

【本日のキーワード】 それは“パラダイムシフト”

Thomas S.Kuhn

科学とは累積的に一定方向に成長するのではなく、時代によってパラダイムを変化させるもの(科学革命の構造)(1962)

パラダイムシフトとは、その時代のある時代や分野において多くの人に共有されて、支配的な規範となる物の見方、捉え方が革命的、非連続的に変化すること
→「現在の価値観がその時代のトリガーによって価値観がシフト」

この引き金、つまりトリガーに着目

- 例1. 【天動説→地動説】←【トリガー】コペルニクス
- 例2. 【2011年震災前の価値観→後の価値観】←大震災
- 例3. 【平成20肥前肥料需要→後の肥料需要】←価格高騰

【本日のお話の目標設定】

肥料版温故知新*

*前に学んだことや昔の事柄をもう一度調べたり、考えたりして、新しい道理や知識を見出し、自分のものにすること。(goo辞書)

【過去→現在→未来】

1. 過去の肥料産業や肥料技術が社会に果たしてきた役割や歴史について共有すること
2. 現在の私たちが、今日の社会環境下でどのような役割を果たしていくべきかきっかけとすること
3. 未来に向かって、私たちが農業や農業者に対して果たすべき役割を皆さんと一緒に考えること

【本日お話しすること】

1. 現在

2. 過去

- (1) 肥料産業勃興からの肥料の歴史を振り返る。
- (2) 胸に去来する様々な出来事
 - ア. 宮沢賢治にみる土壤肥料学会設立当時の肥料の姿
 - イ. 戦争、農業技術と肥料産業の関係
 - ウ. 江戸時代の肥料流通と現代の地域資源循環の類似点

3. 未来

- (1) 硫安から尿素、世界一の被覆肥料製造技術への道
- (2) 農業者の創意工夫ある慣行区に向き合うためには

4. 最後に

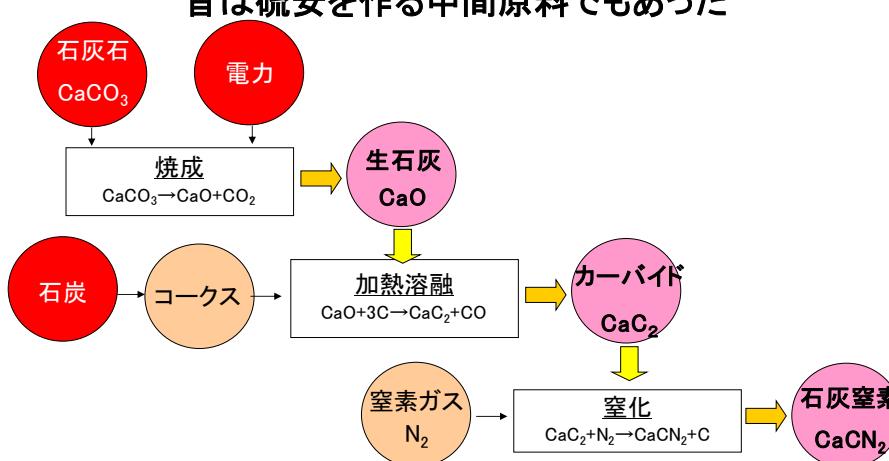
日本の化学肥料のいま

主要な化学肥料の生産のピークは、昭和30年代後半から40年代であり、現在はピーク時から激減

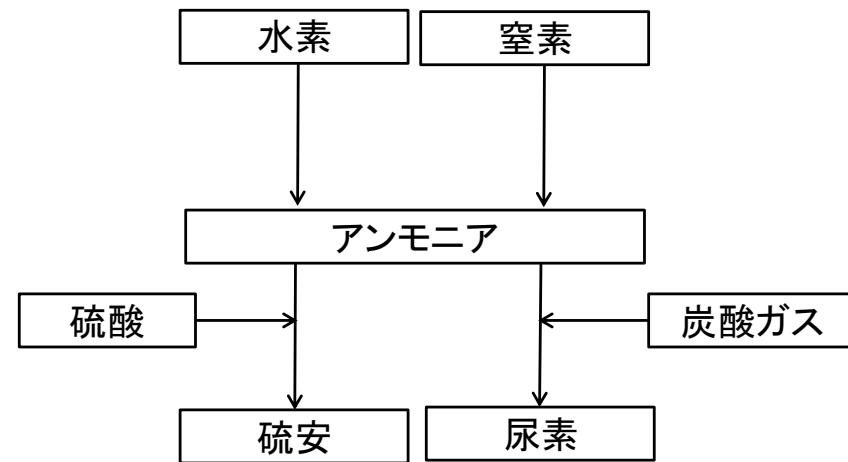
年度	硫安	尿素	過りん酸石灰	化成肥料
年度	1966(S41)	1974(S49)	1960(S35)	1974(S49)
MAX	2,654,534	3,230,782	2,131,603	5,257,343
2015(H27)	934,631	382,269	84,628	905,134
%	35	12	4	17

主な窒素質肥料のつくり方(石灰窒素)

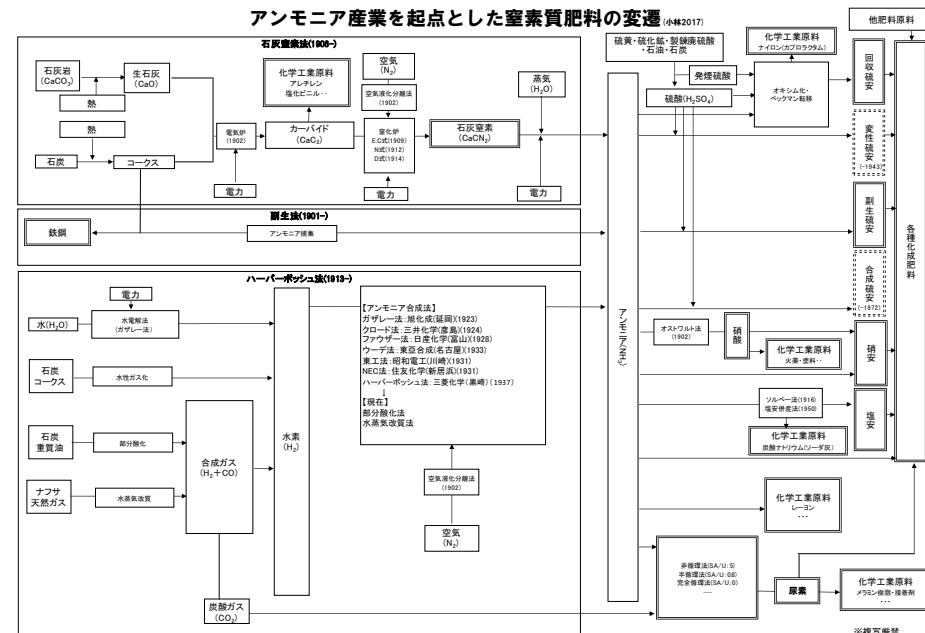
原料は石炭、石灰岩、製造には電力が必要
昔は硫安を作る中間原料でもあった



主な窒素質肥料のつくり方(尿素・硫安)
硫安は変性法→合成法→回収・副生硫安へ
尿素は国産から輸入へシフト

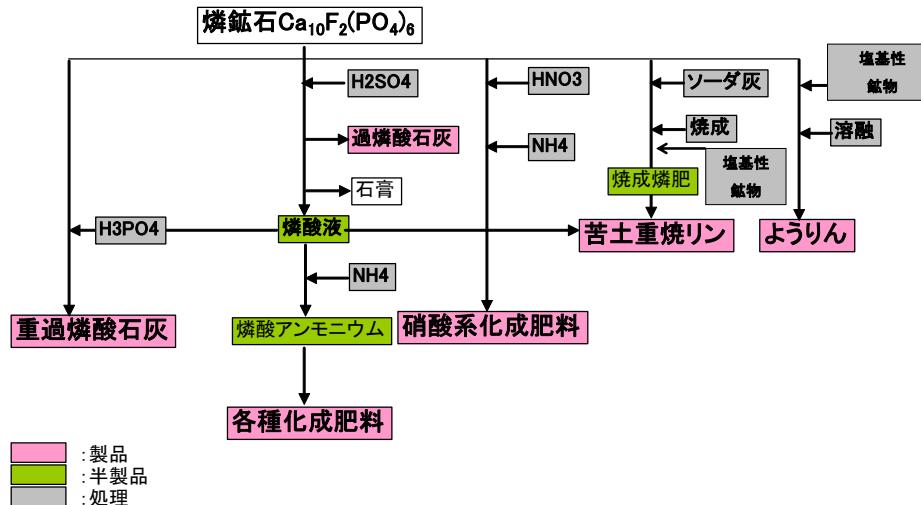


実際はアンモニアを起点とした化学工業の総合化の歴史(資料参照)

