日本化学工業史のなかの「味の素」と「水俣病」

高松　亨

はじめに

「味の素」[1]は一九〇八年に日本で開発された。すでに第二次世界大戦前にアジアやさらにアメリカに向けて輸出を拡大していた「味の素」は、戦後、世界に生産と消費がひろがる。その拡大はアジア諸国にとどまらず、現在、アメリカとヨーロッパをあわせた消費量は日本を上まわると推定されている。[2]「味の素」は日本の化学工業が開発した世界商品である。

「水俣病」はメチル水銀を原因とする中枢神経系疾患である。一九五六年に発見されたあと七〇年代に世界中の関心を集め、[3] Minamata disease は有機水銀公害の代名詞となる。水俣病は日本化学工業史上もっとも世界に知られている出来事である。

「味の素」の発展と「水俣病」の発生に因果関係はない。しかし、技術に注目しながらふたつの歴史をならべてみるとき、いくつかの共通の軌跡が確認できる。起点はともに一九〇八年である。ともに、第二次世界大戦中にまったく同じ軍需品生産にたずさわった歴史がある。高度成長初期の五六年には、ふたつが世界に知られることになるそれぞれの「発見」がなされる。そして高度成長末期に、ふたつの軌跡は思いがけない形で接近することになる。

本稿は、一見無関係だが、ともに世界に知られる「味の素」と「水俣病」を取り上げることにより、日本の化学工

業の発展経路を再検討するための試みである。その試みをとおして、化学研究の役割や第二次世界大戦中の技術的経験の意味について論じてみたい。

一　輸入代替ではなかった製造開始
――起点としての一九〇八年――

グルタミン酸ソーダが「うま味」の成分であることを発見したのは、ドイツ留学から帰国後、東京帝国大学教授となった池田菊苗である。グルタミン酸は、すでに一八六六年にドイツのH・リットハウゼン（Ritthausen）が小麦グルテン（タンパク質）を硫酸で分解して分離し、グルテンから得られたことからグルタミン酸と命名されていた[4]。さらにリットハウゼンは、グルタミン酸に肉エキスの味があると報告していたという[5]。池田の功績は、その「うま味」の成分がグルタミン酸ではなく、それを中和して得られるグルタミン酸ソーダであることに気づき、調味料としての商品化をすすめた点にある。

昆布からヨードを製造していた鈴木三郎助が一九〇八年二月に池田の実験室を訪問している。池田の実験がヨード製造と関係があるのではないかと誤解しての訪問であった。同年四月二四日に特許「グルタミン酸塩ヲ主成分トセル調味料ノ製造法」（第一四、八〇五号）を出願した池田は、鈴木に事業化を依頼する。事業化を引き受けた鈴木は、同年一二月に逗子工場で製造を開始した。小麦粉をタンパク質と澱粉に分離したあと、タンパク質に塩酸を加えて「味の素」が作られた。

のちに水俣病の発生源となる曾木電気株式会社（当時）水俣工場が操業を開始するのは、「味の素」の生産が開始されたのと同じ一九〇八年の八月である。当初は、電気炉を用いてカーバイドだけを生産した。当時カーバイドは、水を注ぐ（あるいは水に浸す）ことによってアセチレンガスを発生させ、それを燃焼させることで灯火に用いられていた。

曾木電気社長の野口遵は、すでに一九〇二年に仙台の三居沢での日本初のカーバイド製造にたずさわっていた。その三年前の一八九九年、カーバイドおよびアセチレンの生成について実験した東京工業学校（のちの東京工業大学）の増島文次郎[6]は、「アセチリンの製造日尚浅きを以て其の用途未た普及せざれども普通燈用に供する外鉄道列車停車場及諸般の工場にて用ひられ……炭化石灰（カーバイド

――著者注）の代価一層下落するに至らばアセチリンは益此の方面に拡かり陬僻の地に煌々たる光を発するに至るべし」とカーバイド工業への期待を書いている。[7] さらに一年後の一九〇〇年、いまだに国内でカーバイド工業がおこらないことについて増島は、「斯の如き有望の事業にして未た世人の注意を喚起するに至らざるもの抑何の故ぞ」[8]と嘆き、みずからの実験をもとに照明代を算出した上で、アセチレンが安価であることを訴えた。野口らの一九〇二年の三居沢でのカーバイド製造はこうした学界の期待に呼応したものとみられる。

その後一九〇六年になると、欧米での灯火用アセチレンガス原料としてのカーバイド需要の低迷が報告された。京都帝国大学の吉川亀次郎は、「晩近十数年間に於て特に其駿足を延べたるは化学工芸に於ける電気の応用にありとす」[9]と欧米での電気化学工業の隆盛を強調しながらも、灯火用カーバイドについては、「製品は市場に充溢し爾来各工場に於ては其電力の一部を他に転しつゝあるの勢なり」[10]と欧米での過剰生産を伝えた。

かわって急速に関心を集めていたのは、カーバイドから作られる窒素肥料であった。寺野寛二は一九〇六年に、「欧米諸国に於ては空気中の窒素を有用なる化合物に変じて之を利用せんと試みつゝあるは既に読者諸君の熟知せらるゝ所」[11]と、すでに工業化学会で窒素肥料への関心が高まっていることを書いている。そのうえで、フランクとカローによる石灰窒素の製造方法を紹介し、それが肥料として効果があること、さらに硫安の製造も可能であることを説明した。

一八九六年に帝国大学工学部電気工学科を卒業し、一九〇二年の三居沢でのカーバイド製造以来、つねにカーバイドを持ち歩いたといわれるほどにカーバイド研究に入れ込んでいた野口[12]が、化学界と工業界との連携のために設立された工業化学会でのこうした動きに無知であったとは思えない。水俣工場に電力を供給する曾木発電所の建設がはじまるのは一九〇七年一月である。曾木発電所建設から水俣工場建設にいたる過程は、たんにカーバイド製造のためではなく、カーバイドからさらにすすんで石灰窒素製造をめざして進められたとみるべきである[13]（図1）。

水俣工場でカーバイドの生産が開始される前の一九〇八年二月に、野口は渡欧してフランク・カロー法石灰窒素製造の特許を取得した。野口らの帰国後の同年一一月に曾木

図1　石灰窒素および酢酸の製造経路

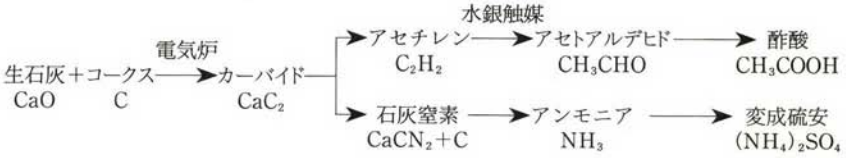
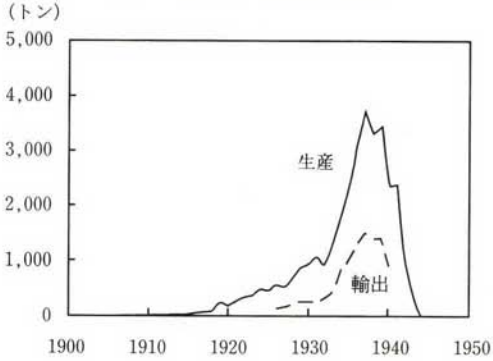
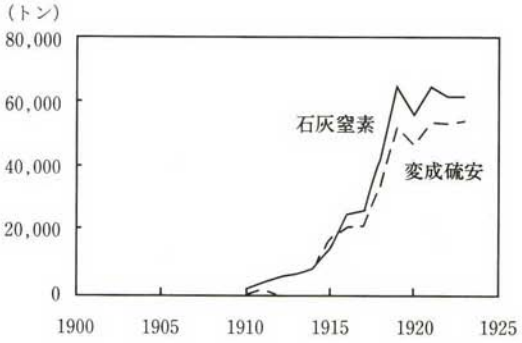


