

2022年4月15日(金) 13:15-14:45

国際農業工学

— 農業環境情報工学編(1) —

東京大学

大学院農学生命科学研究科

農学国際専攻 国際情報農学研究室

荒木 徹也

農業環境情報工学に含まれるキーワード

- (1)生物生産システム、(2)生物生産機械、(3)施設園芸・植物工場、
(4)生物環境調節、(5)バイオプロセッシング、(6)農業生産環境、
(7)農業気象・微気象、(8)気象災害、(9)地球環境・温暖化影響、
(10)環境改善・緑化、(11)再生可能エネルギー、(12)農作業技術管理、
(13)農業労働科学、(14)ポストハーベスト工学、(15)流通管理
- (16)生体計測、(17)細胞計測、(18)非破壊計測、(19)画像計測、
(20)環境ストレス応答、(21)バイオセンシング、
(22)画像情報処理・画像認識、(23)アグリバイオインフォマティクス、
(24)リモートセンシング、(25)地理情報システム、
(26)モデリング・シミュレーション、(27)コンピュータネットワーク・ICT、
(28)農業ロボティクス、(29)精密農業、(30)生物環境情報、(31)農業情報、
(32)農作業情報

国際農業工学の講義（荒木担当回）
で何を学ぶのか①

食料流通インフラを支える
科学技術の基礎を学ぶ。

食料流通を支える基礎科学・工学

基礎科学：食品科学、生化学、物理化学、熱力学、
移動現象論、etc

工学：化学工学、伝熱工学、冷凍工学、乾燥工学、etc

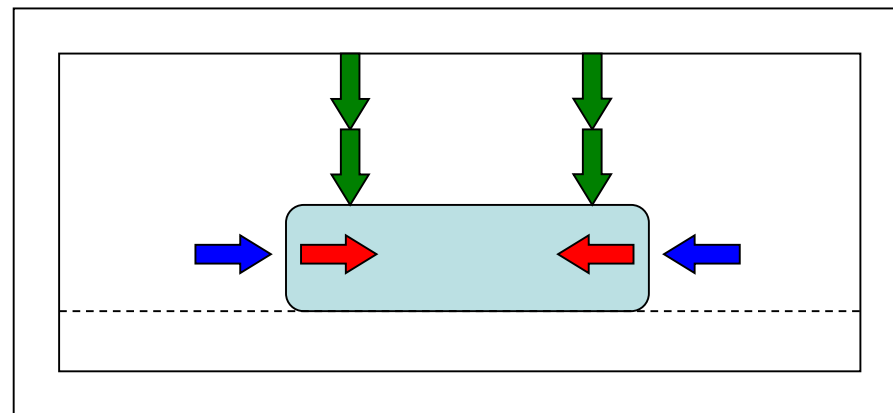
- それぞれの学問が全15回講義しなければいけないほど分厚い内容。
- 本講義では、これらの学問の基礎と応用のごく一部を、食料流通との関連に焦点を絞って紹介。

食料流通と化学工学

- 食品の製造・加工に用いられるプロセスは、**単位操作 (unit operation)** が複数組み合わせられて構成される。
- **化学工学** は **移動現象論** と **反応速度論** を基礎としており、単位操作の定量的把握を通して食品製造・加工装置の適正なサイズや操作条件を決定するために広く用いられている。

食料流通と伝熱工学

- 加熱や冷却などの「熱」の出入り(伝熱)は、最終製品としての食品の品質を決める重要な単位操作。
- 伝熱の形式は「伝導」「対流」「放射(輻射)」の3種類。



食料流通と冷凍工学

- 低温流通は**冷凍機**なくして成立しない。
- 冷凍機の原理について後日の講義で詳説。
- 冷凍機の性能は**COP (= Coefficient of Performance)**という指標で評価。
- **ヒートポンプ**についても解説。
- 冷凍機の**冷媒**として過去に用いられていたフロンガスは現在では使用禁止であり、自然冷媒を含む代替冷媒の開発が今後の課題。

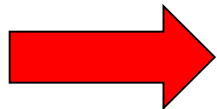
食料流通と乾燥工学

- 食品には水分が多く含まれるが、これを乾燥により除去することで長期保存が可能になる。
- いろいろな乾燥食品がある。フリーズドライ食品もその一つ。
- 食品乾燥のメカニズム(乾燥特性曲線)や食品の水分活性などについて、後日の講義で解説する。

国際農業工学の講義(荒木担当回)

で何を学ぶのか②

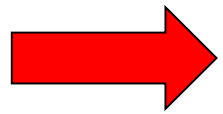
- 食品および原料の物理的、化学的および生化学的特性を理解したうえで、意図した食品を**実用レベルで、かつ社会の要請に応じて**つくるために必要となる、工学の考え方や知識を学ぶ。
- **工業製品とは異なる食品特有の因子**(安全性、衛生状態、栄養価、風味など)について学ぶ。



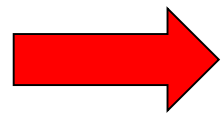
食品の品質を評価することが必要

食品の品質評価

- 物理化学的パラメータの測定による評価
- 実際に食べてみて評価する(食味官能評価)
- 安全性の評価(微生物、放射性物質等)



高品質なものほど値段が高い、というのが自然だが、人間による品質の評価は外からの情報や個人の嗜好によって左右される面もあるため、必ずしもそのようになっていない場合もある。



