

## 肥料技術の現在・過去・未来(2)

我が国の窒素質肥料の歴史，様々な視点から見た肥料，そして未来を考える

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	小林,新
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	89巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 181-190
発行年月	2018年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



---

 資 料
 

---

## 肥料技術の現在・過去・未来(2)

### 我が国の窒素質肥料の歴史，様々な視点から見た肥料， そして未来を考える

小林 新

---

#### 4. 我が国の「硫安」「石灰窒素」から始まる 窒素質肥料の歴史

##### 1) 世界における窒素工業化の動き

いまでは作物にとって最も重要な肥料として当たり前である窒素質肥料は、はじめ人類から冷遇されていたようだ。かつて、リービッチは窒素の重要性は認識しつつも、空气中窒素ガスが降雨によって降下するとして、肥料として供給する必要性を否定した。

高橋英一博士は「肥料鉱物資源」としてグアノ、チリ硝石、カリ鉱石、リン鉱石を挙げ、とくにチリ硝石の埋蔵量の少なさが、資源枯渇の危機感を生み、空中窒素固定への道を開いたとした。クルックス候は1898年「小麦の問題」のなかでチリ硝石の枯渇により1930年頃には食糧危機が訪れるとし、当時の窒素質肥料資源の枯渇に警鐘を鳴らし、空中窒素固定法の早期開発の必要性に言及した。その呼び掛けに呼応して、20世紀初頭から空中窒素固定に関する開発がすすめられ、かの有名なハーバーボッシュ法の開発に至ることになる。この開発自体は1909年の触媒の発見により終了し、その後の工業化は1913年BASFオッパウ工場で行われることになった。

空中窒素固定技術開発の間の窒素質肥料工業の空白を埋めたのは、1895年にフランクとカロにより開発されたカーバイドと石灰からカルシウムシアナミド、つまり石灰窒素を得る石灰窒素法の出現である。この工業化は1905年イタリアで行われ、その後ドイツで大型のプラントが稼働することになる。

フランクとカロは積極的に海外へライセンスを供与し、我が国での窒素質肥料工業においては、豊富な石炭、石灰、硫化鉱を起源とする純国産品の石灰窒素を原料とする

変性硫安の製造が化学産業勃興への大きなけん引役となった。

##### 2) 我が国の窒素質肥料の変遷

江戸時代から続いた下肥、菜種粕、魚粕に代わって、明治時代から昭和初期の硫安の生産開始までの間、窒素質肥料の主役に躍り出たのは豆粕であった。日清戦争の勝利により満州から大量に輸入されたのである。

当時の世界の主力はチリ硝石であったが、水田が多い我が国では、用途が限定されることから、市場は比較的窒素成分の高い豆粕を選択した。この時代に現在の大手総合商社の台頭や国内流通の主役を務めた国内肥料商の今日につながる流通基盤が形成された。この豆粕の輸入には、相場変動が激しく大きなリスクを伴うことから1910年東京大豆粕商連合会が設立され、紛争処理の解消にあたった。この結果、豆粕の取引制度は最も信用できる商取引として確立された。

この豆粕黄金期に化学肥料需要を創出する大きなきっかけを与えたのも戦争である。日清戦争(1894~1895年)、日露戦争(1904~1905年)により豆粕の輸入が途絶え、加えて鯨の不漁により魚粕も減少したことにより化学肥料の需要が一気に広がった。加えて、爆薬の原料として不可欠な硫酸の需要が戦争終結とともに一気に消失し、その供給過多が過リン酸石灰を中心とした肥料産業への新規参入の呼び水となった(表6)。

##### 3) 窒素質肥料の王者「硫安」の目的生産物から副産物への陥落

硫安ははじめ石灰窒素を変性することにより製造された(変性硫安)。石灰窒素の製造には、コークスや無煙炭などの炭素材、石灰岩、電力が必要となる。その製造は、石灰岩を焼成した生石灰とコークスや無煙炭を混合し、電気炉で加熱熔融させて、カルシウムカーバイドを製造する。そのカーバイドに窒素を高温で反応させて石灰窒素が製造される。換言すれば、石灰窒素の製造に有利な立地としては、石炭、石灰岩、電力が容易に得られる場所が好適条件となる。このため、我が国における主要な肥料工場の存在場所は、それらを得るのに適した場所であることが多い(図5)。

窒素質肥料産業の祖といえる日本窒素肥料(現ジェイカ

Arata KOBAYASHI: Historical Development of fertilizer Technologies (2)

JA 全農肥料農業部技術対策課 (100-6832 東京都千代田区大手町1-3-1)

Corresponding Author: 小林 新 kobayashi-arata@zennoh.or.jp

2017年10月6日受付・2018年1月30日受理

日本土壤肥科学雑誌 第89巻 第2号 p. 181~190 (2018)

表6 戦争が我が国の肥料産業に及ぼした影響

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ュ法特許権賠償対象 ②爆薬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, 焼成磷肥

