

「大学基礎論」第10講(2019.06.07)

農林海洋科学の基本Ⅱ

世界の農林水産業生産と バイオマス利用

農林海洋科学部 農林資源環境科学科

鈴木 保志

講義の内容

1. 農林業生産の基礎

- 光合成と食物連鎖
- 生産に必要なもの

2. 世界の農林水産業生産

- 農業生産
 - 穀物と食肉
 - エネルギー作物
- 水産業・林業生産

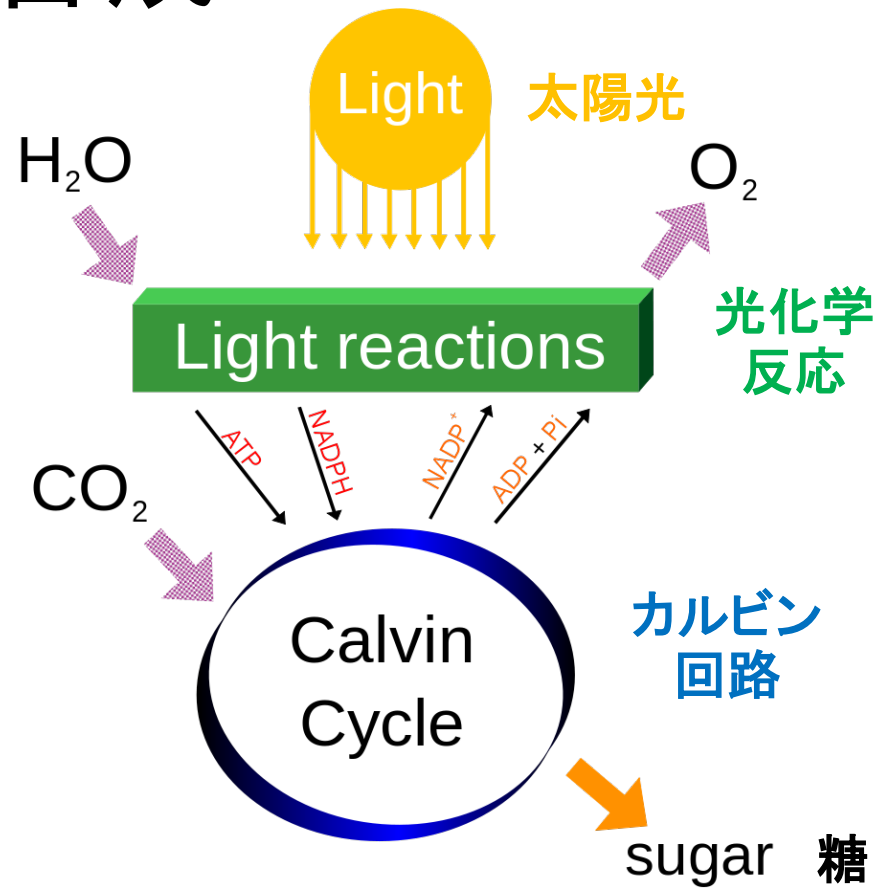
3. バイオマスのエネルギー利用

これからの
・地球環境保全
・人類を養う
ために何を
すべきか？

講義の内容

1. 農林業生産の基礎
 - 光合成と食物連鎖
 - 生産に必要なもの
2. 世界の農林水産業生産
 - 農業生産
 - 穀物と食肉
 - エネルギー作物
 - 水産業・林業生産
3. バイオマスのエネルギー利用

光合成



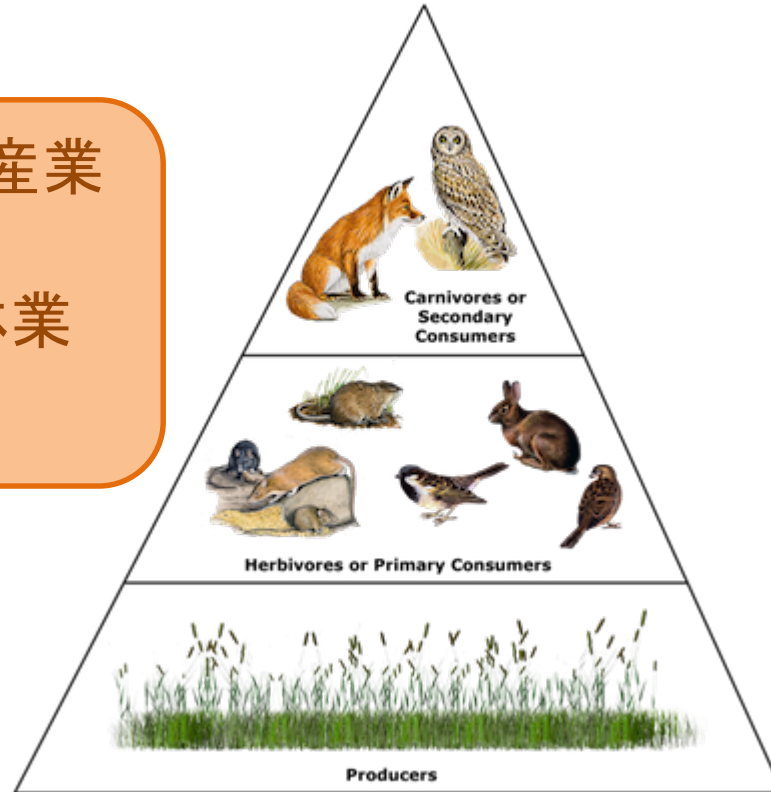
光化学反応 + カルビン回路

- 水と二酸化炭素から酸素と糖(炭水化物)を生産



生態ピラミッド

農業(食肉)・水産業
↑
農業(穀物)・林業
植物生産



二次消費者
(肉食動物)

一次消費者
(草食動物)

生産者

- 植物は唯一の生産者
- 人・動物(家畜)は植物を食べて生きる

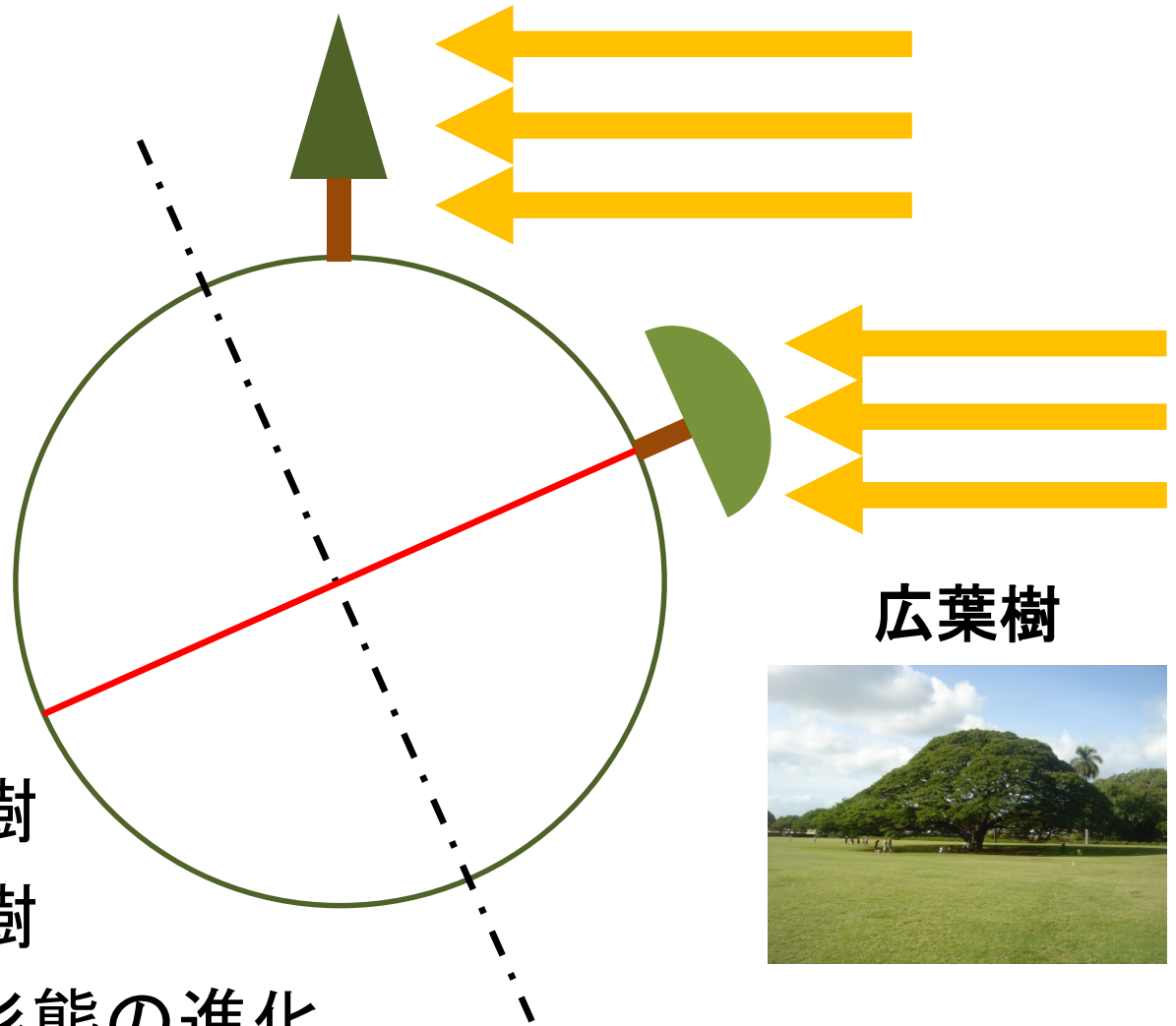
生産に必要なもの

- 光合成
 - 光
 - 水
 - 二酸化炭素
 - 無機養分 (N, P, Ca, K, ...)
- 土地
- 労働力
- エネルギー

植物による光の利用



針葉樹



広葉樹



- 高緯度：針葉樹
- 低緯度：広葉樹
- 環境にあった形態の進化

人間が制御できるもの: 農林業

- 光合成

- 光

間伐

- 水

灌漑

- 二酸化炭素

- 無機養分 (N, P, Ca, K, ...)