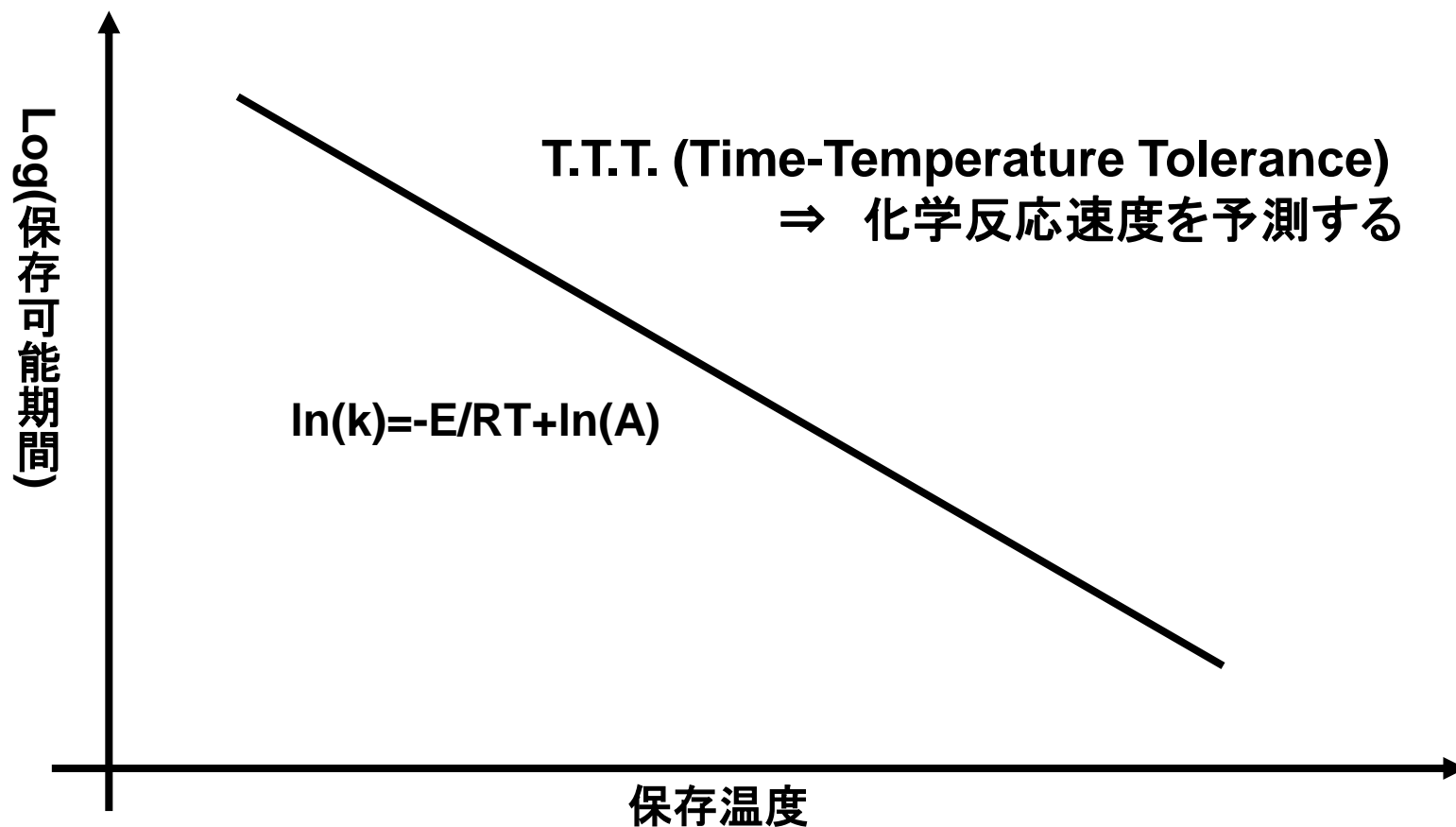
できるだけ客観的なエビデンスが必要

消費期限と賞味期限

- 消費期限：品質が劣化しやすく、製造日を含めておおむね5日以内で品質が急速に劣化する食品に表示する期限表示（例：弁当、調理パン、惣菜、生菓子類、食肉、生麺類など）
- 賞味期限：定められた方法により保存した場合において、期待されるすべての品質の保持が十分に可能であると認められる期限（年月日で表示）
- 賞味期限は誰がどう決めているのか？

アレニウス式による保存可能期間の推定

- 縦軸に保存可能期間の対数、横軸に温度をとると、両者の関係は直線で表される。



国際農業工学の講義（荒木担当回） で何を学ぶのか③

- 「いかに無駄なく消費者の食卓に届けるか」
について学ぶ。
- 十分な収穫量を前提とする実践的学問
(収穫後の諸々のプロセスを対象とする)

食料流通に関する諸課題

- 日本は世界一の農水産物の輸入を行っているのに、大量の食べ物を廃棄している。
- 政府も食料自給率の低下に危機感を持ちながら、減反政策を維持し続けている。
- 食と農の未来や安全性に強い不安を持ちながら、輸入食材を多く用いるファストフードや簡便食に依存し飽食状態から脱しきれないでいる。
- 自然回帰や環境保全に対する関心が高まりながら、農業や農村生活からの離脱が後を絶たない。