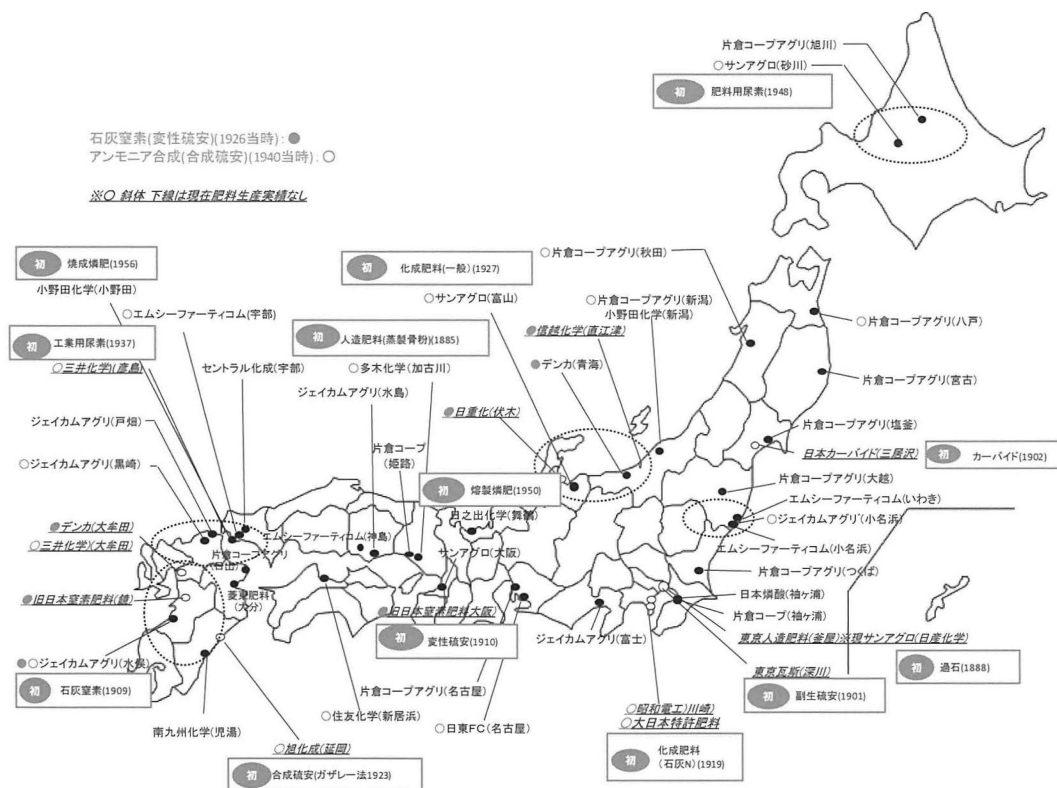


図5 肥料産業勃興時の主な肥料工場の設立

ムアグリ)は、フランク・カロ法を用いた工場を熊本県水俣市に建設し、1909年から石灰窒素の製造を開始した。さらに1911年には青海工場、1916年には大牟田工場を立ちあげた。これらの工場立地が石灰窒素の製造と深い関わりがある。初期に導入されたフランク・カロ方式は、大量の電力消費を伴い(我が国独自の連続式製造法N式(1912年)、D式(1916年)につながる(表7))、電力確保のため電力源の近場に工場が建設されることが多かった。例えば、水俣工場(熊本)、青海工場(新潟)は近くの白川、姫川に水力発電所が存在し、苦小牧工場は王子製紙、大牟田工場は三井鉱山の余剰電力が得られた。加えて、他の原料も存在することにより工場立地の必然性が決定づけられた。青海工場では石灰が近くで産出し、大牟田工場では、石灰に加えて変性硫安の原料として不可欠な硫酸が亜鉛精錬所の亜硫酸ガスの活用により容易に得られることも有利

であった。

石灰窒素の製造が本格化するなかで、次の開発の方向は会社により異なっていた。つまり、日本窒素肥料は変性硫安を選択し、電気化学工業は石灰窒素の道を選択し、両社のその後の化学工業としての生きる道にも大きな転換点となった。日本窒素肥料が変性硫安を選択した理由は、石灰窒素の変質や作物への危害の面から硫安の市場性が誘導したものである。

我が国では、当時回収硫安に比べて品質、価格面で優位であった変性硫安が黄金期を迎えていた。しかし、その頃、ヨーロッパでは第一次世界大戦(1914~1918年)における爆薬用硝酸需要に支えられ、ハーバーボッシュ法によるアンモニア合成の工業化が本格化し、チリ硝石の市場を駆逐しつつあった。

我が国への影響は合成硫安の輸入という形で1924年頃

表7 日本独自の主な肥料製造技術

成分	分類	名称	時期	開発元	導入メーカー	意義
窒素	石灰窒素	N 式	1912 年 (明治 45 年)	日本窒素肥料 (現ジェイカムアグリ)	同左水俣工場	バッチ式から連続式への転換による製造効率，エネルギー消費量減少
		D 型	1916 年 (大正 5 年)	北海カーバイド工場 (現デンカ)	電気化学工業 大牟田工場	反応熱の利用により，ほとんど電力を必要としない製造法
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	国産の中圧法として我が国初のアンモニア合成法，外国技術導入の主流時期に近代化学工業の国産技術の先駆けとして評価
塩安	塩安併産法		1950 年 (昭和 25 年)	宇部曹達工業 (現セントラル化成)	同左宇部工場	世界初の製法により塩安を併産し，水田における秋落ち対策肥料として活用
肥料用尿素	非循環法		1948 年 (昭和 23 年)	東洋高圧 (現サンアグロ)	同左北海道工業所	世界に先駆けて非循環法 (SA/U: 5) により肥料用尿素生産を開始
	完全循環法		1950 年 (昭和 25 年)	東洋高圧 (現サンアグロ)	同左北海道工業所	世界初の半循環法 (SA/U: 2.2) により肥料用尿素製造 (S27 日本化学技術賞，S30 通産大臣賞)
	完全循環 C 法		1966 年 (昭和 41 年)	東洋高圧 (現サンアグロ)	同左北海道工業所	硫安副生がない尿素製造法，熱回収効率，装置簡素化，世界 22 カ国 60 プラントに導入 (世界尿素生産の 1/3 を占有)。
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 年代我が国独自の製造技術の進歩により中国，韓国，ブラジル，南アフリカなどに導入
	焼成磷肥		1955 年 (昭和 30 年)	小野田化学	小野田化学	日本独自の磷酸製造法として工業化
	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	石膏ボード利用を前提とした我が国で発達した湿式磷酸製造法

から始まり，我が国の硫安産業を脅かす存在となっていく。

アンモニア合成の肝は，水素の確保である。現在のアンモニア合成技術はナフサや天然ガスによる水蒸気改質法が主力であるが，この当時の先発メーカーの多くは電解法を採用し，石炭鉱山をもつメーカーは水素源を石炭に求めた。1930 年代になると経済の好転により余剰電力が厳しくなったことや，石炭の競争力拡大により水性炉やウィンクラー法など他の高度な方法を選択するメーカーが出現した。

我が国の合成硫安製造は，日本窒素肥料による生産を皮切りとし，硫安各社が次々に進出した。変性硫安に続く合成硫安までが，目的生産物として産出された歴史であり，その後の復興期においても合成硫安の生産が主流を占めていた。