図2　「味の素」の生産と輸出



出所：味の素株式会社社史編纂室編『味の素株式会社社史1』（味の素株式会社、1971年）148、270、401頁

図3　日本窒素肥料の石灰窒素と変成硫安の生産



出所：飯島孝・岡本達明「水俣病原因工場の産業史・技術史(1)」（『岐阜経済大学論集』27巻1号、1993年）35～70頁

電気は日本窒素肥料株式会社と改称したうえで、日本で最初に石灰窒素肥料の製造を一九〇九年に開始した。当初のトラブルを克服して一二年には生産が軌道にのった。

「味の素」も石灰窒素も輸入代替として日本で生産がはじまったのではない。したがって、欧米製品との競合ではなく、需要開拓の方に当初は苦労する。「味の素」を生産する鈴木商店（のちの味の素株式会社）は料理屋や蒲鉾屋

への販売活動のほか新聞広告を大々的に利用した。[14] 川崎工場を一九一四年に建設したあと、第一次世界大戦後から生産は拡大する（図2）。石灰窒素は、施肥方法の不慣れから最初は農家に敬遠され、アンモニアを経由して作られる変成硫安として販路を確保した。熊本県八代郡に建設した鏡工場が一四年に石灰窒素の製造を開始したのち、一五年には水俣に大規模な新工場が建設され、[15] 急激に生産が増加した（図3）。

合成染料、ソルベー法ソーダ、塩素酸カリ、リンなど多くの化学工業品は第一次大戦中にヨーロッパ、とくにドイツからの輸入が途絶したのを契機として日本で生産を開始、ないしは拡大し、戦後にヨーロッパからの輸入が回復するとともに苦境におちいった。そのなかにあって「味の素」は第一次世界大戦の影響をあまり受けなかった。そのかわり「味の素」は、副生する澱粉の販路を開拓しなければならなかった。一一年に鐘淵紡績の織布工程の糊として試用された「味の素澱粉」は、一七年には四大兼営織布メーカーに納入された。さらに第一次世界大戦後には全国の織布工場で利用され、「味の素澱粉」の販売は「味の素」の製造コストをおさえるための重要な手段となっていた。しかし、三〇年頃になると「味の素」の増産に対し不況下の繊維産業での需要がのびず、澱粉の販路開拓が困難になる。[16]

石灰窒素は「味の素」とは逆に、たんなるヨーロッパからの輸入再開にとどまらない合成硫安の登場に直面する。第一次世界大戦寸前にドイツで製造が開始された合成硫安は、戦後、日本に流入した。合成アンモニアから作られる合成硫安は、石灰窒素を経由して作られる変成硫安より安価であった。日本でも日本窒素肥料が二三年に延岡工場でみずから合成硫安の生産を開始したのにつづき、各社が合成硫安に参入した。生産コストの安い合成硫安の登場によって、石灰窒素は変成硫安としての販路をふさがれる。

こうした困難の打開策として、ふたつの事業は三〇年代におおきな変化をみせる。

二　経済圏拡大にともなう経営多角化
——一九三〇年代の新製品——

日本窒素肥料は延岡につづき、一九二七年に水俣でも合成硫安の製造を開始するとともに、安価な電力を求めて朝鮮に進出して朝鮮窒素肥料株式会社を設立した。朝鮮窒素

肥料興南工場が稼働するのは三〇年である。水俣工場は石灰窒素の生産を中止する。他の石灰窒素メーカーの多くが、石灰窒素に製品をもどしたのに対して、日本窒素肥料はカーバイド利用の方法として、アセチレンからアセトアルデヒドを経由した合成酢酸の製造を水俣工場で三二年に開始する（図1）。

第一次世界大戦中にドイツで開発された合成酢酸について、日本でも二〇年頃には工業化の検討が開始されていた。当時、合成酢酸の経済的可能性について意見が二分していた。庄司務はアセトアルデヒドおよび酢酸の合成実験をしたうえで、「新合成法は特殊の事情（例へば戦時爆薬の製造に多量にアセトンの使用せらるゝ如き）の下には其成功容易なる可きも従来の方法を排して工業的優勝の位置に立つ事は可なり困難なる可しと考へらる」[17]と、合成酢酸について悲観的にとらえていた。これに対し東京工業試験所の越智圭一郎らは、「醋酸又は酒精を製造するとせば理論上現在の価格の約七分の一にて足る計算となる」[18]と合成酢酸の有利を説いている。

合成酢酸の経済性に関する判断の相違は、アセトアルデヒド合成工程で用いられる水銀触媒の劣化にかかわって生じていた。のちに、この水銀が水俣病の原因となる。触媒としての水銀塩は反応の進行とともに劣化して金属水銀となるが、ヘキスト社の米国特許[19]は酸化剤として硫酸鉄を添加することにより水銀触媒の劣化が防げるとしていた。その妥当性が、アセトアルデヒド製造工程で高価な水銀を用いる合成酢酸の可能性を決めるとみられた。

庄司は硫酸鉄の効果を確認できず、「特許は果して有効なるや疑問なり」とまで書いている。これに対し越智らは「酸化剤の添加ある場合と然らざる場合とに於てはアルデヒドの収得量に大なる相違を生ずる」と、硫酸鉄の効果を確認していた。

その間に、ドイツの合成酢酸に市場をうばわれたアメリカの酢酸石灰が一九年から日本市場に流れこみ、第一次世界大戦中に拡大した日本の木酢業者を圧迫していた。木酢メーカー四社[20]によって二七年に設立された日本合成化学工業株式会社（当初は日本合成化学研究所）は、酸化剤として硫酸第二鉄を用いて二八年に酢酸製造工場を稼働させる。日本合成化学工業のアセトアルデヒド製造装置は、反応器内に水銀が沈積するとそれを除去するために操業を停止して反応液を入れ替えなければならない回分式であった[21]。

三二年に稼働した日本窒素肥料のアセトアルデヒド装置は、酸化剤に二酸化マンガンを用いた連続式であった。開発したのは同社の橋本彦七である。橋本は「硫酸第二鉄ノ如キ弱酸化剤ニアリテハ水銀塩ノ還元ヲ防止スルニ左程有効ナラサルモノナリ」[22]として、庄司と同様に硫酸鉄の効果は小さいとみて、酸化剤に二酸化マンガンを用いる独自の方法を採用した。二酸化マンガンを用いることにより水銀の析出が抑制され、連続式での操業が可能となったとされる[23]。日本窒素肥料は、このアセトアルデヒド装置をつぎつぎと増設して、先行した日本合成化学工業を酢酸生産量において追いぬくとともに、アセトアルデヒドから誘導される他の有機合成化学の分野にも進出していった[24]。

「味の素」の副産物である澱粉の販路が限界に達した鈴木商店（三〇年に味の素株式会社鈴木商店に改称）は、原料として安価な大豆粕をもちいることにする。満州の重要農産物である大豆は、当時、ヨーロッパへの輸出が減退して不況下にあった。しかも、合成硫安の普及により大豆粕は肥料としての需要を減少させていた[25]。

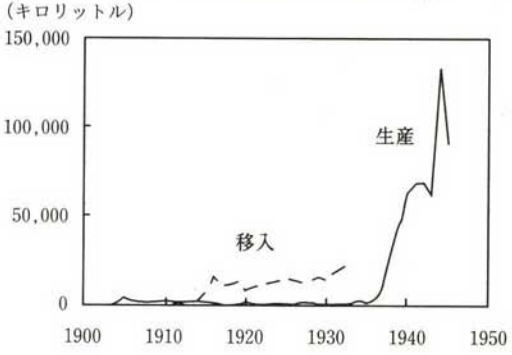
大豆粕は安価だがタンパク質以外の成分が多く含まれる。大豆粕を用いるとき、小麦粉より複雑な処理が必要であった。三一年から開始された本格研究を経て、鈴木商店は三四年から原料に大豆粕を使用しはじめた。大豆粕利用とともに、「味の素」の生産は三四年頃から増加の勢いをましている（図2）。