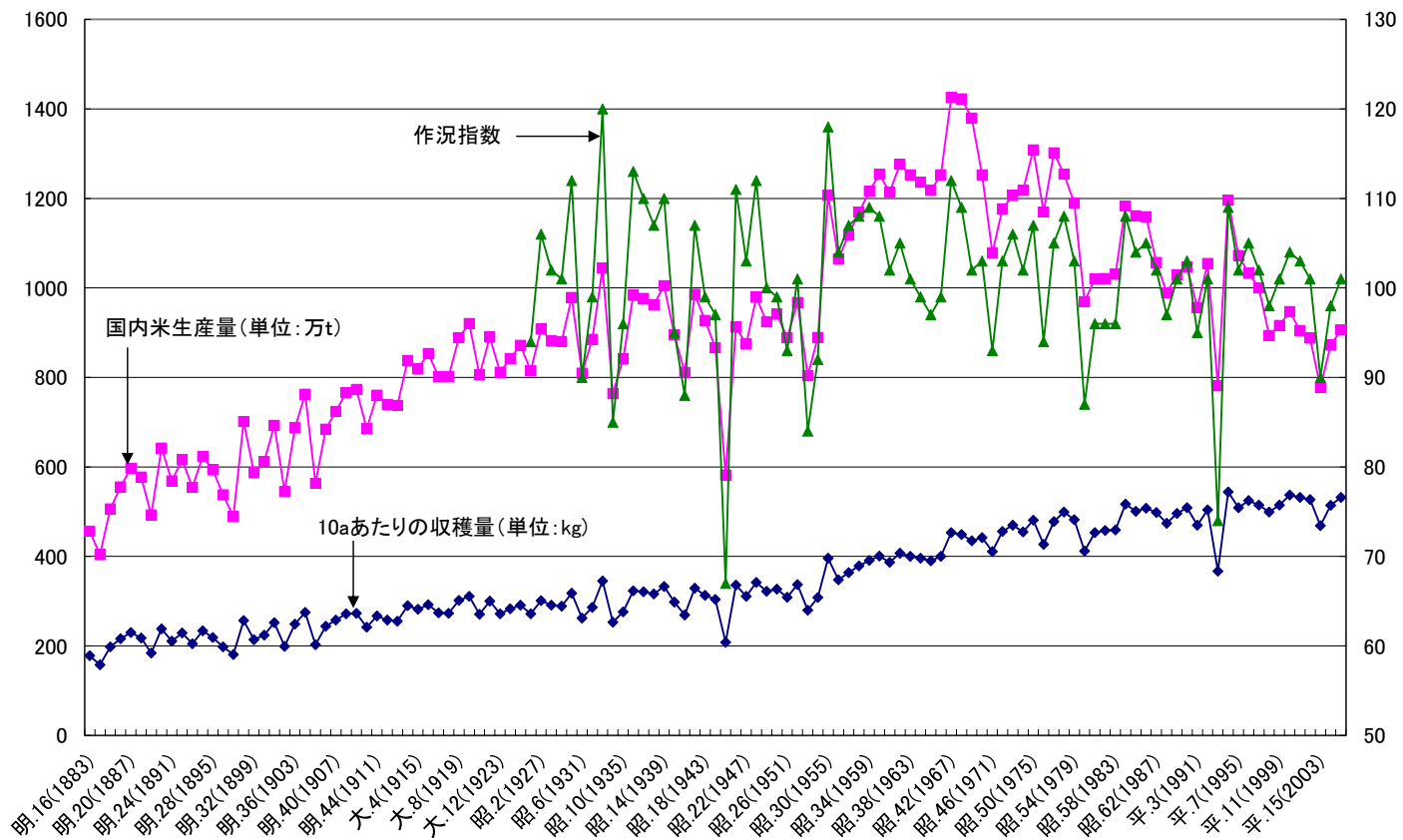
いかに無駄なく消費者の食卓に届けるか

- 収穫後ロスの削減(コールドチェーン技術など)
- 食品ロスの削減(フードバンクなど)
- 収穫後プロセスのエネルギー変換効率の向上
- 収穫後プロセスに伴う環境負荷の低減
- 食の安全が損なわれる事態への対応(ポストハーベスト農薬、産地偽装問題など)
- 食の流通にかかわる多数のアクター間の合意形成

「無駄」の発見が、解決すべき問題の発見。

農業機械と食料流通に関する話題 ～コメ流通の国際比較～

日本の米生産量の長期推移



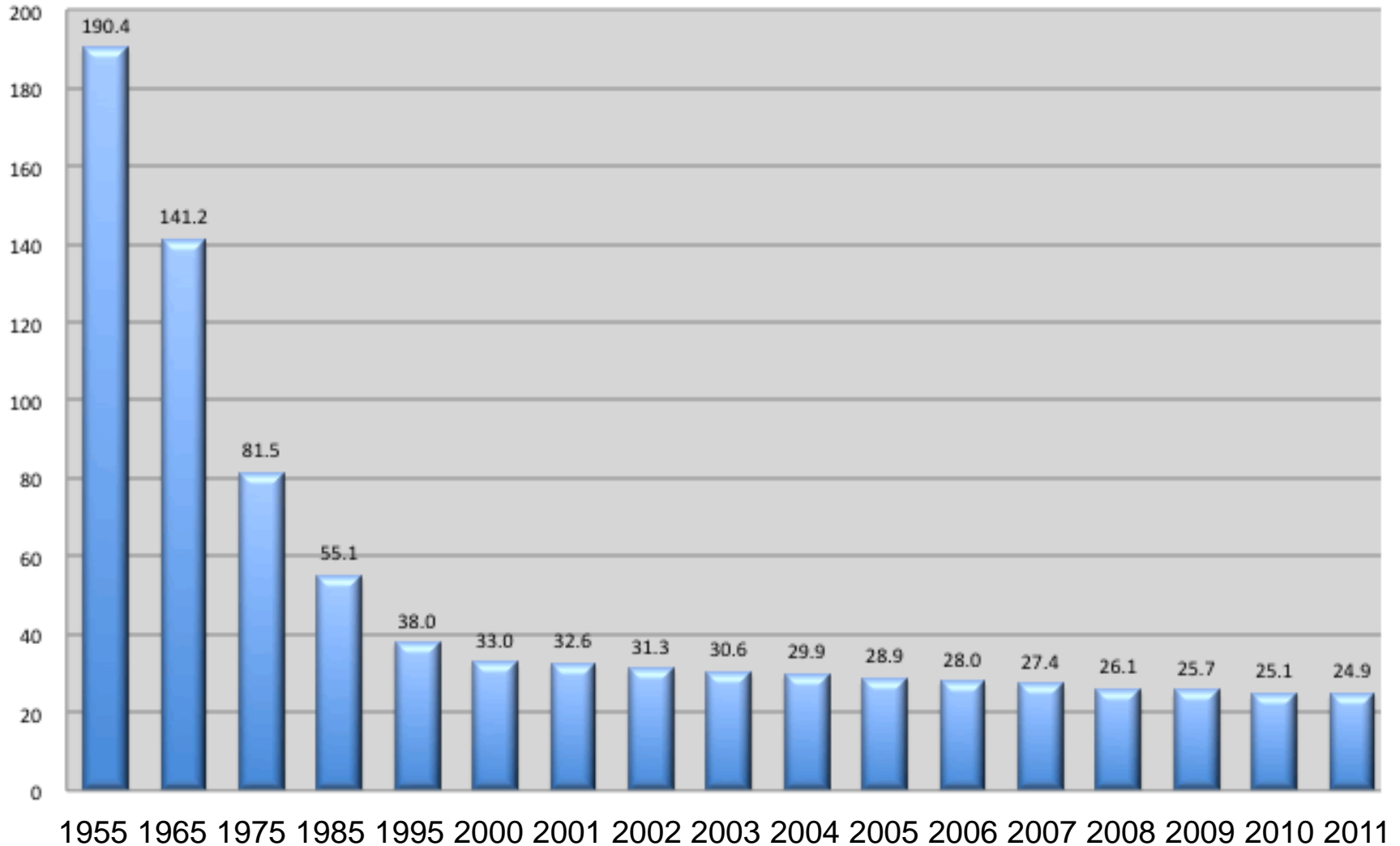
農業機械化によるコメ労働生産性の向上 (稲作:10a当たりの作業時間と収量の変遷)