施肥

- 土地

農用地

農業

植林

林業

- 労働力

- エネルギー

- **農業** – 灌漑や施肥で積極的に
- **林業** – 間伐で光環境を制御

講義の内容

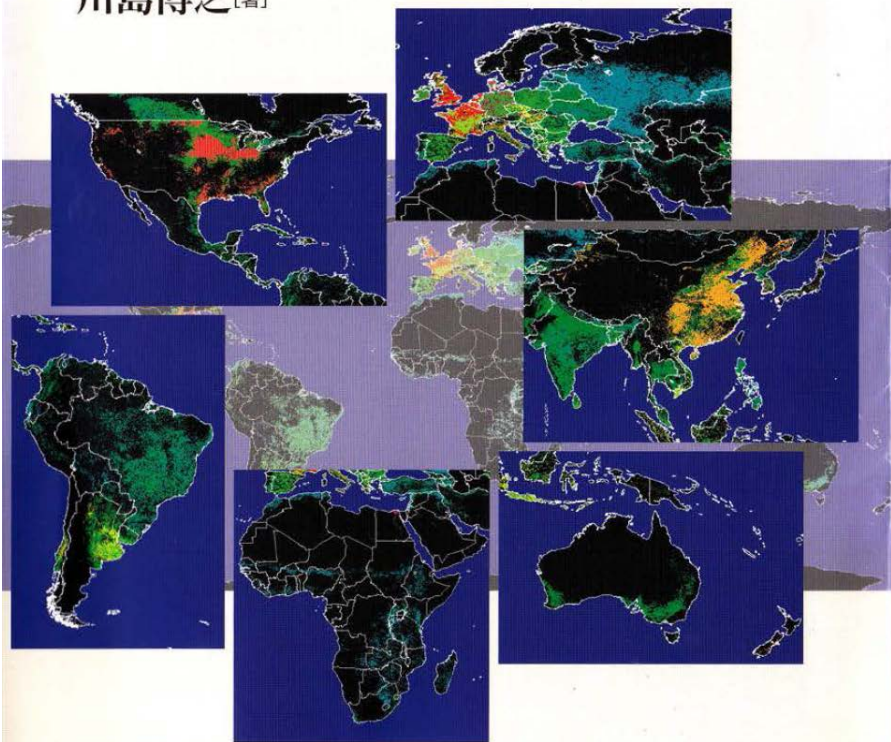
1. 農林業生産の基礎
 - 光合成と食物連鎖
 - 生産に必要なもの
2. 世界の農林水産業生産
 - 農業生産
 - 穀物と食肉
 - エネルギー作物
 - 水産業・林業生産
3. バイオマスのエネルギー利用

世界の食料生産と バイオマスエネルギー

WORLD FOOD PRODUCTION AND BIOMASS ENERGY

2050年の展望

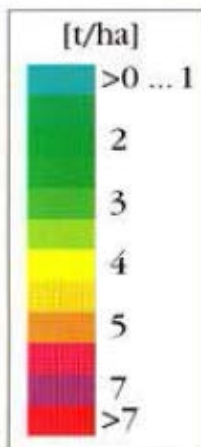
川島博之^[著]



東京大学出版会

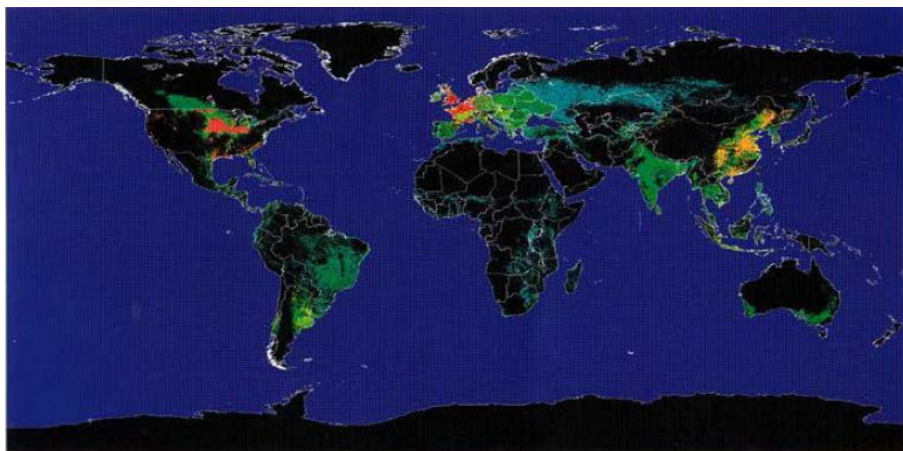
■カバーの図: 世界の穀物生産の分布

表側では地域を拡大して示し、裏側には全域を掲載した。地図上の色が付いている部分が、穀物生産地域である。その分布は均一ではないことがわかる。米国中西部、ヨーロッパ、ロシア南部、インド、中国に多く存在し、アフリカ、オーストラリア、西アジアには少ない。

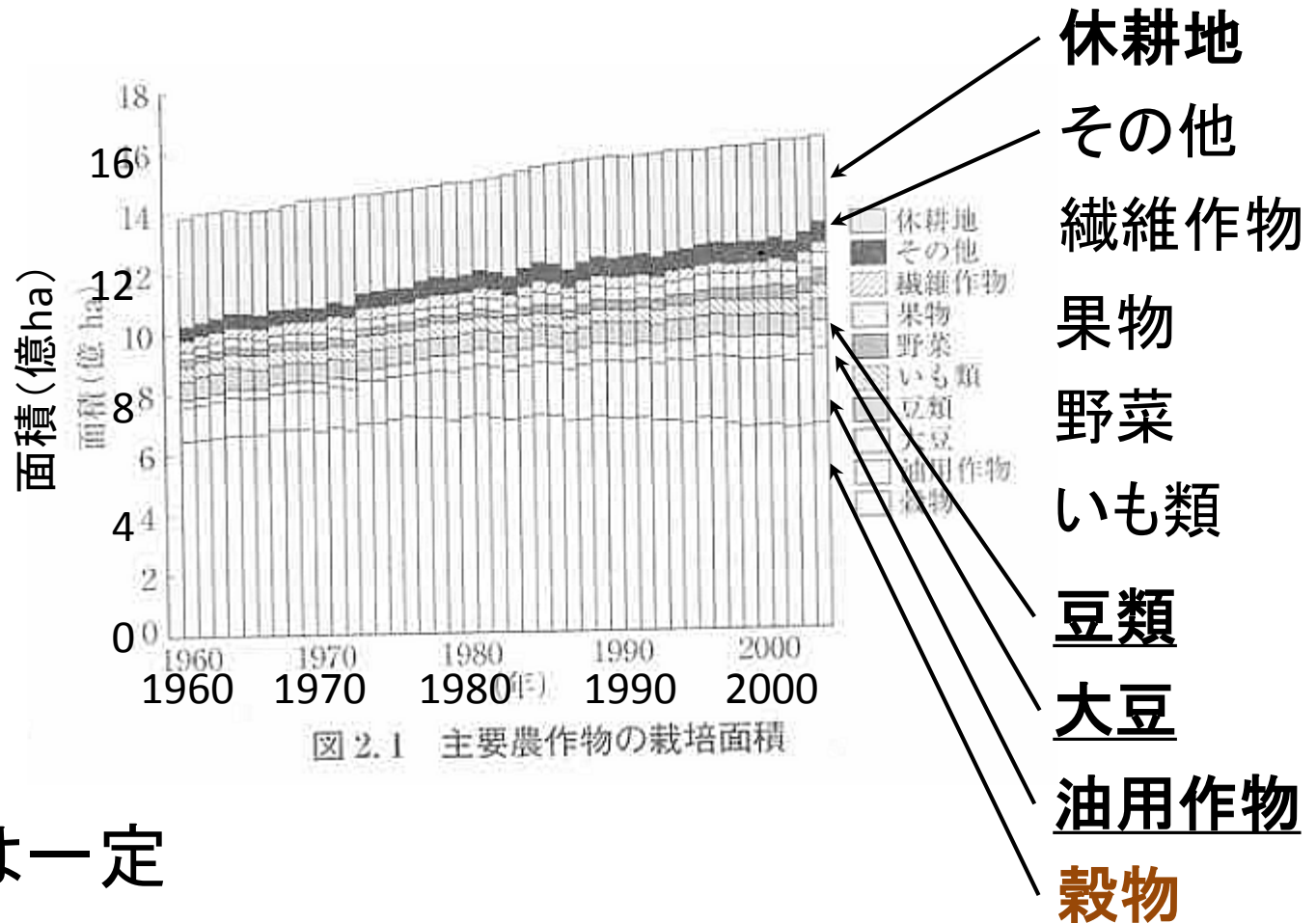


また、単収(単位面積当たりの収穫量)は色の違いで表してあり、青、緑、黄、赤の順で高くなっている。色分けと単収の対応は左記のとおり。単位は[t/ha]。単収が高い地域は米国、西ヨーロッパの一部に限られている。

(出典: Kawashima & Okamoto, 1999 を一部改変)