大豆粕利用の成功が、鈴木商店を新しい分野に進出させることになった。大豆粕のタンパク質には小麦グルテンの三分の二しかグルタミン酸が含まれないため、大量の大豆蛋白分離液が生じる[26]。この分離液を発酵させてアルコールを製造することを目的として昭和酒造（のちに昭和農産化工に改称し、戦後は、三楽酒造、三楽オーシャンを経て現在のメルシャンとなる）が三四年に設立された。「味の素」と発酵法とのつながりのはじまりである。

味の素工場とパイプでつながれた昭和酒造のアルコール工場は、三五年に無水アルコール年産約千二〇〇キロリットルで操業を開始した。さらに三六年には年産四千五〇〇キロリットルへと拡張されて、「空前の大工場」[27]となる。

昭和酒造は三七年に合成清酒「三楽」を発売している。しかし、当初からの大規模な無水アルコール製造は、ガソリン混入用アルコールの需要増大を期待してのことであった。三五年七月の燃料協会での講演において昭和酒造の花

図4　アルコールの生産と台湾からの移入



出所：加藤辨三郎編『日本のアルコールの歴史』（協和醗酵株式会社、1974年）170頁、および通商産業省化学工業局編『アルコール専売三十年史』（醗酵協会、1969年）

田戈蔵は、「アルコールの燃料化に依りましてガソリン消費量のある程度の量を補給することが一番手近な燃料対策である、而も澱粉国である我国ではその原料資源には決してことを欠くものではない」[28]と述べている。

三八年、アルコール専売法施行によりガソリンへのアルコール混入が強制された。アルコール混入は、最初、全ガソリンの約二五%に対し無水アルコールを五%混入するところからはじまり、段階的に混入率が引き上げられて、四一年九月にはすべてのガソリンへの二〇%混入が実施される[29]。同時に、それまで台湾からの移入に圧倒されていた国内のアルコール生産はまさに劇的に増加した（図4）。なかでも専売法の特許工場となった昭和酒造は、無水アルコール工場として他社を圧倒した。

大豆蛋白分離液の利用のために設立された昭和酒造であったが、鈴木商店で三六年に分離液から含糖アミノ酸液を製造する技術が開発されて、醤油の造石用に広く用いられるようになると、三七年以降は他のアルコール・メーカーと同様に原料としておもに甘藷を用いていた[30]。三九年には、甘藷産地である熊本に八代工場を稼働させている。

日本窒素肥料も大豆粕からグルタミン酸ソーダの製造を試みた。日本窒素肥料は、旭ベンベルグ絹糸延岡工場（のちの旭化成株式会社）で実験をおこなうとともに、一九三五年には満州産大豆を原料としてグルタミン酸ソーダを大規模生産するために、大豆化学工業株式会社を朝鮮に設立している。しかし、大豆からの製造は成功しなかった。延岡工場は小麦粉を原料とするグルタミン酸ソーダ「旭味」を生産するが、大豆化学工業は三六年に朝鮮窒素肥料に合

併されたのち、さらに三七年に日本窒素肥料に合併されて、同社大宮工場として石灰窒素および有機合成化学工場となる。[31]

三　資源制約下での開発とその限界

日中戦争の開戦とともに自動車燃料よりも航空機燃料の確保が重要課題となった。しかも高性能化する航空機エンジンは、高オクタン価燃料を要求していた。高オクタン価航空機燃料は通常の航空機燃料にイソオクタンを混合させて作られた。従来、イソオクタンはアメリカからの輸入に依存していた。

海軍は一九三八年、日本揮発油株式会社にUOP社のイソオクタン製造法に関する特許を買収させた。UOP法は、製油所で得られる石油ガス中のブタン、ブチレンを重合させてイソオクテンとしたのち、これを水素添加してイソオクタンを合成する方法である。三九年に三菱石油や日本石油でUOP法が稼働している。[32]しかし、アメリカとは違い日本の製油所で得られる石油ガスからは充分な量のイソオクタンを製造することはできなかった。

UOP特許の刺激を受けて、海軍燃料廠の江口孝は三八年にブタノールからイソオクテンを経由してイソオクタンの製造に成功する[33]（図5）。ブタノールなら日本でも増産できる可能性があった。ひとつはアセチレンからアセトアルデヒドを経由して生産する合成法（図6）であり、もうひとつはアルコールと同様に甘藷や馬鈴薯を原料とする発酵法である。

三八年、海軍は日本窒素肥料にイソオクタンの合成を要請した。グルタミン酸ソーダの製造に失敗した大豆化学工業は日本窒素肥料本宮工場となり、アセチレンを原料としてブタノールを合成していた[34]。三八年のうちに年産三万キロリットルの「有機合成工業としては空前の大工場[35]」の建設が決定された。本宮工場での中間試験と並行して、イソオクタン製造のための龍興工場の建設が、本宮工場に隣接してまったくの極秘裏にすすめられた。

その間に国内でもブタノールおよびイソオクタンの製造が試みられた。四一年五月には、第二次日満支産業五ヶ年計画の一環として、ブタノール二二・五万トン、イソオクタン一二・五万キロリットルの生産目標がかかげられた。岩手県大船渡港沿岸や鹿児島県屋久島などに水力発電を開発し、ブタノールおよびイソオクタンを中心とする一大総

図5　イソオクタン合成経路

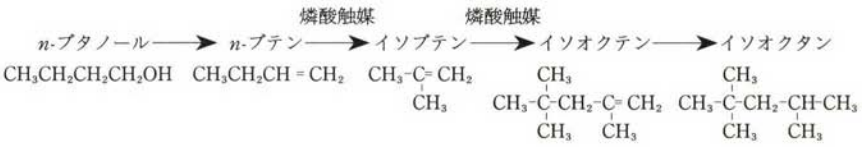
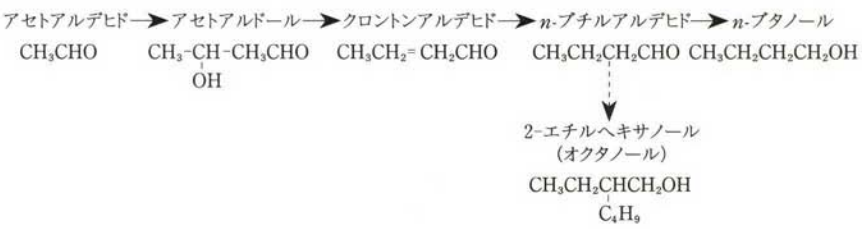


図6　ブタノール合成経路



合化学工場を設ける計画であり、実際にその調査もおこなわれた。太平洋戦争開戦後、南方の砂糖資源を入手すると、発酵法によるブタノール製造も重視されるようになり、四二年九月には、四八年を目標とする七ヶ年計画として、合成ブタノール二一・一万トン、醱酵ブタノール一六・七万トンの生産目標が掲げられた[36]。

日本窒素肥料龍興工場は四一年一二月にブタノール、四二年五月にはイソオクタンの生産に成功している。一九四四年にはイソオクタン八千六〇〇キロリットルが生産され、製品は全量海軍に納入された[37]。しかし本格生産をしたのは龍興工場だけであり、合成法ブタノールの大増産は国内ではまったく実現しなかった[38]（表1）。原因として全般的な資材不足もあったが、アセトアルデヒド製造工程で触媒として用いられる水銀の欠乏のため、いずれにしても計画は実現不可能であった。

龍興工場ではイソオクタン一キロリットルについて、三キログラムの水銀を用いてアセトアルデヒド二・四トンを作り、そこから得られる一・五トンのブタノールから合成されていた[39]。合成ブタノール二一・一万トンという四二年の計画を達成するには、四〇〇トン以上の水銀を必要とす