10m
100m 10a

項目	昔	備考	今	備考
稲作労働時間	290時間	明治時代	35時間	
	240時間	大正時代		
	220時間	昭和初期		
耕うん時間	20時間	人力	2~2.5時間	耕うん機 (昭和30年代~)
	3~8時間	牛・馬	20分	大型トラクタ (50馬力)
除草作業時間	51時間	戦後初期	2時間	除草剤の利用
田植え時間	30~35時間	明治時代	15分	田植え機
稲刈り時間	44時間	鎌を使用	1.5時間	刈取機(3条刈り)
			6時間/ha	4条刈りコンバイン
収量	100kg	奈良時代	510kg	現在
	200kg	明治20年		
	300kg	大正時代		

コメ労働生産性の長期推移

Hours per 10a paddy field



粳と玄米(写真)



日本独自の玄米流通とその社会的意義

- 日本では、農民が粳摺りして玄米を商品として販売する。また、粳倉庫ではなく玄米倉庫、精米所では粳からの一貫粳摺・精米ではなく、玄米から精米する。
- 諸外国では、粳摺りを精米所が行う。
- 一見すると些細に思われるこの相違が、農民の社会的地位・技術的進歩・近代産業発展にも重大な影響を与える要素となったと考えられる。



図12 日本と外国の米作
農民の収穫後作業の比較



粃流通と玄米流通：「純」技術的な見方

1. 玄米の場合には包装して輸送・貯蔵する必要があるため、その**容器の経費・更新の手間・容器による汚染・包装開袋の手間**がかかる。
2. 玄米は粃よりも貯蔵害虫・鳥鼠害・湿害・汚染などを受けやすく、**いったん被害を受けると被害甚大**で回復できない。
3. 玄米は呼吸熱発散のため隙間を空けて袋を堆積する必要があるから貯蔵の際には必ずしも体積半分にはならない。しかも**玄米倉庫は粃倉庫よりも建設単価は高く、粃貯蔵よりも安くなる**とは限らない。
4. **玄米貯蔵は品質劣化が早く長期保存に不利である。**



「純」技術的には玄米流通の利点は乏しい

農民が粃摺りを行うことの意義①

1. 玄米は粃よりも品質評価が容易かつ客観的にされるため、売買に際して農民が不利となることが少ない。
2. 品質相応の評価を得られるので農民に米の品質改善の誘因を与える。
3. 米の品質には収穫後処理が強い関連をもち、機械・器具の使用が有利であるためその使用・製造の改良普及が進み、それは農民の計数的・工学的知識を向上させ、その他の農産加工をも促進させ、さらに農村小工業を推進。

作物栽培過程（＝自然的過程）では…

田畑の耕耘を例にとると

- A 人力で鍬を使って耕起する
- B 畜力を使って犁で耕す
- C トラクタで耕す

どの場合でも、結果はほぼ同じ（ $A \approx B \approx C$ ）

労働の効率はまるで異なるが、その効果についてはほとんど変わらない

収穫後処理過程（＝人為的過程）では…

籾摺り過程を例にとると

- A 搗き臼で籾を搗いて籾摺りをする ⇒ 砕米だらけの玄米
- B 土臼を使って籾摺りをする ⇒ 半分くらい砕米になった玄米
- C ゴムロール式籾摺機で籾摺りをする ⇒ 砕米なしの玄米

どんな道具を使うかによって、結果はまるでちがう（ $A \neq B \neq C$ ）

労働の効率が異なるだけでなく、製品の品質がまるでちがってくる

図13 収穫前（栽培）過程と収穫後過程での用具の意味の相違

農民の知的向上と技術的訓練

- 江戸時代に寺子屋教育が広まり、18世紀以降には読み・書き・そろばんが人口の数割に普及した。それはなぜか？
- なぜ多くの人々が教育を得ようとしたのか？
- 農民が生活において知識を必要とする場面が多かった（例：小作人が地主に、地主が領主に年貢を納めるには、玄米の中米・下米は上米のいくりに相当し、年貢を満たすにはそのどれだけが要されるかという計算などをする必要があったものと想定される）。



農民が粃摺りを行うことの意義②

4. 機械・器具にはその最低の経済的規模がありそれは日本の零細な農家経営規模を超えていることが多く、したがって共同作業となり協業の規律と協力の慣習とを強化した。さらに、玄米の品質に応じた価格・比率で上納・販売するために団結し領主・地主・商人・政府と交渉することができた。