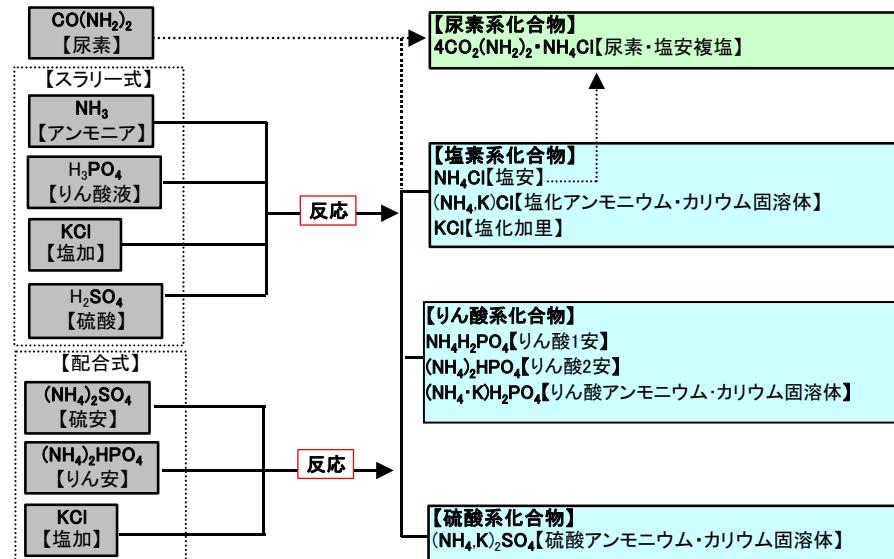


りん鉱石から各種肥料ができるまで

燐鉱石を酸、溶融、焼成してリン酸を有効化
トレンドは過石→リン酸液→燐安(中間原料)と変遷

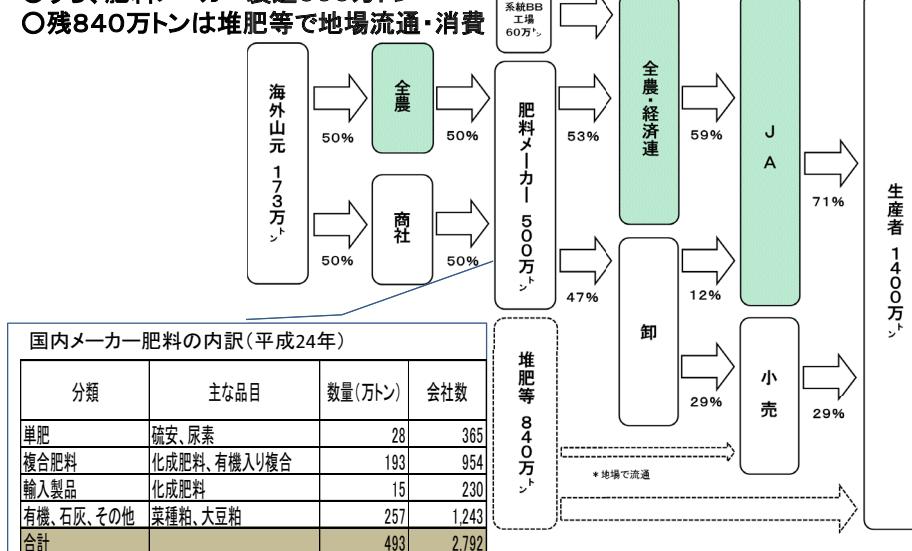


高度化成における主要原料と主要構成化合物



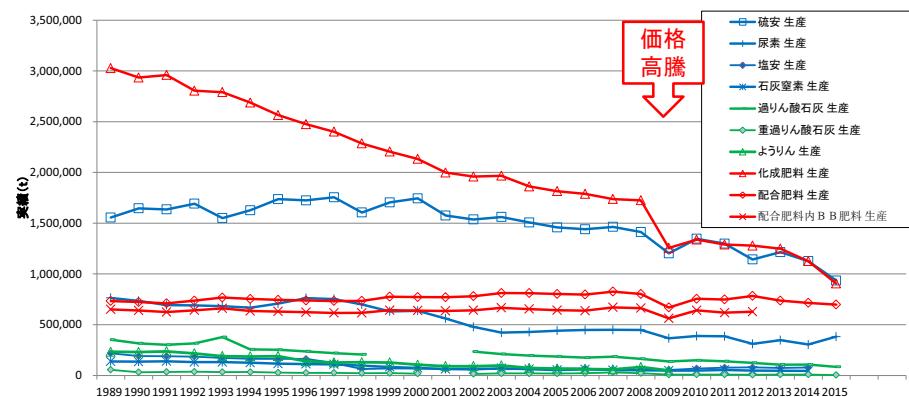
日本の肥料流通の実態

- 国内流通量は1400万トン。
- うち、肥料メーカー製造500万トン
- 残840万トンは堆肥等で地場流通・消費



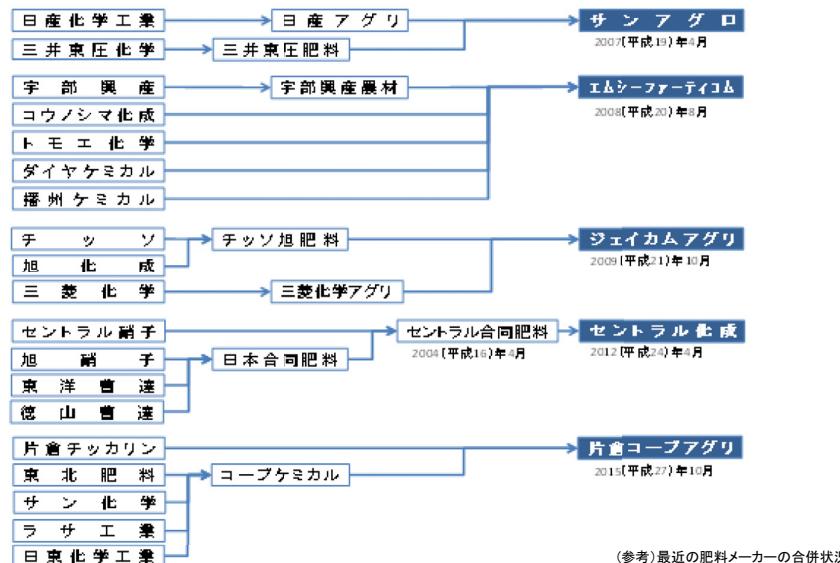
平成元年からの主要肥料の生産量

- 実績は右肩下がりの傾向
- 特に化成肥料は平成元年の1/3に激減
- 20肥料年度の価格高騰が拍車



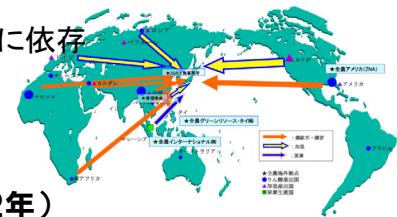
最近の肥料業界の再編状況

生産量の減少に応じて再編が進行



我が国の肥料原料の輸入状況(全農の取組み)

- 肥料原料は硫安以外ほとんど輸入に依存
- 全農は肥料原料の約5割輸入

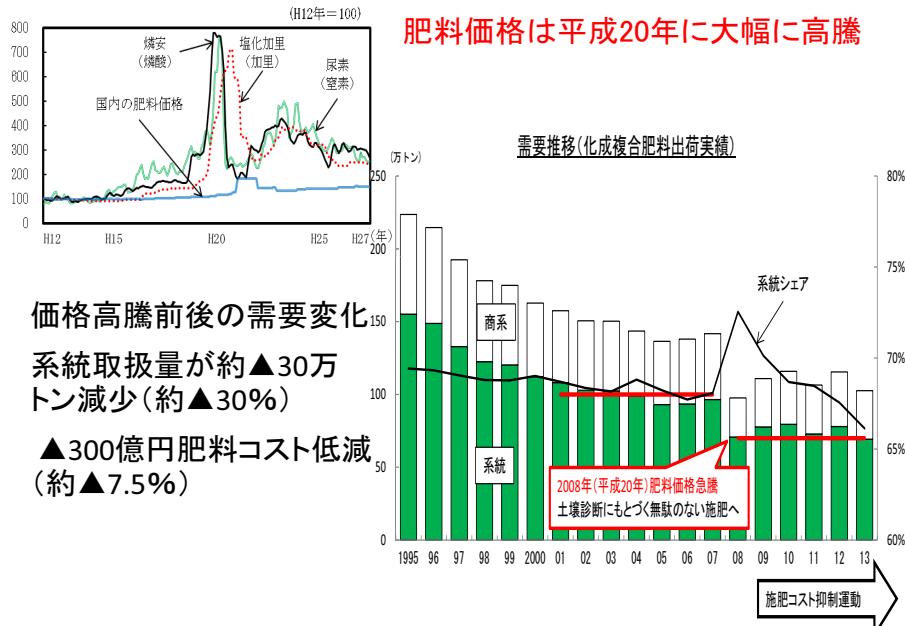


主な肥料原料の由来(2012年)

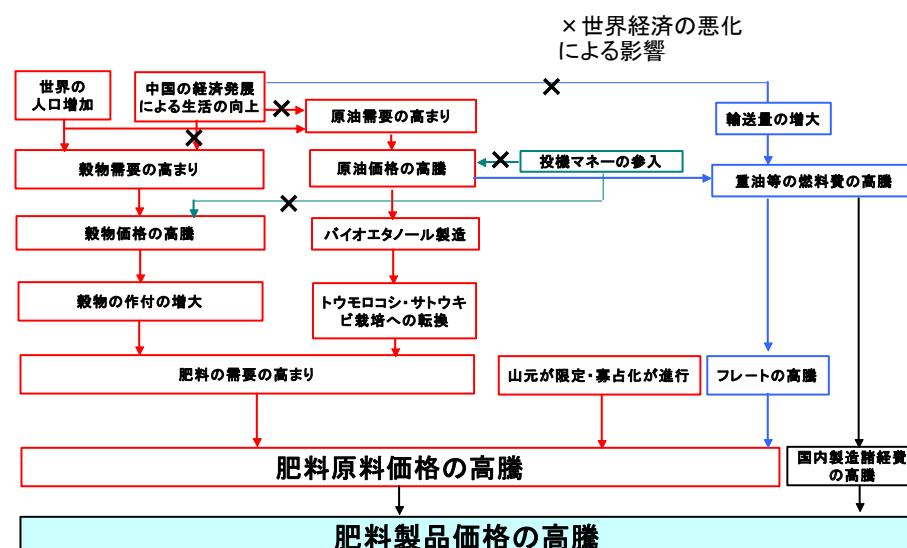
区分	主要肥料	成分(%)	国内肥料需要(有姿／千トン)		
			国産	輸入	計
窒素	硫安	N21	550	35	585
	尿素	N46	30	230	260
	計		580	265	845
磷酸	磷鉱石	BPL72-73	571	571	1,112
	磷安	N17-P45	91	450	541
	計		91	1,021	1,112
加里	塩化加里	K60	3	500	503
	硫酸加里	K50	95	95	95
	計		3	595	598

平成20肥料年度における肥料価格高騰とその影響

肥料価格は平成20年に大幅に高騰

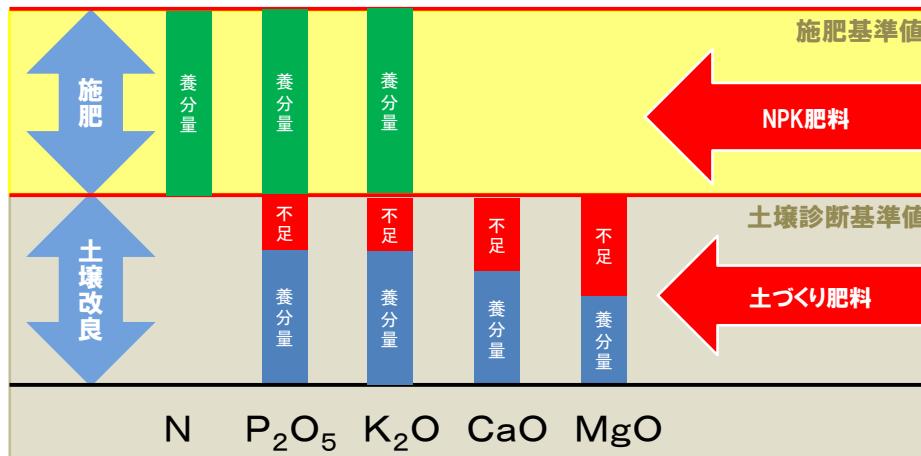


20肥価格高騰時に起こったこと



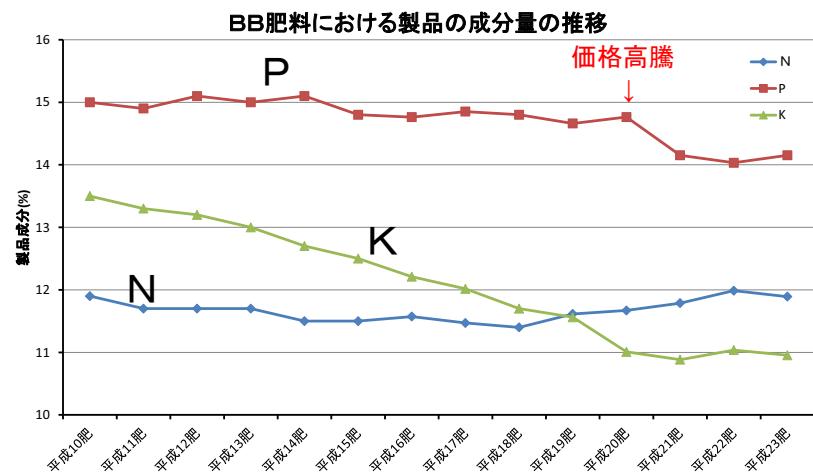
価格高騰は土壤診断と施肥基準の境界線を 突き破る引き金となった

- 従来、我が国の土壤管理は、概念的に土壤診断基準値と施肥基準の2階層で成立
- 価格高騰を契機に土壤中のPKレベルにより基肥を選択するという概念が定着→これが今日の低PK化の呼び水に