主要農作物の栽培面積



- 穀物は一定
- 豆類・大豆・油用作物が増えている

世界人口予測

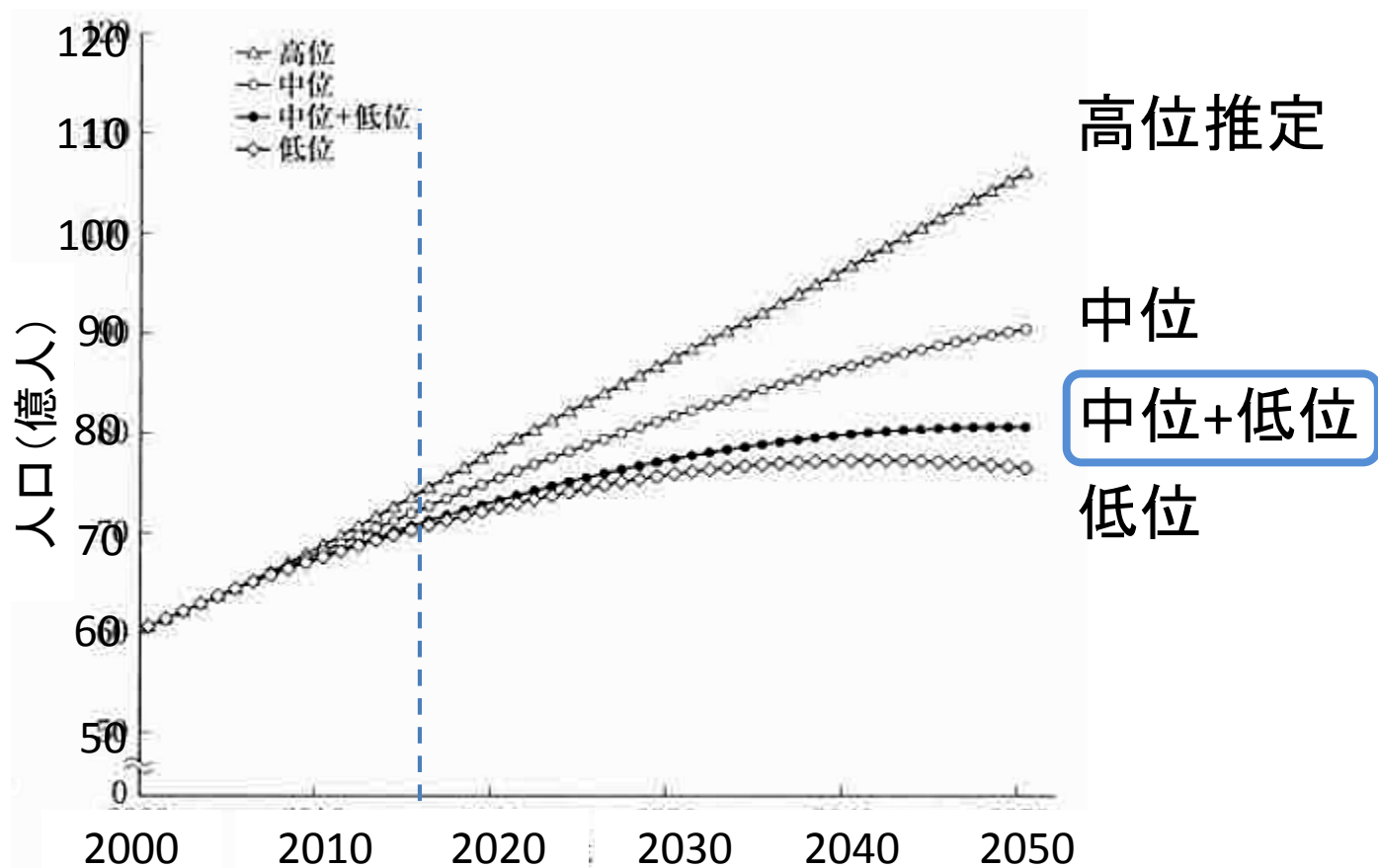


図 10.1 世界人口予測

- 中位～低位推計が妥当

一人当たり穀物消費量

食用

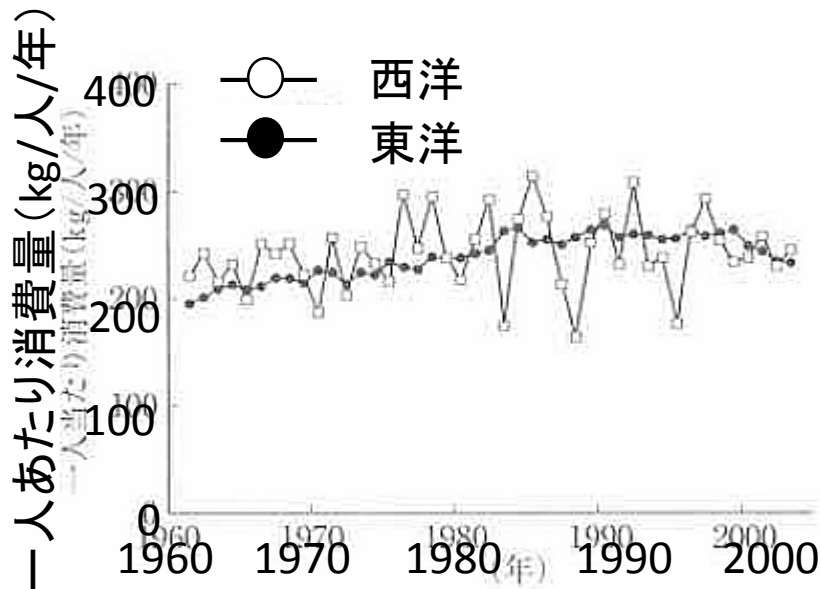


図 2.11(a) 一人当たり穀物消費量 (食用)

飼料用

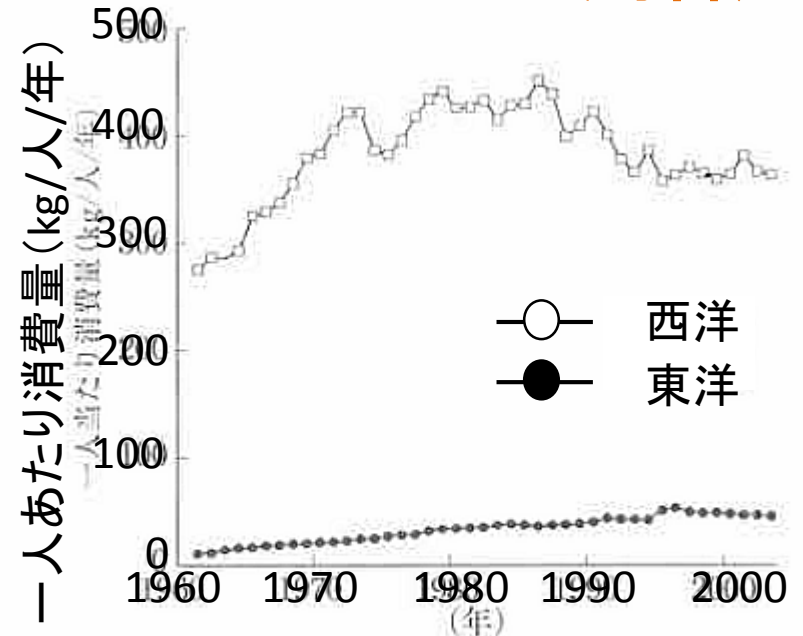
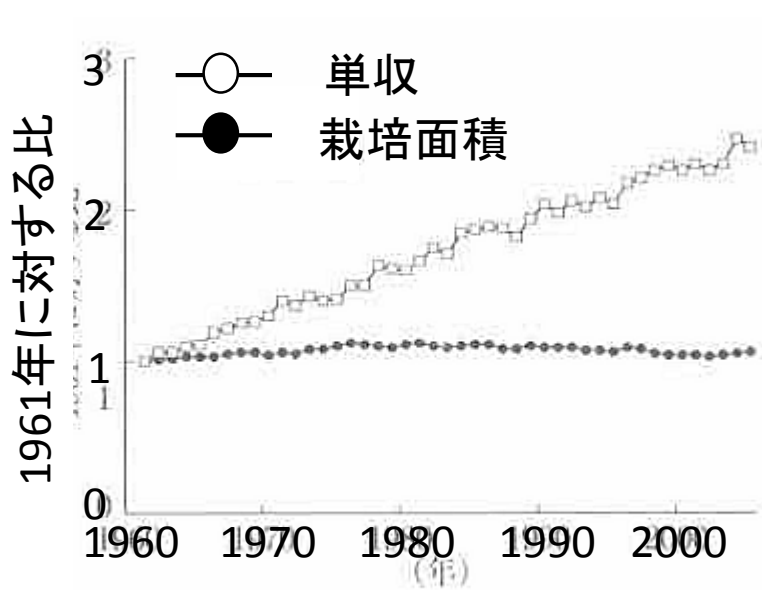


図 2.11(b) 一人当たり穀物消費量 (飼料用)

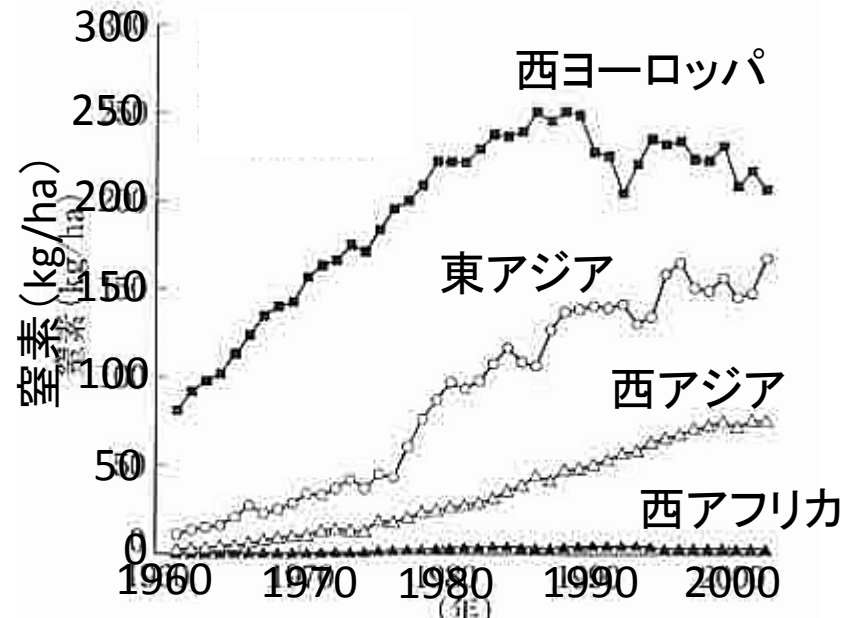
- 食用: 西洋と東洋で大きな差はない
- 飼料用: 西洋で多い ← 食習慣の違い

施肥(N)の効果



穀物栽培面積と単収

- 穀物単収は増えている
 - 窒素固定技術(ハーバー・ボッシュ法)、**施肥**の効果
- **施肥**: 先進国で多、発展途上国で増加中



栽培面積当たりの窒素(N)肥料投入量

世界の食用穀物需要量

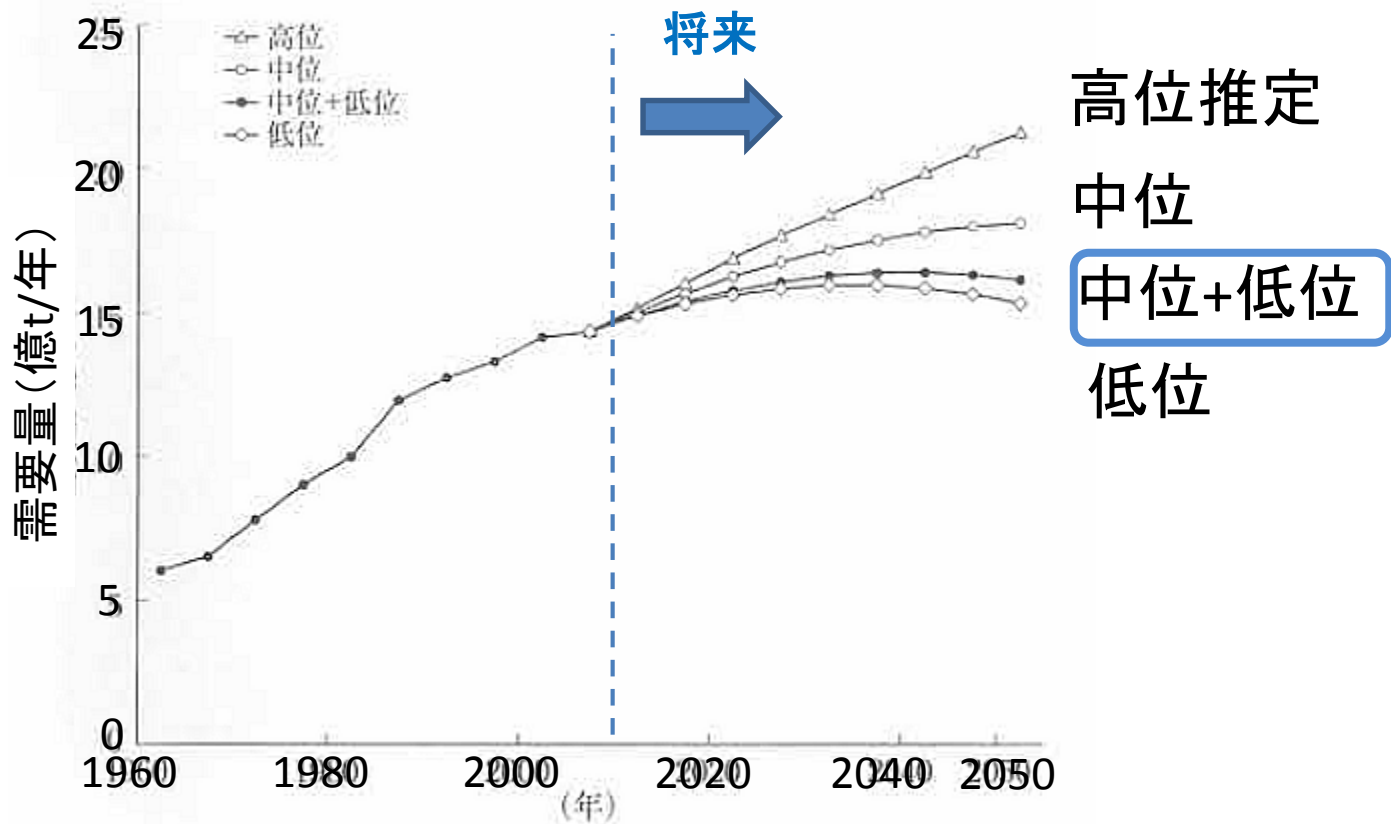
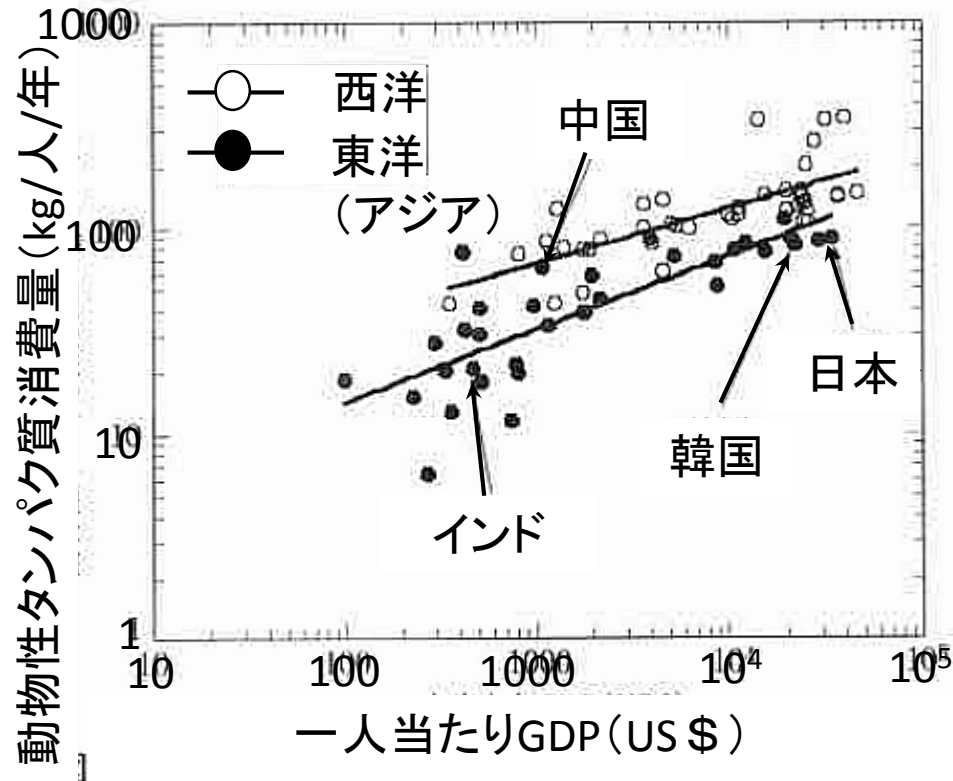