1950 年代末から後述の肥料 2 法 (硫安産業合理化及び硫安輸出調整臨時措置法・臨時肥料需給安定法) 下における硫安産業競争力強化の施策下で生産の多角化が始まり，やがてカプロラクタムなどナイロン原料製造を起点とした

回収硫安，鉄鉱石コークス製造に起源をもつ副生硫安が生産の主力となっていく。目的生産物であった硫安の歴史が幕を閉じた (図 6)。このことは，現在の肥料需給バランスが農業界の都合ではなく，他産業の都合により左右されることにつながっている。

この潮流は近年でも，ナイロン産業の海外への生産拠点移転に伴う減産や，鉄鋼産業の景気動向により肥料の需給バランスが影響される事態となっている (肥料版風が吹けば桶屋が儲かる)。

見方を変えれば，我が国の硫安産業は化学コンビナート内における排硫酸やアンモニアの活用による化学肥料生産と農地還元による農工を結ぶ循環システムにその活路を見出したともいえる。

#### 4) 世界標準の窒素質肥料「尿素」の台頭

尿素は硫安に比べて，窒素成分が高く，輸送に都合がよい。そのため，現在の窒素質肥料の貿易の主力は完全に尿素に移行した。逆に硫安は完全に国際マーケットを消失し，現在では日本への輸入価格は国内価格に比べて大幅に高くなっている。

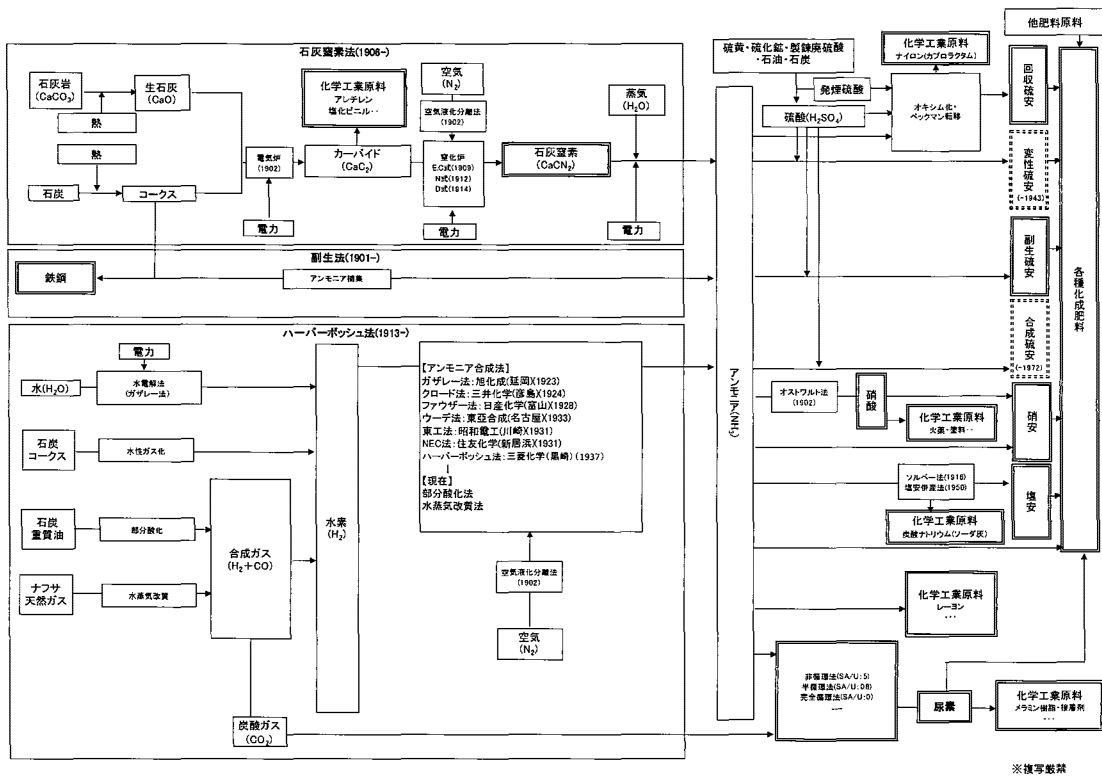


図6 アンモニア産業を起点とした窒素質肥料の変遷

硫安全盛であった我が国の窒素質肥料を尿素への転換を促したのは、またも戦争の影響であった。戦後の賠償指定により硫酸が不足したことから、東洋高压工業（現サンagro）砂川工場では、硫酸製造が計画の7割に留まっていた。そこで、GHQへ尿素硫酸併産を主張し、1948年から非循環法により硫酸とともに尿素が併産された。これが我が国の尿素肥料産業の始まりとなる。この発展過程で特筆すべきことは、1955年に東洋高压において完全循環法（硫酸を副生しない尿素製造法）が我が国独自技術として開発されたことである（表7）。そして、その農業普及には、工業会、大学、研究機関が密接に関与し普及をすすめる、粒状化に伴うビュレット性窒素の生成抑制やその検証に尽力した。これらの先人たちの努力の結果、我が国の尿素産業は大いに発展し、1972年には3,231千tと世界一の尿素生産国となった時期が存在した。

5) 我が国の世界最高品質の被覆肥料誕生への道

我が国の尿素製造技術は、現在世界一の溶出制御技術を持つことに至った我が国の被覆肥料の製造技術に引き継がれている。

現在、我が国の被覆肥料の市場は、施肥の省力化ニーズなどにより順調に伸びており、2014年度には229億8,400万円（矢野経済研究所、2015）に達している。

使用作物としては、世界的にはゴルフ場や緑化事業などの用途が過半を占めるが、我が国では水稲用が大半を占めていることに特徴がある。新しい施肥技術の開発も様々な分野で進行し、これらの発展には、高度な被覆肥料の溶出制御技術が貢献してきた。

被覆肥料は1960年ごろアメリカのArcher Daniels Medlands社がフェノール系とアルキッド系樹脂を用いた樹脂系被覆肥料を世界で始めて開発した。また、我が国においては、1970年代から研究開発が進み、化成肥料については1975年、尿素については1980年にそれぞれ被覆肥料の公定規格が設定された。