肥料高騰以降に急速に低PK化が進行

- 価格高騰により急速に高N低PK化が進行
- 高N一発化、大規模化、大区画化、施肥機普及が助長



世界と日本の化学肥料のはじまり

	世界(ヨーロッパ)	日本
化学肥料登場前	野草、下草、厩肥など→チリ硝石・グアノ	下肥、魚肥、植物粕、堆厩肥、草木灰など→大豆粕
窒素質肥料	・クルックス卿による“小麦の問題”発表(1898) ・フランクカロによるカーバイド製造(1902) ・野口遵による石灰窒素・変性硫酸製造(1908) ・ガザレー法による合成硫酸製造(1923)	・藤山常一によるカーバイド製造(1902) ・野口遵による石灰窒素・変性硫酸製造(1908) ・ガザレー法による合成硫酸製造(1923)
磷酸質肥料	・リービッヒが無機栄養説発表(1840) ・ローズが過石製造(1842)	・高峰讓吉により磷酸石による過石製造(東京人造肥料)(1888) ・多木久米次郎による骨粉からの過石製造(1890)

宮沢賢治施肥設計にみる学会設立時(1927)の肥料事情

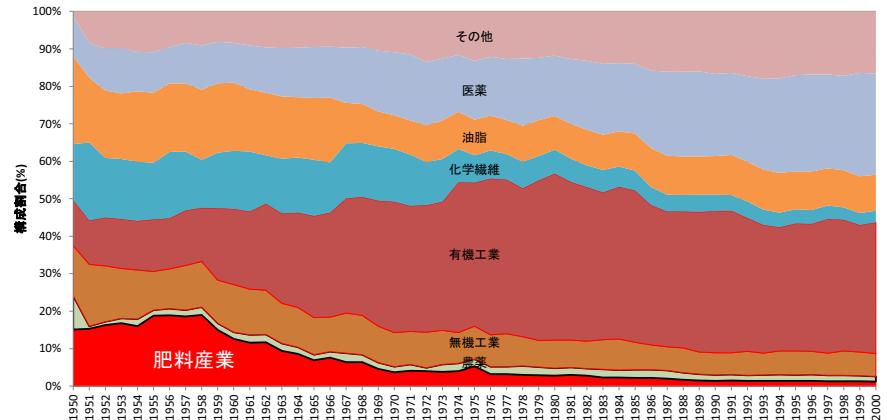
項目	内容
全体情勢	①硫安176千t、石灰窒素120千t、過リン酸石灰934千t、配合肥料が53千t ②農家購入単肥を自家配合により配合が一般的 ③配合肥料は「完全肥料」と呼ばれた ④化成肥料など複合化への幕開け
厩肥	①馬or牛？
石灰	①90%以上が硫酸性
窒素	②電気化学工業、昭和肥料、信越窒素肥料が主
硫酸	③変性硫酸安全盛期、日本窒素肥料、電気化学工業が大半のシェア占有
大豆粕	①1910年に設立された東京大豆粕商連合会により発達した信用取引として完成 ②三井物産等の大手商社の肥料貿易の発達、肥料商による国内販売網の完成に大きく貢献
過剰	①日露戦争に伴う大豆粕途絶により過リン酸石灰新規参入相次ぐ
石灰	②1920年恐慌による構造不況で再編政府介入 ③1927年輸入量は硫酸加里31千t、塩化加里13千tと、他肥料により少ない
硫酸	②硫酸加里が高シェア、ドイツ輸入、水稻にも使用
加里	③硫酸加里七百貫五百匁、塩化加里一千五百匁
石灰岩抹	①1931年就職「東北碎石工場」製品の可能性 ②「間接の磷酸肥料」として養分有効化に期待

我が国の総合化学メーカーは化学肥料製造から始まった

忘れてはいけない。化学工業のはじまりは肥料産業から。

全化学工業に占める肥料産業の構成比: 1958年19.0%→2000年1.2%

三菱ケミカルホールディングス、住友化学、三井化学、旭化成
信越化学、デンカ、昭和電工、宇部興産、東ソー…



いまの肥料工場がそこにある必然性とは?

肥料産業勃興時は近くで原料が調達できるか

石炭 電力(エネルギー) 石灰
硫黄(硫酸鉱) 硫酸



肥料工業勃興時は初物づくり



今年は土壌肥料学会設立90周年の記念すべき年

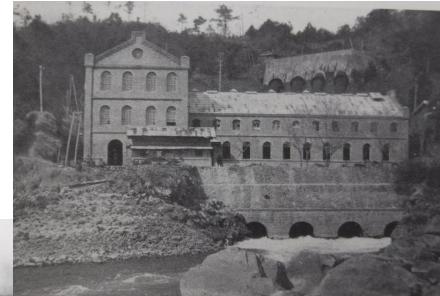
それではわが国の肥料製造はいつからはじまつたか

項目	2017年時点	誕生
世界	クルックス卿の警告から	119年 1898年
	ハーバーポッシュ法誕生から	104年 1913年
	石灰窒素誕生から	112年 1905年
	過リン酸石灰誕生から	175年 1842年
日本	過リン酸石灰誕生から	129年 1888年
	石灰窒素誕生から	108年 1909年
	変性硫安誕生から	107年 1910年
	副生硫安誕生から	116年 1901年
	合成硫安誕生から	94年 1923年
	化成肥料(石灰窒素)誕生から	99年 1918年
	化成肥料(一般)誕生から	90年 1927年
	BB肥料誕生から	39年 1978年

世界をリードした我が国独自の主な肥料製造技術

我が国独自の肥料製造技術が多数開発、広く海外にも進出
日本人の精神“もったいない”精神の肥料版

成分	分類	名称	時期	開発メーカー	導入メーカー	概要
窒素	石灰窒素	N式	1909年 (明治42年)	日本窒素肥料	日本窒素肥料	バッヂ式から連続式への転換
	アンモニア合成	東工法	1931年 (昭和6年)	臨時窒素研究所 (S4~東京工業試験場)	昭和電工川崎工場	我が国初のアンモニア合成法
	塩安	塩安併産法	1950 (昭和25年)	宇部曹達工業 (現セントラル化成)	同左宇部工場	ソルベー法に代わる塩安併産法
	肥料用尿素	非循環法	1948年 (昭和23年)	東洋高圧 (現三井化学)	同左北海道工業所	非循環法で肥料用途
		完全循環法	1950年 (昭和25年)	東洋高圧 (現三井化学)	同左北海道工業所	半循環法日本化学技術賞等)
		完全循環C法	1966年 (昭和41年)	東洋高圧 (現三井化学)	同左北海道工業所	硫安副生無の尿素製造法。22カ国60ヶ所に導入(世界尿素1/3)
焼成磷酸	ようりん	電炉法	1950年 (昭和6年)	アメリカPermanent Metals	日ノ出化学、南九州化学など	1960年代独自技術で中国、韓国、ブラジル、南アフリカ等導入
	焼成磷酸		1955年 (昭和30年)	小野田化学	小野田化学	日本独自の製造法
	磷酸液	半水二水石膏法	1973年 (昭和48年)	NKK、日産化学、三菱化学など	NKK、日産化学、三菱化学など	石膏ボード利用湿式磷酸製造法



チッソ水俣工場(左上:戦災後,右上:曾木第二発電所)

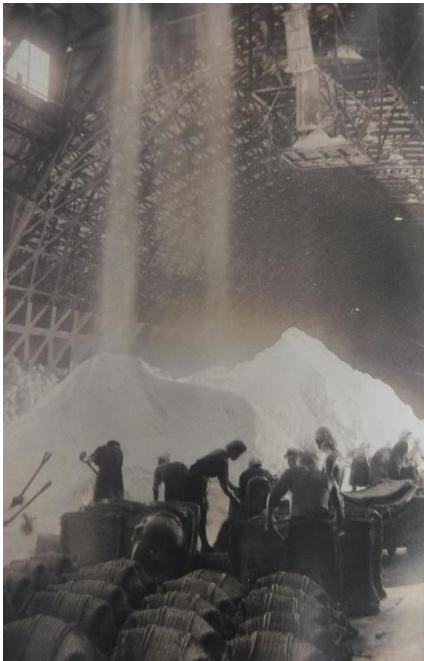
風雪の百年(チッソ株式会社)



我が国初の合成硫安製造延岡工場とガザレー
(風雪の百年(チッソ株式会社))



下:東洋高圧彦島工場(左上:最近の姿),右上:北海道工業所
(三井東圧化学社史)



東洋高圧大牟田工場
(右上;アンモニアガス圧縮機(昭和初期)
右下;三井鉱山大浦坑(M31)
左;硫安のかます詰め(S20年代))
(三井東圧化学社史)