図 10.8 世界の食用穀物需要量

- 将来: 現在の1.1倍～1.4倍が必要

動物性タンパク質消費の増加



世界銀行 (2006年) とFAO (2005年) より作成。

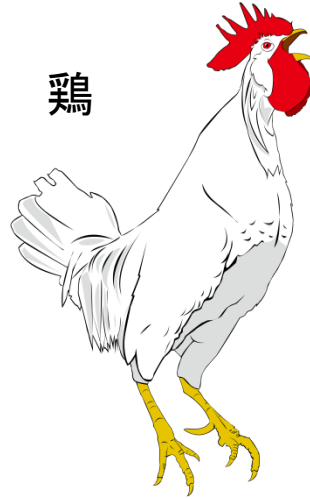
- 経済の発展 → 肉・魚の需要が増える
- 西洋 > 東洋 (アジア): 食習慣の違い

食肉1kgに必要な飼料穀物の量



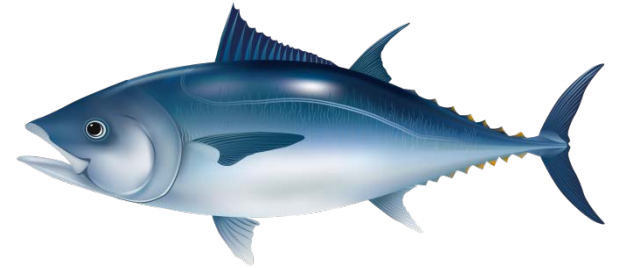
牛

8 kg



鶏

2.5 kg



魚

1 kg

穀物



トウモロコシ



麦



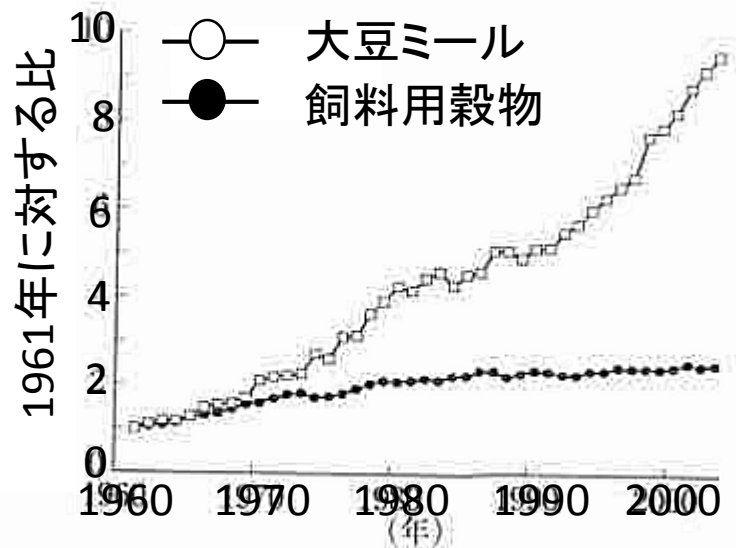
米



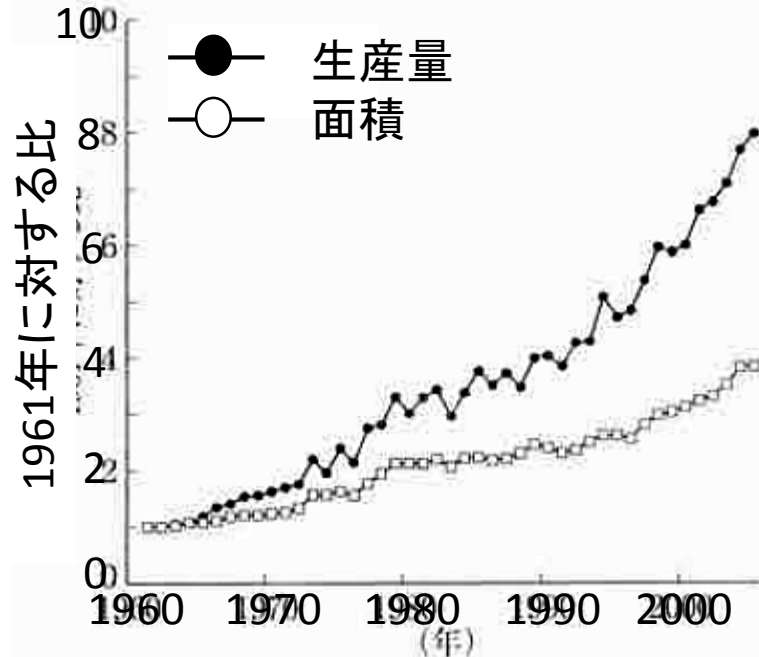
大豆

- 魚は自重を水が支えるので効率が良い

飼料用穀物と大豆の増加



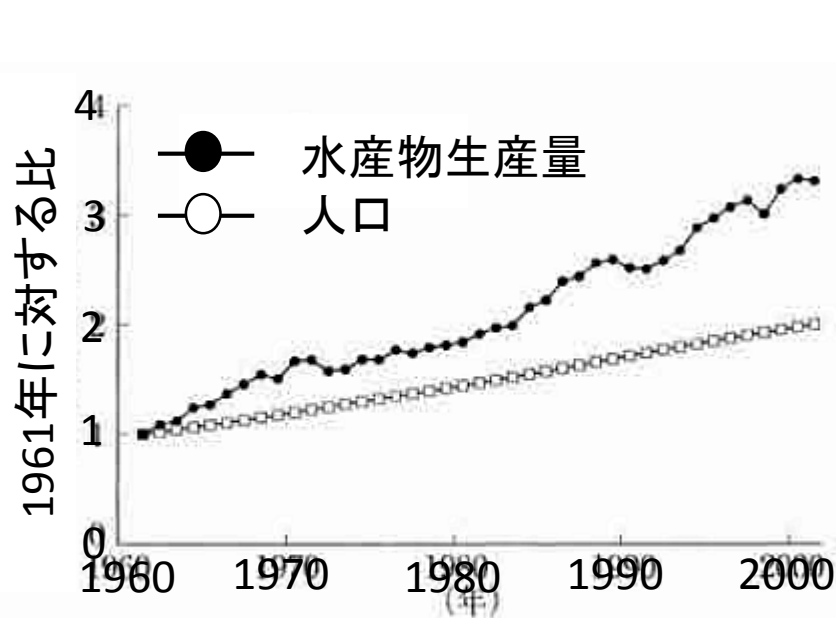
飼料用穀物と大豆ミールの消費量



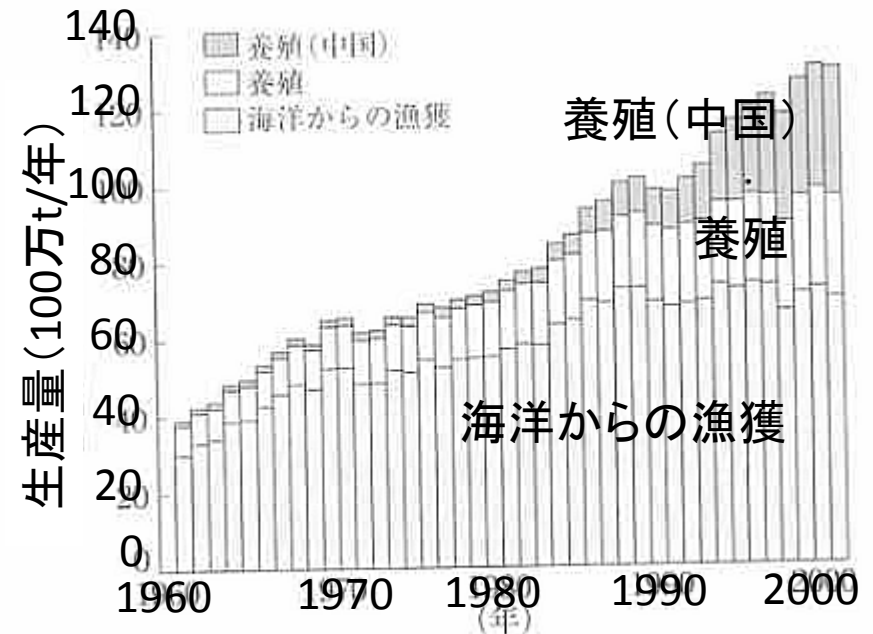
大豆の生産量と栽培面積

- 食肉需要の増加に対応
- 大豆(ミール: 搾油絞るかす)が増加

世界の水産物生産



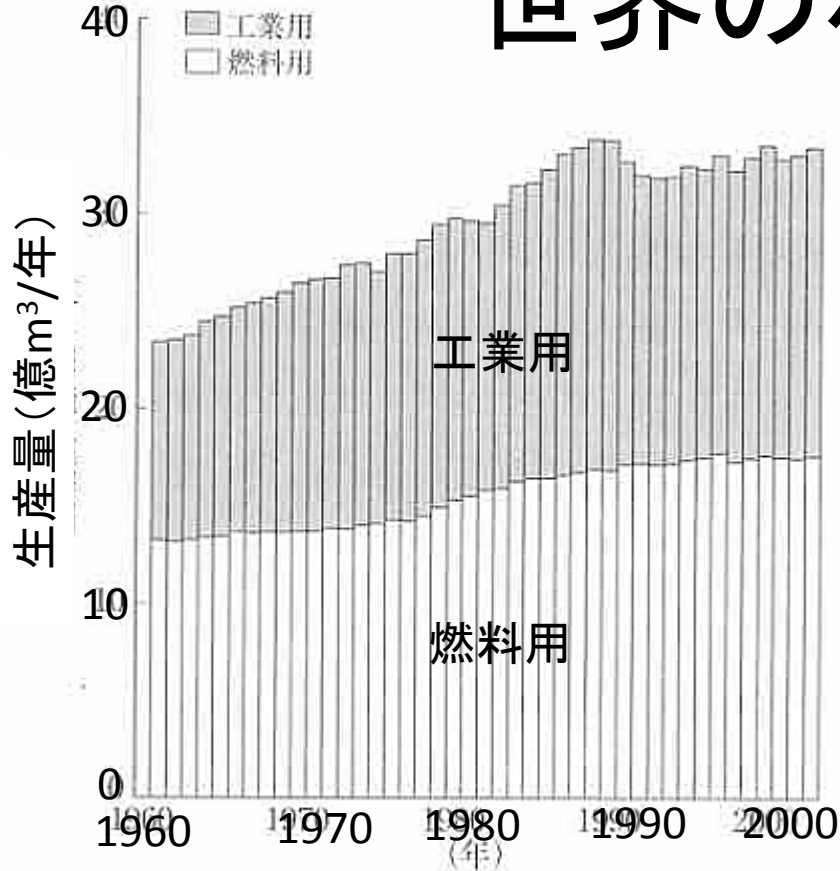
水産物生産量と人口の増加



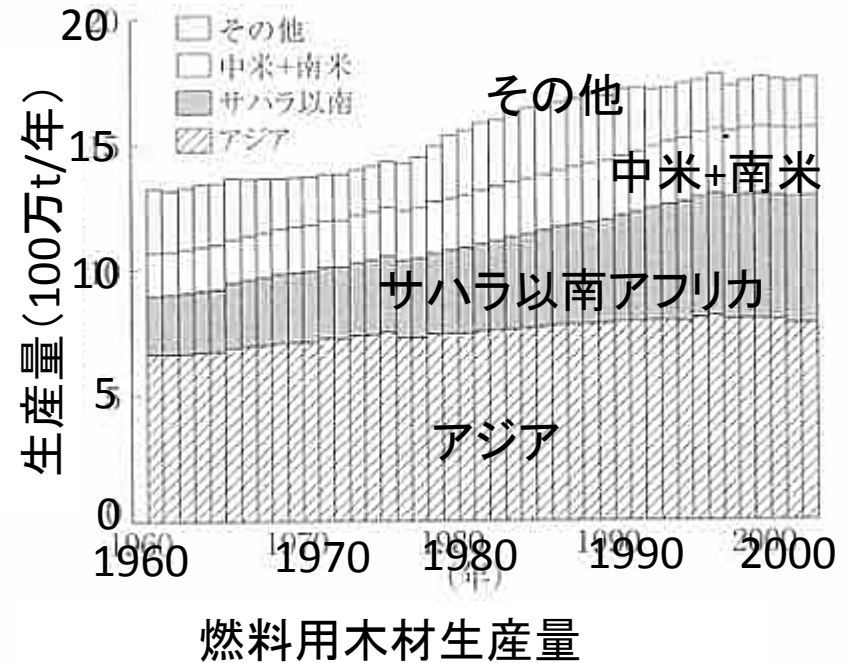
水産物生産量

- 人口増加に対応して増えている