この高度な技術開発の先駆者はチッソ（現ジェイカムアグリ）のコーティング技術によるところが大きい。同社の藤田利雄博士はその市場性に目を付け、1976年ごろから「安価に提供できる精密に制御された窒素質肥料」をコンセプトとして、粒状尿素のコーティング技術の開発に着手した。その技術の真価はその溶出制御の考え方にある。つまり、はじめに水蒸気透過性の低い樹脂（PE）により尿素を完全にコーティングし、1,300日もの間溶出をさせない肥料を製造したことである。この技術開発を基礎として、水蒸気透過性の高い樹脂（EVA）を混合することにより溶出の長短を自由にコントロールできるようになり、高い溶出制御技術の源泉となった。こうして開発したLPコートは当初各方面から散々酷評されたという。

「尿素の被覆はナンセンスだ」、「松島理論（松島、1969）にそぐわない」、「尿素は吸湿防止だけで十分で過剰スペックだ」、「墮農を促進するだけだ」、「被覆しただけで高い」などであったという。これだけ酷評されても、彼らはその開発の手を緩めなかった。その結果がLPSS100に代表されるシグモイド型肥料の誕生である。

松島第二理論（松島、1969）に基づくV字型稲作は、多収稲作の限界を打破するための技術として創出されたが、

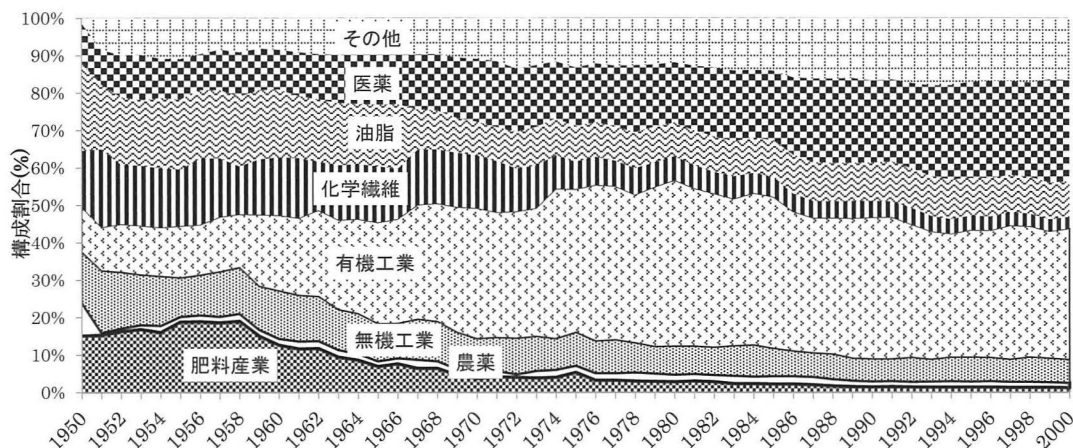


図7 化学工業に占める肥料産業の構成割合

稲作日本一(1949～1969)の終焉に象徴される米の供給過剰時代の到来にもコシヒカリの安定栽培技術として，その思想が継承された。

これまでのLPシリーズに代表されるリニア型は，1981年の上市以降全農の委託試験を活用した普及試験等により大きく実績を伸ばさせたが，コシヒカリではV字型の“くびれ”が再現できず普及の大きな障害となっていた。それが長期間溶出させない溶出制御技術の結実となる今日のシグモイド型肥料の誕生につながった。世界的にもシグモイド型を呈する被覆肥料は存在しているが，いわば自然体で抑制されているタイプがほとんどであり，抑制期間を人為的に制御できる技術は我が国しか存在しない。その溶出制御技術は，世界に類をみない育苗期間に完全に溶出を制御する「苗箱まかせ」の技術に引き継がれている。

この我が国の高度な被覆肥料の溶出制御技術の発展と世界でも珍しい稲作という穀物への普及が世界で最も進んでいる現状は，松島理論に肥料業界や土壌肥料技術者が果敢に挑み続けた歴史ともいえよう。

## 5. 国家，化学工業，農業者の視点からみた肥料

### 1) 肥料産業と国家の関係

1973年のオイルショック時に今後の重要物資として3F (Food (食糧), Fire (兵器), Fuel (燃料)) に Fertilizer (肥料) を加えて4Fという言葉が生まれた。まさに，過去の肥料産業はこのキーワードの通り，時に国家やその時代に翻弄され続けた。肥料は食糧安保に不可欠な物資であり，窒素質肥料の基礎であるアンモニア合成技術は戦争に不可欠な爆薬の原料となる硝酸に容易に転用されるからである。また，我が国では，戦後の外貨不足時における重要な外貨獲得の手段としても硫酸は利用されてきた。

1937年の日中戦争勃発により肥料施策は農村救済の手段から，食糧増産への転換を強いられた。このため，1938年に「硫酸アンモニウム増産および配給統制法」が公布され，硫酸増産を国が後押しした。これより，戦後のしばらくまでは，肥料は配給されるものであり，販売されるものではない時代が続いた。国は更なる統制を取るために

1940年に官民共同出資による日本肥料株式会社を設立し，国家統制を強化した。それにも関わらず硫酸生産は1940年の1,200千tをピークに急激に減産に向かった。それは，アンモニア生産設備が軍需転換により硝酸生産に転用されたこと，空襲により工場が壊滅的な打撃を受けたことによる。戦争終了時に正常に稼働していた工場は，日産化学富山工場のみであった。

戦後の復興期には，まさに食糧確保のために肥料増産が急務となった。国として鉄鋼や石炭産業に並び，肥料産業についても優先的に資金，資材が配分されるいわゆる「傾斜生産方式」の代表的な産業であった。