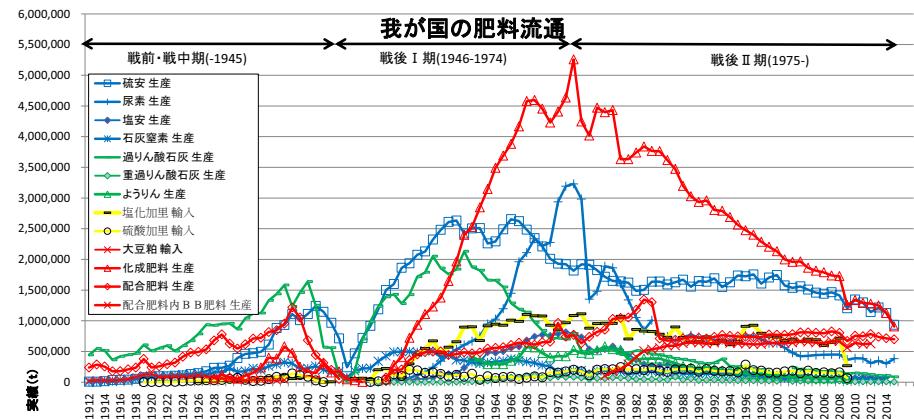
電気化学青海工場(中央)石灰採掘(黒姫山)(左上)
石灰窒素のプロモーション(S30頃)(右上)
(電気化学工業百年史)



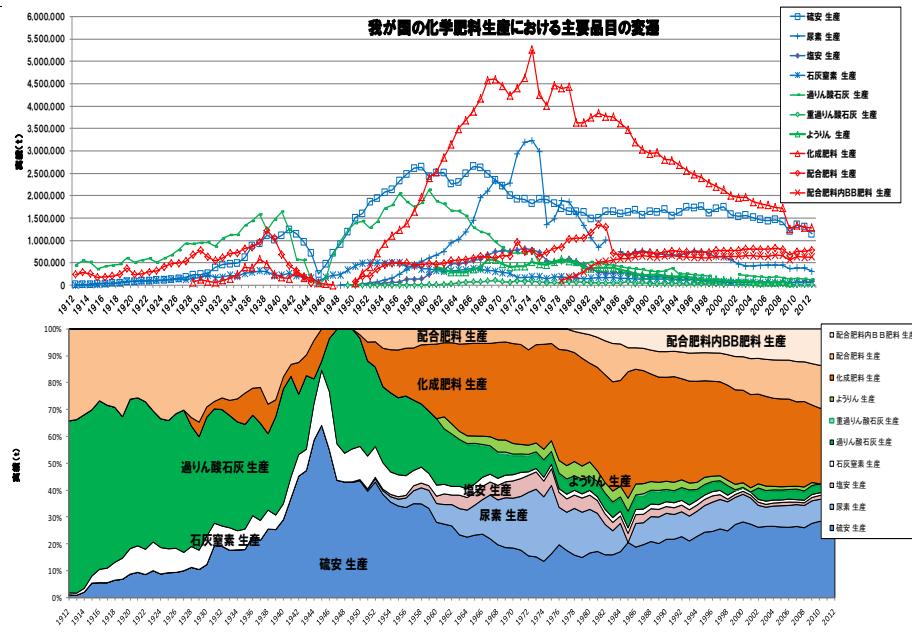
小野田化学小野田工場と昭和天皇・皇后様の来所(S31)
(小野田化学工業三十年史)

わが国の肥料産業の軌跡は激動の時代の象徴

戦前・戦中期;食料増産と産業振興～戦争による壊滅的打撃まで(-1945)
戦後Ⅰ期;国家戦略として産業復興と食料増産～外貨獲得(1946-1974)
戦後Ⅱ期;肥料生産が急落(1975-)

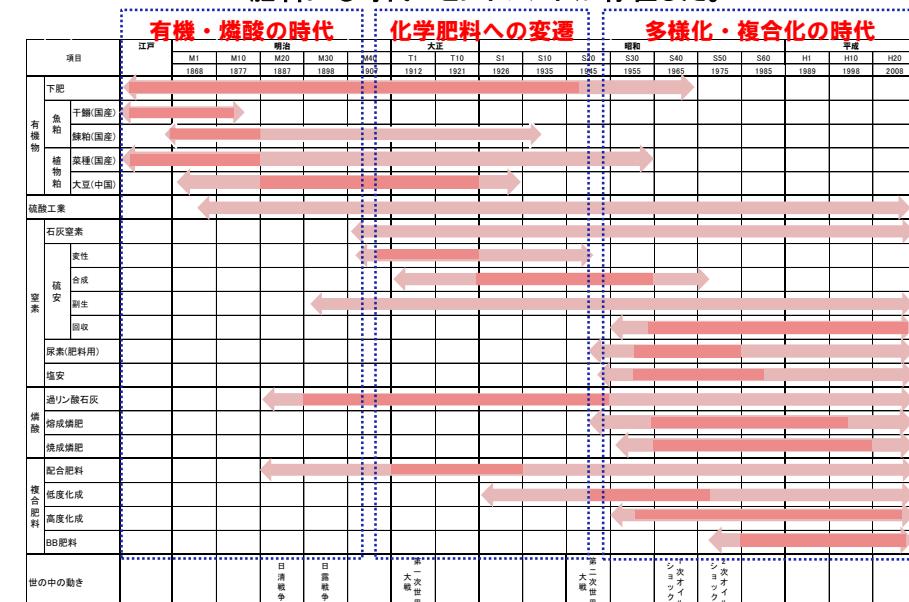


我が国的主要化学肥料生産の推移



江戸時代からの肥料のトレンドの変遷

肥料にも時代ごとにトレンドが存在した。

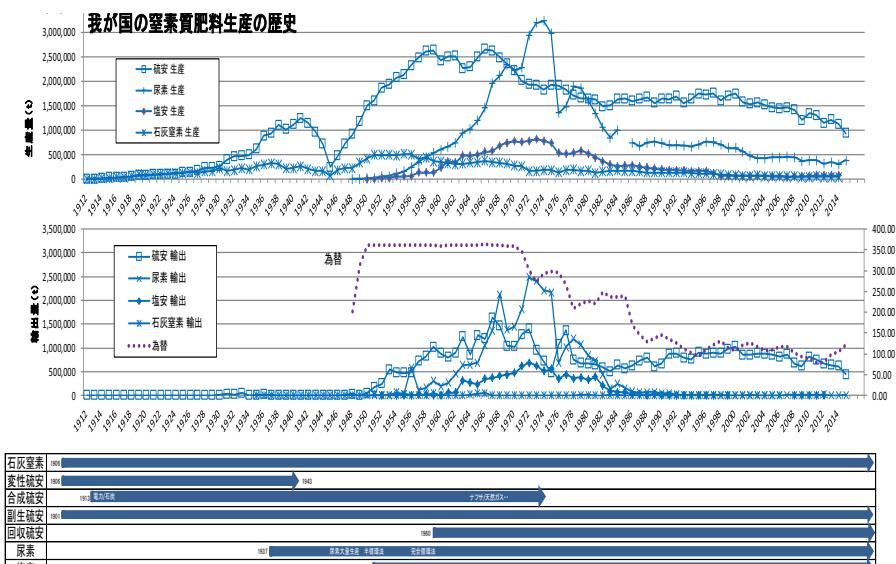


時代における肥料の変遷とその理由

時代	変遷	当時の市場	トリガー(変化の引き金)
江戸～明治初期	自給肥料→購入肥料	①魚肥の流通網整備 ②菜種、綿花の栽培振興	①コスト・高窒素の豆粕輸入 (チリ硝石代替不可能)
明治初期～戦中期	→化学肥料(硫安・過リソルビン酸石灰)	①東京大豆粕商連合会による安定信用取引 ②販売網の整備促進	①日清・日露戦争による大豆粕高騰 ②戦争終結後の硫酸過剰 ③有機系から無機系原料の需要
戦後Ⅰ期(S21～S30代前半)	→食料増産のための産業復興	①単肥：食糧増産への単肥増産 ②初期：効率性により複合化抑制 ③後期：硫安・過リソルビン酸石灰低度化成	①戦災・戦後賠償硫酸製造能力激減 ②外貨獲得への国家戦略品目化 ③秋落ち等食糧増産阻害要因解消 ④農村→都市部への人口流失
戦後Ⅰ期(S30年代後期～S47)	→肥料産業大規模化・輸出	①新肥料：塩安、尿素、ようりん、焼成燃肥 ②単肥・低度化成→スラリー式化成	①米生産意欲減・収益性悪化 ②農村人口減・老齢化省力化ニーズ ③変動為替相場制(1971)、オイルショック(1973)による輸出激減 ④産地間競争で良食味米品種全盛
戦後Ⅱ期(S48-H20価格高騰)	→付帯産業化・需要の落込み・多品目、少量鉱柄生産	①付帯産業化供給不安定化 ②海外原料依存・為替に影響 ③配合式・BB・被覆複合肥料需要	①価格高騰 ②担い手への土地集積促進 ③品種変遷・餌米対応用途の多様化
戦後Ⅱ期(H20価格高騰-現在)	→少量多品目生産に適した対応	①PK低分化・低成本原料の導入 ②競争激化・多様な市場への対応 ③配合方式へのシフト	①担い手への土地集積加速 ②生産目的の多様化加速

窒素質肥料生産の歴史

主役は硫安から尿素へ。社会情勢の変化で激動する生産量。



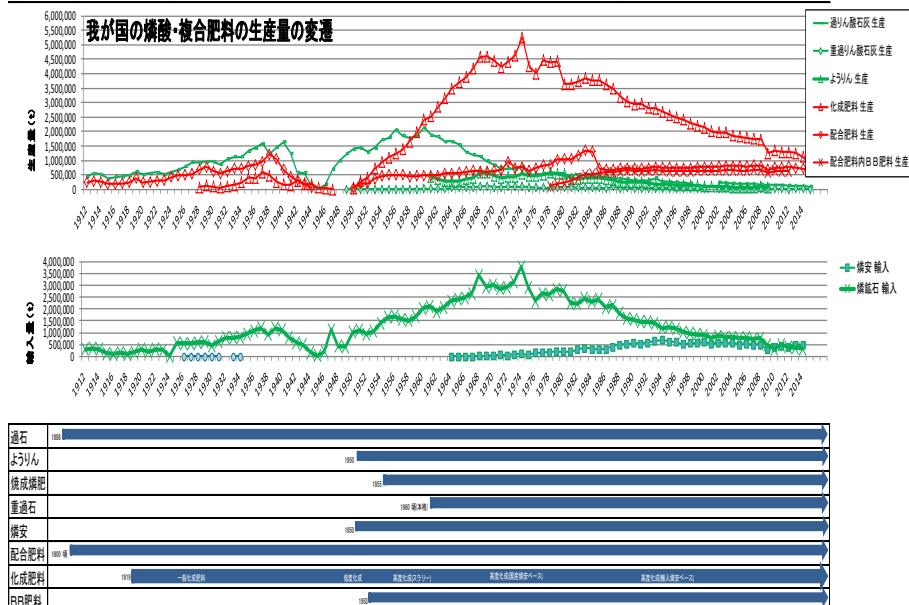
肥料産業のプロセス転換※(窒素質肥料)

