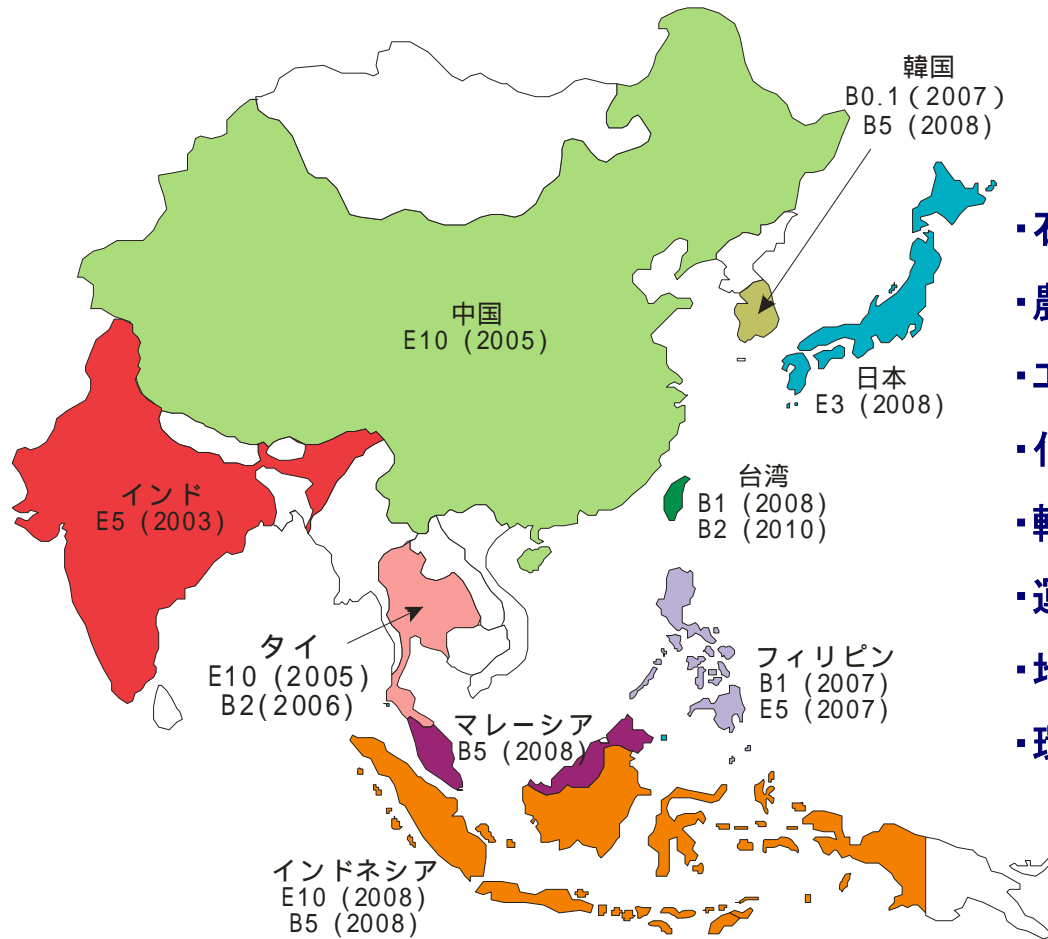
## アジアバイオ燃料ブームの背景と実態

---

# アジアバイオ燃料ブームの背景

---

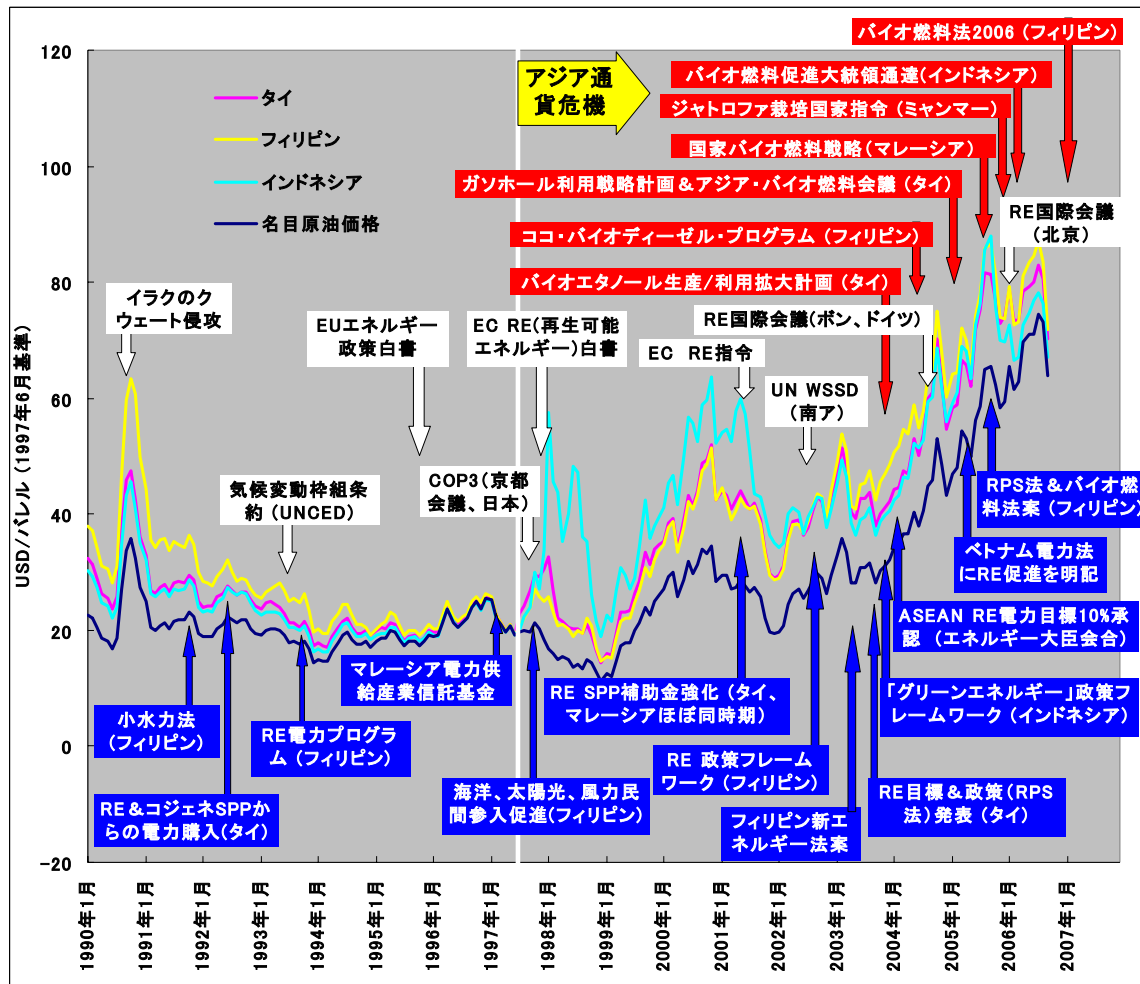
# バイオ燃料を導入するキー・ドライバー



- ・石油価格高騰
- ・農村・農業開発
- ・エネルギー安定供給
- ・化石燃料への補助金による財政圧迫
- ・輸出産業として育成
- ・運輸部門における燃料需要拡大
- ・地球温暖化・京都議定書
- ・環境汚染・大気汚染

(出所) 筆者作成。

# 石油価格の推移とアジア諸国のバイオ燃料導入



## ＜価格高騰による影響＞

- ・1997年8月のアジア通貨危機以来、各国通貨安により、実質石油価格によるインパクトが大きい。
- ・2001年以降、ASEAN各国政府は再生可能エネルギー政策の導入が活発(青い枠)
- ・2003年以降、各国のバイオ燃料政策が導入し始めている。(赤い枠)

(注) 各国通貨の実質計算による推計。

## 地域におけるバイオ燃料の促進協力

- 東アジアサミット(EAS)における「セブ宣言」  
“CEBU DECLARATION ON EAST ASIAN ENERGY SECURITY”  
(2007年1月15日に署名、セブ・フィリピン)  
東アジアサミットにおいて当該地域におけるバイオ燃料促進と各国の連携を促している。
  
- マレーシアとインドネシアの政府間で合意、今後、両国でバイオ燃料市場にそれぞれ年間600万トンのパーム油を供給する。(2006年7月20日、プランテーション産業・製品省・大臣Peter Chin)
  
- 日本政府の支援策  
安倍総理(当時)がバイオマスエネルギー分野の協力を含む「エネルギー協力イニシアティブ」を発表
  - (1) アジアバイオマスセンターの設立による情報共有化
  - (2) バイオマス・セミナーによる人材育成
  - (3) 研修生受け入れ
  - (4) 共同研究

# 政府と民間の思惑と期待

---



# 国家エネルギー戦略としてバイオ燃料への進出①

(需要側: 中国、韓国、インド)

## <中国>

### (1) 導入現状

バイオエタノール: 原料 (トウモロコシ、キャッサバ)  
: 燃料エタノール消費量 (144万トン) (2006年)  
: 5省とその他27市の全面实施

バイオディーゼル: 原料: 廃食油  
: 生産量: 約7万kL (2005年)

### (2) 政策=石油代替エネルギー政策(2006)

①バイオ燃料導入計画: バイオエタノール=1,266万kL(2020年)  
バイオディーゼル=238万kL(2020年)

②促進策: 生産に対する補助金(1,373元/トン)、指定販売価格、税の還付

③バイオ燃料基準: 「変性エタノール燃料基準(GB18350-2001)」  
「自動車用混合エタノールガソリン基準(GB18351-2001)」

④国家発展改革委員会はトウモロコシなどの食料からのエタノール燃料製造を禁止。

キャッサバやセルロース等非食料を原料に方針転換する。現行の4工場も順次に非食料原料へ転換する。または第二世代のバイオ燃料に転換していく。

今後は3つのしない原則:

(a) 農業用地を占有しない、(b) 食糧を利用しない、(c) 生態環境を破壊しない。

⑤「全国エネルギー作物栽培基地計画」: 140.47万Ha

⑥ラオス、インドネシア、マレーシアへの大規模なプランテーションへの投資

## <韓国>

### (1)導入現状

バイオエタノール：原料（キャッサバ）

：海外で開発（インドネシア、パプアニューギニア）

：また導入実施していない

バイオディーゼル：原料：菜種、パーム、ジャトロファ（インドネシアとマレーシア）

：生産量：3.6万kL（2005年）

：B0.1の導入実施（2007年）

### (2)政策＝2008年夏からB5の義務化

①バイオ燃料導入計画：バイオディーゼル＝17.9万kL（2008年）（B5以下）

＝55.2万kL（2012年）（全国B5）

②国内では菜種によるBDF精製（限界あり）。東南アジアにおける大規模なプランテーション投資、バイオ燃料の現地生産や原料輸入を積極的に推進。

## <インド>

### (1)導入現状

バイオエタノール：原料（廃糖蜜）

：生産量：約200万kL（2004年）

：9つの州と4直管轄（E5）

バイオディーゼル：原料：ジャトロファ

：生産量：11.17万kL（2005年）

：2007年にテスト実施、2012年までに全国

(2)政策＝ 非食糧のバイオ燃料政策を堅持（廃糖蜜、ジャトロファなど）

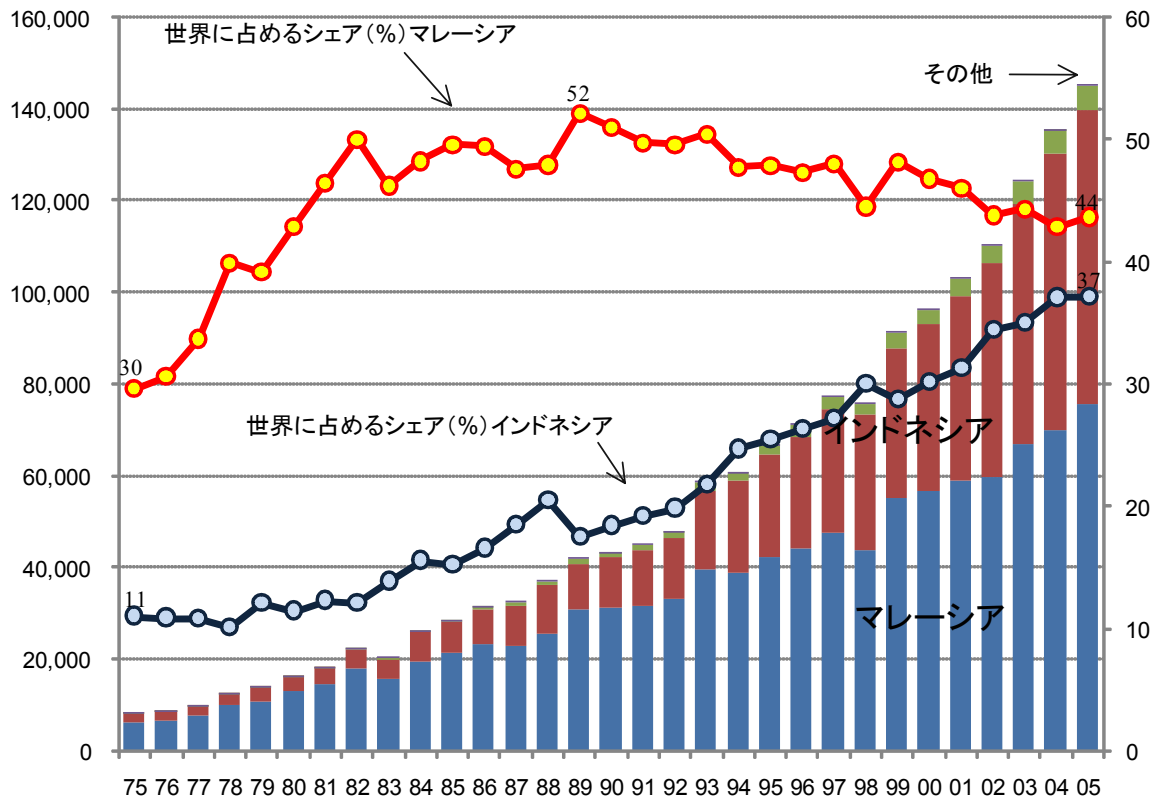
②原料調達が困難で、促進速度が遅い。

# 国家エネルギー戦略としてバイオ燃料への進出②

(生産側: マレーシア、インドネシア、シンガポール)

世界におけるパーム(フルーツ)生産量(1975~2005年)

(単位: 1,000トン、%)



(出所) FAO statistical dataにより作成。

## <マレーシア>

### (1) 導入現状

- ①面積:約450万Ha、パーム油(CPO)生産量:1,500万t (2006年)
- ②年間600万トンのCPOをBDFに転換
- ③BDF生産免許の許可制へ規制(2006年12月末まで98の生産免許を許可、BDF総生産規模約1,000万トン/年)
- ④現在完成しているBDFプラントは5つ、年間生産能力25万トン。2006年10月、EUなどへ輸出開始)
- ⑤インドネシアへの新規パーム・プランテーションの開発

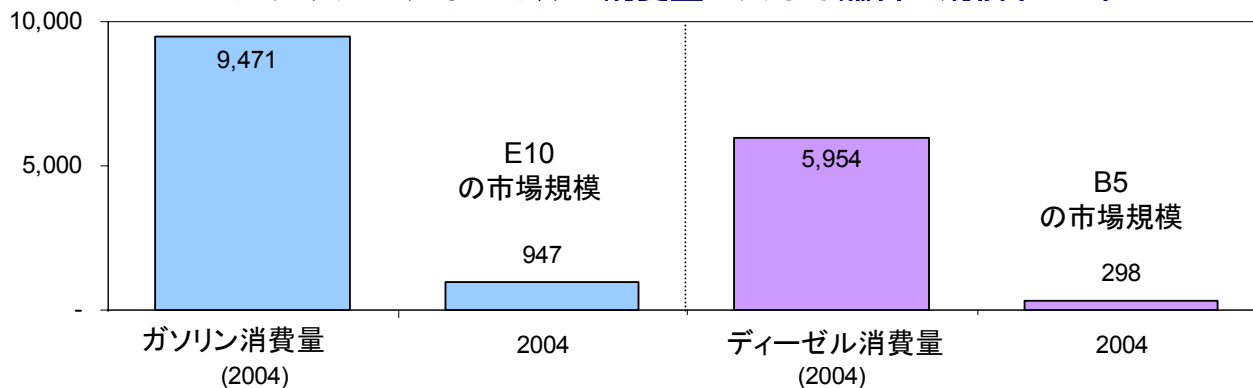
### (2) 政策 = 国家バイオ燃料政策、2006年3月21日

Biofuels Industry Act, 2007年4月16日

2008年にB5の導入を目指す

(単位:1,000 kL)

ガソリンとディーゼルの消費量とバイオ燃料の規模 (2004)



(Note) \* Diesel Consumption in sector transportation only.

(Source) International Energy Agency 2006 (IEA)

## &lt;インドネシア&gt;

## (1) 導入現状

## バイオエタノール

- ・原料(廃糖蜜、キャサツバ)
- ・生産量=3.6万トン(2006年)、うち3万トン輸出
- ・2007年に主要都市にE10を実施
- ・導入目標=630万kL(2025年)

## バイオディーゼル

- ・原料(パーム、ジャトロファ)
- ・BDF生産量=7万トン(2006年)、うち4.6万トン輸出
- ・2007年に主要都市にB5を実施
- ・導入目標=1,020万kL(2025年)

## バイオオイル

- ・原料(パーム、ジャトロファ、キーホンジン)
- ・導入目標=576万kL(2025年)

## (2) 政策

- ・Blueprint Pengelolaan Energy Nasional 2005-2025 (Presidential Decree)
- ・No.1/2006: Supply and Utilization of Bio-fuel
- ・No.10/2006: National Team for Biofuel Development
- ・未利用エネルギー作物の開発促進

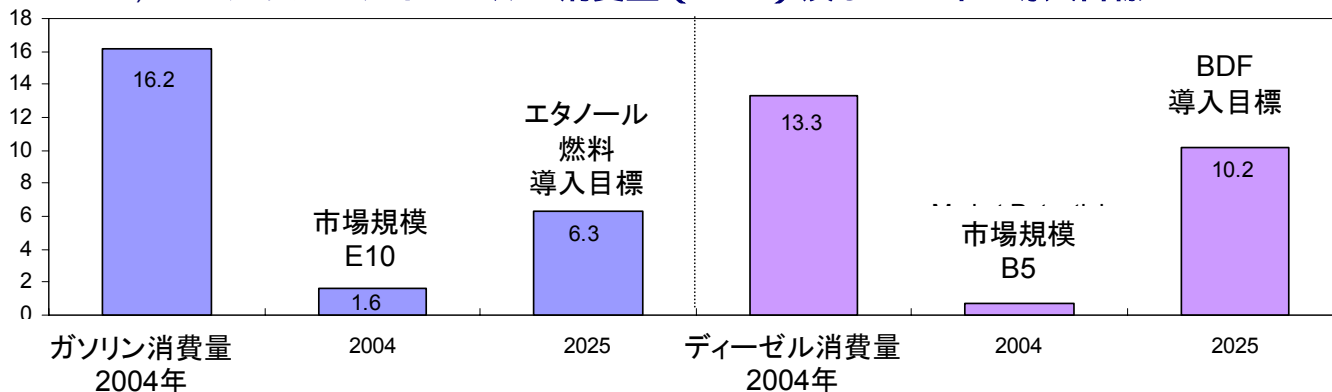
## &lt;促進策&gt;

- ・バイオディーゼル生産に対する財政支援策

## &lt;燃料基準&gt;

- ・バイオディーゼル：SNI 04-7182-2006
- ・バイオエタノール：ASTM 4086

(単位:百万 kL) ガソリンとディーゼルの消費量(2004)及び2025年の導入目標



(Note) \* Diesel Consumption in sector transportation only.

(Source) International Energy Agency 2006 (IEA)

# 主要国別バイオ燃料の導入政策と現状

国名	バイオ燃料に関連する政策	導入状況
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオエタノール生産業者の免税、生産量トン当たり1,373元の補助金、販売価格の指定</li> <li>・E10の地域導入政策(5省とその他省の27市)</li> <li>・バイオエタノールE10規格(GB18050-2001, GB18351-2001)</li> <li>・エタノール生産企業を5社に指定</li> <li>・新規製造業者に対してトウモロコシの利用と農業用地利用を禁止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオエタノール:トウモロコシ、キャッサバ、ソルガム 129万kL(2005年)</li> <li>・バイオディーゼル:廃食油、菜種 約7万kL(2005年)</li> </ul>
インド	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国家バイオディーゼル戦略(2003)</li> <li>・バイオディーゼル買取価格政策(1.1.2006)</li> <li>・インセンティブ:買取価格(25Rupees/L)BDF、減税など</li> <li>・9州と4直轄地区におけるE5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオエタノール:廃糖蜜 生産量:200万kL(2004)</li> <li>・バイオディーゼル:ジャトロファ 生産量:11万kL(2006)</li> </ul>
タイ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国家エタノール委員会(NEC)、(2001年に設立)</li> <li>・国家バイオ技術政策委員会(2003年12月23日に設立)</li> <li>・“Renewable Energy in Thailand Ethanol and Biodiesel 2004”</li> <li>・燃料エタノールの物品税免除</li> <li>・バイオ燃料補助金の支給(E10の1リットル生産に対して1パーツの補助金を支給)</li> <li>・エタノール生産業者の免税、関税緩和(法人税は8年間に限り全額免除)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオエタノール:廃糖蜜、キャッサバ バンコク市内すでに50%E10でカバー</li> <li>・バイオディーゼル:パーム油、ジャトロファ 2006年からB2で一部地域で供給開始</li> </ul>
フィリピン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ココ・バイオディーゼル・プログラム</li> <li>・バイオ燃料法 2006</li> <li>・物品税(Executive Order 449)-減免</li> <li>・付加価値税(Republic Act 9337)-バイオ燃料の販売について付加価値税を0%とする</li> <li>・関税-原料、設備等について10年間に限り関税を1%とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオエタノール:廃糖蜜 一部地域におけるE5が開始(2007年1月から)</li> <li>・バイオディーゼル:ココナツ、ジャトロファ B1を義務化(2007年1月から)</li> </ul>
マレーシア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国家バイオ燃料政策(21-3-2006)</li> <li>・BDF生産免許を制限(現在許可ライセンス数は98件)2006年12月時点</li> <li>・2006年末時点、25.8万/年の生産能力(輸出向け)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオディーゼル:パーム油 B5の義務化に向けて国会審議中</li> </ul>
インドネシア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国家エネルギー開発計画 2005-2025</li> <li>・No.1/2006:バイオ燃料供給と建設</li> <li>・No.10/2006:国家バイオ燃料開発チーム</li> <li>・バイオ燃料促進大統領通達(2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオエタノール:廃糖蜜、キャッサバ 2008年から一部の都市部に導入</li> <li>・バイオディーゼル:パーム油、ジャトロファ ジャカルタ都心一部給油所テスト供給開始</li> </ul>