表1　ブタノールの生産

（トン）

	内地		朝鮮		台湾
	合成	醗酵	龍興工場	他	醗酵
1937		132			
1938		156		4	
1939		169		120	
1940	9	490		130	
1941	25	1,650		109	
1942	12	3,390	?	67	
1943		6,127	?		(5,000)
1944		2,122	13,387		
1945		944			

注：台湾の値は燃料関係に用いられた量の推計。
出所：日本新興溶剤史編纂委員会編『新興溶剤史』（醋友会、1954年）425頁、および大島幹義「研究を工業化する技術――イソオクタン合成工業の開発とその工学的検討を中心として――」（『野研時報』6号別冊、1958年）50頁。

る計算になる。水銀は、戦前おもにイタリアから四〇〇トン近くが輸入されていたが、戦中その輸入はほとんど途絶えていた[40]。三九年から北海道のイトムカで水銀が増産されたが、それでも内地での生産量は一九四四年の二三三・七トンが最高であった[41]。陸軍燃料廠研究部課長（陸軍航空大佐）の遠藤永次郎は四三年に、合成法の「最大欠点は水銀触媒を使用することで之では問題にならないのである」と述べている[42]。

そこで期待されたのは、水銀を用いない発酵法ブタノールであった。緊急増産が求められた四三年末には、一年以内の完成を目標として合成法ブタノール一・二万トン、醗酵法ブタノール一〇万トンという発酵法中心の計画に変更された[43]。

発酵法ブタノールの生産を担ったのはアルコール・メーカーである。ブタノールは甘藷や馬鈴薯、砂糖を原料として、アルコール生産菌のかわりにブタノール生産菌を用いれば、アルコール製造と同様の技術で生産できた。宝酒造、合同酒精、大日本酒類醸造の三社によって三六年に結成された協和会は、三九年六月にブタノールからイソオクタンを合成する研究を陸軍に要請され、四〇年に協和化学研究所を開設する[44]。四一年には合同酒精旭川工場に年二千五〇〇トンのブタノール工場が完成した。さらに設備を増強するのと平行して、イソオクタン工場も四二年に年産二千四〇〇キロリットルのパイロットプラントとして試運転を開始した。四三年四月の本格操業から一年間の生産量は千三二〇キロリットルにとどまったが、四四年四月からは順調に操業したという[45]。

昭和酒造（四一年一一月に昭和農産化工株式会社に改称）

は四一年に八代工場でブタノールの生産を開始し、四三年には年産二万トンという「画期的な規模」の第二工場を完成させた。同社はさらに、イソオクタンの合成も企業化しようとして八代工場の隣地を購入している[46]。鈴木商店（四三年五月に大日本化学工業株式会社に改称）も四三年にブタノール年産六千五〇〇トンの佐賀工場（のちの味の素九州工場）の建設を開始し、四四年五月にはほぼ完成させた[47]。

もう一カ所「画期的な工場」が山口県防府に建設された。四二年、年産二万トンの本格的なブタノール工場の建設を陸軍から要請された協和会メンバー三社は、ブタノール事業への参入を計画していた東洋紡績株式会社らと共同で、東亜化学工業株式会社を四三年三月に設立した[48]。のちの協和発酵株式会社である。東洋紡績が計画していた防府でブタノールおよびイソオクタンを製造する工場の建設が開始され、四四年五月には第一期分のブタノール一万トン設備が完成している[50]。

しかし醱酵法ブタノールも、ほとんどがイソオクタン合成につながらないまま、四四年八月にアルコール工場へと再転換され、戦中の発酵法ブタノール製造実績は最大でも年間六千トンと計画をおおきく下回ったまま終わった（表1）。再転換の理由は、イソオクタンを混合すべきガソリンの入手が困難となり、無水アルコールをそのまま航空機燃料として使用する方針へと転換されたためである。そのため再度、アルコール生産が急増する（図4）。

しかし、発酵法ブタノールの増産がすすんだとしても、合成法ブタノールと同様、イソオクタン合成計画を達成することは不可能であった。四三年五月二八日の酒精協会講演会で、日本窒素肥料の田代三郎がおこなった次の発言は、戦時中としてはかなり大胆にブタノール計画を批判している。

「最近ブタノール！ブタノール！とブタノールが大変な持て方……。しかし唯其の計画を伺っておりますと、時々何か割り切れないやうなものを感ずることがございます。……ブタノールが出来れば我が事終れり。直ぐに〇〇〇〇〇といつたものが出来て飛行機が飛ぶものという風に御考えになつて居るのぢやないかといふ感じが致します[50]」。

伏字は、いうまでもなくイソオクタンのことである。

発酵法ブタノールに水銀触媒は要らないが、イソオクタン合成には燐酸触媒が必要である（図5）。イソオクタン合成に成功した日本窒素肥料龍興工場でも燐酸触媒の劣化

に悩まされ、四四年の燐酸の使用量は三三〇トンに達したとみられる。[51] その燐酸が国内では決定的に不足していた。戦前の燐酸の生産は月産五〇～六〇トンにすぎなかった。陸海軍は四二年、航空機燃料製造用触媒として重要薬品となった燐酸の増産を燐工業各社に命令する。しかし、四三年の生産量は月一〇〇トン程度にしかすぎなかった。軍需省は四四年二月に月産千トンを上回る膨大な緊急増産命令を発したが、燐鉱石の入手難と品位低下のために生産量は伸びず、四四年の生産量は命令の一〇%にも達しなかった。[52] たとえこの燐酸をすべてイソオクタン合成に用いたとしても、イソオクタンは二万キロリットルしか得られない計算になる。

龍興工場の操業も決して順調だったわけではない。イソオクタン工場では四二、四三年に二度の大火災を起こしている。しかし最大の困難となったのは、意外にも、水俣工場で充分に経験を積んだはずのアセトアルデヒド工場であった。

原因はアセトアルデヒド設備に設置された耐酸ポンプの故障と破損であった。アセトアルデヒド装置一六基に設置された一二八台のポンプがつぎつぎと故障した。龍興工場のアセトアルデヒド工場とイソオクタン工場の設計に当たった大島幹義は「最も確実と見透された工場が最後には最悪の成績になつてしまつたことは大きな教訓であつた」[53]という。皮肉にもこの教訓が五〇年代に水俣病を発生させる原因につながる。

四　戦中経験にもとづく高度成長

一九四三年に田代三郎がブタノール計画を批判したのと同じ酒精協会講演会で、大日本セルロイドの山田昌は「二〇年か三〇年の後には必ずアルドール或はクロントンアルデヒドの利用産業といふものが起り、我々の想像し得なかつたやうな化学工業の隆昌と云ふものを期待する次第であります」[54]と戦後への期待を述べていた。

この期待は山田の予想よりはやくに実現することになる。戦中のブタノール製造の経験が、戦後オクタノール製造へと直結したのである。オクタノール（2-エチルヘキサノール）は塩化ビニルの可塑剤DOP[55]の原料として、塩化ビニルの増産とともに需要が急増した。

まず、発酵法ブタノールを四八年に再開した協和発酵が、四九年にブタノールからのオクタノール生産を開始し

た。[56] オクタノールはブタノールからブチルアルデヒドを経由して製造された。[57]

つづいて、戦中に合成法でブタノールを生産した経験を持つ新日本窒素肥料株式会社（旧日本窒素肥料の第二会社として五〇年に設立）は、アセトアルデヒドからブチルアルデヒドを経由してオクタノールを製造する方法で、五二年にオクタノールの生産を開始した。[58] その製造工程は、龍興工場でのイソオクタン製造工程と途中まで同じである（図6）。オクタノール製造技術は朝鮮からの引き上げ技術者によって開発された。[59]

新日本窒素肥料がその後も増設をくり返したのに対し、協和発酵は採算の面からオクタノールの製造を中止する。五八年以降、協和発酵は新日本窒素肥料からオクタノール購入することになり、オクタノールは新日本窒素肥料の独占商品となった。[60]