この国の後押しもあり，1950年には化学工業全体の15%を占めるなど，急速な復興を遂げた(図7)。

この復興を支えたのが，戦前からの日本肥料株式会社を継承した肥料配給公団である。この公団により価格統制が敷かれ，生産と配分が円滑に進み，国家主導型の肥料流通が功を奏し肥料産業は急速な発展を遂げた。その後，1950年の同公団の廃止により価格統制は廃止されたが，その後も国家統制の枠を一定残すことになった。それは食糧確保に続く次なる役割，外貨獲得の手段として再出発したからである。今でこそ肥料原料はそのほとんどを海外から輸入していることは業界の常識になっているが，その当時，硫酸は電解法，石炭など固形原料を出発点とした純国産原料で成立していた。つまり，原料の輸入と製品輸出の相殺がなく，非常に効率的な外貨獲得手段としてその責を負った。

1952年の朝鮮戦争休戦により肥料国際相場は急落し，我が国の硫酸産業の国際競争力強化が急務となった。一方で国内基盤の回復による需給バランスの悪化により，業界からの輸出圧力が高まった。その役割を追ったのが，1954年の肥料2法といわれる「臨時硫酸需給調整法」，「硫酸産業合理化および硫酸輸出臨時措置法」の制定である。それからの10年間は引き続き硫酸産業は実質的な国家統制のもとに置かれ，その後も1964年の「肥料価格安定等臨時措置法」，1970年の「肥料安定法」に引き継がれ，硫酸のほか尿素(1970年)，高度化成(1975年)を対象とし

ながら制度の拡充が図られた。

このように過去の歴史を辿ると、肥料産業はその産業や商品としての性質上、需給が緩むと自由主義経済の方向へ、需給が逼迫すると途端に国家統制経済に組み込まれる。古くは、1996年のIMCによるアメリカの燐鉱石輸出停止、また、記憶に新しいところでは2010年の中国における肥料に対する高関税措置などがその好例となる。

## 2) 肥料産業が生んだ我が国の化学工業の発展

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、東ソーなど、我が国を代表する総合化学メーカーはそのほとんどが肥料産業、特にアンモニア合成からその生を受けている。

肥料が目的生産物から副産物へ転換した歴史を、窒素質肥料を石灰窒素から硫安生産にシフトした三菱化学(三菱化学社史, 1981)、電気化学工業(電気化学工業百年史)の展開をそれぞれの社史から紐解いてみる。

硫安は石灰窒素からの変性硫安からアンモニアと硫酸の直接合成による合成硫安までが目的生産物であった。その後のカプロラクタム等の製造工程からの回収硫安、コークスからの副生硫安では目的生産とする業態が他に存在し、硫安の生産はその発生量に大きく影響される体質となっている。言い換えれば、現在の化学工業は工場単位で様々な目的生産物が混在する複合コンビナート化されている。

1980年当時の三菱化学黒崎工場の製造工程では、出発物質である石炭からコークス生産の過程で副生硫安を得ると同時に、コールタール、硫黄、などの中間原料を得ている。また、ナフサ、硫黄、シクロヘキサンからカプロラクタムを生産するとともに副生硫安を得て、これらを原料として化成肥料等を製造している。窒素質肥料の源泉はコークスの主要需要先である鉄鋼業と化学繊維産業に到達する。

一方の電気化学工業青海工場では、カーバイドは石灰窒素のほかメラミン樹脂、化学繊維、ビニール等の多くの有機合成品の原料として使用されている。

これらの事例に代表されるように近年の化学肥料工業は目的生産物から副産物に変遷を遂げた歴史でもあり、企業としての採算性は肥料としての採算のほか、付随的に得られる他製品の市況によって大きく影響される(図7)。

これが露呈した例としては、1955年頃に石灰窒素の原料となるカーバイドが化学繊維、ビニール等に転用され、採算性の低い石灰窒素の需給が逼迫したことが記録されている。このことがきっかけとなり、尿素と石灰窒素を混合したダブルチツソ、塩安、ジシアンジアミド入り尿素などの開発につながっている。前述の「欠乏は発明の母」は、このときも出現した。今日では更に肥料産業の他産業への依存性が強まっており、特に大粒硫安においては、需給逼迫のため今まさに苦心している現状にある。

## 3) 技術者からのブーイングを乗り越え農業者が先導した肥料の複合化への道

今では化学肥料の主役として君臨している複合肥料は、大正から昭和初期にかけて技術的な合理性の観点で虐げられていた。それは、当時の施肥基準に合致した設計となっていなかったためである。例えば、昭和初めまで売れ筋であった五号配合肥料は、過リン酸石灰と硫安を配合したもので、窒素を5%、リン酸を11%ほど含み、リン酸の必要性が低い西日本にもよく売れていたが、無駄な養分を圃場に投入することが当時批判を受けたのである。ただ、当時の施肥の主体である自家配合を嫌う農業者は、その批判を、実績をもって拒否した。この流れに呼応して全国購買農業協同組合連合会(現全国農業協同組合連合会)は、農水省の肥料配給改善奨励事業に基づく補助金により、全国に大規模な配合工場を設立し、地域特性に合致した合理的な配合肥料を生産することにした。今日のBB肥料の先駆けとなる取組みである。

さて、今日の化学肥料の主力となる化成肥料が出現したのは、1919年に大日本特許肥料(現エムシーアファティコム)が製造した「トモエ特許肥料」である。この生産の動機は使いにくい石灰窒素の改質にあった。その後、1927年に大日本人造肥料(現サンアグロ)から石灰窒素を含まない一般的な化成肥料が生産された。

1950年の配給割当解除後もしばらくは、貴重な燐鉱石は施肥の無駄が少ない過リン酸石灰の生産に優先すべきとの立場により、農水省は化成肥料の生産に消極的であった。また、系統農協においても、当時推進していた配合肥料の方が合理性があるとして、その拡大には消極的であった。しかし、その農業者の省力化ニーズにより化成肥料の生産量は拡大し、1970年代に一気に化学肥料の主役に躍り出た。

使用原料には時代により特徴的な変遷があり、燐酸源として1950年代は過リン酸石灰ベースの低度化成、1960年代になるとリン酸1安やリン酸2安ベースの高度化成が主力となっていった。当時は燐鉱石からリン酸液を製造し、そこからアンモニアを付加するスラリー式が主流であったが、生産数量の低下や銘柄数の増加により、現在では購入したリン酸や過リン酸石灰による配合式により生産されている。また、窒素源は初め硫安かアンモニアが主であったが、1960年から塩安系、1961年から尿素系が生産開始され、多様な化成肥料が生産されるに至った(表8, 9)。