 戦後ただちに全国的に農協が結成された

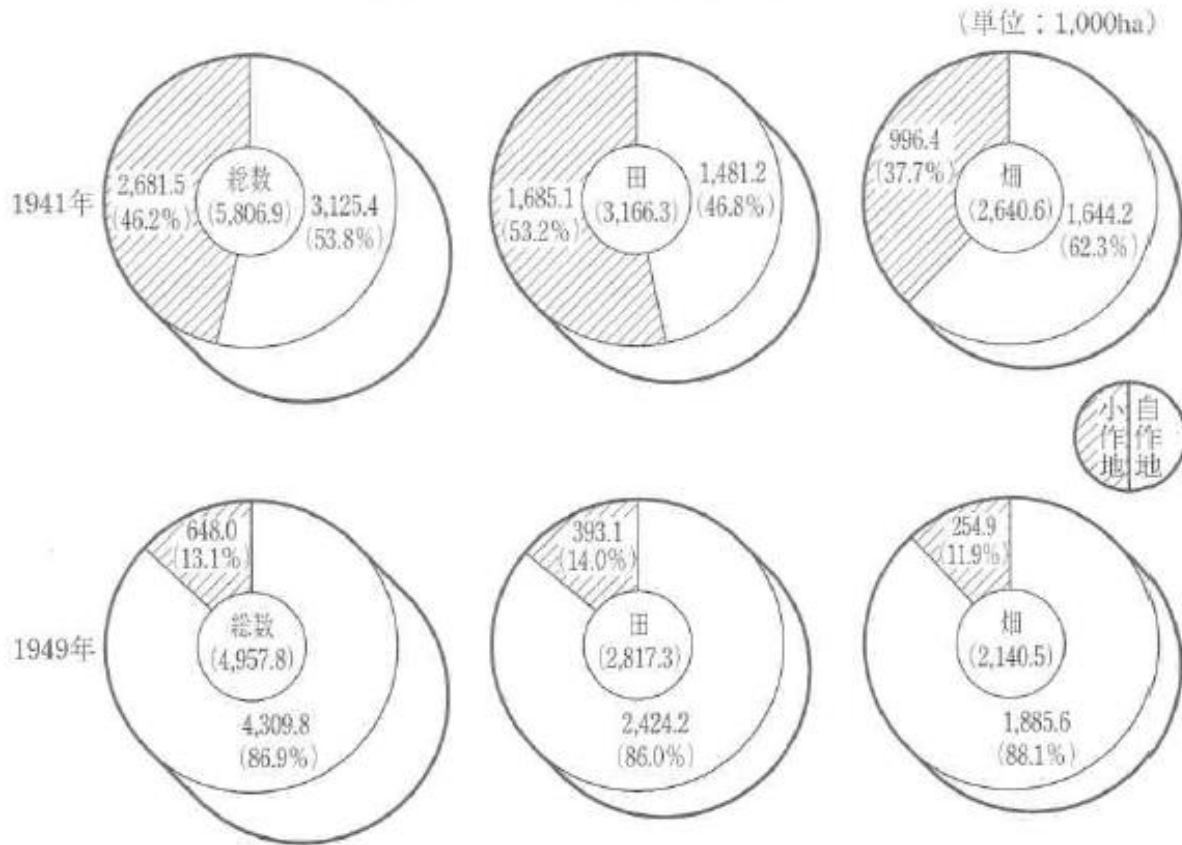
5. 精米所は諸外国のように粃を買うのではないため買付時の暴利はなく商業的利潤は制約され必然的に加工に重点を置かざるを得ず、精米・加工の技術的改善を促進する一要素となった。また、精米所は質の高い原料玄米を使えるので進んだ精米技術を適用でき、それが精米歩留を改善し、損失を軽減するのに役立つ要素となった。

戦後の農地改革:なぜ農地改革が行われたのか

- ・ 日本の非軍事化と民主化のために政治・経済構造の基礎をなす農業部門での重要な構造となっている地主・小作制度を改革することが必要と考えられたため。
- ・ 1945年12月 農地調整法改正案(第1次農地改革案):日本政府案。地主制度の解体という点で不徹底だったが、地主側の意向を汲んだ保守勢力の強力な抵抗。GHQの圧力により可決、だが日本の小作農やGHQの支持得られず。
- ・ 1946年5月 農地改革ソ連案:対日理事会でソ連が提出。地主保有地を一切認めないという案。アメリカは日本の共産化に拍車をかけるという事態を恐れた。
- ・ 1946年6月 農地改革イギリス案(第2次農地改革案):細部修正を経て米・英・中国(国民党政権下の)の賛成により採択。
- ・ 1946年10月 第2次農地改革案(自作農創設特別措置法案および農地調整法改正案)が議会を通過。第2次改革案によって、農地解放予定面積は第1次案の約90万ha(全小作農地の38%)から約200万ha(約80%)へと増大。地主は格安に農地買収を強いられ、他方、小作農は破格の安さで農地を入手可能となった。

農地改革による変化(1)