水俣でのオクタノールの増産にともない、原料であるアセトアルデヒド設備も増強された。アセトアルデヒドの生産能力は四九年から五九年にかけて八倍に増強されて月産四千八〇〇トンとなり、[61]「空前の有機合成化学工場」であった龍興工場のアセトアルデヒド生産能力の月産約四千五〇〇トンを上回る。その過程で、酸化剤が三二年以来の日本窒素肥料独自の二酸化マンガンから、他社と同じ硫酸第二鉄へと五一年八月に変更された。この変更は、固体である二酸化マンガンを使い耐酸ポンプの破損に悩まされた龍興工場での教訓を生かして決定された。[62]

この酸化剤の変更が、水俣病を発生させることになった。もともと新日本窒素肥料水俣工場は、塩素濃度の高い工場用水のために、水俣病の原因物質となるメチル水銀を放出させやすい状況にあった。その危険性は、酸化剤として酸化作用の強い二酸化マンガンを使用したことにより意図しないところで抑制されていた。その抑制効果が、五〇年代以前には（少なくとも多数の）水俣病が発生しなかった要因である。ところが、酸化剤に他社と同じ硫酸第二鉄を用いることによりその抑制効果がなくなり、さらにアセトアルデヒドの増産も加わって五〇年代に水俣病が多発したのである。[63]

新日本窒素肥料水俣工場のアセトアルデヒド設備から排出されたメチル水銀を原因物質とする水俣病は五六年に発見された。水俣病はすくなくとも五三年から発生していた。[64]

水俣病が発見されたのと同じ五六年の九月に、協和発酵は発酵法によるグルタミン酸の製造に成功した。[65] 戦後ふたたび小麦粉を原料として生産されていたグルタミン酸は、小麦粉から澱粉を取り除いたあと、タンパク質を酸で分解することにより得られたのに対し、発酵法では逆に、微生物が澱粉あるいは糖分をタンパク質に変える過程でグルタミン酸が作られた。その「グルタミン酸生産菌」の発見により発酵法が開発された。[66]

従来の植物性タンパク質を酸で分解する方法だと、装置に特殊な耐酸材料が必要であり、しかも得られるグルタミン酸は原料に含まれるグルタミン酸の量によって規定され、原料の約五%しか得られなかった。副産物の量は膨大であり、グルタミン酸ソーダ一トンに対し、澱粉が一一〜一三トン、アミノ酸液から作られるアミノ酸醤油が九千〜一万リットルにのぼった。そのため、澱粉やアミノ酸液など副産物を処理する大規模な設備が必要なうえ、副産物の販路が確保されなければならなかった。これに対し発酵法では、原料である澱粉の二〇%がグルタミン酸となり、副産物も格段に少なかった。[67]

協和発酵の発酵法グルタミン酸の生産は、戦中にイソオクタン製造のために建設された防府工場で五七年一月に開始された。生産が開始されるまえの五六年一一月、協和発酵は味の素にグルタミン酸を供給する契約を締結した。[68] 味の素は半製品であるグルタミン酸を協和発酵から購入し、それを加工したグルタミン酸ソーダを「味の素」として販売することになる。

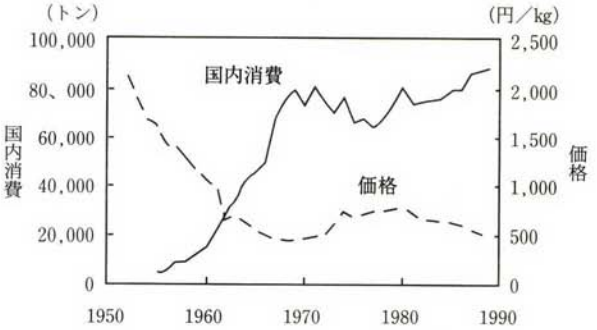
協和発酵に先行された味の素は、三楽酒造（もと昭和酒造が四九年に改称）と共同で発酵法の開発をめざした。三楽酒造が六〇年七月に八代工場で発酵法グルタミン酸の生産を開始したのにつづき、味の素も川崎工場で六〇年一二月に発酵法の操業を開始した。味の素は六一年に協和発酵との買い入れ契約を解約したうえで、戦中に発酵法ブタノールのために建設された佐賀工場でも六二年二月に発酵法を稼働させた。[69]

発酵法採用前の五六年から七〇年までの間に生産者価格は約三分の一に低下し、国内消費量は一五倍に拡大した（図7）。その間の六五年に味の素は創業以来のタンパク質分解法を中止している。[70]

また発酵法の工業化は、世界中にグルタミン酸ソーダの生産を分散させることになった。タンパク質分解法の場合

には、副産物であるアミノ酸液から作られる醤油の需要がないと採算上、不利であったが、発酵法にその制約はなかった。そのため、廃糖蜜など発酵原料の生産地や欧米での生産が拡大した。世界の消費量も増加し、「味の素」は世界商品となった。

図7　グルタミン酸ソーダの国内消費と価格



注：価格は、kg当りの生産者価格（推定）
出所：『酒類食品統計月報』各年

五　行きすぎた石油化学化

味の素は発酵法グルタミン酸ソーダの操業を開始する直前の六〇年秋に、合成法の工場建設を決定している。合成法グルタミン酸の研究は、デュポンの研究に刺激されて五〇年から開始されていた。味の素が採用した方法は、アクリロニトリルを原料とする方法であった。アクリル繊維の原料であるアクリロニトリルは、日本でも五八年に生産が開始され、六〇年からは石油化学法による計画がつぎつぎと提出されていた。味の素は三菱化成工業株式会社からアクリロニトリルの供給を受けることにして、四日市石油化学コンビナートに東海工場を建設することにする。(71)

パイロットプラントでの中間試験の途中にくだされた合成法のための東海工場建設の決定には、発酵法での出遅れを取りもどそうとする焦りもあった。合成法の研究にたずさわった吉田統一らは「なんとしても自社開発技術によるMSG新製法を打ち出さねばならないという、悲願に似た決意があったものと推察される(72)」という。

東海工場は世界で唯一の合成法グルタミン酸ソーダ工場として六三年に本格生産を開始した。しかし、合成法はグ

ルタミン酸ソーダ製造の主流とならないまま、七三年五月に中止される。食品公害問題がひろがるなか原料に毒性の強いアクリロニトリルを使うことによる企業イメージ低下のおそれや、発酵法に比べコストが不利になってきたことが理由だとされた[73]。

合成法稼働後、発酵法の原料も従来の澱粉や廃糖蜜から石油化学製品にかわりつつあった。発酵法の石油化学化は、本稿がおもに扱ってきたグルタミン酸ソーダとアセトアルデヒドが結びつくことによって生じていた。

石油化学法によるアセトアルデヒドの生産は、六三〜六四年につぎつぎと開始された。それにともないアセトアルデヒドから作られていた酢酸やオクタノール、ブタノールも石油化学コンビナートに組み込まれていき、従来のカーバイドからの方法は中止されることになる。

合成酢酸の草分けである日本合成化学は、創業以来の大垣工場でのアセトアルデヒドおよび酢酸の製造を六四年に停止した。また熊本工場で五四年に再開されていたカーバイドからの合成法ブタノールも六三年に停止している[74]。新日本窒素肥料（六五年にチッソ株式会社に改称）でも、水俣工場での酢酸製造が六五年に中止されたあと、水俣病の原因となったアセトアルデヒド装置が六八年に、オクタノール装置も六九年に停止した[75]。

さらに発酵法によるブタノール生産も、石油化学コンビナートで新増設がすすめられるアセトアルデヒドを原料とする合成法に移行することになり、中止される。六三年には協和発酵防府工場や三楽酒造（六二年に三楽オーシャンに改称）八代工場での発酵法ブタノールが停止した[76]。