# その他アジア諸国のバイオ燃料への進出

## <シンガポール>

- ・バイオディーゼル精製プラント（建設中）
  1. Natural Fuel (180万トン/年、2007年)パーム油
  2. Peter Cremer (20万トン/年、2007年)パーム油
- ・稼働中バイオディーゼルプラント
  1. Biofuel Research (1万8,000トン/年)廃食油

## <台湾>

- ・桃園(Taoyuan)と嘉義(Chiayi)の2つの県のガソリンスタンドで軽油に1%のバイオディーゼルのブレンドし販売を開始
- ・2008年にB1、2010年にはB2を全土で普及する。
- ・東南アジアへのプランテーション投資が活発化

## <ベトナム>

- ・バイオ燃料におけるアクションプラン 2006-2015年
- ・2020年のE10供給量：400万トン
- ・2020年のB10供給量：200万トン
- ・ジャトロファの栽培とパイロット事業が開始

### <ミャンマー>

- ・ 国家ジャトロファプログラム: 50万エーカー  
現在の栽培面積 : 1万6,197 エーカー (2005年)  
栽培目標: 338万 エーカー (2008年)

### <カンボジア>

- ・ ジャトロファの栽培研究 (カナダの支援で実施)
- ・ びわバイオ燃料社の50万Haジャトロファ栽培計画

### <ラオス>

- ・ 2015年におけるバイオ燃料消費量は、全体燃料消費量の5%を占める
- ・ KOLAO FARM and BIO-ENERGY Co., Ltd  
(2007-2020: ジャトロファ, 190万トン/年)  
(製造装置 : 400,000トン/年)  
(プランテーション : 24万Ha)



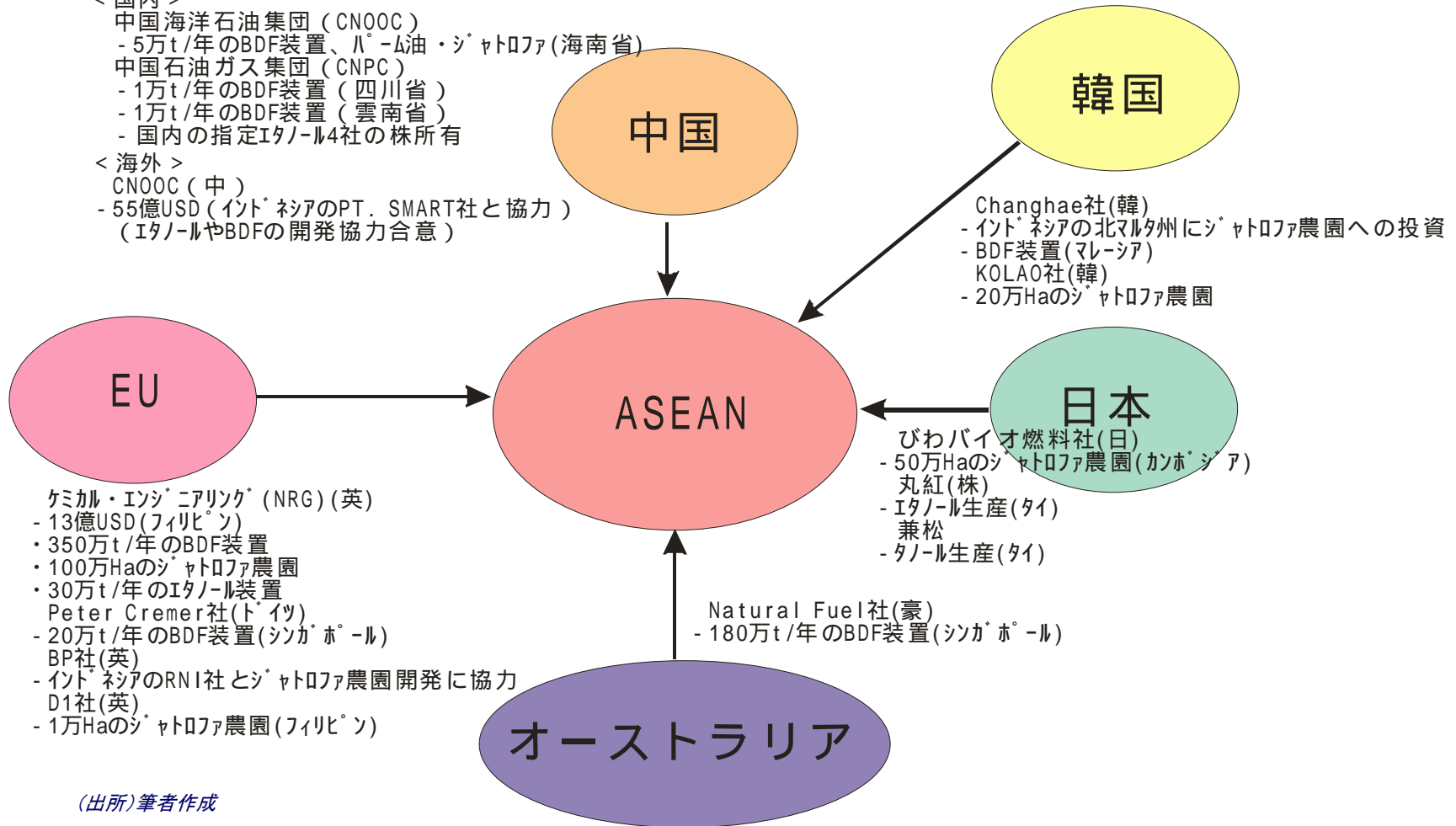
# 巨大資本の参入: バイオ燃料へ主要国の石油企業・商社の参入

< 国内 >

- 中国海洋石油集団 (CNOOC)
  - 5万t/年のBDF装置、L<sup>1</sup>-ム油・シ<sup>1</sup>ャトロファ(海南省)
- 中国石油ガス集団 (CNPC)
  - 1万t/年のBDF装置 (四川省)
  - 1万t/年のBDF装置 (雲南省)
  - 国内の指定イタノール4社の株所有

< 海外 >

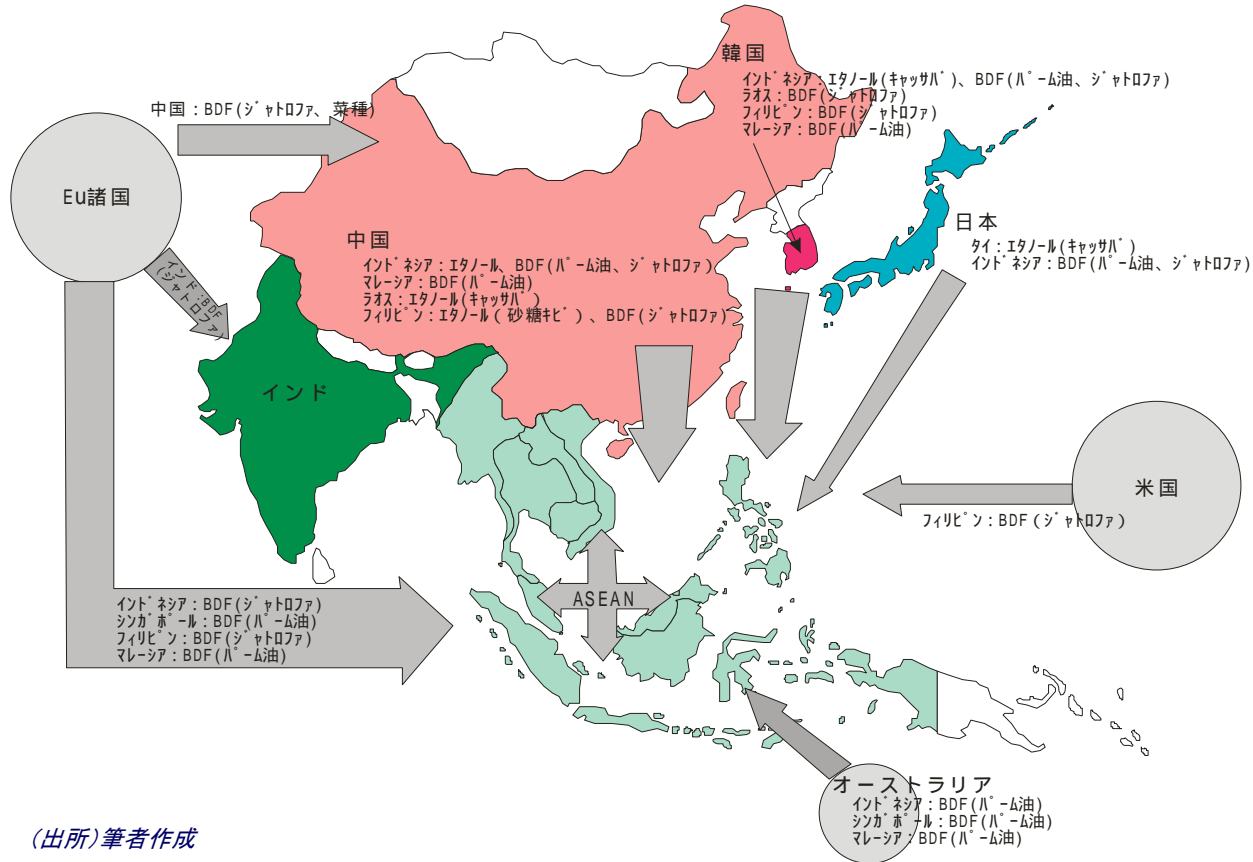
- CNOOC (中)
- 55億USD (インドネシアのPT. SMART社と協力) (イタノールやBDFの開発協力合意)