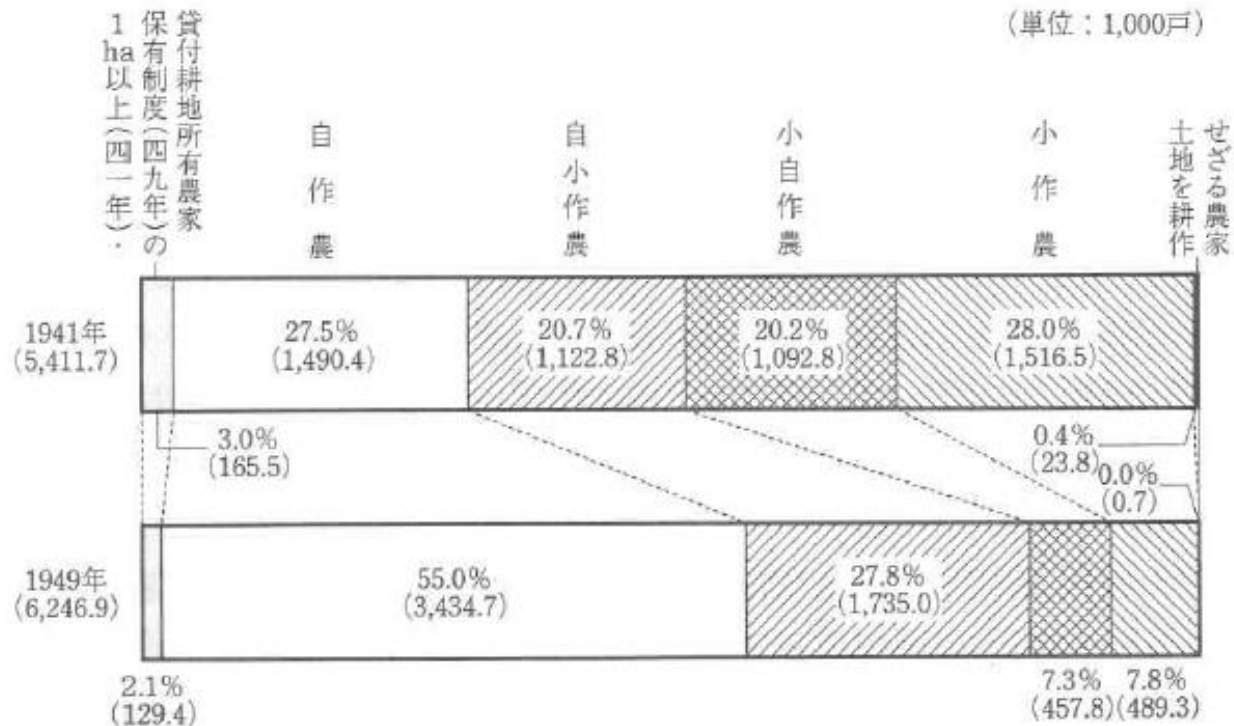
図5-1 田・畑別小作地の変化



注) 農地改革記録委員会「農地改革顛末概要」農政調査会, 1951年, 647頁より作成。

農地改革による変化(2)

図 5-2 自小作別農家の変化



注) 同前, 646頁より作成。

収穫後処理技術から進展した農業機械化

- 江戸時代(17世紀)までに確立した玄米の上納制度以降の近世日本農民は、稲束や粃で生産過程を終了せず、**玄米に仕上げはじめて生産者の機能を全うするようになった。**
- 19世紀中葉において農家保有農具のうち**刈取調製用具の栽培用具に対する金額の割合は1.5倍から2倍に達していた。**
- 1910年代に米穀検査制度が確立し玄米が等級づけされるようになると、収穫後機械、なかでも**粃摺機**に対する需要が著しく増大した。