項目	戦前・戦中期 (1800後半-1945)	戦後Ⅰ期 (1946-1974)	戦後Ⅱ期 (1974-)
エネルギー・原価・供給安定性・品質・輸送	硫安・石灰窒素 国内自給型(国内炭・石灰・電力)	硫安・尿素・塩安 石炭→重質油・ナフサ・天然ガスへの転換(外貨獲得での魅力が劇的に低下)	硫安・尿素・塩安・被覆尿素 化学工業・鉄鋼産業から算出される副産物
市場性	需要・用途(競合・均衡・代替・開発)・動・流通	①食糧増産目的の需要拡大 ②車需として需要変動 ③秋落ち等阻害要因・人手不足による需要の多様化 ④複合化	①食糧増産→充足期の需要変遷 ②国内産業振興・外貨獲得として国家統制 ③秋落ち等阻害要因・人手不足による需要の多様化 ④減反施策等による農地減少による過当競争 ⑤老齢化・規模拡大による省力ニーズの増大
技術面	連続性・自動化・制御・最適化	アンモニア合成技術の変遷と原燃料の変遷	①アンモニア合成技術の他化学工業への転換による総合化 ②国際競争力強化のための設備の大型化・効率化によるコスト削減 ③目的生産から副産物利用への転換により他産業分野の技術革新による供給変動 ④被覆肥料等新たな製造技術開発
経済性	コスト・付加価値・大型化・省力化	(実質的な)価格統制下	①実質的な国家管理下からの開放と新たなスキームの形成 ②需給バランス・国内外情勢による価格変動 ③他産業の動静による需給機能影響大 ④コスト変動要因多様化 ⑤国際競争力比較による国内生産基盤の影響大

※岩城(1972)から編集

磷酸質肥料・複合肥料の生産量の変遷

主役は過石から複合肥料へ、複合肥料は配合肥料から化成肥料、そして高分化



肥料産業のプロセス転換※(磷酸質肥料)

項目	戦前・戦中期 (1800後半-1945)	戦後Ⅰ期 (1946-1974)	戦後Ⅱ期 (1974-)
エネルギー・原価・供給安定性・品質・輸送	過石	過石・ようりん・重過石・リン酸液	過石・ようりん・リン酸液・磷安
市場性	需要・用途(競合・均衡・代替・開発)・動・流通	①輸入焼成磷酸石・精錬廃硫酸、石油・石炭の脱硫工程からの流用 ②国産硫黄・硫酸鉱	①輸入焼成磷酸石 ②精錬廃硫酸、石油・石炭の脱硫工程からの流用 ③磷安など半製品へのシフト
技術面	連続性・自動化・制御・最適化	①黒ボク土・寒冷地などリン酸肥効が期待出る分野での市場創出 ②配合肥料原料需要 ③秋落ち対策、硫酸減に対応した肥料多様化	①単肥から複合肥料への需要シフトによる過石需要減とリン酸液需要増 ②リン酸液シフト(高度化原料) ③BB肥料原料用需要
経済性	コスト・付加価値・大型化・省力化	(実質的な)価格統制下	①需給バランス・国内外情勢による価格変動 ②需給バランス・国内外情勢による価格変動

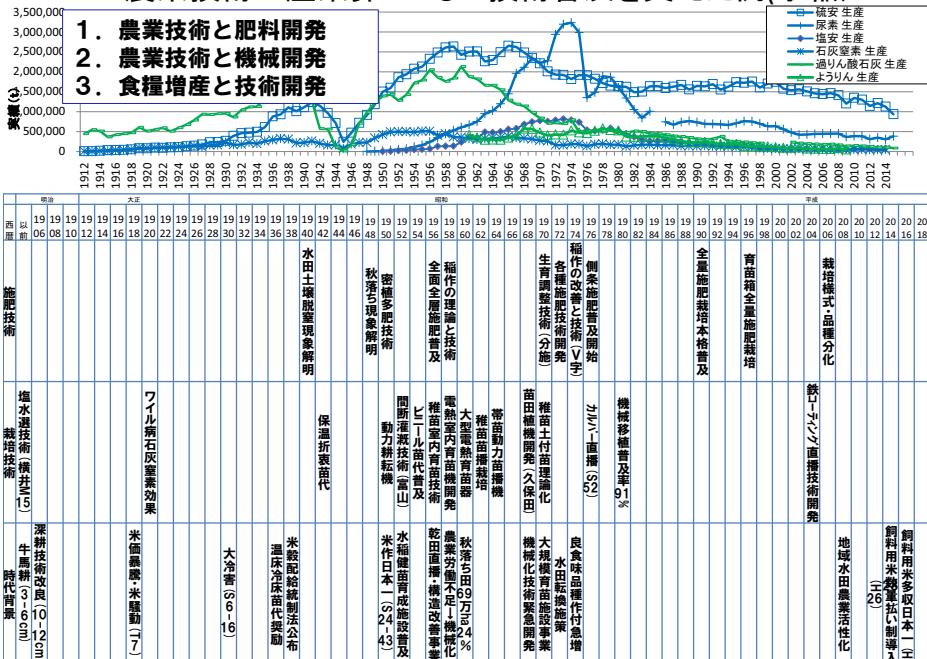
※岩城(1972)から編集

戦争が化学肥料産業へ与えた影響

戦争は肥料産業に対してときに壊滅的な打撃を与えた
また、新たなパラダイムへの変化をつくりだす原動力とも

項目	抑制的	促進的
日清戦争(1894-1895) 日露戦争(1904-1905)	①中国からの大豆輸入の激減	①大豆輸入根絶(魚肥不漁)による化学肥料需要増大(特に過石) ②終戦による余剰硫酸活用による化学肥料産業拡大 ③戦勝による大豆粕輸入促進
第1次世界大戦(1914-1918)	①チリ硝石に代わる硝酸原料(爆薬)用途への転用	①ドイツ敗戦によるハーバーボッショ法特許権賠償対象 ②爆薬用用途拡大によるアンモニア合成興隆
太平洋戦争(1941-1945)	①生産設備壊滅的打撃	①爆薬用用途拡大によるアンモニア合成興隆 ②硫酸設備破壊による新肥料の開発促進: 塩安、ようりん、焼成磷酸

農業技術が産業界とともに技術普及を支えた例(水稻)



化学肥料産業勃興期(明治初中期)から
興隆期(昭和40年代前半)を振り返ると

【肥料産業の社会的な位置づけ】

1. 鉄鋼・石炭とともに日本産業形成のけん引役
 2. 食糧増産に不可欠な重要物資→農業技術連携
 3. 戦争物質(アンモニア合成技術硝酸転用…)
 4. 外貨不足時における外貨獲得手段(硫安・尿素)

3F(Food(食糧),Fire(兵器),Fuel(燃料)
+ Fertilizer(肥料)をあわせた4Fに象徴
※1973年のオイルショック時

時代と分野を超えた連携により農業技術は発展

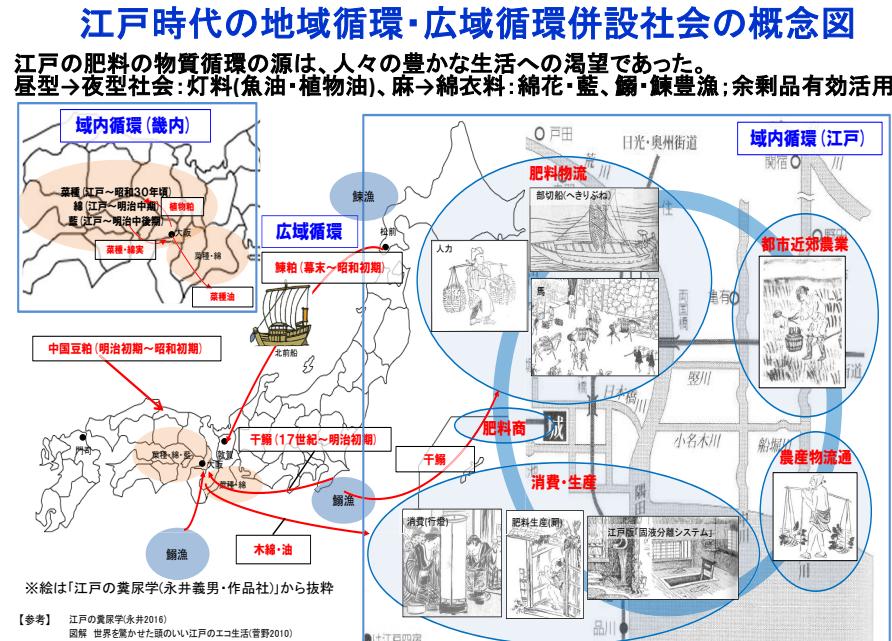
様々な農業技術の革新とその普及は、時代を超えた肥料産業や他産業との連携により農業技術として定着した。

例1：秋落ち現象解明→塩安、尿素、ようりん開発→秋落ち解消

例2:水田脱窒現象理論的解明→耕運機開発・側条施肥機開発→肥料効率向上

例3: 松島理論(収量構成要素・V字)→高度な追肥体系
→食糧増産→被覆肥料開発→省力化

例3: 冷害→保温折衷苗代→**冷害回避**→室内稚苗育苗
→田植機開発→**稻作省力化**



江戸時代の下肥流通は市民の英知の結集

1. 下肥生産・連続生産 ⇄ 施肥: 非連続的需要、の需給ギャップを早取価格で解決
2. 農家は知っていた。厳しい農家査定を受ける庶民の下肥の価値
3. 現代にもつながる下肥生産における“個液分離システム”、物流合理化
4. 民間が支えた下肥流通の産業形成

食生活水準や肥料価値を表す下肥の表現

上	大名屋敷、旗本屋敷、大店
中	一般の武家、町屋
下	貧民が多い長屋
だれこみ	糞便が少なく小便割合が高い
水増し	下肥を水で薄めたもの

江戸の糞尿学(永井2016)



ケルンさんはえらい。やっぱり違った下肥の肥料成分

	日本人			ヨーロッパ人
	農民	兵士・学生	平均	
窒素	0.55	0.80	0.57	0.70
リン酸	0.12	0.20	0.15	0.26
カリ	0.30	0.21	0.27	0.21
食塩	1.16	0.84	1.02	0.66

人糞尿の組成の違い(ケルン調べ)