## 4) 農業者の視点から見た肥料—宮沢賢治が農業者にお勧めした肥料とは?—

詩人で有名な宮沢賢治は稗貫農学校(現花巻農業高等学校)の教壇を降りてから、1923~1933年(大正12年~昭和8年)まで羅須地人協会を設立し、農業者への直接的な指導事業を行っている。丁度この間に日本土壤肥科学会の設立時期の1927年が含まれる。そのため、この時期に賢次が農業者へ提案した施肥設計書はその時代における肥料事情を農業者の視点で垣間見ることができる。

表8 プロセス転換要因と肥料産業の変遷の関係性

時代	江戸時代			窒素質肥料			りん酸質肥料			複合肥料			
	項目	下肥	魚肥	植物粕	戦前-戦中期 (1800後半-1945)	戦後Ⅰ期 (1946-1974)	戦後Ⅱ期 (1974-)	戦前-戦中期 (1800後半-1945)	戦後Ⅰ期 (1946-1974)	戦後Ⅱ期 (1974-)	戦前-戦中期 (1800後半-1945)	戦後Ⅰ期 (1946-1974)	戦後Ⅱ期 (1974-)
原料・エネルギー	価格・供給安定性・品質・輸送	①江戸など大都市への人口流入徒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乾燥物は保存性に優れ、長距離輸送に対応	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	国内時給型(国内炭・石灰・電力)	硫酸・尿素・塩安	硫酸・尿素・塩安・被覆尿素	過石	過石・よりりん・重過石・リン酸液	過石・よりりん・リン酸液・燐安	配合肥料	化成肥料(低度)	化成肥料(高度)・被覆複合・BB肥料
市場性	需要・用途(競合・均衡・代替・開発)・流通	農産物需要増大による近郊農業の発展	換金性に優れた菜種・綿花栽培の発達により広域市場確保	①換金性に優れた菜種・綿花栽培の発達により需要地均衡に市場確保 ②エネルギー産業変遷、機織技術発達による需要減	①食糧増産のための需要拡大 ②軍需産業としての需要の変動 ③相次ぐ企業参入	①食糧増産→充足期の需要変遷 ②国内産業振興・外貨獲得としての国家統制 ③秋落ち等阻害要因・人手不足による需要の多様化 ④複合化	①減反施策等による農地減少による過当競争 ②高齢化・規模拡大による省力ニーズの増大	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配合肥料への原料用需要	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高成分化 ③秋落ち対策、硫酸減に対応した肥料多様化と市場形成	①複合肥料への需要シフト ②リン酸液→国産燐安→輸入燐安へのシフト ③配合式化成、BB肥料原料用需要	①単肥需要拡大による購入肥料需要創出 ②単肥庭先配合からの開放による軽労化需要(完全肥料)	①高成分化による軽労化ニーズ ②土壌、作物等に合わせたニーズの多様化	品種多様性、生産者ニーズ、商品性など価値の多様化に合わせた市場の細分化
技術面	連続性・自動化・制御・最適化	季節変動が少なく、連続的に生産	魚油製造後の残渣使用による安定生産技術確立	搾油製造技術・機織技術に対する付帯技術として発達	アンモニア合成技術の変遷と原料の変遷	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	①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 ②被覆肥料等新たな製造技術開発	①ムロ式によるバッチ式生産(過石)	①連続式への転換(過石) ②リン酸製造法の発展(直接2水→半水・2水、2水・半水)		簡易な配合方式	需要増大に応じた燐酸製造を基点とした効率性の高い製造装置(スラリー式)	①少量多品目生産に適する化成製造の配合式へのシフト ②高精度粒状配合装置による効率的多品目生産設備普及
経済性	コスト・付加価値・大型化・省力化	低廉	換金性作物生産不可避資材として相対的な経済性確保	換金性作物生産不可避資材として相対的な経済性確保	(実質的な)価格統制下	①実質的な国家の管理下からの開放と新たな価格スキームの形成 ②需給バランス・国内外情勢による価格変動	①他産業の動静による需給機能影響大 ②コスト変動要因の多様化 ③国際競争力比較による国内生産基盤への影響大	(実質的な)価格統制下	①実質的な国家の管理下からの開放と新たな価格スキームの形成 ②需給バランス・国内外情勢による価格変動	①需給バランス・国内外情勢による不安定な価格変動	農家省力化ニーズへの対応に対する付加価値形成	輸送効率、施肥効率、製造効率面からの低コスト化	①コスト面、省力面、農産物付加価値創出などコスト以外の要因による肥料に求める価値の多様化
社会性	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・灯料としてのエネルギー産業との循環社会上の位置づけ ②不漁・灯料需要停滞による産業の消滅								成分施用の硬直性から戦時中から終戦後までは単肥需要へシフト		

※岩城(1972)から編集。

表9 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・輸出産業・高成分化・複合化・総合化	①新肥料: 塩安, 尿素, ようりん, 焼成燐肥 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・高齢化省力化ニーズ 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・少量銘柄生産	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 低成分化・低コスト原料の導入 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

賢治が作成した当時の施肥設計書では、厩肥、石灰窒素、大豆粕、過リン酸石灰、骨粉、硫酸加里、石灰岩粉が登場する。

1927年の肥料生産は、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533千tであった。この当時は農業者が購入した肥料を自家配合により配合し、散布していた時代であり、予め業者により配合された複合肥料は「完全肥料」といわれ、この翌年の1928年から統計に出現する化成肥料を加えて、肥料の複合化への幕開けとなった時期である。

厩肥は岩手県が当時南部曲り屋、ちやぐちやぐ馬コでも有名な馬の産地であったため、馬の飼育に伴う供給が盛んになされていたためかもしれない。

石灰窒素の当時の主要メーカーは電気化学工業、昭和肥料、信越窒素肥料であったが、その90%以上が硫安に変性していた。

硫安については、当時変性硫安安全盛期であり、日本窒素肥料、電気化学工業が大半のシェアを握っていた。

大豆粕は1910年に設立された東京大豆粕商連合会による監視により最も発達した信用取引として熟成されており、現在に続く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した。