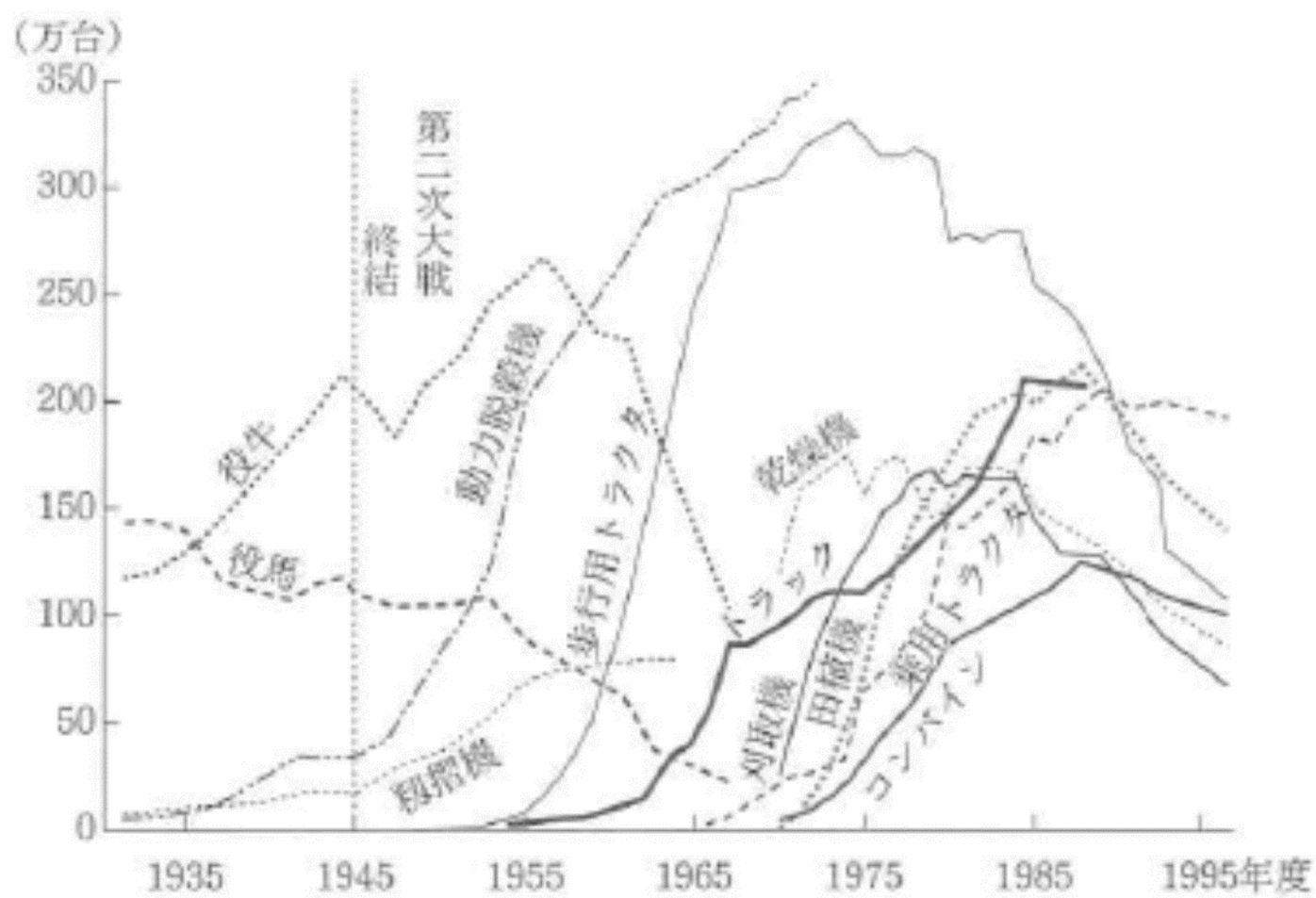


図14 農業機械の普及台数 出典：農水省

農協組織化の条件の形成

- 戦前農民の自主的な共同行動は政府に抑圧されたが**小作組合**が後半に形成され、官許の農民組合である地主の連合とともに、伝統的な団結による集合的な利益を追求。
- 戦後、**農地解放**により農民の技術的改善と生活向上の意欲が強化され経営規模がほぼ均質化されると、急速に**多数の農協**が形成された。
- 日本の農民が階層としての利害の表現を得るに至ったのは、**玄米生産のための収穫後処理過程を通じての協業**によるところが大きい。

農村加工施設と精米所：日本と外国の比較

- 日本では、農協が経営する**ライスセンター（粳の乾燥・調製）**や**カントリーエレベーター（粳の乾燥・調製・貯蔵）**が、諸外国の商業精米所の前半工程（粳から玄米）を行う。
- 日本の都市の精米所は玄米から白米を作る。
- 日本では外国の商業精米所の前半の機能が農村の個別農家および農村共同粳乾燥・貯蔵・粳摺施設によって、後半の機能が都市の精米所によって行われている。



日本の精米所の特異な性格

- 日本の精米所は経営が制約(あるいは保護)されているから、精米所の性格は経済的というよりは異常に技術主義的となり、経費節減と技術的向上に努力を集中する。
- 外国の商業精米所では製品の種類も多く長粒米で砕米も多いため、砕米分離・再混合・コーティング・包装などにも力点を置いており、精白工程は重要ではあるが全行程の一部に過ぎない。

短粒米(うるち米)



長粒米(インディカ米)

1960年代以降のインドネシアの米の加工・流通

- 1960年代末以降急速に精米所が増大した。
- 精米所の相互間の競争によって技術的進歩が見られた。
- 稲収穫法は穂摘みから鎌刈に変化し、それにより賃労働化。
- 農協は農民から指示価格で粃を買い取り精米して食料調達庁に売るという建前であるが、現実には直接に農民からは買い取らず有名無実のようである。

穂摘みから鎌刈りへの変化



穂摘み(アニアニ)による収穫

http://medias.photodeck.com/4503ca20-87ae-11e0-bafd-cd77b8a85cf3/7960_14v2_Ani-ani_uxga.jpg



鎌刈りによる収穫

http://farm1.staticflickr.com/9/15521729_d7407d81f9_z.jpg?zz=1



図33 インドネシアの農村精米所

上：エンゲルベルグ式機械1台だけで、籾溜りと精米をおこなっている／
 下：左奥の機械はゴムロール式籾溜機、それから出た玄米（多少の籾を含む）を正面の噴風摩擦式精米機に入れて白米にする 撮影：筆者

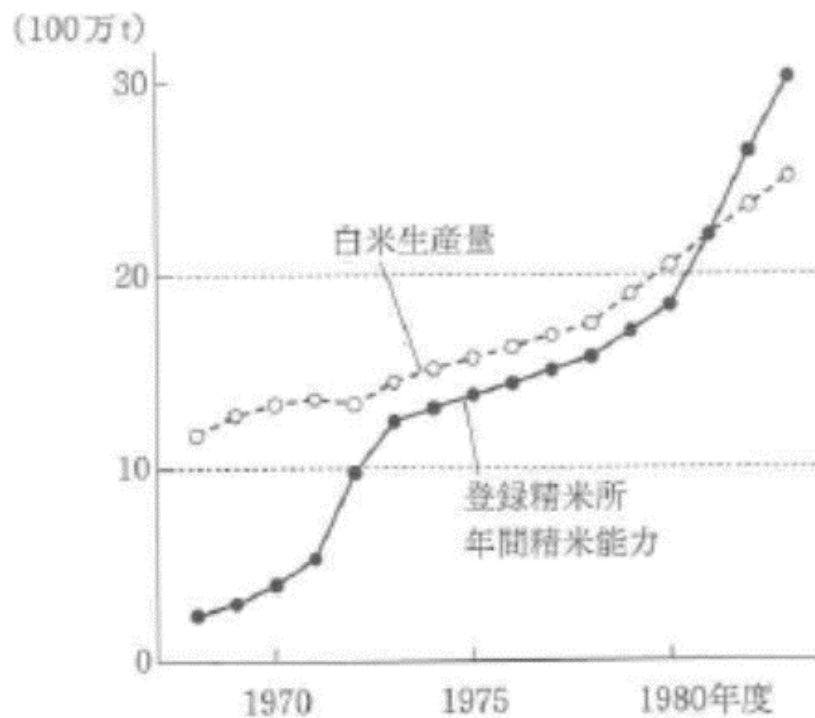


図34 インドネシアの白米生産量と年間精米能力
 出典：各種資料から筆者作成

収穫法の変化による農民と精米所の作業分担の変化

- 高脱粒性・高収量品種の普及とほぼ平行して、穂摘収穫から鎌刈りによる根刈りに変化した。
- 従来、農民は穂摘みした穂束を運搬・乾燥・貯蔵・販売していた。これを農民から買い取った仲買人はそれを精米所に運び、精米所で天日乾燥・貯蔵し、粳摺・精米の直前に脱穀機に投入していた。
- 鎌収穫になると、刈取直後に圃場で農家が脱穀するようになったため、精米所の脱穀機は不要となった。
- 精米所に「粳粒の乾燥」という新しい作業が出来た。また、粳粒を取り扱うための容器が必要となった。