※絵は「江戸の糞尿学(永井義男・作品社)」から抜粋

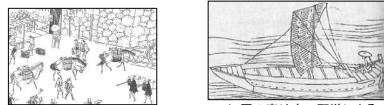
需給ギャップをうめるための下肥の早取価格の設定

1月20日まで	2両3分3朱
4月1日	2両3分
5月15~6月15日	2両1朱2百文
7月1日~	1両2分

文永三年(1863)の六ヶ木村における下肥相場



江戸の西は小口配送



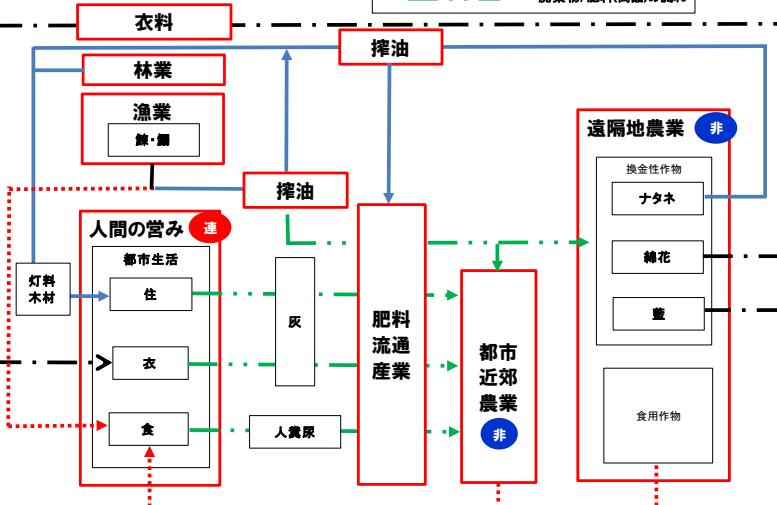
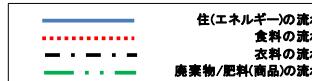
江戸の東は大口配送による物流合理化

江戸時代の地域循環・広域循環併設社会のフロー図

地域循環の主役は下肥、広域循環の主役は魚肥・植物粕

【江戸～明治初期】

- 連 需給が連続的
- 非 需給が非連続的



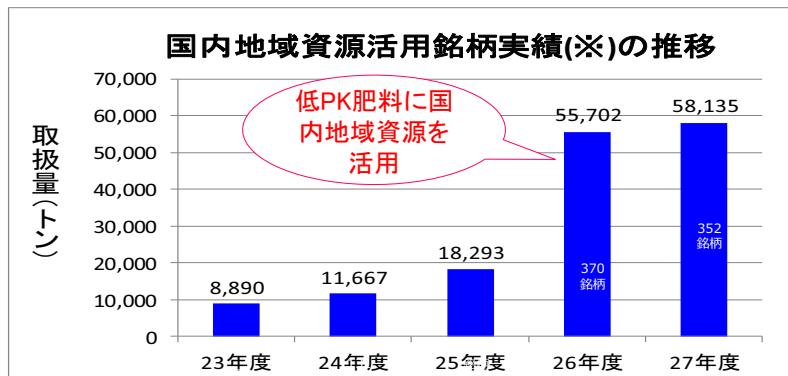
肥料産業のプロセス転換※(江戸時代)

項目	下肥	魚肥	植物粕
肥料の種類			
原料・エネルギー	鰯粕・鰆粕	菜種粕、綿実粕、大豆粕	
価格・供給安定性・品質・輸送量の增大			
市場性	①江戸など大都市への人口流入と排泄物処理量の増大 ②経済的に自立したシステムとして確立	①豊漁時の需給調整機能として発達 ②灯料としての需要 ③乾燥物は保存性に優れ、長距離輸送に適用	①大都市における灯料需要・衣料需要による付帯産業としての位置づけ
技術面	農産物需要増大による近郊農業の発展	換金作物(菜種・綿花)振興により広域市場確保	①換金性に優れる菜種・綿花栽培の発達により需要地近郊に市場確保 ②エネルギー変遷、機械技術変遷による需要減
経済性	季節変動が少なく、“連続生産”	魚油製造後の残渣使用による安定生産技術確立	魚油製造技術・機械技術の付帯技術として発達
社会性	低廉	換金性作物生産資材として相対的な経済性確保	換金性作物生産資材として相対的な経済性確保
防災・安全性・環境	①強い臭気・汚物としての嫌悪感 ②化学肥料台頭により需要消滅	①漁業・灯料との循環社会 ②不漁・灯料需要停滞による産業の消滅	

※岩城(1972)から編集

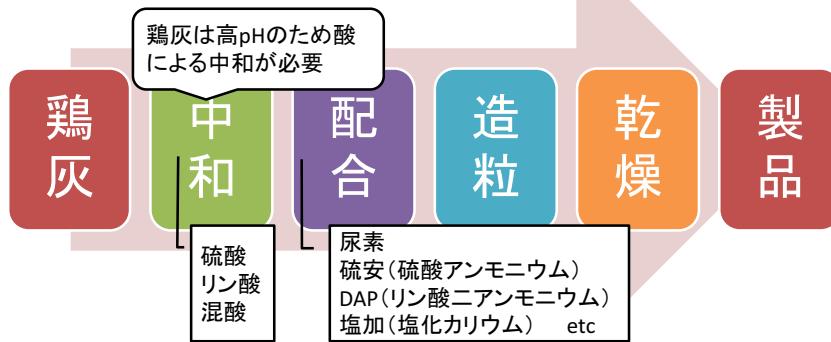
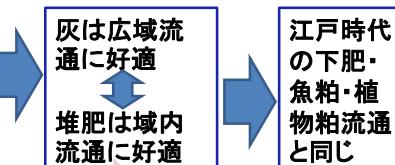
国内地域資源と化学肥料の新たな出会いが始まった

JAグループの施肥コスト抑制銘柄として年々実績が伸長
農家手取り最大化に向けた低コスト資材として貢献



鶏糞灰が化学肥料原料に適している理由

1. 法律上(公定規格)使用可能
2. 既存肥料原料に比べて安価
3. 鶏糞に比べて臭気少
4. 水分が低位
5. 比較的成分が安定
6. 発生場所が集中
7. 量がまとまり季節変動少



49

鶏糞の燃焼により燐鉱石が産出？

燃焼温度が高いと燐酸がアパタイト化(燐鉱石化)、加里は難溶性加里塩($\text{Ca}_9\text{MgK}(\text{PO}_4)_7 \cdot \text{KMgPO}_4$)になり、固定化

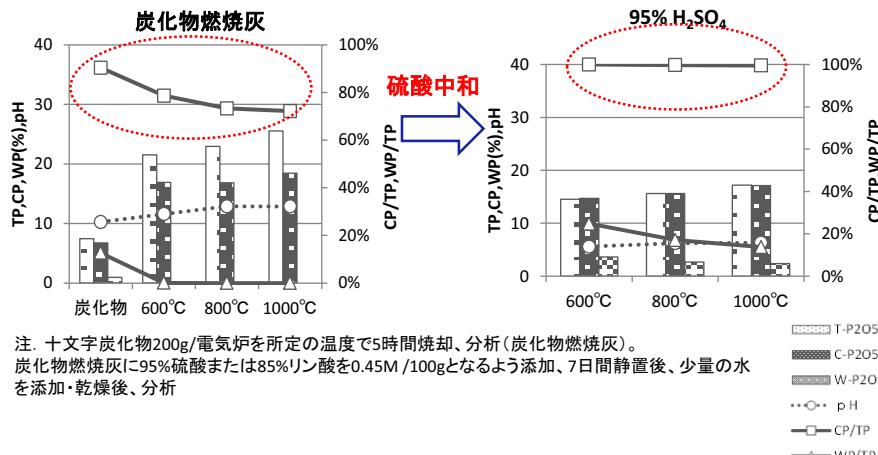
試料	焼却 温度 (°C)	ヒドロキシ アパタイト	リン酸 化合物	リン酸 カリウム マグネシウム	塩化 カリウム	硫酸 カリウム	炭酸 カルシウム	炭酸 マグネ シウム	酸化 カルシウム	酸化 マグネ シウム
		$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	$\text{Ca}_9\text{MgK}(\text{PO}_4)_7$	KMgPO_4	KCl	K_2SO_4	CaCO_3	MgCO_3	CaO	MgO
プロイラー 鶏糞	600	○	○	○	○	○	×	×	×	×
	800	○	○	○	○	○	×	×	×	×
	1000	○	○	○	×	○	×	×	×	×
採卵鶏糞	600	○	×	×	○	○	○	△	×	×
	800	○	×	×	○	○	×	×	○	△
	1000	○	×	×	×	○	×	×	○	△

○:含有が認められる塩類、△:含有が推定される塩類、×:含有が推定されない塩類
神田ら(2015)



鶏糞燃焼灰中の燐酸や加里は酸によって有効活用可能

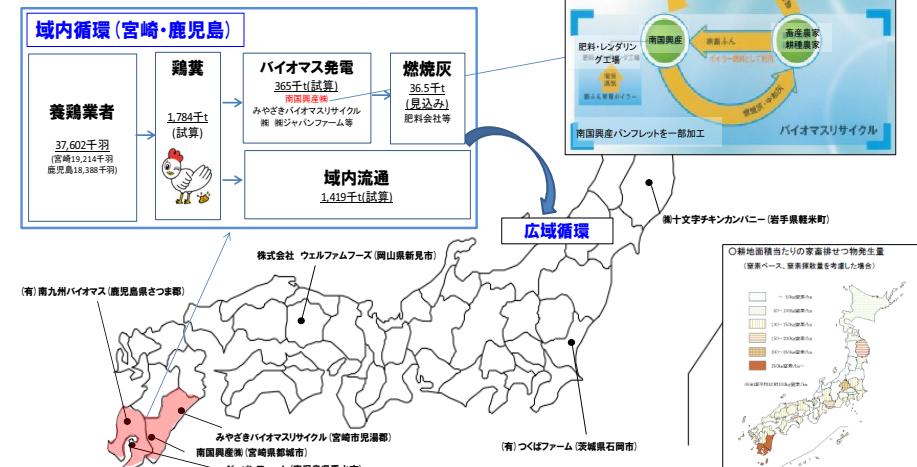
燃焼温度上昇により有効成分が難溶化。しかし、酸処理によって植物に利用されやすい形態に(新たな過りん酸石灰製造)