(出所)筆者作成

# ASEANを主な生産拠点とする バイオ燃料貿易拡大を目指す動き

- 気候条件により、ASEANは重要なバイオ燃料生産基地となりつつある。
- 域内外のアグロビジネスの巨大財閥が域内への投資開始。

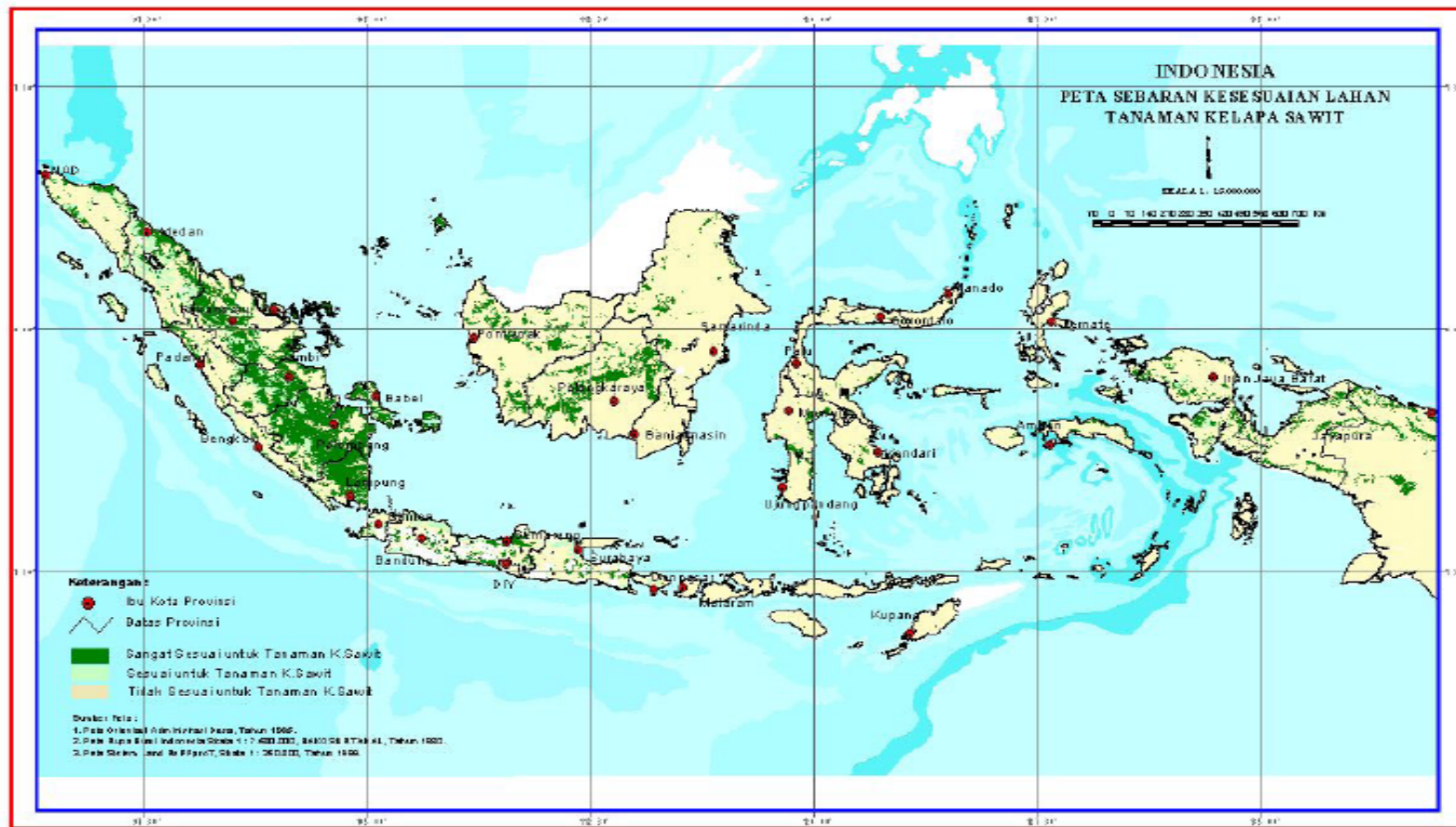


(出所)筆者作成

**浮上する課題：  
環境破壊、食料との競合**

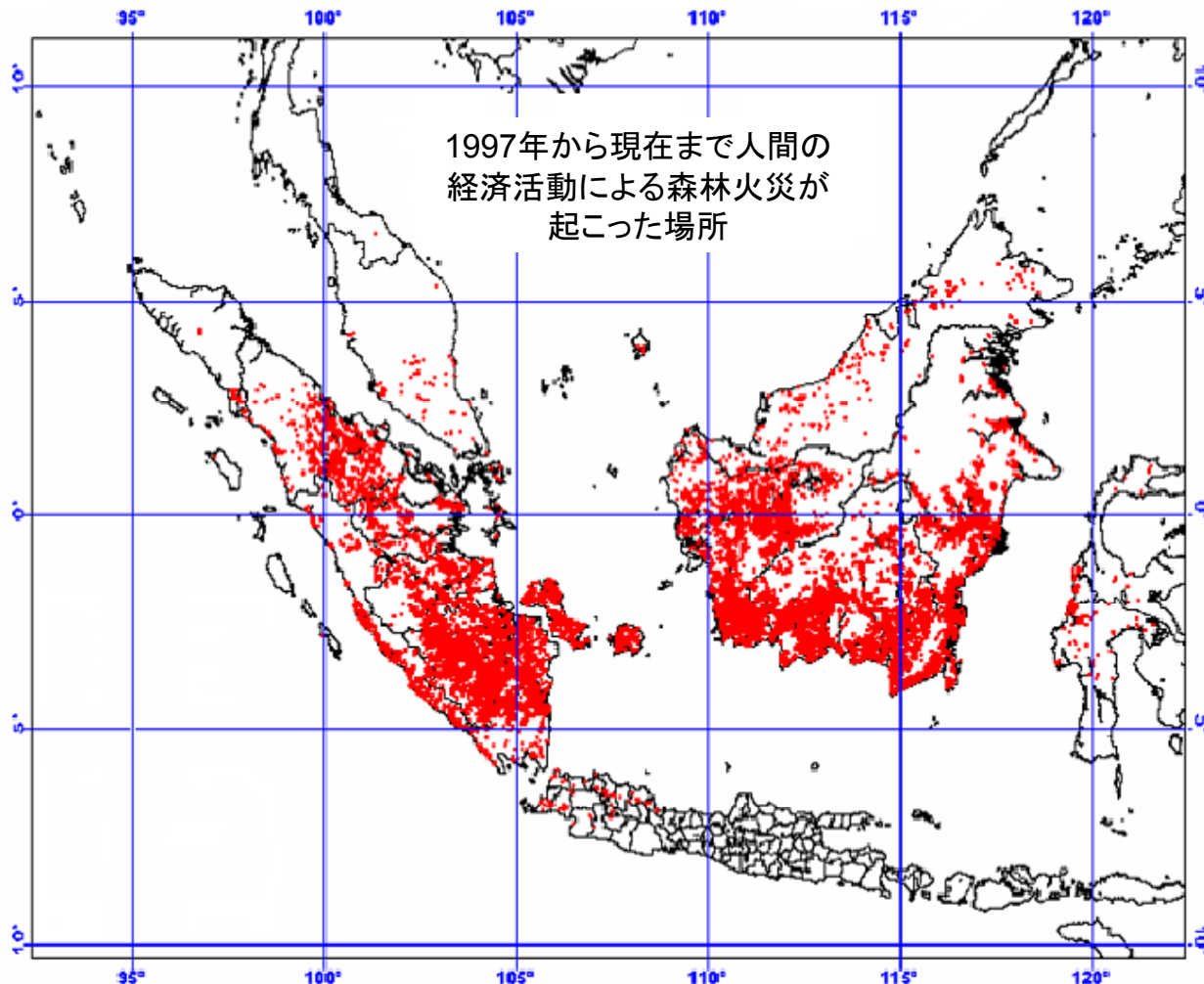
---

# インドネシアでのパーム最適栽培地



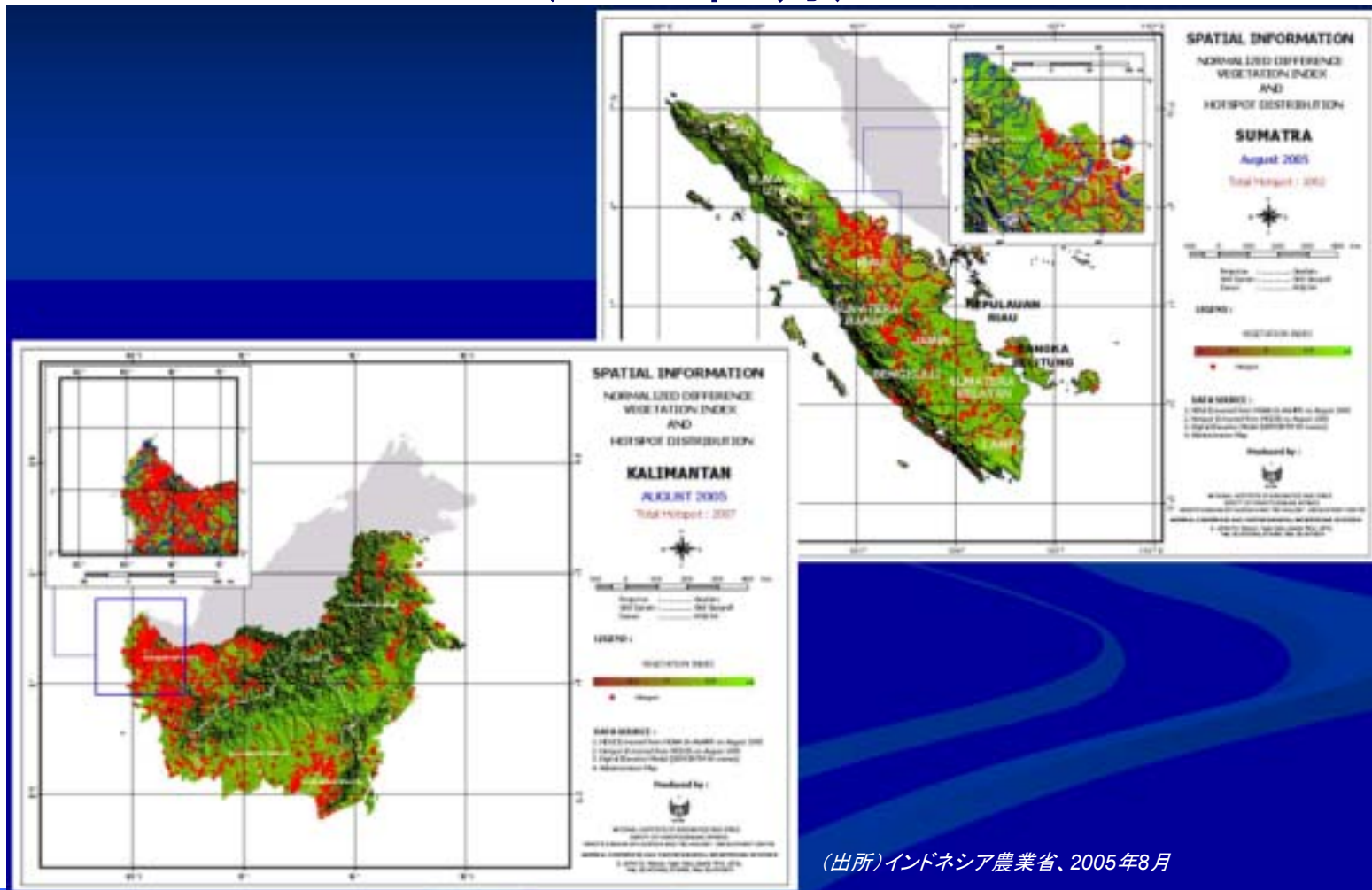
(出所) インドネシア農業省、2006年

# 森林減少（人間の経済活動による火災）



(出所) 「森林火事防止の管理プロジェクト」、JICA/PKA。

# スマトラ島とカリマンタン島に発生している森林火事 (2005年8月)



(出所)インドネシア農業省、2005年8月

# 食料とエネルギーとのバランス

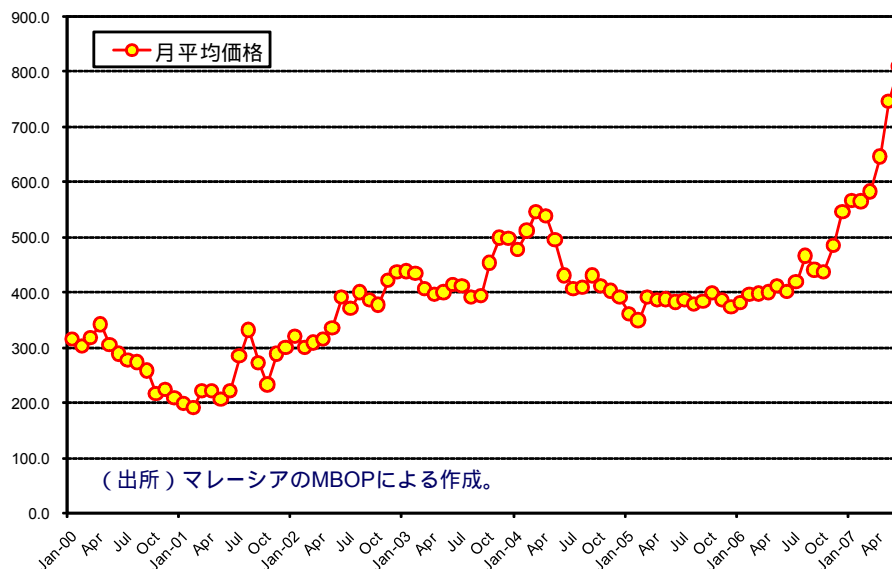
## 1. パーム油(CPO)の燃料利用における論点

- ① 食用油であるため、多くの発展途上国の主要な食用の油源である。  
(パーム油の約60%は食用油として利用。2007年6月時点850 USD/トン)
- ② 大規模なプランテーション開発と転作による食糧栽培面積の減少
- ③ 単一作物の栽培により、生態系への影響

## 2. EU諸国のNGOの対パーム油の燃料利用への圧力(ドイツの首相が名指しで批判)

## 3. マレーシアとインドネシア政府のパーム生産を大幅に燃料への転換計画 (両国合計で1,200万トンのCPOをBDFへ転換協力)

パーム油(CPO)価格の推移(単位:トン/USD)

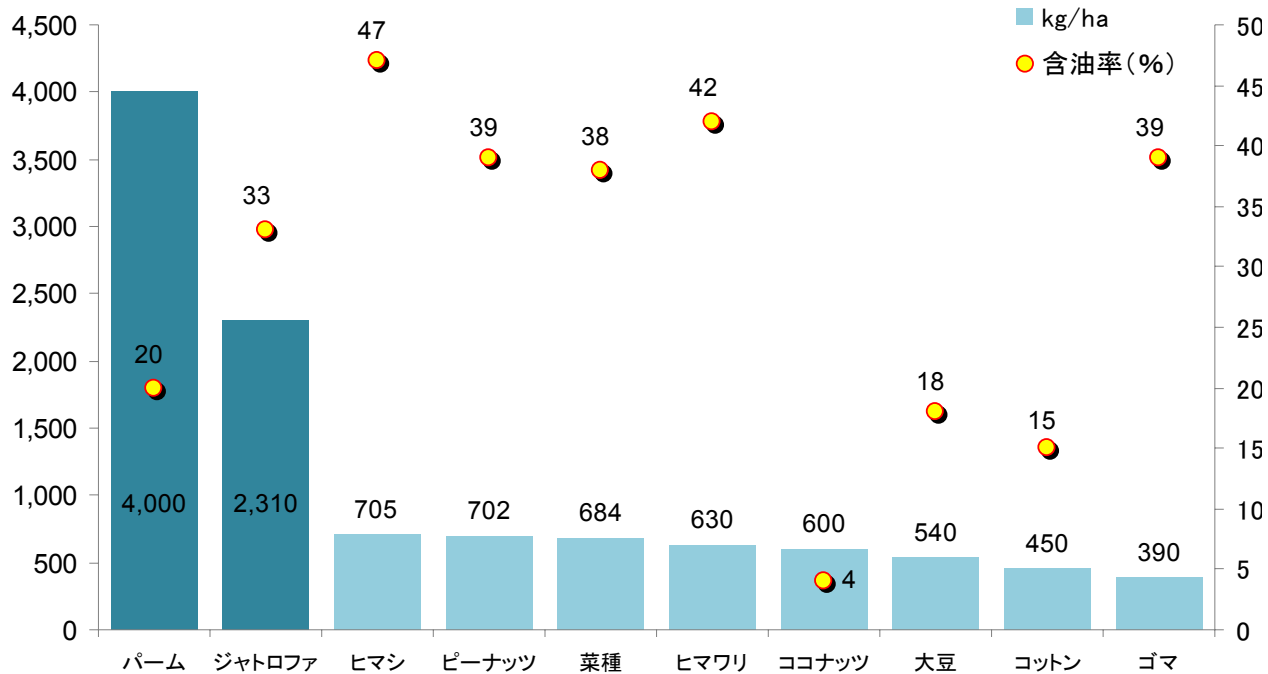


# 将来性(キーポイント)

---



# 主要な油糧作物の油の生産性



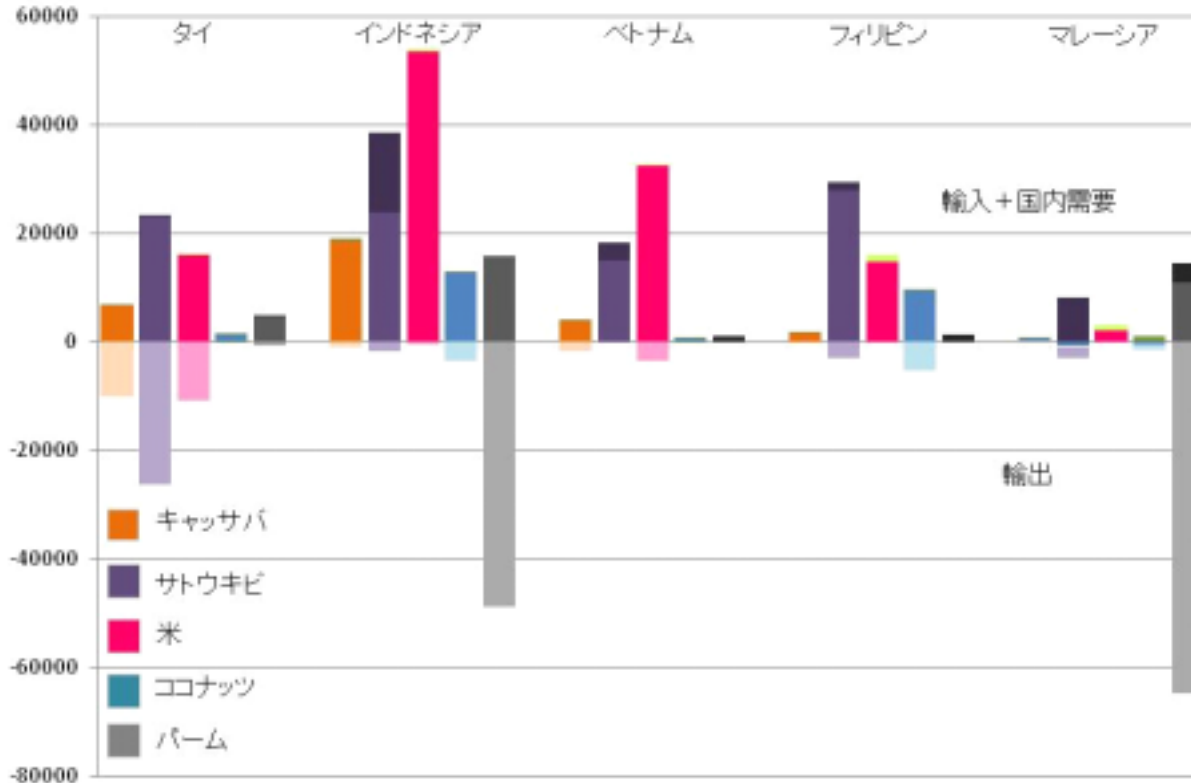
(出所) パーム: MPOB、ジャトロファ: ボゴール農科大学、その他作物: 東京農業大学・麻生梯三

(注) パームとココナッツは果実に対する搾油率で推計している。

- パームとジャトロファの生産性は抜群であることはっきりしている。