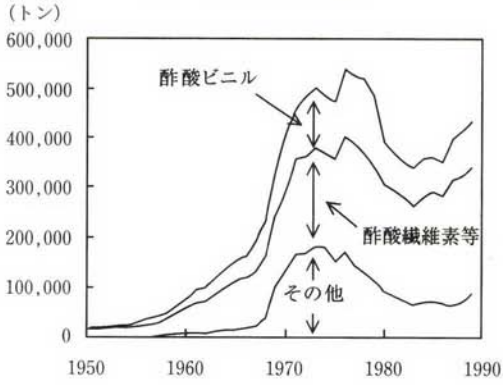
従来のカーバイド法や発酵法から石油化学法への転換にともない、アセトアルデヒドは石油化学コンビナート新増設の中心となってつぎつぎと生産能力を拡大した。そのアセトアルデヒドからの主製品である酢酸の消費先として、おおきな期待を集めたのが発酵法グルタミン酸ソーダであった。六〇年代末にはアセトアルデヒドや酢酸の増設は「グル曹の原料転換が鍵[77]」だとされた。

味の素はすでに六六年に発酵法の原料として酢酸を使用する実験を開始していた。九州工場は六七年から原料転換を開始し六八年には原料を全面的に酢酸とした。川崎工場も六八年から酢酸の使用をはじめている。さらに味の素は、昭和電工、三楽オーシャンと共同で六八年五月に昭和アセチル化学株式会社を設立して、昭和電工鶴崎コンビ

ナートでみずから酢酸の製造に参画した。[78]

その他のグルタミン酸ソーダ・メーカーの酢酸利用については明確ではない。[79] しかし六〇年代末からグルタミン酸ソーダ用の酢酸消費量は急増し（図8）、七四年には全酢酸の二〇%にのぼる一〇万トン以上がグルタミン酸ソーダの原料として消費されていたとみられる。[80] 同時に、国内で生産されるグルタミン酸ソーダの過半が酢酸を原料として生産されたことになる。

図8　酢酸の用途別需要



注：グルタミン酸ソーダは「その他」に含まれる。「酢酸繊維素等」には、酢酸エステル、写真および試薬、染色、食用、医療、モノクロール酢酸、無水酢酸、テレフタル酸、輸出を含む。

出所：酢酸工業会編『日本酢酸業界史』（1978年）折り込み表、および『化学経済』8月臨時増刊号、各年より作成した。

ところが七五年になり酢酸価格が高騰すると、酢酸から廃糖蜜へと原料が再転換されていき、グルタミン酸ソーダの酢酸使用は減少していった。[81] 味の素は川崎工場で七五年から転換に着手して、七七年には全面的に酢酸の使用を中止した。九州工場でも次第に酢酸の割合が減らされていき、[82] 三楽オーシャンや武田薬品も八二～八四年頃には酢酸の使用をやめたとみられる。[83] こうして日本だけでおこなわれていた合成酢酸を原料とするグルタミン酸ソーダ製造も、合成法につづいて、短期間で幕をおろした。

おわりに

「味の素」と「水俣病」の共通の軌跡を検討する試みによって確認できたことは、まず、ふたつの歴史の起点をめぐる単純すぎる分類である。従来それぞれの歴史を別々に検討して、「味の素」は自主開発の特別な事例として、また日本窒素肥料の石灰窒素製造はよくある外国技術依存の事例として扱われてきた。そこでは、日本の化学研究の遅れを議論の前提として、池田菊苗の突然変異的な独創性と野口遵の圧倒的な起業家精神ばかりが強調されることになる。しかし当然ではあるが、池田の発見にもヨーロッパで

の先行研究があり、野口の技術導入にもそれを先導した国内研究があった。化学工業の発展にはたした化学研究の役割について、もうすこし検討してみる必要がある。

つぎに確認できたことは、戦後におよぼした戦中経験の役割のおおきさである。石炭とさつま芋からイソオクタンを製造しようとしておこなわれた合成法と発酵法によるブタノール製造の経験が、戦後、それぞれDOPと発酵法グルタミン酸ソーダの製造につながり、それが、水俣病の発生とグルタミン酸ソーダの世界普及となって、日本のふたつの化学工業部門を国際舞台に登場させることになった。

しかし、戦後につながる技術的能力は国家総動員体制のもとで突然つくり出されたわけではない。合成酢酸とアルコール製造によってすでに準備されていたことにも注目しておく必要があるだろう。戦中経験をはさんだ戦前と戦後との連続性と不連続性についての検討が要請されている。

もうひとつ確認できた重要なことは、「味の素」と「水俣病」のふたつの軌跡の思いがけない出会いである。ブタノール製造での共通体験や合成酢酸を原料とする発酵法グルタミン酸ソーダ製造にみられたふたつの歴史のつながりは、化学工業が企業間をつらぬく化学反応の体系によって構成されていることをあらためて教えてくれている。

（1）「味の素」はグルタミン酸ソーダを主成分とする調味料の登録商標である。普通名称として従来はグルタミン酸ソーダ（グル曹）あるいはたんに化学調味料と呼ばれていたが、一九八五年に日本化学調味料工業協会（日本うま味調味料協会）は他の化学調味料も含めて「うま味調味料」と呼称することを決めている。MSGと呼ばれることもあるが、これはグルタミン酸モノナトリウムmonosodium glutamateの略称である。本稿では歴史性となじみやすさを考え、「はじめに」においては「味の素」を普通名称として使用し、本文中で味の素株式会社以外の製品を含めて表現する際にはグルタミン酸ソーダと呼ぶことにした。

（2）一九九九年の消費量は、中国が五二〇万トンと群を抜いており、以下、日本九万四千五〇〇トン、ヨーロッパ六万二千トン、インドネシア六万トン、韓国五万トン、北アメリカ四万トン、ベトナム四万トンの順と推定されている（『酒類食品統計月報』一九九九年六月号、四四頁）。

（3）たとえば、Leonard J. Goldwater "Mercury in the Environment", *Scientific American*, Vol. 224, No. 5, 1971, pp.15-21。一九七五年には、原田正純らの水俣病に関する論文がNature誌に掲載され（Vol. 258, pp. 324-325）、W.Eugene Smith and Aileen M. Smithの

Minamata が出版されている。

（4）妹尾三郎「グルタミン酸ソーダの合成」（『化学工業』一九五七年一〇月号）、四一〜四八頁。

（5）廣田鋼蔵「池田菊苗博士の〝新調味料〟の発明を巡って」『科学史研究』II二〇巻、三六〜四四頁、一九八一年。廣田は、リットハウゼンの論文等を池田がすでに読んでいて、そうした文献を参考にして、ほとんど実験をおこなわずに特許を出願したと推察している。

石川悌次郎『鈴木三郎助伝　森森贔翁伝』（東洋書館、一九五四年、一四二頁）は、「……留学の末期にドイツの有機化学者のゴールドウィヒ・グラーフ博士の蛋白質の分解によるグルタミン酸を主成分とする新調味料の発見ということが学界の雑誌に紹介された。池田の頭には「これは面白いぞ」と閃くものがあった」と記述しているが、廣田はグラーフ論文が見つからないことから、この説を否定している。

（6）日本科学史学会『日本科学技術史大系』（第一法規出版、一九六四年）、一五七頁の記述にしたがった。

（7）増島文次郎「炭化石灰及アセチリン」（『工業化学雑誌』二編、一六五〜一七三頁、一八九九年）。

（8）増島文次郎「炭化石灰工業に就き」（『工業化学雑誌』三編、三三五〜三四一頁、一九〇〇年）。実験の結果は、一六燭光一時間あたり、石炭ガス九厘六毛、電気八厘三毛〜一銭五厘、アセチレン六厘四毛〜一銭二毛であったという。