技術的・社会的変化の意味

- 従来のアニアニ(収穫用ナイフ)による穂摘収穫では誰もが自由に参加して収穫物の一定割合を報酬として得ていたが、鎌収穫では特定の労働者が雇用され現金・現物で日当・報酬が支払われるようになった。
- 鎌収穫は高能率なので報酬割合は低くても労働者の所得は増大するが、その被雇用者の数は減少する。
- 鎌収穫の普及は相互扶助慣習が急速に崩壊する重大な契機であり、零細・土地なし農民にとって大打撃であったと見られる。



インドネシアでの稲の穂摘み収穫
村の女性は誰でも参加できたが、この習慣は高収量品種の普及とともにまたたくまに消えた 撮影：筆者

千齒扱き(別名は後家倒し)



図1—6 扱箸による脱穀
注)『農業全書』

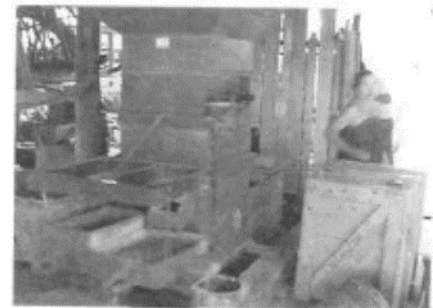


http://ilove.manabi-ehime.jp/GIFDAT/2/EHIME_38_4_1_6_0_2.jpg

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Japanese_old_threshing_machine%2CSenba-koki%2CKatori-city%2CJapan.JPG

1970年代後半のタイにおける米の加工・流通

- タイの米の加工・流通は民間の手にあり競争によって賃精米所の技術的改善が進んだ。
- しかし、商業精米所は華僑系の業者が商業利潤の追求を主としており、技術的に停滞している。
- 粳品質が価格に反映しないから農民の粳質改善の意欲は乏しく、また精米業者の社会的地位も不安定で技術的改善のための投資が困難となる悪循環となっている。
- 他方、確固たる社会的地位を築いた少数の華僑系米商人はバンコクや地方都市に輸入機械などを惜しみなく装備し徹底的に合理的な大精米所とその関連施設をつくり、その効率改善に努めている。



タイの農村精米所

上：米作の歴史が長いタイでは農村精米所も商業精米所なみの施設をもつ／中：農村精米所初期におこなわれた臼摺精米機の工夫／下：農村精米所での機械の試作 撮影：筆者

1980年代のビルマ(現在はミャンマー)

- ビルマでは粃・米流通の官僚的な国家統制によって、政府集荷粃・輸出米の品質を低下させている(政府粃買入所では、農家から多量の異物を含み水分不均一な粃を受け取る)。
- 精米所不足とその技術的停滞とが顕著である。
- 精米機械製造工業は壊滅状態である。
- 技術的改善の誘因は乏しい(農民は効率的に精選・乾燥をなし得るが、精選不良・乾燥不足の粃を持ち込むのはそれが現状では有利だから)。

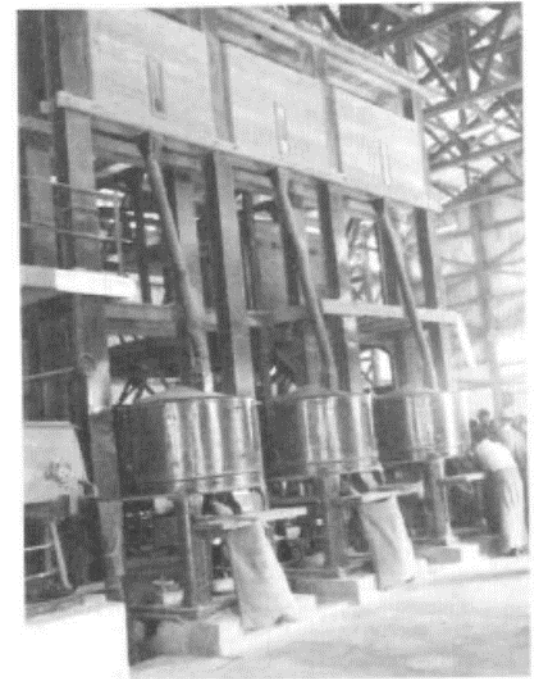


図36 ビルマ(現ミャンマー)の政府精米所。写真で見ると立派だが老朽化している
撮影：筆者

まとめ：玄米流通とその社会的意義

- 日本独自の玄米流通とその社会的意義に関して、確かに粳摺の「技術的」便宜からは分散処理よりも集中処理が良い。貯蔵も輸送も玄米ではなく粳の方が「技術的に」有利である。だから農民は玄米でなく粳で手放すのが合理的だという議論も成り立つ。
- **だが、もし日本で粳流通が採用されていたとしたら、日本の農業史はどう変化していただろうか。**

参考文献

- 暉峻衆三編(2003)、日本の農業150年—1850～2000年、有斐閣ブックス、2003年
- 古賀康正(1989)、アジア諸国における米の収穫後処理技術の展開とその社会経済的要因(第1報)、農業機械学会誌第51巻第5号、pp.127-135
- 古賀康正(1989)、アジア諸国における米の収穫後処理技術の展開とその社会経済的要因(第2報)、農業機械学会誌第51巻第6号、pp.107-115
- **古賀康正(2021)、むらの小さな精米所が救うアジア・アフリカの米づくり、農文協**

レポート課題

- もし日本で粳流通が採用されていたとしたら、日本の農業史はどう変化していたとあなたは想像するのかについて、A4レポートで1枚から2枚にまとめて提出すること。

締切: 5月5日(木) 23:59

提出先: ITC-LMS