- ヒマワリ、大豆、コットンなどは一年草で、毎年の栽培を繰り返す。パーム、ココナッツとジャトロファは植物として50年間弱の寿命を持ち、パームは25年間の商業生産ができ、ジャトロファは30年以上と推定されている。

# 主要国のエネルギー作物の輸出入状況(2005年)

(単位:1,000トン)



(注) 各農作物は一次製品で換算する。  
(出所) FAO statistical dataにより作成。

- マレーシアとインドネシアのパーム輸出余力が高い。
- タイでは、キャッサバ、サトウキビと米の輸出余力が高い。

# ジャトロファ (Jatropha) の可能性

Scientific name: *Jatropha Curcas L.*



(出所) CHEW CHONG SIANG撮影。

＜ジャトロファに注目する背景＞

- ①アジア地域における栽培面積が急速に拡大。
- ②食用油ではないため、食料問題に影響しない。  
(毒あり)
- ③農業用地以外の荒廃地の利用で栽培可能であるため、森林減少問題や食糧用地への影響がない。
- ④種の含油率は25%～30%である。  
(油の収量約2トン/Ha)

＜各国のジャトロファ栽培計画＞

- ・中国: 100万Ha以上(現状不明)
- ・フィリピン: 100万Ha(英)
- ・インドネシア: 2～3万Ha(推計)
- ・ミャンマー: 140万Ha
- ・カンボジア: 20万Ha(韓)、50万Ha(日)



# 未利用エネルギー作物の可能性①

*Pittosporum ferrugineum* (Ki honje)



(出所) Menggagas Sumber dan Produksi Biokerosin, Prof.Tatang H. Soerawidjaja

灯油

Ki-honje

＜インドネシアにおける「Ki Honje」(Petroleum Nutsへの注目)＞

- ①農村における灯油の消費量が高く、膨大な補助金が財政圧迫している。
- ②食用油ではないため、食料問題に影響なく、油の性状は灯油に近い。(毒あり)
- ③カリマンタン島東北部、スラウェシ島、フィリピン南部などの地域分布。
- ④種の含油率は8～10%である。

# 各国の導入目標

- バイオ燃料の原料作物の供給ポテンシャルが高い。しかし、低めの導入目標を設置。  
(国内の食糧供給、供給設備、価格、既存産業などの要因)
- 既存自動車の改造が必要のないE10とB5を導入する。