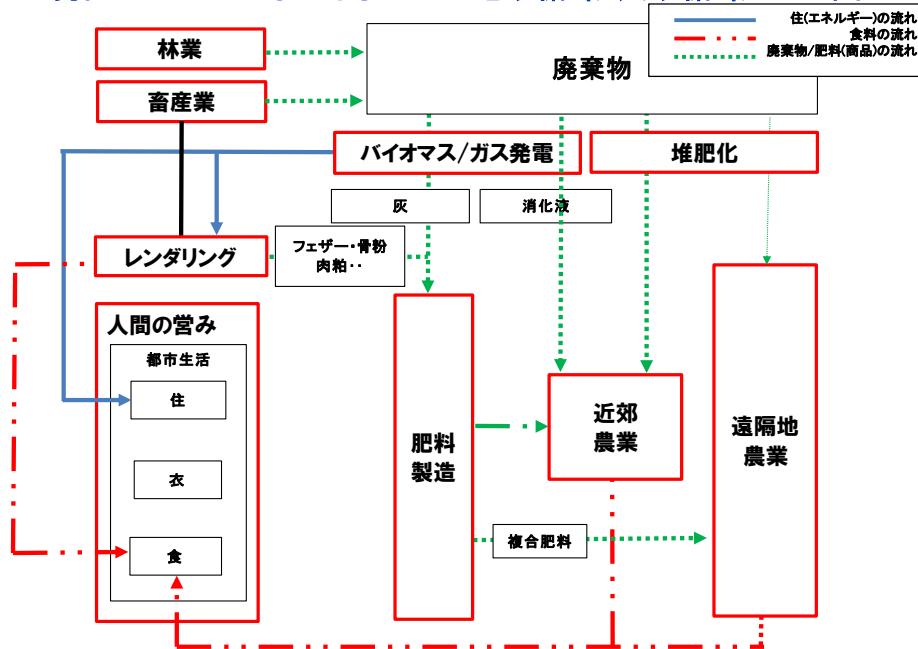
鶏糞流通でも地域循環と広域循環の融合が始まった

再生可能エネルギーの固定価格買取制度発足(2012.7)により各地に鶏糞を原料としたバイオマス発電所が建設

1. 鶏糞灰発生量57,100t(プロイラー54,500t,採卵鶏2,600t)
2. P-K10,000t産出
3. 化成肥料25%分を供給可(使用率20%で計算)
4. 糞便量13百万tに対して約4.5%の割合(減量率10%で計算)



現代によみがえるバイオマスの地域循環・広域循環フロー図



【本日お話しすること】

1. 現在 2. 過去

- (1) 肥料産業勃興からの肥料の歴史を振り返る。
- (2) 胸に去来する様々な出来事

A. 宮沢賢治にみる土壤肥料学会設立当時の肥料の姿
イ. 戦争、農業技術と肥料産業の関係
ウ. 江戸時代の肥料流通と現代の地域資源循環の類似点

3. 未来

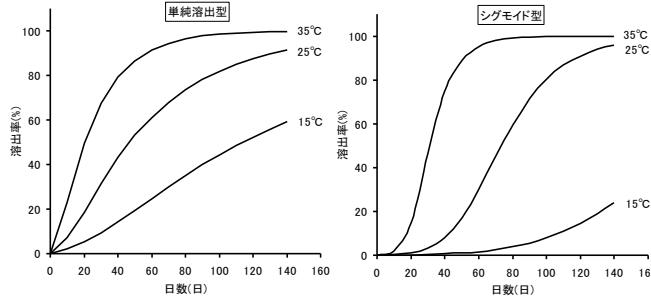
- (1) 硫安から尿素、世界一の被覆肥料製造技術への道
- (2) 農業者の創意工夫ある慣行区に向き合うためには

4. 最後に

尿素から引き継がれる 我が国の被覆肥料製造技術

我が国の溶出制御技術は世界的にも極めて高精度

- ① 肥料物性(臨界湿度・溶解度)
- ② 施肥環境(温度・水分)
- ③ 原肥形状(丸み、滑らかさ、粒度分布、粒径)
- ④ 被膜物性(透湿性、伸張性、硬さ)
- ⑤ 被覆方法(方法)



被覆肥料の世界標準は硫黄ポリマー被覆・作物は芝と観賞植物

日本は世界有数の市場をもち・樹脂被覆・穀物(米)に特徴
水稻普及35%(H18農水省)、市場224億円(2011年矢野経済研究所)
世界のタイプ別被覆肥料市場規模の動向(百万US\$)

タイプ	2013	2014	2015推定	2020予測	年率成長率
硫黄被覆	164.6	174.0	184.0	243.9	5.8%
ポリマー被覆	238.8	252.8	268.6	364.4	6.3%
硫黄-ポリマー被覆	988.9	1,054.1	1,130.0	1,604.6	7.3%
その他の被覆	46.8	49.7	53.1	74.2	6.9%
合計	1,439.0	1,530.6	1,635.7	2,287.1	6.9%

主要な国々の肥効調節型肥料市場の動向 (KT)

国	2013	2014	2015推定	2020予測	年率成長率
アメリカ	722.8	766.9	815.2	1,106.5	6.3%
カナダ	116	121.6	128.2	167.1	5.4%
フランス	64.6	68.2	72.3	96.8	6.0%
中国	132.6	140.8	150.6	210.7	7.0%
日本	163.2	173.8	185.8	260.0	7.0%
インド	71.3	75.9	81.1	112.7	6.8%
ブラジル	121.3	127.3	134.5	177.1	5.7%
合計	1,391.8	1,474.5	1,567.7	2,130.9	

世界の作物群別肥効調節型肥料市場規模の動向 (KT)

作物群	2013	2014	2015推定	2020予測	年率成長率
芝生＆観賞植物	1,153.8	1,222.5	1,302.5	1,789.8	6.6%
穀類＆油脂作物	591.5	623.3	658.9	878.8	5.9%
フルーツ＆野菜類	309.1	325.7	344.2	454.4	5.7%
その他	186.0	193.0	200.7	244.1	4.0%
合計	2,240.4	2,364.6	2,506.3	3,367.1	6.1%

我が国の被覆肥料のスタンダードは樹脂被覆

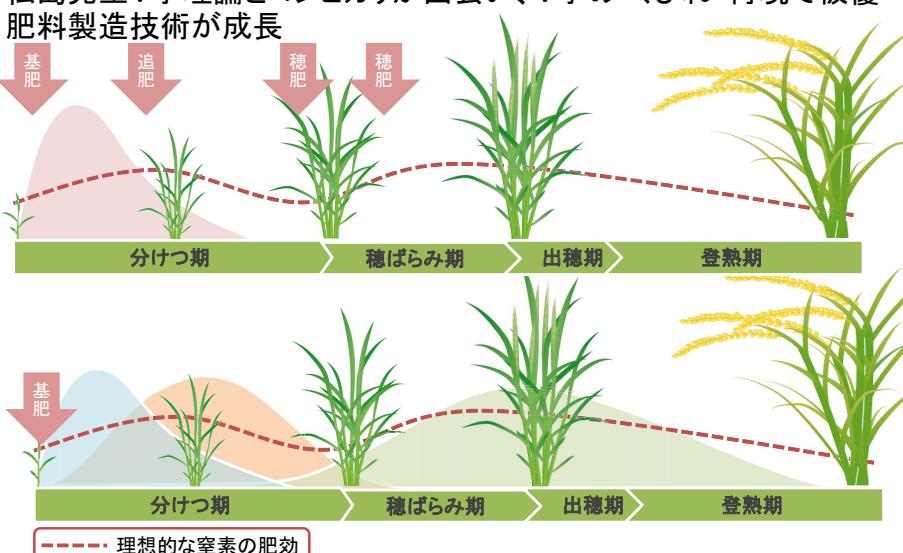
分類	メーカー・販社の変遷（系統のみ）			シリーズ名
	過去	→	現在	
樹脂系	チツソ旭(チツソ・旭)	ジェイカムアグリ	LP	
	三菱化学		ロング	
	三菱化学アグリ		エムコート	
	宇部興産農材	エムシー・ファーティコム	ユーコート	
	セントラル硝子	セントラル合肥	セントラル化成	セラコート
	昭和電工		ショウコート(廃止)	
熱硬化性	片倉チッカリン	片倉コープアグリ	シグマコート	
	コーブケミカル		コーブコート(廃止)	
	硫黄	三井東庄	サンアグロ	硫黄コート
無機系	ようりん	日本肥糧		ニッピリンコート(廃止)

幾多の困難を乗り越え誕生した被覆肥料開発時の状況

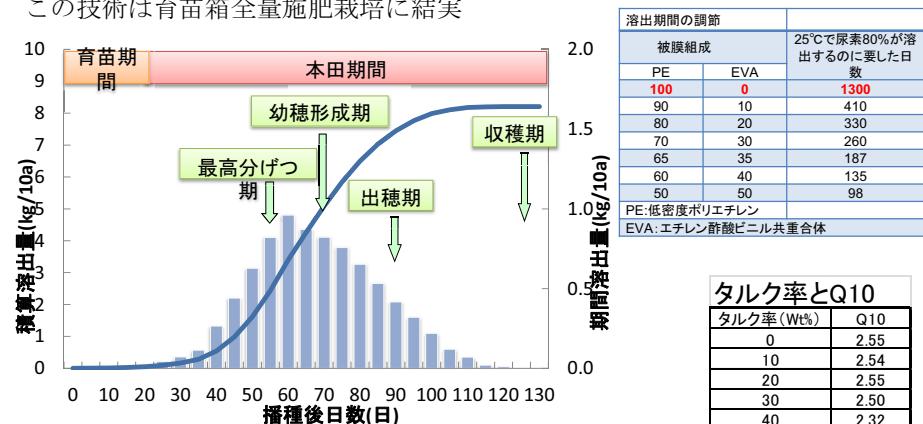
内容	時期	開発元	V.S.	開発当時の状況		普及の呼び水
				時代背景	象徴的なフレーズ	
被覆肥料	1980年(S55登録)	チツソ(現ジェイカムアグリ)	↔	①稻作耕作戸数384万戸(27年108万戸) ②水稻作付面積239万ha(同152万ha) ③コシヒカリ作付割合14.3%(同36.1%) ④V字理論に基づく分施体系が発達	「尿素の被覆はナンセンスだ」「尿素の被覆は吸湿防止で十分、過剰スペックだ」「農業者を促進する技術だ」「尿素を被覆しただけなのに高い」	①農業者の軽労化ニーズ(高齢化・省力化ニーズ・規模拡大・区画整備) ②試験場技術評価と全農における体系的評価

我が国の被覆肥料技術誕生は 松島理論とコシヒカリの出会いから

松島先生V字理論とコシヒカリが出会い、V字の“くびれ”再現で被覆肥料製造技術が成長

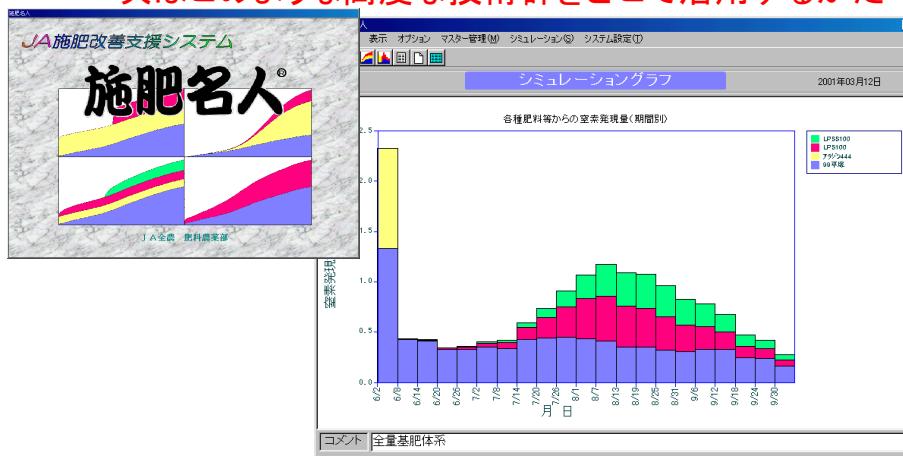


それは1300日間溶出させない技術からスタートした
溶出させない技術がクリアできれば被膜の透湿性や鉱物の添加により溶出速度を高度に調節可能⇨標準はいかに溶出を押さえ込むか
この技術は育苗箱全量施肥栽培に結実