- 漁獲量は頭打ち; 養殖(淡水)が増加

世界の林業生産



世界の木材生産量



燃料用木材生産量

- 生産量(≒需要量)は一定の増加
- 燃料用が半分を占めている(特に発展途上国)

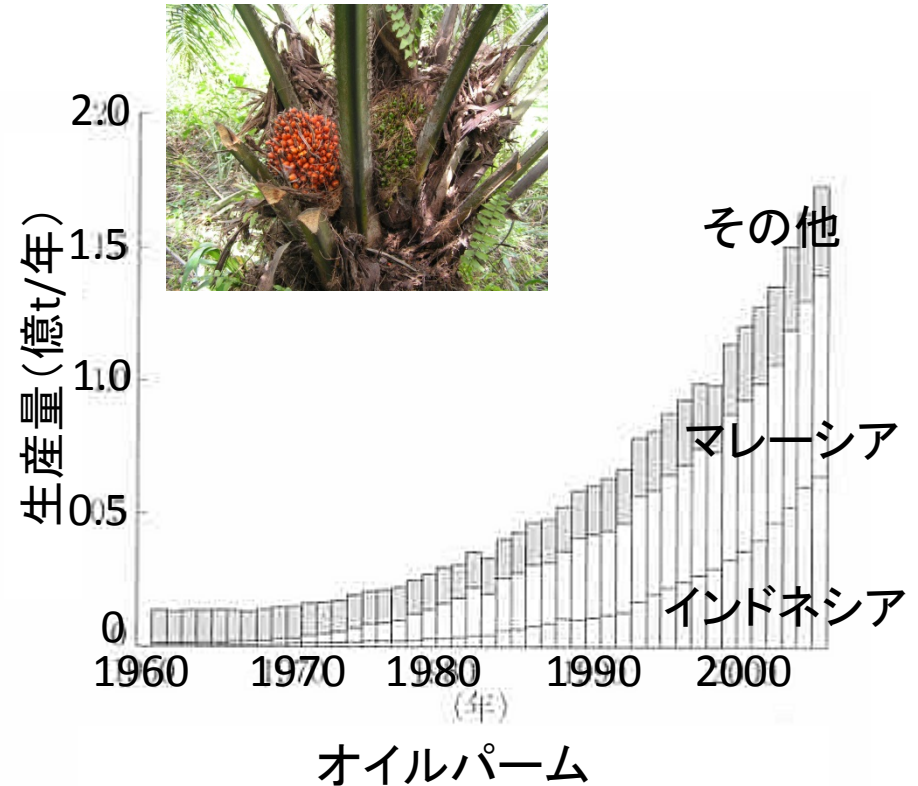
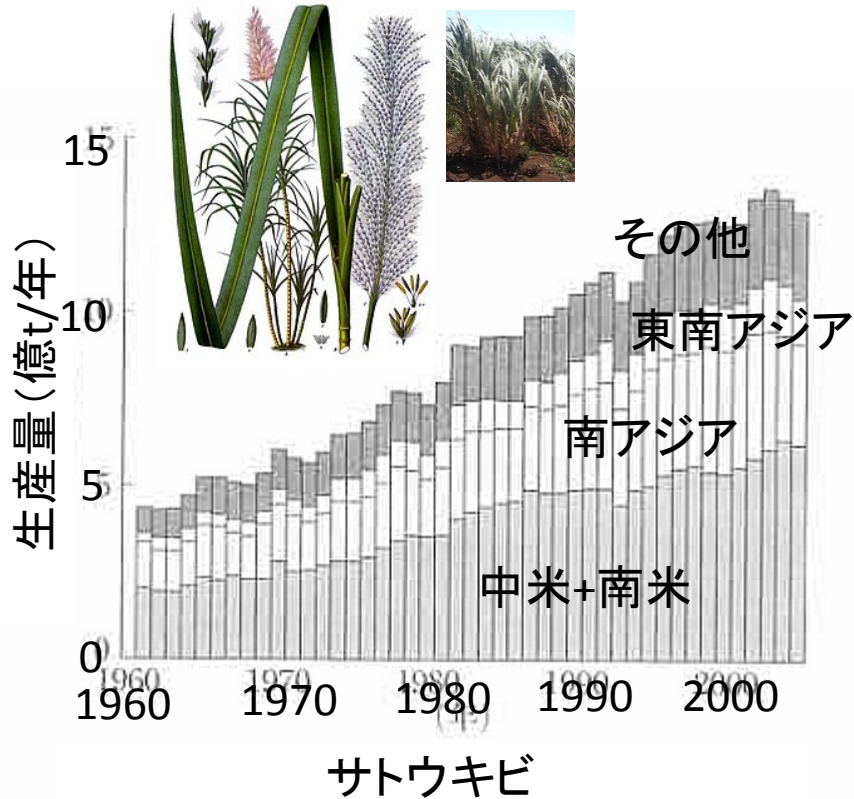
エネルギー作物

表 4.1 代表的なエネルギー作物とその効率

作物名	サトウキビ	キャッサバ	米	トウモロコシ	大豆	オイルパーム
生産国	ブラジル	タイ	日本	アメリカ	アメリカ	マレーシア
単収 (t/ha)	72.8	18.5	6.60	9.30	2.90	20.6
転換効率 (l/kg)	0.08	0.14	0.30	0.34	0.20	0.20
植物油, エタノール (kl/ha)	5.82	2.59	1.98	3.16	0.58	4.12
石油換算重量 (TOE/ha)	3.21	1.43	1.09	1.74	0.52	3.71



サトウキビとオイルパームの生産量



- サトウキビは一定の増加率

- オイルパームは急増

マレーシアのオイルパーム林



バイオマスエネルギーと原油の価格

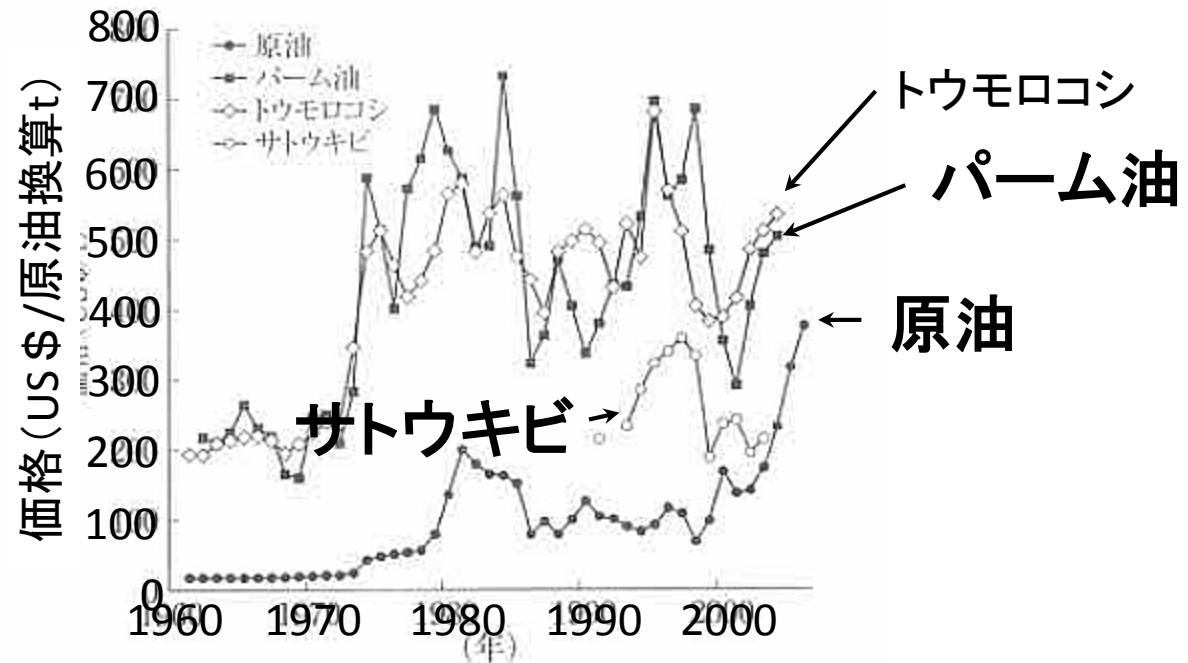


図 10.9 バイオマスエネルギーの原料価格と原油価格の比較

農産物輸出価格は輸出総額を輸出総量で除すことにより求めた。

- 石油価格以下の場合に需要が発生
- 現状ではサトウキビが対抗可能(バイオエタノール)