（9）吉川亀次郎「電気化学工業の現況及将来に就て（其一）」（『工業化学雑誌』九編、六四九〜六六一頁、一九〇六年）。

（10）吉川亀次郎「電気化学工業の現況及将来に就て（其二）」（『工業化学雑誌』九編、七六五〜七七〇頁、一九〇六年）。

（11）寺野寛二「空気中に於ける窒素の利用」（『工業化学雑誌』九編、二五九〜二八三頁、一九〇六年）。

（12）吉岡喜一『野口遵』（フジ・インターナショナル・コンサルタント出版部、一九六二年）、五一〜五三頁。

（13）野口が肥料としての石灰窒素の可能性を認識した時期については諸説ある。脇村義太郎は「カーバイド製造開始後まもなく」としている（脇村「電気化学工業の先駆者・野口遵」、『脇村義太郎著作集・第二巻』、日本経営史研究所、一九七五年、三一〇頁）。大塩武は「発電所の建設が始まる頃には……石灰窒素製造事業も野口の視野に入っていた可能性がある」（大塩『日窒コンツェルンの研究』、日本経済評論社、一九八九年、一六頁）としている。本稿は大塩の説を支持するが、学界での関心の高さからみて、石灰窒素製造を野口の「独自のプラン」というほどにはその独自性を支持するものではない。

（14）味の素株式会社社史編纂室編『味の素株式会社社史1』（味の素株式会社、一九七一年）、二〇五〜二一三頁。

(15) 大塩、前掲(13)、四四〜六三頁。
(16) 味の素、前掲(14)、六三〜六六、一五一〜一五四、一六四〜一六六頁。
(17) 庄司務「アセチレンよりアセトアルデヒードの合成に就て」(『工業化学雑誌』二二編、一九一九年)、二八〜四二頁。
(18) 越智主一郎、小野澤興一「アセチレンよりアセトアルデヒドの製造に就て」(『工業化学雑誌』二三編、一九二〇年)、九三五〜九五四頁。
(19) 米国特許一、一五一、九二八 "Process of Preparing Acetaldehyde from Acetylene"(一九一五年出願)。
(20) 日本醋酸製造株式会社、広栄製薬株式会社、近藤製薬工場、伊藤醋酸製造所。
(21) 飯島孝『技術の黙示録』(技術と人間、一九九六年)、一八〇頁。
(22) 特許第九四六四七号「アセトアルデハイド製造法」明細書(一九三一年六月一八日出願)。
(23) 連続式といっても、実際の操業では反応液を頻繁に入れ替えなければならなかった(西村肇・岡本達明、『水俣病の科学』日本評論社、二〇〇一年、五三〜五四頁)。
(24) 鈴木の事業にも合成酢酸が加わることになる。ヨード製造をおこなっていた鈴木は、マッチ原料である塩素酸カリを製造する日本化学工業株式会社の設立(一九〇七年)に参加したあと、「味の素」の事業が軌道に乗るまえの第一次大戦中にみずから塩素酸カリの製造に乗り出した。さらに、一七年に東信電気株式会社を設立して塩素酸カリ事業を拡大しようとしたところで第一次大戦後の不況にあい、生産を断念する。東信電気の余剰電力利用をはかって昭和肥料株式会社を二八年に設立して、鹿瀬工場で石灰窒素、さらに川崎工場で合成硫安を生産する。鹿瀬工場のカーバイド利用を拡大するために、ラサ工業株式会社との共同出資により三四年に昭和合成化学工業株式会社を設立し、日本窒素肥料と同様に、カーバイド・アセチレンからアセトアルデヒドを経て酢酸を合成する有機合成化学工業に参入した。五七年に昭和電工株式会社に合併された鹿瀬工場のアセトアルデヒド工場が新潟水俣病を発生させることになる(高松亨「化学工業」、『新 体系日本史(一一)産業技術史』山川出版社、二〇〇二年、二八四〜三二〇頁)。
(25) たとえば、佐藤義胤「満州大豆の生産に関する将来の対策」(『工業化学雑誌』三七編、一九三四年)、一四一三〜一四二〇頁。
(26) 小麦粉を原料としていたときは、この分離液は石灰で中和して廃棄されていた(味の素、前掲(14)、三八五頁)。
(27) 三楽株式会社社史編纂室編『三楽五〇年史』(三楽株式会社、一九八六年)、三七頁。
(28) 花田戈蔵「燃料用無水アルコールに就て」(『燃料協会誌』一五八号)、一九三五年、一三三九〜一三五〇頁。
(29) 通商産業省化学工業局編『アルコール専売三十年史』

(醱酵協会、一九六九年)、七九〜八〇頁。
(30) 味の素、前掲(14)、二八八頁、および三楽、前掲(27)、八八頁。
(31) 旭化成工業株式会社延岡工場薬品部『薬品部三〇年史』(一九五四年)、四一、一七三〜一七九頁、および大塩、前掲(13)、一四四頁。
(32) 社史編纂委員会『日揮五〇年史』(日揮株式会社、一九七九年)、一一〜一三頁、および燃料懇話会編『日本海軍燃料史(上)』(原書房、一九七二年)、七七頁。
(33) 燃料懇話会編『日本海軍燃料史(下)』(原書房、一九七二年)、一〇二二〜一〇二四頁。
(34) セルロイドの樟脳代用可塑剤(プラスチサイザー)用として延岡に送られた日産一トン程度の設備であった(白石宗城「興南工場の概説」、『化学工業』一九五一年一月号、三二〜三九頁)。
(35) 大島幹義「龍興工場」(『化学工業』)一九五一年一月号、六九〜七六頁。「海軍の秘蔵子で絶対の秘密厳守が命ぜられ、日本窒素の社員でも決められたもの以外は工場に立入ることを許されず、ましてその内容は全然発表されたものがなかった……。昭和一八年頃ブタノールの大増産とこれからイソオクタンを製造する計画が各所で進められつつあった時、……海軍は相変らず本工場の技術の発表を許さなかつた」という。
(36) 工業化学会編『最近十年における本邦化学工業の概観』(誠文堂新光社、一九四七年)、一六六〜一六七頁、および日本新興溶剤史編纂委員会編『新興溶剤史』(醋友会、一九五四年)、四一四〜四二二頁。
(37) 大島幹義「研究を工業化する技術——イソオクタン合成工業の開発とその工学的検討を中心として——」(『野研時報』六号別冊、一九五八年)、二六、五〇頁。
(38) 日本合成化学はブタノール製造を目的として熊本工場を建設し、四一年にカーバイド製造、四三年にはアセトアルデヒド製造を開始するが、ブタノール設備は完成しないまま終戦を迎える(日本合成化学工業株式会社編『日本合成化学工業株式会社五〇年史』、日本合成化学工業株式会社、一九八〇年、三四〜四七頁)。大日本セルロイドも新井工場でブタノール製造設備の建設を四二年に着工しているが、これも完成していない(社史編集室編『ダイセル工業六〇年史』、ダイセル化学工業株式会社、一九八一年、四八〜四九頁)。
(39) 大島、前掲(37)、二五、五〇頁。
(40) 水銀の輸入は一九三六年に三八六トンあったのが、四四年には英領ボルネオと中国からの一二トンへと激減している(大蔵省『日本外国貿易年表』各年)。
(41) 工業化学会、前掲(36)、三〇頁。
(42) 遠藤永次郎「航空燃料について」(『酒精協会誌』一巻、一九四三年)、一〇八〜一一一頁。
(43) 日本新興溶剤史編纂委員会、前掲(36)、四一四頁。
(44) 協和会研究部長であった加藤辨三郎は、三七年からイソオクタンの製造実験をおこない、三九年春の工業化学