過リン酸石灰は日露戦争に伴う大豆粕の途絶による過リン酸石灰市場への新規参入が相次ぎ、それに続く1920年の恐慌により構造不況に陥り、業界再編や政府の介入がすすめられた時期に相当する。

硫酸加里などの加里質肥料は国内資源に恵まれなかった我が国では、産業として成立せず、すべて輸入に頼っていた。1927年当時の輸入量は硫酸加里31千t、塩化加里13千tと、他の肥料の生産量に比べて圧倒的に少なかった。また、当時は硫酸加里が大きなシェアを占めており、ドイツから輸入されていた。いまではコスト面や成分から水田では塩化加里が主流であるが、当時は水稲にも硫酸加里のみがリストアップされていることは、加里施用が当時一般的でなかったことを意味するとみられる。

石灰岩粉については、花巻の肥料店「渡嘉商店」を通じて賢治のことを知っていたことから、1931年に就職する「東北砕石工場」の製品である可能性がある。賢治はこれを「間接の燐酸肥料」と記して酸性改良による養分の有効化に対する期待を込めて表現した。

日本肥料全集(酒匂常明(1894年))では、当時の水稲に対する石灰施用増加について安価で養分有効化に寄与するが、土壌肥沃度の低下や水稲収量や品質低下の懸念を示している。現に1898～1903年にかけては、鹿児島県、宮崎県、熊本県、石川県、佐賀県、兵庫県、長崎県で相次いで石灰禁止令が出され、農事試験場等の石灰の有用性の検証結果を踏まえて1909年以降次々と廃止された。

## 6. 現在から未来を考える

—欠乏の時代から充足の時代にどう向き合うか—

以上、論じてきたように、我が国の肥料技術は、その時々戦争、食糧危機など激しいトリガーにより、その時

表10 平成28年度飼料用米多収稲作日本一受賞者の経営概要(単位収量の部)

褒賞名	農林水産大臣賞	政策統括官賞	全中会長賞	全農会長賞	日本飼料工業 会長賞	日本農業新聞賞	
受賞者名	平柳カントリー農 産 我孫子弘美	新山実	三日市営農組合 荒木嗣正	東平田ファーム 佐々木隆*個人	原田芳和	地崎啓	
県名	宮城県	秋田県	富山県	山形県	宮崎県	富山県	
耕作状況	44ha (水稲・大豆)	24ha(水稲・大 豆・麦・蕎麦)	14.5ha (水稲)	404ha (水稲・大豆)	13ha (水稲)	22.6ha(水稲・大 豆・大麦)	
品種・ 作付面積	夢あおば・ 2.3ha	秋田63号・ 2.5ha	やまだわら・ 4.2ha	ふくひびき・ 1ha	ミズホチカラ等・ 1ha	やまだわら・ 2.1ha	
収量(kg/10a)	932	897	865	869	890	882	
増収(kg/10a)	387	284	273	239	330	290	
栽培 技術	土壌 管理	大豆作跡地・キノ コ菌床堆肥	そば跡地作付によ るコンタミ防止， 地力N有効活用	地力維持のため鶏 糞堆肥+ケイカル 慣行1.5倍施用	圃場均平により薬 劑効果安定化で薬 劑散布回数減	豚糞堆肥 2-3t/10a施用。 畜産と連携有用堆 肥づくりと耕蓄連 携	発酵鶏糞 100kg/10a ※土づくりへの強 い意欲
	施肥 技術	基肥窒素1.2- 1.5kg/10aを側条 施肥	追肥はL型低コス ト肥料を2回に分 けて6kg/10a散布	①基肥は肥効調節 型肥料を主食用 (コシ)と同様 (N4.2kg/10a). ②生育診断によ り適期追肥 (N7kgN/10a)	①過去の研究・ 経験と土壌診 断により基肥 施肥量決定 (N6kg/10a) ②尿素単肥使 用コスト減 (N4kg/10a) 経 験により調整	化成肥料による基 肥(n8.4kg/10a) +追肥2回 (N2.8kg/10a×2) の分施肥体系	①基肥は肥効 調節型肥料 N4.2kg/10a(大 豆後作圃場減) ②稲体診断によ り硫安を適期追 肥(N10kg/10a ×2)
	生産 管理	①疎植植え 50株/坪・ ②フレコンバラ輸 送による低コス ト化	①乾燥調整：近隣 農家共同施設利 用 ②疎植植え 50株/坪 ③秋田63号導入 作期分散 ④フレコンバラ輸 送	漏生稲によるコン タミ防止のため作 付けは3ヵ年固定		①ミズホチカラ中 心 ②品種特性から防 除回数減 ③品種多様化作期 分散	①適切な病害虫管 理 ②間断灌漑を含む 緻密な水管理実 現

\*農林水産省 HP “別紙2「平成28年度飼料用米多収日本一」の受賞者の取組概要”から抜粋。

代におけるパラダイム<sup>1)</sup>が強制的に変革を強いられ，その激流のなかで生き残るために，まるでひとつの生命体であるかのように独自の進化を遂げてきた(表8,9)。

しかし，少なくとも今は，過去に日本人が遭遇してきた食糧難，物資不足など欠乏の時代はもはや過去のものとなり，我々は充足の時代のなかに生きている。

いまの肥料技術を表現すれば，「役者はそろった。さあ，どう演出するか」だ。我が国の肥料産業は，長年培われた世界的にも極めて高い技術力を持ち，それぞれ与えられた場所で存分の役割をこなすポテンシャルの高い“千両役者”そろいである。農業技術者はそれぞれの“役者”の特性にあわせて，舞台を演出し，その観客(農業者)を満足させる必要がある。今後は，彼らにどこで，どのように働いてもらうかという農業技術者の腕に掛かっている。

その演出の場は農業経営に渴望感をもっている農業者自身である。しかしながら，現在の農業者はその経営規模，営農形態など多様性に富んでおり，一律に論じることとはできない。そこで，ここで取り上げるのは，水稲を基幹とする土地利用型農業を営む大規模農業経営体に対する技術支援である。