庄子貞雄監修;ロングとLPコートの開発 その特性と施肥技術(2011))

高度な被覆肥料溶出制御技術により
シミュレーションによる高度な施肥体系が実現
全農が開発した“施肥名人®”は高度な溶出制御技術を基礎にした
土壤肥料学の英知を集めたシミュレーション技術へ発展
→ 次はこのような高度な技術群をどこで活用するかだ



急速にすすむ農業の担い手への集約(1)

政府は農地集積バンクを全県に設置し、大規模農家耕作面積を8割に高める方針

20ha以上耕作する経営体が37%を耕作し年々増加

農業法人数; 5272法人(2000)→2万800法人(2016)(約4倍)

農業法人従業員数; 4万9369人(同)→10万4269人(2015)(約2倍)

2015年農業法人就職者数; 1万430名(新規就農者の約36%)

土地利用型農業における20ha以上の農業経営体が耕地する面積の割合の推移

	H2 (1990)	H12 (2000)	H22 (2010)	H27 (2015)
面積計(万ha) 全体	398	380	368	345
20ha以上の経営体が耕作する面積	65	79	119	129
20ha未満の経営体が耕作する面積	333	301	249	216
20ha以上の経営体が耕作する面積の割合(%)	16	21	32	37

※農水省資料を加工、27年度追加

未来は高度な技術による施肥のカスタマイズへ
過去の肥料技術は社会的な欠乏状態が充足への渴望を生み、それが新たな技術開発につながった
現在は充足のとき、素材として肥料のメインプレーヤーは出そろい、施肥技術も高度に進化
次に我々技術者は次のパラダイムに向かってどのような準備をすべきか？

それは農業者の渴望に向き合うこと

現存の千両役者(肥料・技術)を多様な農業者の渴望感を満たすために、どう演じてもらうかがテーマ

このあと急速に農地集積がすすむ土地利用型大規模農業経営者への向き合い方をテーマに展開

急速にすすむ農業の担い手への集約(2)

- 法人と主業的農家の販売金額; 経営体 **14%** に対して **77%**
- 100ha以上の経営体数; 1,590戸(北海道1,168都府県 **422**)
- 50ha以上の経営体数; 6,121戸(北海道4,584都府県 **1,537**)

経営規模別の経緯体数と販売金額の実態

	経営体数(戸)		販売金額割合(%)	平均所得(万円)	
	経営体数	同左割合(%)		総所得	内農業所得
法人経営	1.53	0.7	19	1608	1338
農家	29.3	13.5	58	634	499
	25.7	11.9	10	516	30
	77.7	35.8	13	401	32
	38.1	0	—	—	—
法人経営+主業的農家	30.83	14.2	77	—	—
総合計			100		

資料: 平成26年農業経営統計調査、平成27年度農林業センサスに基づく試算

注: 農家: 経営耕地面積10a以上、または農産物販売15万円以上

主業農家: 農業所得が主で、1年間に自営農業に60日(月5日)以上従事している65歳未満の世帯員がいる農家。農業所得が全所得の50%以上

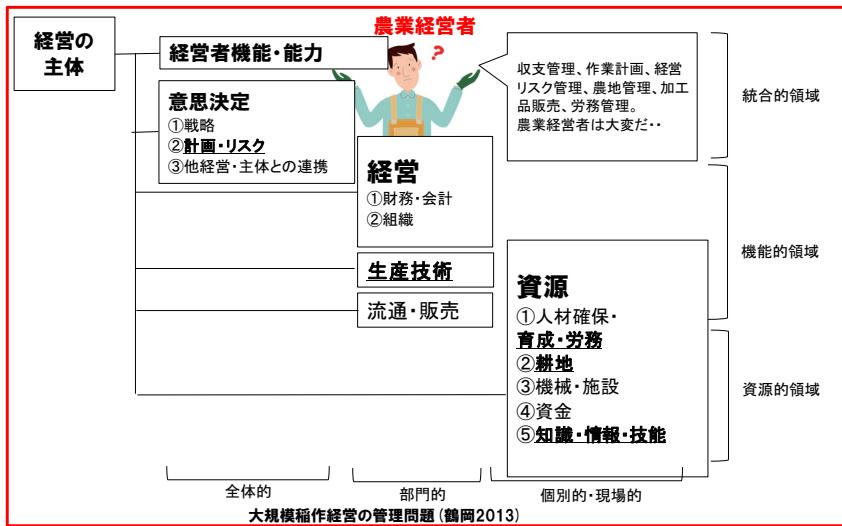
準主業的農家: 農外所得が主で、1年間に自営農業に60日以上従事している65歳未満の世帯員がいる農家。

副業的農家: 1年間に自営農業に60日以上従事している65歳未満の世帯員がない農家。

自給的農家: 経営面積が10a(または農産物販売15万円)以上、30a(または農産物販売50万円)未満の農家

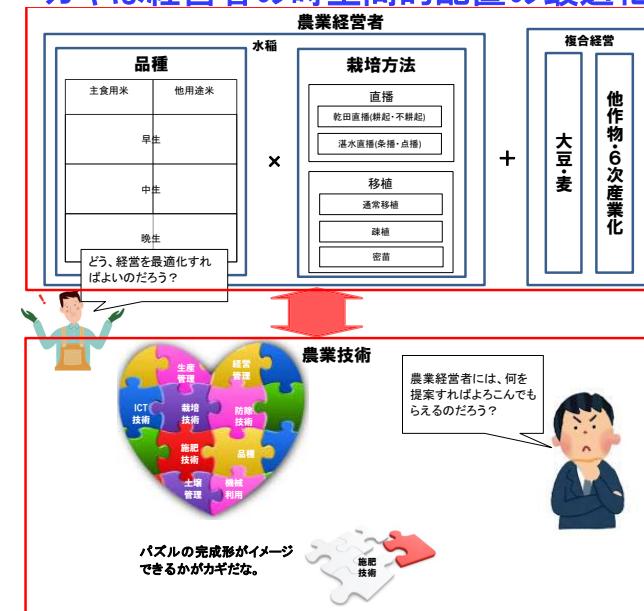
農業経営者の想い

農業経営者は総合的領域(経営機能・意思決定)、機能的領域(経営・生産技術・流通・販売)、資源(人材育成・労務管理・情報)を意識しながら経営を展開



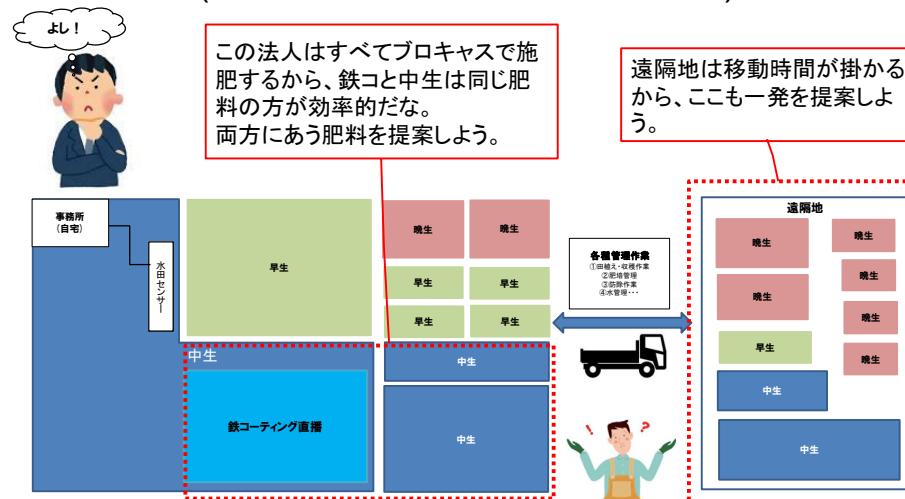
大規模稻作経営体の生産管理に関する研究(鶴岡2013)より作図

多様な農業経営に対応するパズルの完成系をイメージ カギは経営者の時空間的配置の最適化



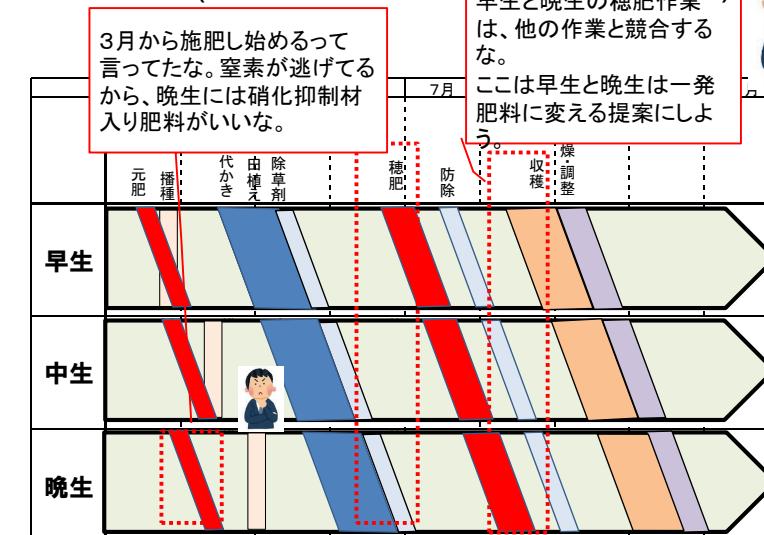
時空間的施肥のカスタマイズ(空間編)

農業者の経営方針・農地の地理的配置により多様な施肥体系を提案(鶴糞・N単肥・一発・硝化抑制材…)



時空間的施肥のカスタマイズ(時間編)

農業者の労働力・農地管理の時間軸によって多様な施肥体系を提案(鶴糞・N単肥・一発・硝化抑制材…)



【アメリカの土壤診断事業にヒントを探る】

技術コンサルが診断結果に基づき正しい経営判断を誘導。

土壤診断→肥料製造→肥料散布を事業として完結。

Nは必須、PKは必要に応じて施肥



農業経営者の経営に寄りそう次世代土壤管理の姿(例)