## 各国のバイオエタノール導入目標値(万kL/年)

	2003年の ガソリン 消費量(実績)	2003年の 仮定E10 需要規模	2010	2015	2020	2025	原料
インドネシア	1,411	141.1	55.0	85.0	-	150.0	砂糖キビ・キャッサバ
フィリピン	376	37.6	53.6	-	-	-	砂糖キビ・キャッサバ
タイ	709	70.9	109.5①	-	-	-	砂糖キビ・キャッサバ
マレーシア	904	90.4	-	-	-	-	導入計画なし
インド	1,081	108.1	-	-	-	-	砂糖キビ
中国	5,457	545.7	253.2	-	1265.8	-	トウモロコシ・小麦・キャッサバ
韓国	949	94.9	-	-	-	-	N.A

## 各国のバイオディーゼル導入目標値(万kL/年)

	2003年の 軽油消費量 (実績)	2003年の 仮定B5 需要規模	2010	2015	2020	2025	原料
インドネシア	2,564	128.2	72.0	150.0	-	470.0	パーム油・ジャトロファ
フィリピン	686	34.3	80.0	-	-	-	ココナッツ・パーム油・ジャトロファ
タイ	1,741	174.1③	310.0③	-	-	-	パーム油・ジャトロファ
マレーシア	1,034	51.7	59.5	-	-	-	パーム油
インド	4,345	217.2	-	-	-	-	ジャトロファ
中国	10,041	502.0	23.8	-	238.1	-	ジャトロファ・廃食油
韓国	2,394	119.7	55.2	-	-	-	キャノーラ・廃食油

タイの目標値は2011年までである。マレーシアはエタノールの導入計画を予定していない。タイの目標値は2011年までで、B10の混合率となっている。

## 第1部の要点(まとめ)

1. バイオ燃料の開発が、石油代替などのエネルギー対策だけではなく、貧困問題、農村開発など、先進国と異なる背景を持っているのはアジア諸国の特徴である。商業ベース(プランテーション)の開発と同時に、貧困地域における小作農形態のエネルギー作物の栽培は、燃料確保において重要な政策となりうる。
2. こうして、アジアでは第1世代のバイオエタノールやバイオディーゼル開発が急速に進められている。しかし、同時に森林破壊や食料供給の懸念が浮上している。
3. 種の多様性に恵まれているアジアにおいては、未発見、未開発のエネルギー作物が多く存在しており、その開発が注目されている。その中、食料と競合せずかつ競争力をもつ原料作物は、ジャトロファ(バイオディーゼル)、Petroleum Nuts(バイオケロシン)、Aren(バイオエタノール)などが徐々に開発されている。
4. 温暖化効果ガス削減目標の達成に取り組む先進国は、アジア地域にバイオ燃料の原材料を求め始めている。特にASEANは、「緑の油田」の供給基地としての開発に期待されている。
5. アジアにおけるバイオ燃料の開発では、外資の参入が目立っているわけではない。実際、域内のアグロビジネスの巨大企業による投資が大きくこの産業の成長をプッシュしている。

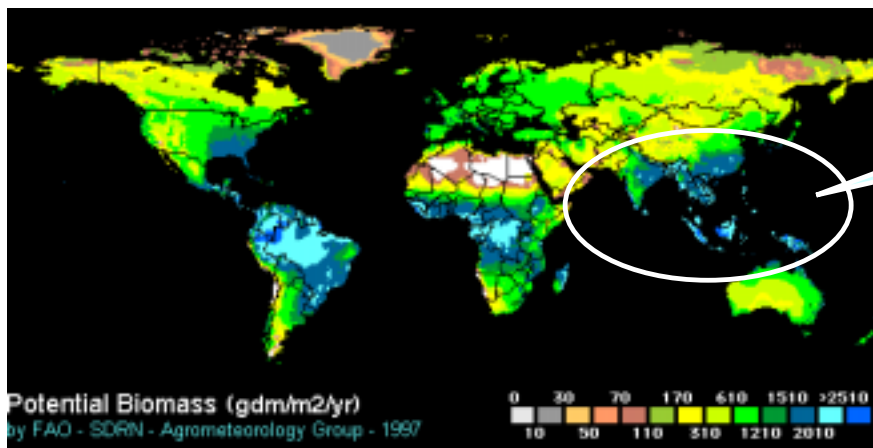
## 第2部

# アジアバイオ燃料の可能性

- ・ エネルギー安全保障対策としての可能性(供給能力の観点から)
  - ・ 経済的観点から見たバイオ燃料開発
  - ・ 政府の役割:日本を含む各国政府政策の役割

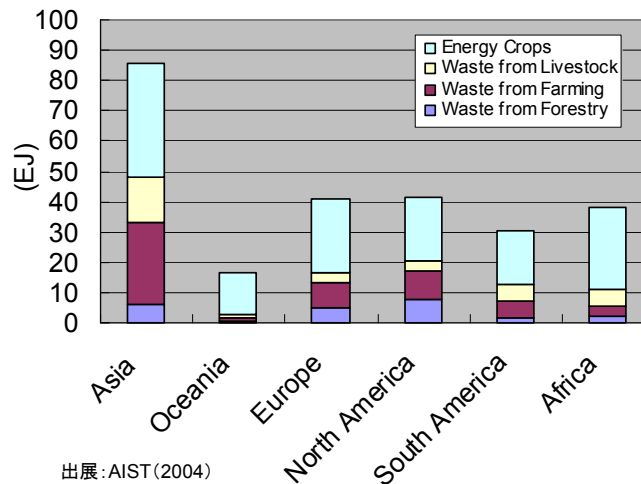
## 安全保障対策としてのアジアバイオ燃料の可能性と重要性

- アジアのバイオマス全体のポテンシャルは世界の中でもずば抜けている



出展:FAO(1997)

地域別バイオマスポテンシャル



出展:AIST(2004)



# アジアの第一世代バイオ燃料の生産ポテンシャル(バイオエタノール)

- ASEANとインド、中国を合わせてバイオエタノール主要原料となる作物の生産量は世界の3割から4割に達する

バイオエタノール主原料生産上位20カ国

単位 千トン

サトウキビ		キャッサバ		トウモロコシ		
1	Brazil	420,121	Nigeria	38,179	USA	280,228
2	India	232,320	Brazil	26,645	China	132,645
3	China	88,730	Indonesia	19,459	Brazil	34,860
4	Thailand	49,572	Thailand	16,938	Mexico	20,500
5	Pakistan	47,244	Congo, De	14,974	Argentina	19,500
6	Mexico	45,127	Ghana	9,739	India	14,500
7	Colombia	39,849	Angola	8,606	France	13,226
8	Australia	38,246	Tanzania,	7,000	Indonesia	12,014
9	Philippines	31,000	India	6,700	South Afri	11,996
10	USA	25,804	Mozambiqu	6,150	Italy	10,622
11	Indonesia	25,500	Viet Nam	5,700	Romania	9,965
12	South Africa	21,725	Uganda	5,500	Hungary	9,000
13	Argentina	19,300	Paraguay	4,910	Canada	8,392
14	Guatemala	18,000	China	4,216	Ukraine	7,100
15	Egypt	16,335	Benin	3,100	Egypt	6,800
16	Viet Nam	15,000	Malawi	2,600	Serbia and	6,300
17	Cuba	12,500	Madagascar	2,191	Philippines	5,200
18	Venezuela	8,800	Colombia	2,125	Nigeria	4,779
19	Peru	7,100	Philippines	1,630	Thailand	4,180
20	Iran	6,500	Côte d'Ivo	1,500	Spain	3,951
<b>ASEAN+中印(%)</b>		<b>38</b>	<b>29</b>		<b>27</b>	

出展:FAO(データは2005年)

# アジアの第一世代バイオ燃料の生産ポテンシャル(バイオディーゼル)

- ASEANとインド、中国を合わせてバイオディーゼルの主要原料となるパームオイルと菜種に関しては生産量は世界の大半を占める

バイオディーゼル主原料生産上位20カ国

単位 トン

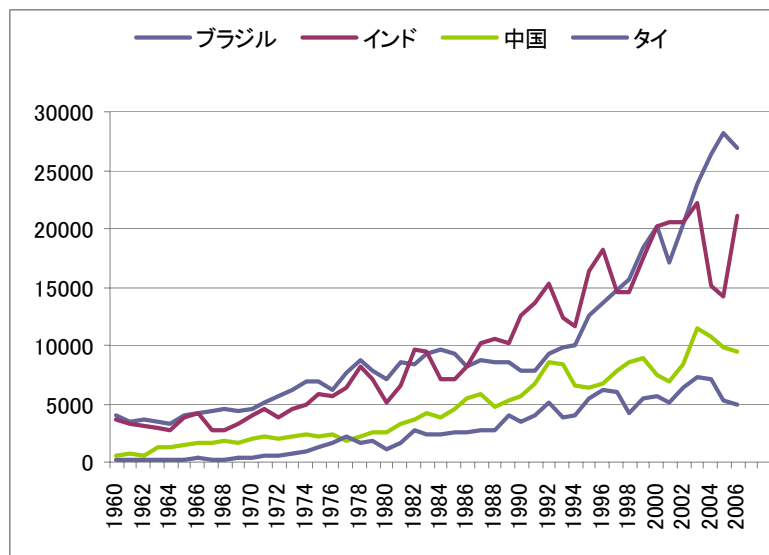
パームオイル		菜種		大豆		
1	Indonesia	15,900	China	13,050	USA	82,820
2	Malaysia	15,350	Canada	8,447	Brazil	50,195
3	Thailand	850	India	6,400	Argentina	38,300
4	Nigeria	810	Germany	4,659	China	16,900
5	Colombia	770	France	4,419	India	6,600
6	Papua New Guir	380	United Kin	1,914	Paraguay	3,513
7	Ecuador	340	Poland	1,434	Canada	2,999
8	Cote d'Ivoire	320	Australia	1,125	Bolivia	1,670
9	Costa Rica	285	Czech Rep	775	Indonesia	797
10	Congo	175	USA	680	Italy	588
11	Cameroon	165	Pakistan	401	Russian Fe	587
12	Honduras	165	Denmark	358	Nigeria	465
13	Guatemala	155	Hungary	295	Uruguay	377
14	Ghana	120	Russian Fe	285	Korea, Den	360
15	Brazil	110	Ukraine	270	Serbia and	332
16	Philippines	60	Slovakia	250	Ukraine	310
17	Angola	58	Banglades	225	South Afri	277
18	Venezuela	54	Lithuania	200	Romania	254
19	Guinea	50	Sweden	199	Viet Nam	245
20	India	50	Romania	154	Thailand	245
ASEAN+中印(%)		90	43		12	

出展:FAO(データは2005年)&amp;USDA(パームオイルは2006年)