講義の内容

1. 農林業生産の基礎
 - 光合成と食物連鎖
 - 生産に必要なもの
2. 世界の農林水産業生産
 - 農業生産
 - 穀物と食肉
 - エネルギー作物
 - 水産業・林業生産
3. バイオマスのエネルギー利用

バイオマス資源の分類

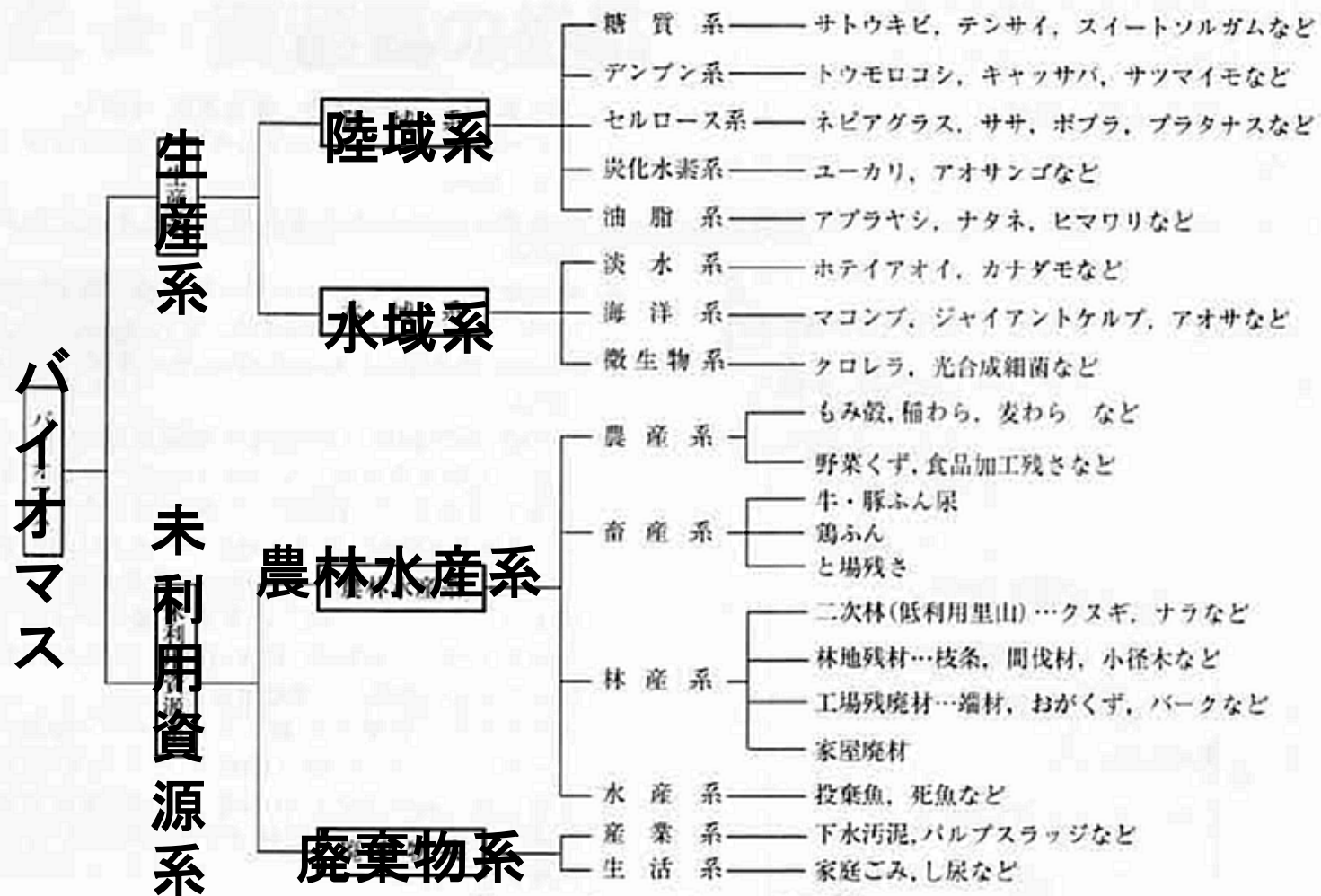


図 1-4 バイオマス資源の分類 ③⁵⁾

図の引用元:

小木知子(2009)バイオマスの定義と分類。(バイオマスハンドブック第2版, 日本エネルギー学会編, 523pp, オーム社, 東京). 2-6

バイオマスから得られるエネルギー

- 燃焼
 - ガス化
 - 固形燃料化
 - 液体燃料化
 - － エタノール
 - － ディーゼル
- 熱利用
発電利用

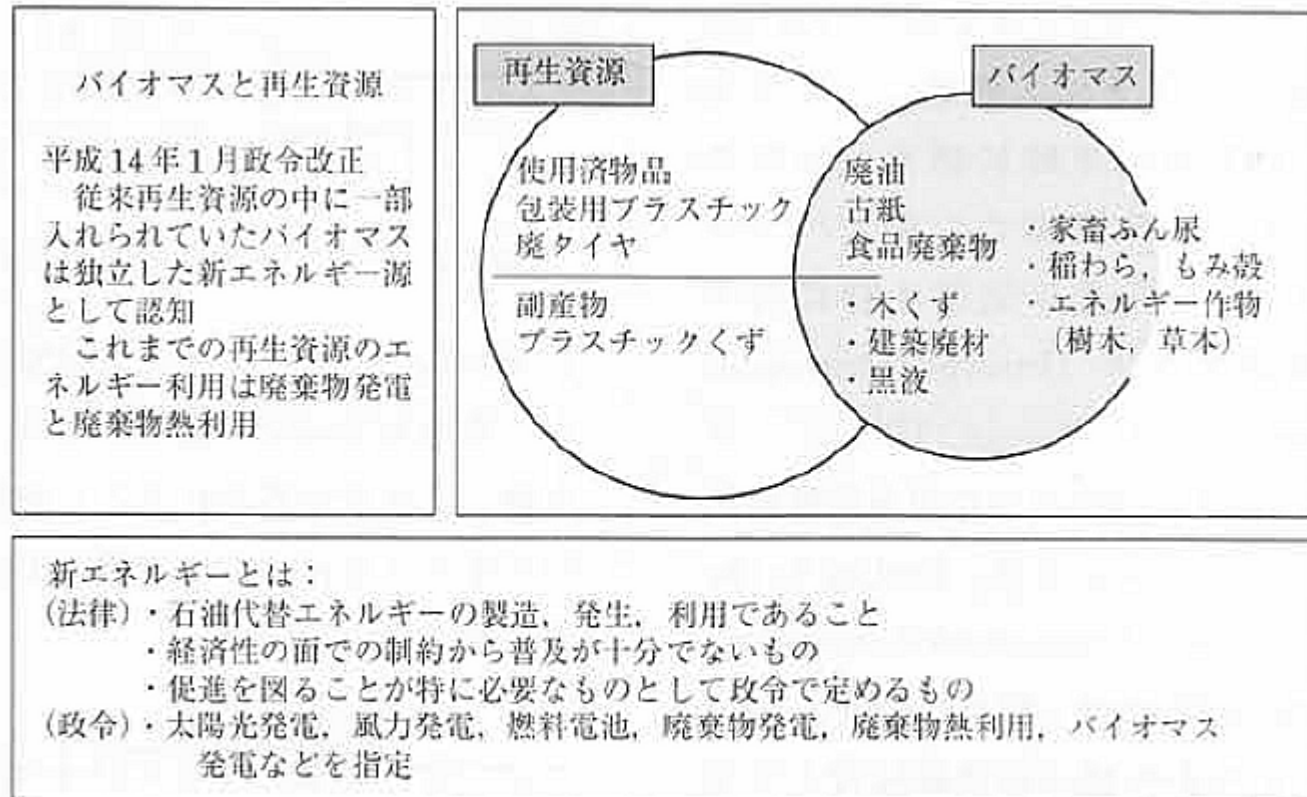


図1-1 新エネ法におけるバイオマスの位置づけ
(資料提供：経済産業省：資源エネルギー庁・新エネルギー対策課)

図の引用元：
 小木知子(2009)バイオマスの定義と分類。(バイオマスハンドブック第2版、日本エ
 ネルギー学会編、523pp、オーム社、東京)、2-6

エネルギー利用: 3つの条件

- 資源量
 - 食料や素材と競合しないためには、廃棄物系の資源量が必要量を満たすかどうか重要
- 価格
 - 化石燃料に対して競争力はあるか
- エネルギー効率
 - 得られるエネルギーが利用するまでに必要なエネルギーより多いか

資源量：木質バイオマスの可能性

- 廃棄物系バイオマスの中で、**木質系(林産バイオマス)**の潜在量は多い(河本・羽田, 2009)
- ただし人間が使用している全エネルギーに対する割合にすると多くはない
 - 日本(1999年)のエネルギー使用量: 23 EJ/年 (Yoshioka et al., 2005) [E (エクサ) = 10の18乗]
- Yoshioka et al. (2005)の推算では2050年に日本のエネルギーの2.8%を代替できる可能性
 - その他日本の現状は「バイオマス白書」に詳しい
- **木質系は多いがそれでも全エネルギーは賅えない**

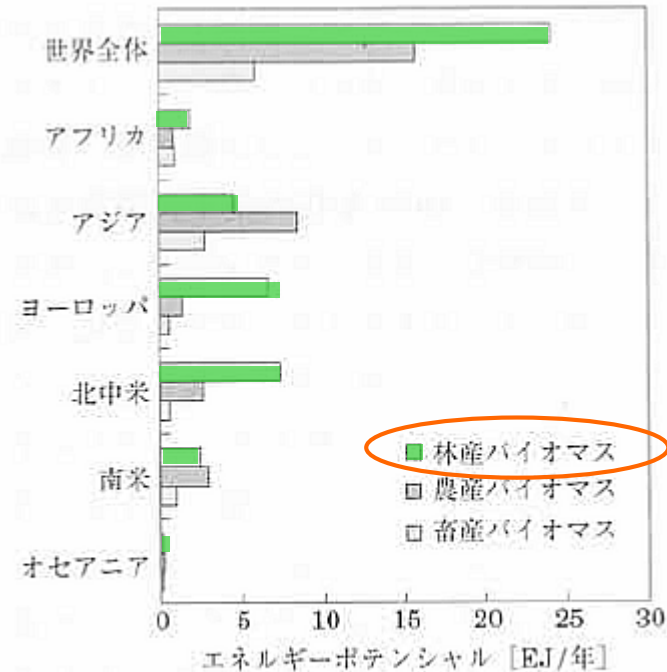


図2-4 廃棄物系バイオマスのエネルギーポテンシャル (地域種別)

(河本・羽田, 2009)

引用元:

河本桂一・羽田謙一郎(2009)資源量の推算。(バイオマスハンドブック第2版. 日本エネルギー学会編, 523pp, オーム社, 東京). 7-11.