現在，過去に遭遇したことがないほど加速度的に，かつ静かに地域の担い手への農地集積が進行している。例えば，全国で法人経営と主業的農業者<sup>2)</sup>合計の経営体は全体の14%にしか過ぎないが，20ha以上の農業経営体が耕作する面積は37%(H27)に達し，また，販売金額は実に77%に達している。さらに，100ha超の農業者数は1,590戸(うち都府県422戸)にのぼっており，今後とも農地集積は急速に拡大するものと考えられる。

彼らは農業を生業とした農業経営者として独自の経営方針をもち、その経営指標を最適化するために個々の肥培管理が営まれている。それは理想に対して実行可能な労働行為に変換され、それぞれの経営方針による傾斜配分によって、圃場一筆一筆の最適化を含めて“相違工夫ある慣行区”が配置される。この“慣行区”に選択される資材や技術は、無論十分に低廉で効率性の高いものが優先されることが多いが、必ずしもそれは画一的ではなく、それぞれの事業環境を背景とした経営判断から複数の合理的な“慣行区”が配置される。このような価値の多様性に満ち溢れる農業経営に我々はどう向きあうべきか、これが我々に突きつけられている喫緊の課題である。

いまの技術評価は、農業を総体的に捉え、地域施肥基準を基本とした慣行区を比較対照として主に収量、品質の優劣により資材や施肥法の効果を検証することが多い。その評価は一筆一筆の最適化に力点が置かれており、地域単位の栽培暦や推奨銘柄の普及により農業者の農業行為に反映する。この制度設計は、たぶんこれまでもそうであったように地域全体の高位平準を目的とした農業振興策としてこれからも存在し続けるであろう。しかし、現在の大規模経営体への急速な土地集積に伴い、従来の“慣行区”はこれまでの地域代表から陥落しつつあるとみるべきである(表10)。

このことを前提とすると、いまずぐに手をつけるべきは、技術評価の視点を一筆の最適化だけではなく、農業者個々の経営の多様性に寄り添い、それぞれの経営指標の最適化に軸足を移すことである。現代を生きる大規模経営体にとって個々の資材や技術は、もはやパズルのピースであって、例えば農業技術者がこのピースを美しく魅力的なものに磨き上げたとしても、個々の農業経営というパズルにはまらなければ、彼らの経営判断から棄却される。そして、個々の“経営パズル”においては、施肥技術や土壌管理技術は多数のピースのひとつであり、その意識構成は農業経営、労務管理、内部統制、従業員教育、事業継承、労務管理、栽培、防除、農業機械など、多岐にわたる。まさに横井時敬博士の「稲のことは稲に聞け。農業のことは農家に聞け」の新たな時代の到来ともいえる。

いま、農業技術者は、それぞれの技術領域の境界線を意識下に置きながら、これらの農業者の渴望に向き合い、それを充足する責を負っている。その行為は、経営者ひとりひとりの“利潤動機の充足<sup>3)</sup>”に正しく向き合えるかにかかっている。

次の技術展開は、肥料、作物、土壌といった個々の“もの”に対するそれぞれの技術領域の最適化から、農業経営という“こと”に対して、他の技術領域を含めて有機的に結合しながら農業者の“充足”へつなげること、この指標値は農業経営者の個々の経営上の渴望感に対して“笑顔

の口角”を最高角度まで高めることであり、これこそが農業、農村、そこにいる農業者の営みや農村文化を次世代に継承することにつながる。

これが本稿の結論としての今まさに静かに訪れているパラダイムシフトであり、これを農業者自らが静かに、しかし力強く、この時代におけるトリガーとして我々農業技術者を、次のパラダイムに突き動かしていると思える。

宮沢賢治の「生徒諸君に寄せる」の一節をもって結語とする。

衝動のやうにさえ行はれるすべての農業労働を、冷たく透明な解析によって

その藍いろの影といっしょに舞踏の範囲にまで高めよ

謝 辞：本稿の作成にあたってご指導・ご助言を頂いたJA全農肥料農業部木村武技術主管に深く謝意を表します。

## 注

- 1) 化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(多くの人に共有される支配的な規範となる見方、捉え方)を変化させるもの(Kuhn, 1962)。
- 2) 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。
- 3) 株式会社ぶった農産代表取締役社長佛田利弘氏談。

## 文 献

- Controlled-Release Fertilizers Market 2015. Markets and Markets, p. 24-28.
- 石灰窒素工業会 HP [www.cacn.jp/](http://www.cacn.jp/)
- 大東英裕 2014. 産業経営史シリーズ4 化学工業I 化学肥料. 日本経営史研究所, 東京.
- 電気化学工業百年史 2015. デンカ株式会社.
- Kuhn, Thomas S. 1962. The Structure of Scientific Revolutions, The University of Chicago Press. 中山 茂訳, 科学革命の構造, みすず書房, 東京.
- 栗原 淳・越野正義 1986. 肥料製造学. p. 50-60. 養賢堂, 東京.
- 黒川 計 1975. 日本における明治以降の土壌肥料学考(上巻). p. 13-15. (株)日本制作社, 東京.
- 黒川 計 1986. 系統農協の農業技術対策と取り組んで30年. 日本制作社, 東京.
- 庄子貞雄 2011. ロングとLP コートの開発その特性と施肥技術, ジェイカムアグリ株式会社, 東京.
- 高橋英一 1991. 肥料の来た道帰る道. 研成社, 東京.
- 高橋英一 2004. 肥料になった鉱物の物語—グアノ・チリ硝石・カリ鉱石・リン鉱石の光と影—. 研成社, 東京.
- 網島不二雄 2004. 戦後化学肥料産業の展開と日本農業. 農山漁村文化協会, 東京.
- 鶴岡康夫 2013. 大規模稲作経営体の生産管理に関する研究. 筑波大学学位論文.
- 松島省三 1969. V字型イナ作の実際. 農山漁村文化協会, 東京.
- 三菱化成社史 1981. 三菱化成工業株式会社.
- 矢野経済研究所 2015. 資源リサイクルで注目される培土・土壌改良材・肥料・飼料の市場実態. 矢野経済研究所, 東京.