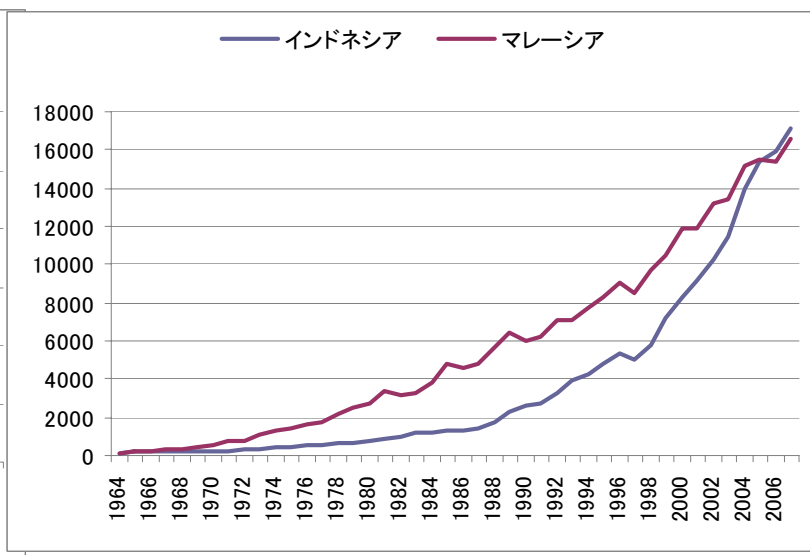
# 主要国の生産量推移

- エタノール生産ポテンシャルの一つの指標である砂糖生産は過去にはブラジルではなくインドがNo.1であり、そのエタノール生産ポテンシャルの高さを示す。
- またアジアではインドに次ぐサトウキビ生産国である中国やタイも砂糖生産を着実に伸ばしていることが注目される。
- パームオイルではここ数年インドネシアがその生産量を急速に伸ばし、2005年にはマレーシアをしのいでいる。

主要国の砂糖生産量推移(1000トン)



主要国のパームオイル生産量推移(1000トン)



出展:USDA

## アジアの2030年のバイオエタノール供給ポテンシャル

- 第一世代の技術で2010年前後から2020年頃にかけてアジア各地においてE5からE10が普及すると考えられる。
- これ以降は増大する需要を満たすためにはセルロース系などの第二世代の技術が必要
- NEDO等の推計によれば2030年におけるアジアの供給可能量はおよそ1億kl/年(50.6Mtoe)
  - 中国(現在129万kl/年)
    - 700万から2,300万kl/年(NEDO-2030年)
    - 800万から2,800万kl/年(ドイツGTZ-2020年)
    - 計画では2020年に約1,250万kl/年
  - インド(現在20万kl/年):2,000万kl/年(NEDO)
  - ASEAN:セルロース系も含め8,000万kl/年(NEDO)
- 参考
  - アジア全体で2030年にE10を実施する場合のバイオエタノールの量は0.83億kl(IEA WEO2006リファレンスシナリオより推定)

## アジアの2030年のバイオディーゼル供給ポテンシャル

- NEDO、ドイツGTZ等の推計を総合するとバイオディーゼル供給ポテンシャルはバイオエタノールとほぼ匹敵(1億kl弱)
  - 中国(現在7万kl/年)
    - ・2030年で900万kl(主にジャトロファ、NEDO)
    - ・2020年で少なくとも1,200万kl-最大23,800万kl(ドイツGTZ)  
(計画では2020年に240万kl/年)、2030年にB10にバランス
  - インド(現在11万kl/年): 計画では2020年でB10必要量1,330万kl確保(主にジャトロファ)
  - ASEAN全体では2030年で約5,000万kl/年(主にパームオイル)

参考:2030年にアジア全体でB10を実現するのに必要なバイオディーゼルの量は0.45億kl(IEA WEO2006リファレンスシナリオより推定)

# 2030年の供給ポテンシャル(まとめ)

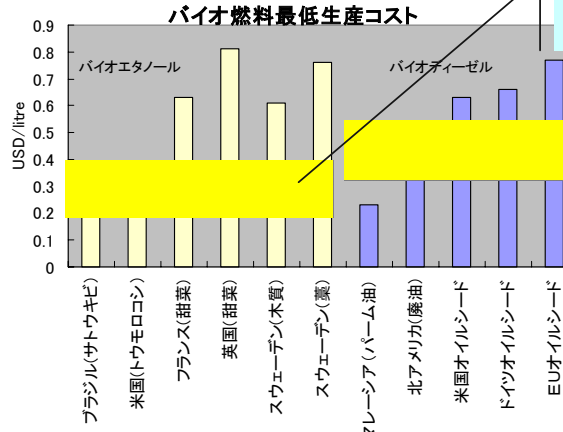
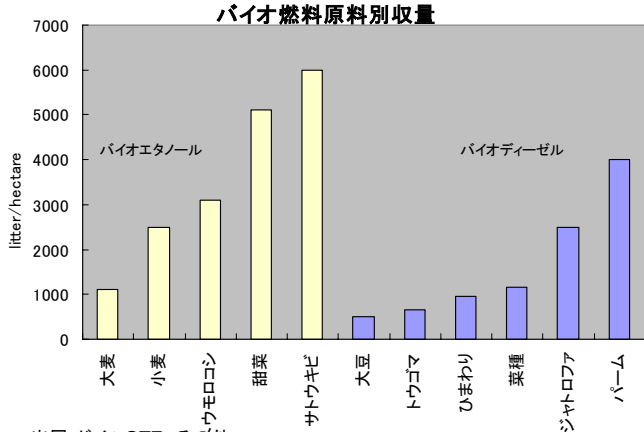
- バイオ燃料全体としてはアジア全体では2030年でB10、E10をカバーできるだけのポテンシャルはある。
  - 供給ポテンシャルの総量のイメージ;日本の輸送用燃料総需要かそれ以上の規模のポテンシャル
  - ASEANはジャトロファやパームオイル等を原料としたバイオディーゼルの世界最大の生産拠点となりえる
  - 増大するアジアの石油需要の大半は輸送用。この代替として石油需要増大の抑制に一定の効果が期待される
- しかしポテンシャルはポテンシャルにすぎない:ポテンシャル実現のためのハードルを克服しなければ低い伸びにとどまる可能性も。例にIEA(WEO2006)による2030の推測は
  - アジア途上国全体で輸送用燃料は668(Mtoe/年)そのうちバイオ燃料が16.1-32.8(2.5%-5%)と堅めの見通し
    - 中国:7.9-13.0(Mtoe/年)
    - インド:2.4-4.5
    - インドネシア:1.5-2.3
    - 世界:92-147(世界の原油需要約4,955)

# 経済的観点から見たアジアバイオ燃料開発： 農産物の付加価値の増大

- アジアにおけるバイオ燃料の急速な拡大は原油価格高騰への対応に加えて農業の付加価値の拡大として一気に加速したもの
- バイオ燃料は石油資源のない国々、地域で燃料生産を可能にした、あるいは「可能かもしれない」と期待をもたらした。その重要な背景要因は次の2点
  - 初期投資が殆ど土地のみへの投資でありかつ石油開発の専門知識がいらないなど参入障壁が低い(「農業によるエネルギーの国内生産」への期待をふくらませた)
  - 石油製品の高騰により国家政策として押し進める価値が急浮上
- ビジネスの視点として、巨大資本を保有するエネルギーやアグリビジネス企業だけでなく小規模ベンチャーでも参入可能なビジネスチャンスが生まれた点が特徴
- ただし技術面では第一世代の技術では量的に限界があることが顕在化。またバイオ燃料生産が拡大すればするほど環境、農業との軋轢が大きくなる問題点も浮上。
  - 農産品とのリンクによりますます投機的となり、石油製品価格に対して上昇圧力になる可能性もある

# 経済的観点から見たアジアバイオ燃料の開発:コスト競争力

## 原料別・国別に見たバイオ燃料間コスト比較



原油スポット価格\$30-\$60/バレルの時のガソリンスポット価格から換算したエタノール熱量等価価格レンジ

原油スポット価格\$30-\$60/バレルの時のディーゼル油スポット価格レンジ

注:  
 1. データソースはIEA「Energy Prices & Taxes 2006」:  
 原油スポット価格はBrent、ガソリンおよびディーゼルはSingapore市場  
 2. 価格レンジはこれら価格間の回帰直線から推定  
 3. エタノール1リットル(5063kcal/l)のガソリン(8400kcal/l)熱量等価容量は0.6リットルと仮定

出展:ドイツGTZ、その他

## 国連FAOによる競争力ランク付け

原料	産出国(参考)
1 サトウキビ	ブラジル
2 キャッサバ	タイ
3 パームオイル	マレーシア
4 トウモロコシ	米国
5 甜菜	欧州
6 菜種	カナダ
7 菜種	欧州
8 大麦	欧州 または 米国

## アジアにおける例(フィリピン)

フルーツ生産性 (トン)/ヘクタール	バイオ燃料コスト USD/リッター	バイオ燃料市場価格/litre	備考
<b>バイオエタノール</b>			
サトウキビ	61.6	0.67-0.72*	n/a
トウモロコシ	2.2	0.79-0.84*	n/a
キャッサバ	8.0	0.81-0.87*	n/a
<b>バイオディーゼル</b>			
パーム油(マレーシア)	4.4-5.4	0.2-0.25**	0.64-0.97**
ジャトロファ	5.0	0.42-0.46*	n/a
ココナッツ	1.0	0.9-1.1***	1.0-1.1***

\* フィリピンDOE推定値 \*\* 筆者推定 \*\*\* フィリピンDOEその他聞き取り調査

- バイオエタノールではサトウキビが、バイオディーゼルではパーム油が圧倒的にコスト競争力がある。
- 最も競争力あるブラジルのサトウキビ及びマレーシアのパーム油でも対原油では30-40\$/バレルが限界と考えられる。
- まだ実験段階にあるジャトロファに関してはパーム油に次いでコスト競争力があると期待される。しかし食料にならないので民間による大規模開発にはリスクが伴う。またプランテーションに向く新種の開発など基礎研究が重要であることから政府支援の余地がある。



## 経済的観点から見たアジアバイオ燃料開発:エネルギー収支・環境への影響

### エネルギー収支の指標

- FER(Fossil Energy Ratio)=エネルギー出力総和 /化石燃料投入量総和(太陽エネルギーを含まず)

### 計算例:

#### フィリピンにおけるサトウキビ由来エタノールのエネルギー収支 エタノール/リッター

投入エネルギー	エネルギー(MJ)
農場運営	2.927
肥料	0.026
輸送	3.836
出力エネルギー	
エタノール	21.2
電力	7.3
エネルギー収支	3.12(電力ゼロ)-4.21

出展:フィリピンDOE

#### 世界における燃料タイプ別エネルギー収支 (投入エネルギー1に対して得られるエネルギーの比率)

木質エタノール	2~36
バイオディーゼル(パーム油)	~8
エタノール(サトウキビ)	~9
バイオディーゼル(廃植物油)	5~6
バイオディーゼル(大豆油)	~3
バイオディーゼル(菜種)	~2.5
エタノール(小麦、テンサイ)	~2
エタノール(トウモロコシ)	~2