Yoshioka T, Hirata S, Matsumura Y, and Sakanishi K (2005) Woody biomass resources and conversion in Japan: The current situation and projections to 2010 and 2050. Biomass and Bioenergy 29:336-346.

バイオマス産業社会ネットワーク(2015)バイオマス白書. バイオマス産業社会ネットワーク, オンライン, (<http://www.npobin.net/>).

バイオマスの5F

- Food (食料)
- Fiber (繊維・素材)
- Feed (飼料)
- Fertilizer (肥料)
- Fuel (燃料)

価格: 高

林業生産

用材・素材

用材

パルプ材

低

木質チップ
木質ペレット
薪

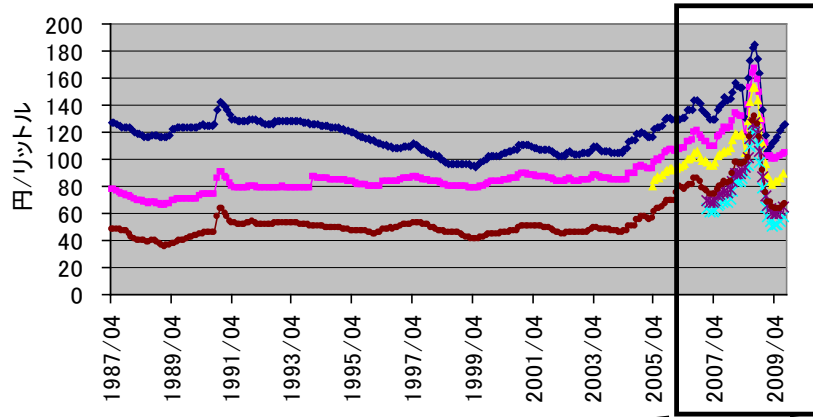
- 燃料は低質なものをつかうべき

用材生産に伴い発生する残材や端材を原料に作られる(べき)

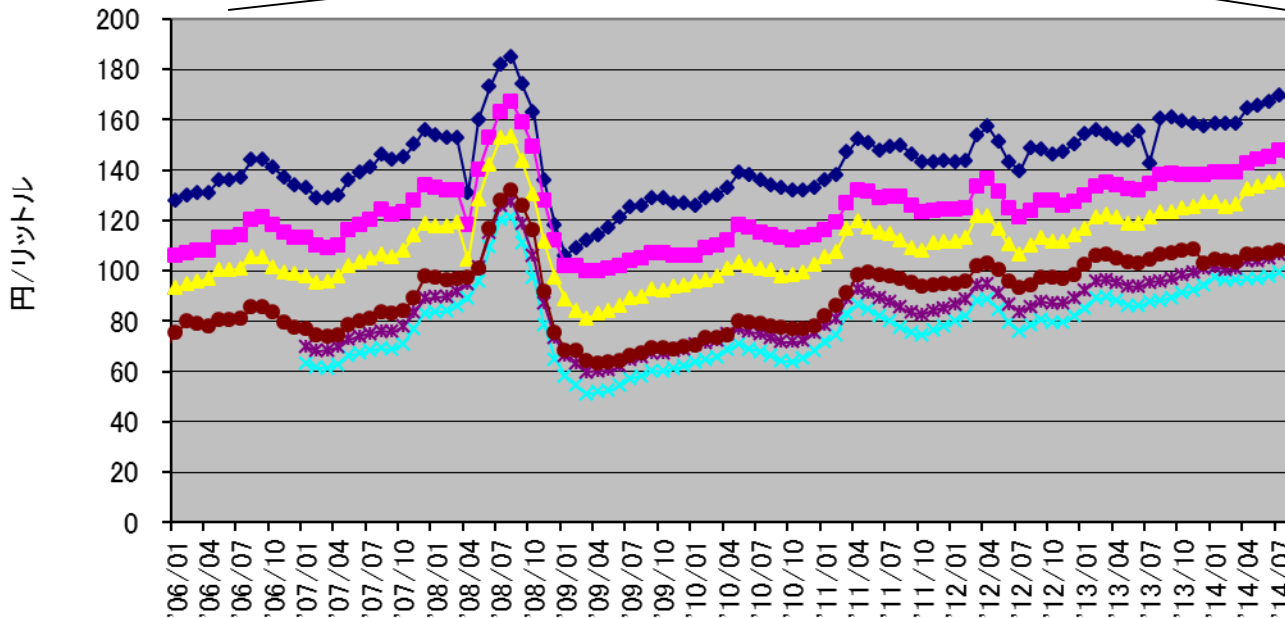
エネルギー利用: 3つの条件

- 資源量
 - 食料や素材と競合しないためには、廃棄物系の資源量が必要量を満たすかどうか重要
- 価格
 - 化石燃料に対して競争力はあるか
- エネルギー効率
 - 得られるエネルギーが利用するまでに必要なエネルギーより多いか

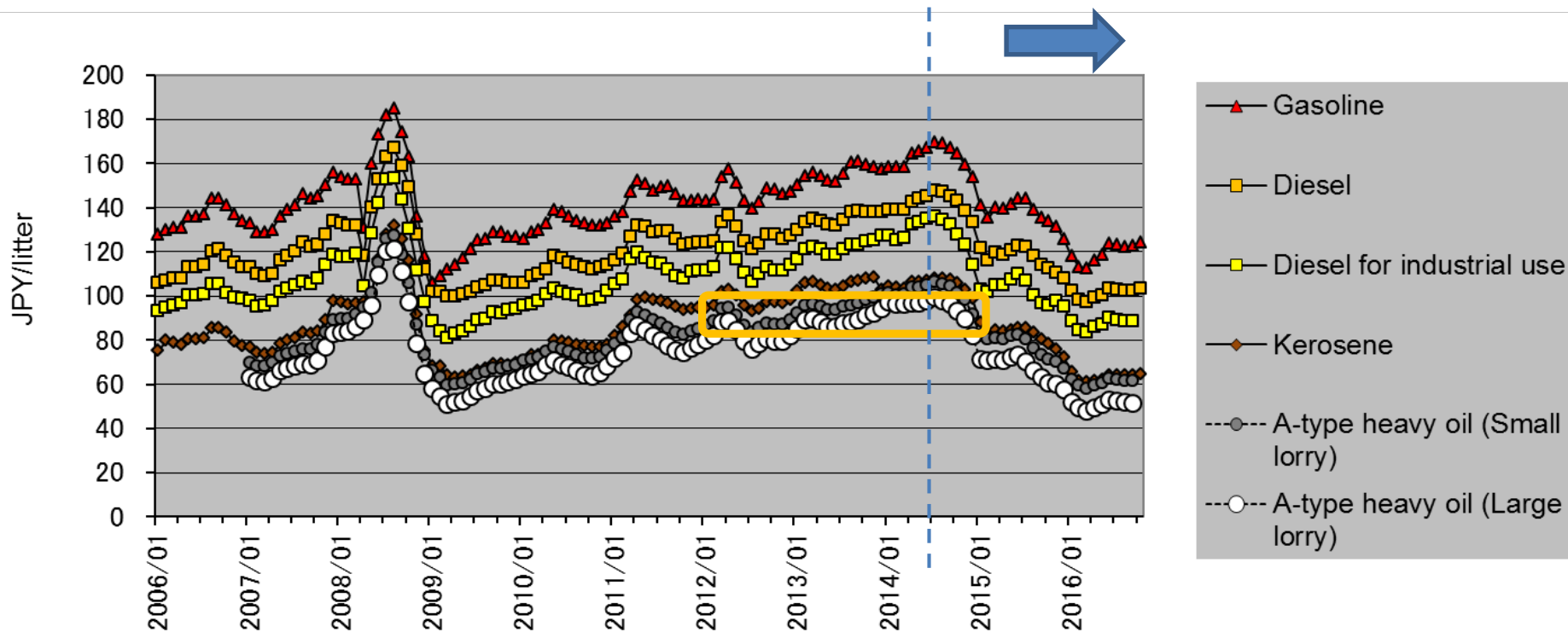
石油価格の動向



- 1999年頃から上昇傾向
- 2004年以降2007年までは次第に上昇率が増大
- 2008年に急騰、2008年末に急落→'09年初めに底を打った?

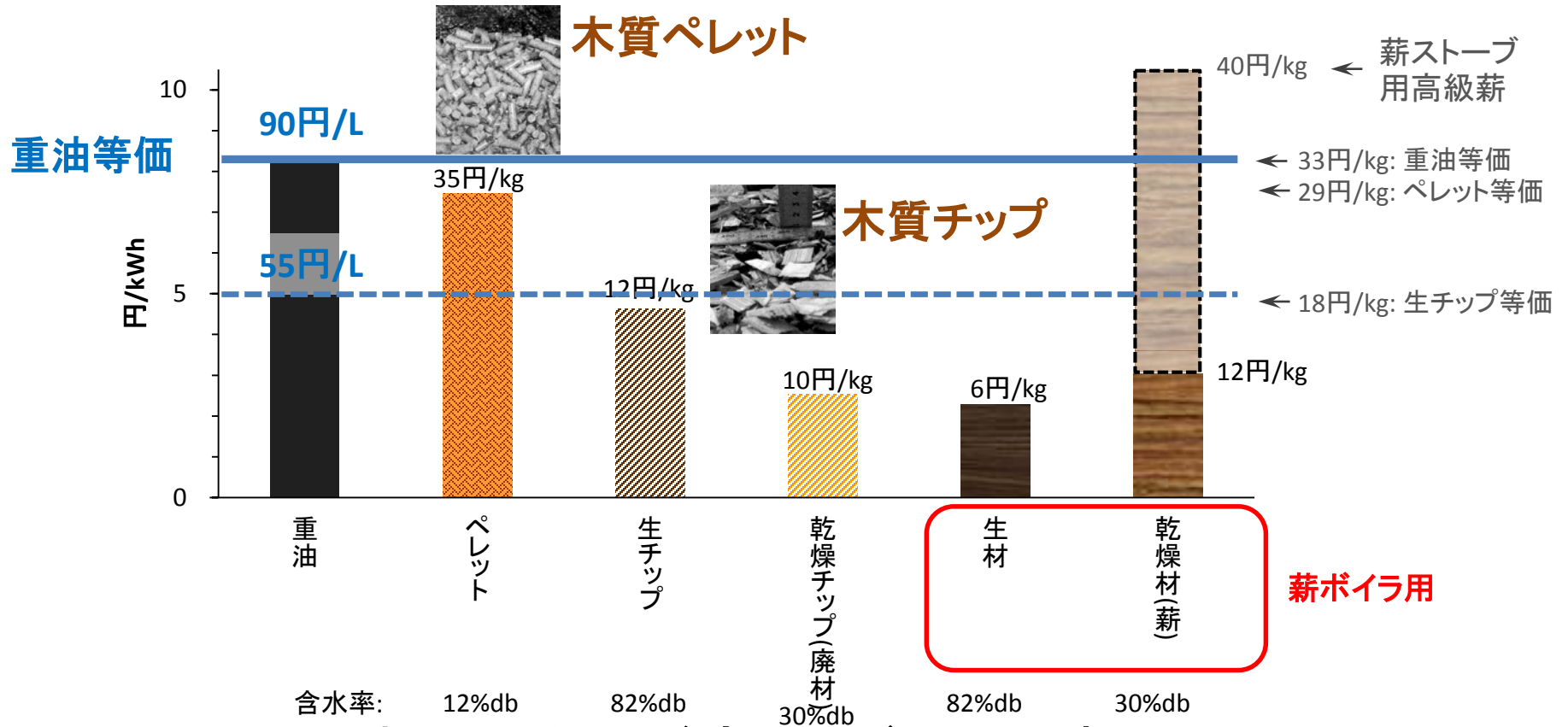


石油価格の動向(2014年7月以降)



- A重油(A-type Heavy Oil): 木質系燃料と競合
 - 平均価格: 90 円/L (2012-2014年)
 - 近年は 50-60 円/L まで下がっている

木質燃料のエネルギー単価



- ペレットは使いやすいが高価; ボイラは安価
- チップは安価; チップ用ボイラは高価
- 重油 90円/Lだとどれも競争力あり; 55円/Lだとチップか薪

写真の引用元) 鈴木保志 (2012) 森林資源の素材利用とエネルギー利用. 森林利用学会誌 27: 69~80.