出展:ドイツGTZ

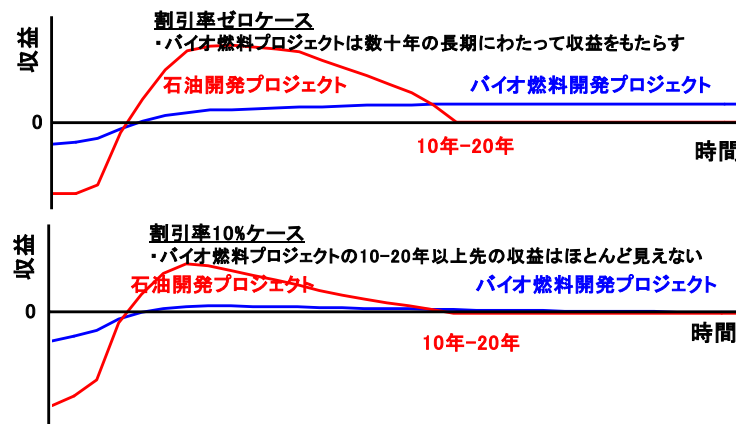
- 第一世代バイオ燃料ではエネルギー収支の観点からはパーム油及びサトウキビのエネルギー収支が高い、すなわち二酸化炭素排出抑制につながる。なおパーム油およびサトウキビはバイオ燃料の中でも最も経済性の高い農産物である。
- 将来的には第二世代バイオ燃料と位置づけられる木質エタノールがエネルギー収支の観点からも期待されるところである。
- また木質材料からのエタノールは第一世代のサトウキビやパーム油などに比べ、食料との競合、森林伐採などの問題が少なくなると考えられている。

## 経済的観点から見たアジアバイオ燃料開発:再生可能エネルギーとしての特徴

- バイオ燃料は再生可能エネルギー
    - サトウキビ、パーム油など、これらに炭化水素として蓄積された太陽エネルギーは、たとえ食料やバイオマス・エネルギーとして消費されても一定の期間を経て太陽エネルギーから炭化水素を持続的に再生・蓄積する。
    - アジアにおいてはすべての国においてバイオマスが豊富であることからすべての国においてバイオ燃料資源を持っていると言える。
    - 土地さえ確保すればそこから持続可能な形で燃料原料を生産することができる。
      - ブラジル/サトウキビは70年以上の実績
      - マレーシア/パームオイルは100年以上の実績
    - 一方、石油の場合、持てる国と持たざる国があり、また油田によって可採年数が限られている。
      - 特に北アメリカ、アジア太平洋では可採年数が短い
 

世界	40.5(年)
北アメリカ	12.0
中央/南アメリカ	41.2
欧州/ユーラシア	22.5
中東	79.5
アフリカ	32.1
アジア太平洋	14.0
- 出展:BP(2006)

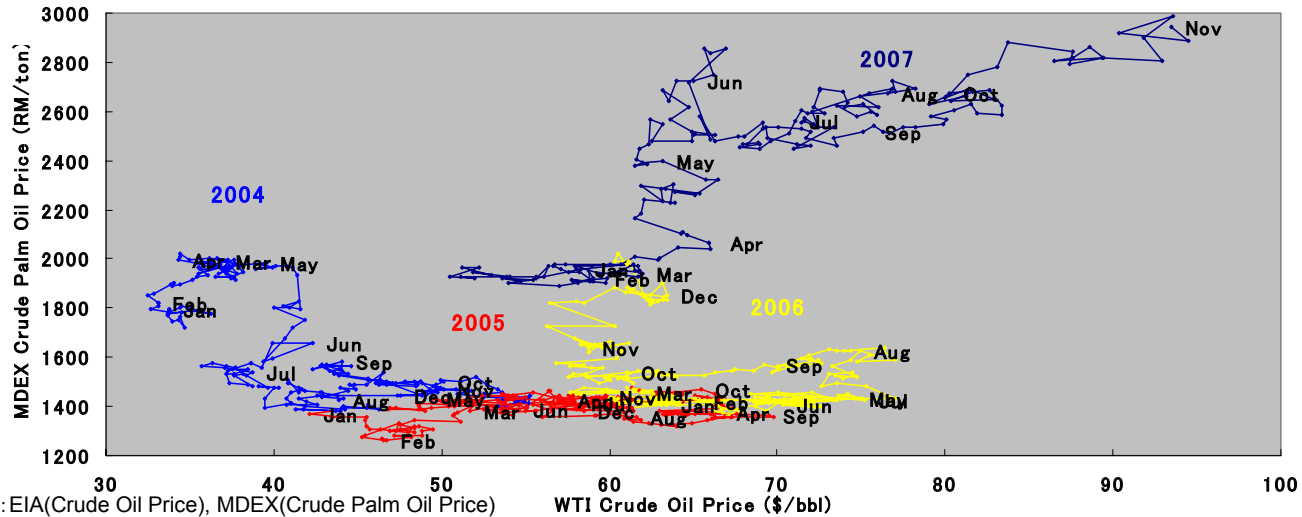
### キャッシュフローのイメージ



- バイオ燃料は持続可能なエネルギー資源であるため通常のエネルギー(油田)開発に比べ数十年の長期にわたって収益を期待できる。
  - しかしプロジェクトキャッシュフローとしてみた場合、これを評価する際の割引率が高いと将来の便益が低く見積もられるので相対的に不利となる。

## 経済的観点から見たアジアバイオ燃料開発:原油価格の影響

- マレーシアパーム油の例: パーム油価格 対 原油価格
  - 2006年前半までは原油価格とは無関係
  - しかし2007年に入り両者に相関関係が見られる—因果関係はあるのか?
    - マレーシアパームオイル関係者(MPOB:Malaysia Palm Oil Board)の間では関係ありと見る向きが多い(筆者インタビュー)
    - しかしココナッツオイル関係者などなどマレーシア以外の関係者の中には無関係を主張するものも多い。



- フィリピンココナッツ油の例
  - 2007年5月よりフィリピンにてB1義務化が始まる。これに伴いバイオディーゼル供給者はTOTALやPETRONとココナッツ油だけでなく原油価格とリンクした価格フォーミュラを設定(四半期ごと)。(石油供給業者へのココナッツバイオディーゼル販売価格は公表されていない)
- 原油価格の食料品への影響
  - バイオ燃料の原油価格とのリンクは、たとえばフィリピンのココナッツ油由来バイオディーゼルのように歴然としているものもある。
  - 一方、バイオ燃料と同じ原料由来の食料産品と原油価格との間の影響関係に関しては根拠がないと見る市場関係者が多い。
    - しかしパーム油に見るような原油価格との相関関係は需給ファンダメンタル以外の投機的動きがあることも想定され、これが事実であれば食料品価格が投機的思惑の中で原油価格高騰の際に大きな影響を受けることが危惧される。

## 経済的観点から見たアジアバイオ燃料開発：貧困・農村対策

- マレーシアパーム油生産農家/農場の例
  - コストの多くは**収穫収集**に費やされる
  - 小規模自営業と大規模農場を比べた場合：**単位面積あたりの収量**が小規模自営業のほうが小さい、しかしながら家族経営などの理由により**収穫収集のコスト**が抑えられ**単位重量あたりの収入**は増加する。すなわち、小規模農家にとっては参入しやすいが国としては土地の有効利用が抑えられる結果となる。

### マレーシアパームオイルプランテーション(Johor州)の例

小規模自営業	面積あたり	重量あたり	シェア
コスト	USD/ha	USD/ton	(%)
維持管理	107.8	6.8	21.7
肥料	100.5	6.3	20.3
<b>収穫収集</b>	<b>158.6</b>	<b>10.0</b>	<b>31.8</b>
輸送	104.6	6.6	21.1
その他	24.7	1.6	5
計	496.3	31.3	100

(1RM=0.28USD)

項目	大規模企業	小規模自営業
<b>FFB収量(ton/ha)</b>	<b>5.4</b>	<b>4.4</b>
価格(USD/ton)	52.7	52.7
<b>生産コスト(USD/ton)</b>	<b>34.2</b>	<b>31.3</b>
<b>収入(USD/ton)</b>	<b>18.5</b>	<b>21.4</b>
収入(USD/ha)	1,017.5	835.6
純収入(USD/ha)	357.3	339.3

(1RM=0.28USD)

出展: Malaysian Palm Oil Board (2000)

・パームの実からのパーム油収量は約20%。  
従ってパーム油生産コストは約20USD/bbl  
(0.13USD/litre)前後

・さらにエステル交換コスト(100USD/ton以下と推定)を加えるとパーム油によるバイオディーゼル生産コストは30から40USD/bbl程度と推定される

- その他の例：農家の収入安定への貢献
  - 不安定な輸出市場より安定した国内市場(バイオ燃料)を期待(フィリピン ココナッツ生産農家)
  - 新たな換金作物市場の育成(インドネシア ジャトロファ、フィリピンサトウキビ産業)
  - 農民の自家用燃料の自給自足を支援(インドネシア バイオケロシン)

## 政府の役割

- アジア途上国における政府の特徴
  - 経済開発と農村・貧困対策が第一優先であり、これまでは環境問題のプライオリティーは相対的に低い。
  - エネルギー価格を政治的に押さえようとするなど政府介入の傾向が強い。
  - これらの点からバイオ燃料は政府の利害が直接関係する。
- アジア途上国における政府の役割
  - 適切な補助促進政策
    - インフラ、燃料規格の整備
    - 上流と下流への援助の差別化
  - 環境保護
    - 森林破壊に関しては特にバイオディーゼルに関連したインドネシアの動きに注意する必要がある。
    - また「クリーン」なバイオ燃料を選択的に支援する措置が望まれる(例: Round Table On Sustainable Palm Oil (RSPO)による認証など); 余剰農地や非食糧競合型バイオ燃料への補助あるいはそれ以外のものへの課徴金
  - 食料との競合: 食料品価格の上昇(農業の付加価値と農村収入の増加)に伴う所得配分への配慮
    - 競合ではなく補完的關係への模索: エネルギー作物の食品としての応用も促進すべき
    - 農業国の多くがバイオ燃料の恩恵に預かることを期待している。
    - しかし実施に農村の貧困層に恩恵が届くかどうかは食料価格の上昇と相まって政府政策によるところが大きい。
    - 恩恵に預かれない都市貧困層がもっともダメージを受ける可能性がある。
  - 第二世代バイオ燃料開発促進(特に日本など先進国)
- 日本は森林破壊や食糧問題への影響を配慮、アジア途上国に対しては以下を重点課題とすべき
  - 第二世代技術開発の促進
  - 非食料、環境融和型バイオ燃料促進のフレームワーク作成
  - エネルギーモデル農場の共同開発(日の丸原油ならぬ日の丸エネルギー農場)

## まとめ:アジアバイオ燃料の可能性

- エネルギー安全保障
  - アジアの供給ポテンシャルは欧州、米州に匹敵するかまたはこれを超える(特にバイオディーゼルの供給量は欧州、米州を遙かにしのぐ)
  - 第一世代の技術でも現在の需要であればアジア輸送用燃料の10%は可能。しかし2030年レベルでは第二世代技術の進展が必須。(2030年で日本の総需要に匹敵する規模)
  - 地域全体として石油依存・需要増大への抑制に効果がある点で、日本のエネルギー安全保障にも貢献=安倍イニシアティブに見られるようなバイオマス促進支援は重要
- 経済的観点から見たバイオ燃料開発
  - 原油価格50-60ドルで現在経済性のあるものはパームオイルやサトウキビなど。しかし食料と競合
  - 非食料競合型作物(例-ジャトロファ)からのバイオディーゼルや木質系バイオエタノールは政府の補助もこれらの早急な普及のためには重要。
- 政府の役割
  - **バイオ燃料は農業付加価値の増大とエネルギー安全保障のメリットがある一方で食糧・環境問題への副作用もある。=アジア途上国においては特に政府の役割が重要であると同時に政府の「失敗」も危惧される**