図の引用元) 鈴木保志・高村香菜子・渡辺靖崇・森大記・吉田貴紘・北原文章・中山琢夫・後藤純一 (2014) 小規模分散型木質バイオマス燃料としての薪の生産供給システムと経費の検討. 森林利用学会誌 29: 157~163.

アメリカのバイオマス収穫作業

価格



木質チップとチップボイラ(真庭市)



宿毛の木質バイオマス発電とペレット製造



木質ペレットボイラ

佐川町民プール



仁淀川町 中津溪谷ゆの森

エネルギー利用: 3つの条件

- 資源量
 - 食料や素材と競合しないためには、廃棄物系の資源量が必要量を満たすかどうか重要
- 価格
 - 化石燃料に対して競争力はあるか
- エネルギー効率
 - 得られるエネルギーが利用するまでに必要なエネルギーより多いか

エネルギー効率とは

- 必要条件:

得られるエネルギー > 利用に必要なエネルギー

- 得られるエネルギー: 燃やした熱量、出力
- 必要なエネルギー: 燃料の収集・加工・運搬・燃焼

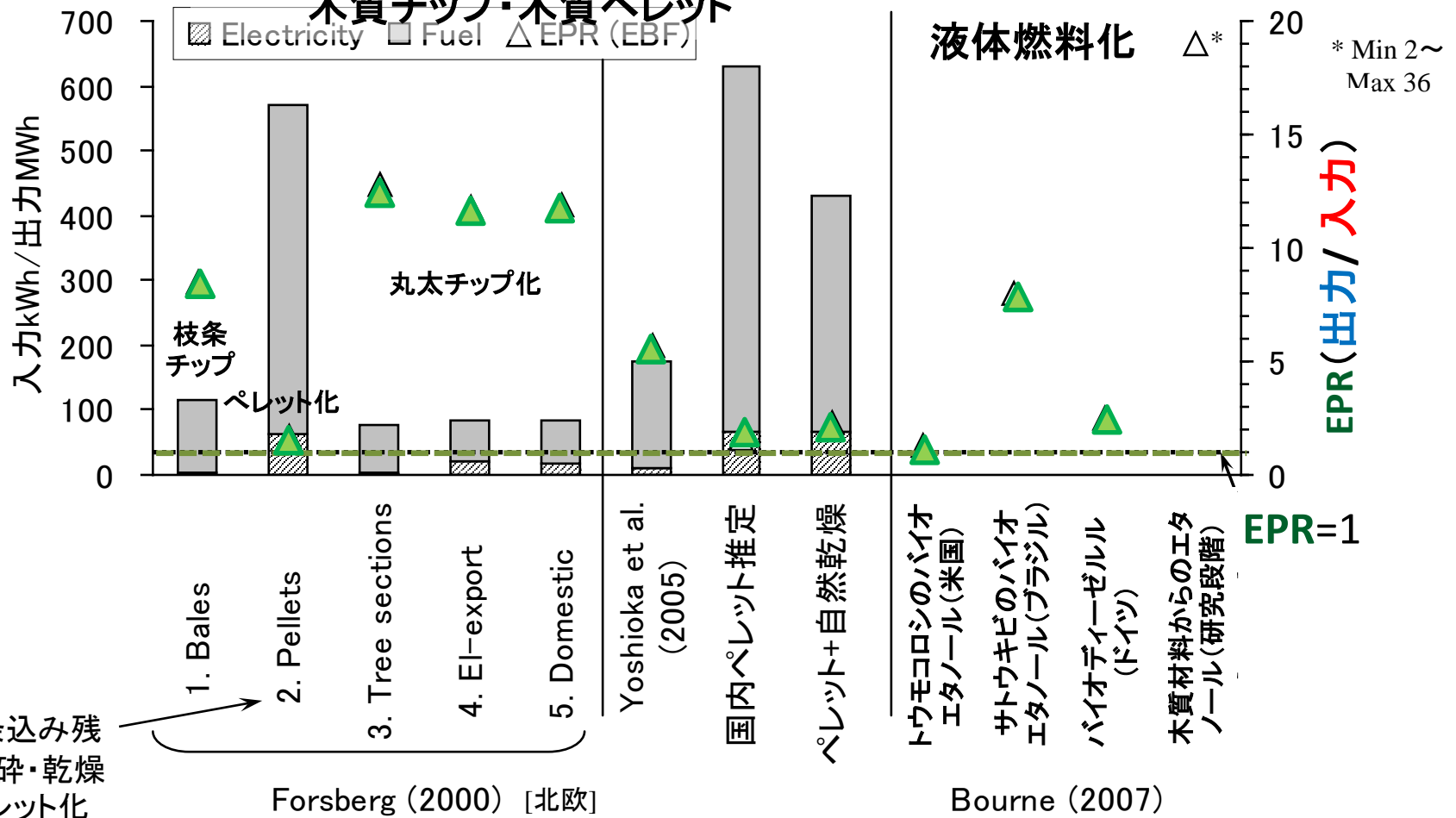
- EPR (Energy Profit Ratio)

$$EPR = \frac{\text{得られるエネルギー}}{\text{必要なエネルギー}}$$

- EPR > 1 とならなければならない

木質チップ・木質ペレットのエネルギー効率 (EPR)

木質チップ・木質ペレット



- 国内木質チップのEPR(Energy Profit Ratio) は5.7 (Yoshioka et al., 2005)
- ペレットは乾燥にエネルギーを使う (北欧の結果; Forsberg, 2000), EPR = 1.7
 - 自然乾燥すればEPR = 2.3程度が期待できる

燃料と発電のEPR

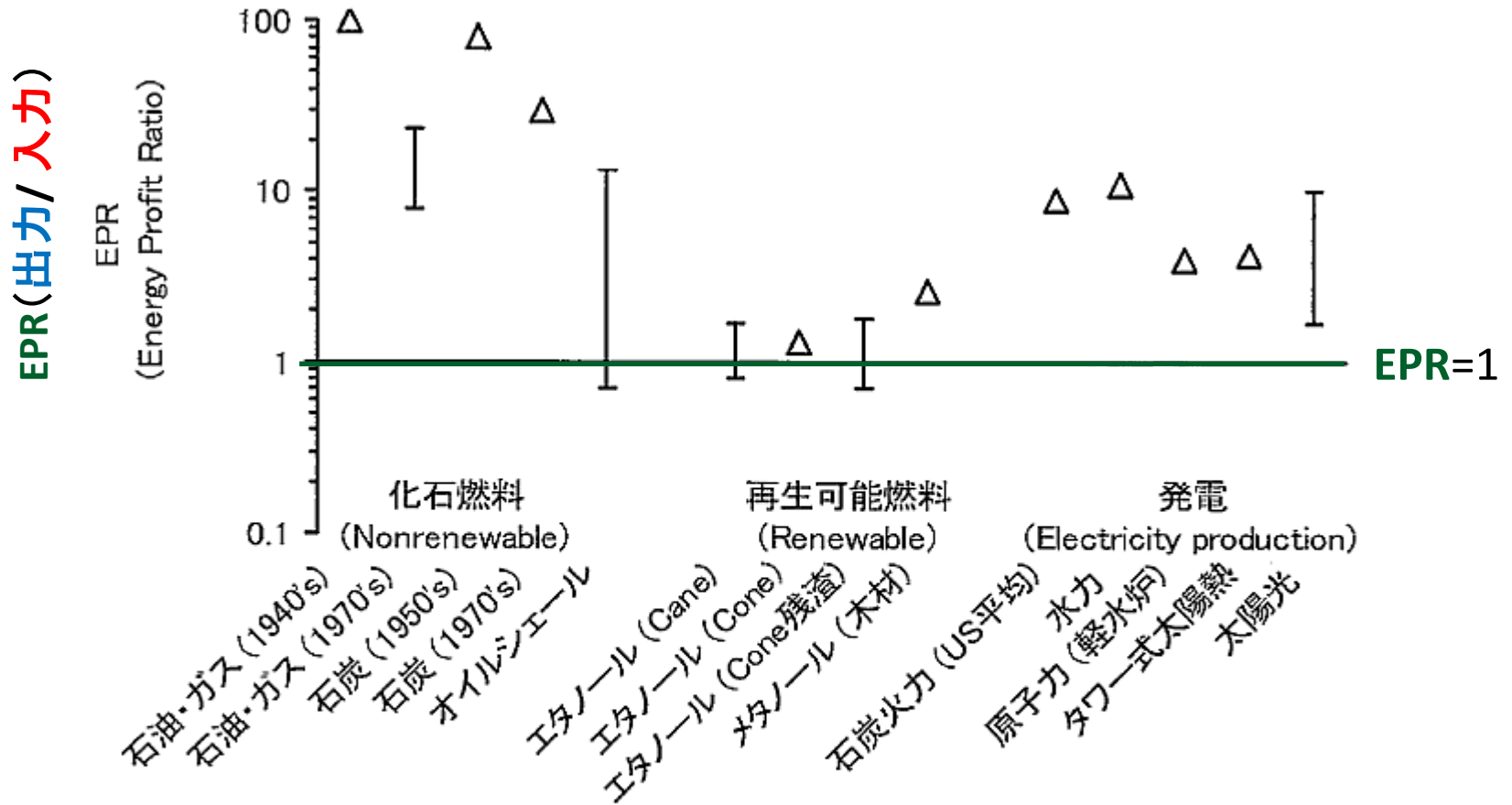


図-12 アメリカにおける燃料と将来技術のEPRの推定値

注) 文献 (3) のTable 1および文献 (6) のTable 2-2から抜粋。「石油・ガス (1940's)」は100.0超。「石油・ガス」, 「石炭」とともに採掘地での値。

講義の内容

1. 農林業生産の基礎
 - 光合成と食物連鎖
 - 生産に必要なもの
2. 世界の農林水産業生産
 - 農業生産
 - 穀物と食肉
 - エネルギー作物
 - 水産業・林業生産
3. バイオマスのエネルギー利用

これからの
▪ 地球環境保全
▪ 人類を養う
ために何をす
るべきか？