会での「ブタノールよりイソブテンの製造について」という報告が、陸軍からの要請につながったと社史には記されている（協和醱酵三五年史編集委員会編『薔薇は薔薇――協和発酵三五年の歩み』、協和醱酵工業株式会社、一九八四年、二五、一一四、一一七頁、および合同酒精社史編纂委員会『合同酒精社史』、合同酒精株式会社、一九七〇年、三四九頁）。しかし、三九年四月の工業化学会年会のプログラムに加藤の名前は見あたらない。「イソオクタン原料としてのイソブテンの製造に就て」と題する報告をしたのは、早稲田大学の山本研一、川久保勇雄である。加藤がイソオクタン合成に関する報告を工業化学会でおこなうのは一九四〇年四月からである（「工業化学会年会講演要旨」、『工業化学雑誌』各年）。

(45) 合同酒精、前掲(44)、三八二～三八七頁。同社は、ジャワ島の製糖工場のブタノール工場への改造を四二年に開始し、四五年五月に試運転を開始している（同、三九八～四〇三、四〇七～四〇九頁）。

(46) 三楽、前掲(27)、八六～八七、四七四頁。昭和農産化工は、陸軍の命令によりフィリピンで製糖工場を改造して年産一四万トンのブタノール工場建設を開始、さらに四四年七月には満州国政府および関東軍からブタノール製造の要請を受け、満州醱酵工業株式会社を設立し建設計画を進めている（同、一〇七～一一三頁）。

(47) 味の素、前掲(14)、四〇五、四三〇頁。

(48) 合同酒精、前掲(44)、四〇四頁。

(49) 協和醱酵、前掲(44)、二八頁。イソオクタン合成設備も完成していたようである。

(50) 田代三郎「合成ブタノール工業に就て」（『酒精協会誌』一巻、一九四三年）、一四五～一四八頁。伏字は軍事機密上の理由からではないだろう。航空機燃料混合用イソオクタンの合成について、戦時中も堂々と論文が刊行されている。たとえば、堀口博・太田暢人「正ブタノールよりイソオクタンの合成」（『有機合成化學協會誌』二巻、一九四四年）、三二八～三三四頁。

(51) 大島、前掲(37)、四〇頁。四四年の使用量はイソオクタン製造量八六三四・六キロリットルをもとに、四四年上期のイソオクタン一トン（約一・四キロリットル）当りの燐酸の原単位実績五五キログラム（同、五〇頁）を用いて求めた。燐鉱石の入手経路については不明だが、燐酸の製造に苦労したとする記述はまったくない。なお、燐酸触媒は海軍燃料廠方式で作られたが、UOP特許範囲であるとして日本窒素肥料は終戦に至るまで日本揮発油に特許料を支払った（同、四三頁）。

(52) 工業化学会、前掲(36)、三六頁、および大塚寛治（『日本無機薬品工業史』一九六二年）、三九六頁。

(53) 大島、前掲(37)、二九頁。

(54) 山田昌「正ブタノールの合成について」（『酒精協会誌』一巻、一九四三年）、一九五～一九八頁。

(55) ジオクチルフタレートのこと。オクタノールと無水フタル酸から作られる。

(56) 協和発酵、前掲(44)、五八～五九頁。
(57) 『長銀調査シリーズ―1　カーバイド工業』(日本長期信用銀行調査部、一九六〇年)、三〇一頁。
(58) 飯島孝、岡本達明「水俣病原因工場の産業史・技術史(2)」(『岐阜経済大学論集』二七巻二号、一九九三年)三九～七七頁。
(59) 朝鮮からの引き上げ技術者により、もともと水俣にいた人たちが窓際に追いやられたという。二酸化マンガンを用いる日本窒素独自の方法の発明者であり、戦後、水俣工場長をつとめた橋本彦七も実質上解任されたとされる(NHK取材班『NHKスペシャル―戦後五〇年その時日本は―第三巻』、日本放送出版協会、一九九五年、六一頁)。
(60) 『水俣工場新聞』一九五九年一〇月一〇日(水俣病研究会編『水俣病事件資料集・上巻』、葦書房、一九九六年、三四九頁)
(61) 飯島、岡本、前掲(58)。
(62) 西村、岡本、前掲(23)、五八～六〇頁。
(63) 同右、二八八～二九五頁。この水俣病発生の原因は、発生から五〇年近くたって、西村肇らの科学的検討により同書ではじめて解明された。
(64) 水俣病研究会、前掲(60)、四七三、四七六頁。
(65) 協和醱酵、前掲(44)、七七頁。
(66) 木下祝郎「グルタミン酸醱酵―その誕生と現状に就いて―」(『醱酵協会誌』一九巻、一九六一年)、六五～七一頁。
(67) 「グルタミン酸ソーダの合成」(『ケミカル・エンジニアリング』一九五七年九月号)、四五～四九頁。
(68) 味の素株式会社社史編纂室編『味の素株式会社社史2』(味の素株式会社、一九七二年)、一三七頁。
(69) 三楽、前掲(27)、二一五頁、および味の素、前掲(68)、二八四～五頁。三楽酒造は七〇年まで年約三千トン弱のグルタミン酸(グルタミン酸ソーダに換算すると約三千五〇〇トン)を味の素に納入した。味の素との契約を解消した協和発酵は、六一年から武田薬品の複合調味料「いの一番」の原料としてグルタミン酸を供給するとともに、六四年には「キーパー」を発売し、みずから化学調味料市場に参入した。旭化成も六一年には発酵工場を完成させ、武田薬品も六六年に高砂工場でグルタミン酸ソーダの生産に乗り出している(武田薬品工業株式会社編『武田二〇〇年』、武田薬品工業株式会社、一九八四年、二三〇頁)。
(70) 味の素、前掲(68)、二七二～三頁。
(71) 三菱化成のアクリロニトリル計画は六二年に変更され、四日市を取りやめ水島に建設されることになった(三菱化成工業株式会社『三菱化成社史』、三菱化成工業株式会社、一九八一年、二八七～二八八頁)。
(72) 吉田統一、岩永良治「グルタミン酸ソーダの合成」(『化学経済』一九六九年三月号)、二三一～二三七頁。
(73) 「アミノ酸」(『化学経済』一九七四年八月臨時増刊

号)、一二五頁。

(74) 日本合成化学、前掲(38)、一五一～一五八、一七一～一七二頁。

(75) チッソ水俣工場のアセトアルデヒド装置が六八年まで操業をつづけたのは、チッソが参加した丸善石油・千葉コンビナートの操業の遅れやチッソの経営難により千葉でのオクタノール計画がいったん放棄され、水俣で継続されることになったオクタノール製造の原料を供給するためであるとされる(「グループ化へ胎動する化学工業――日窒グループ」、『化学経済』一九六七年五月号、一九二三～一九二九頁、『石油化学工業年鑑』、一九六三年、五二頁、一九六四年、六七頁)。

(76) 協和発酵、前掲(44)、一三八頁、および三楽、前掲(27)、年表七〇頁。

(77) 「アセトアルデヒド・酢酸」(『化学経済』一九六九年八月臨時増刊号)、八三三頁。しかも六〇年代末には、オクタノールやブタノールではアセトアルデヒドではなくプロピレンから直接合成する方法への転換が予定されていて、そこでの需要拡大が期待できなくなっていた。

(78) 味の素、前掲(68)、三九八、四一五、四二七～四二八頁。昭和アセチル化学への三楽オーシャンの参加も、酢酸の供給を受けて発酵法グルタミン酸の原料とするためである。

(79) 武田薬品は六九年から酢酸への原料転換を開始し(「グル曹産業の当面する課題と展望」、『酒類食品統計月報』一九七〇年三月号、二～一〇頁)、三楽オーシャンは七四年までに酢酸利用を開始したとみられる(「売手市場に変化したグル曹産業」、『酒類食品統計月報』一九七四年三月号、二～九頁)。協和発酵は、七〇年頃から酢酸を用いたとみられる(酢酸工業会編『日本酢酸業界史』、一九七八年、五九八、六四四頁)。旭化成については不明。各社の原料について把握できないのは、食品公害問題のため酢酸への原料転換に慎重となったことや、あるいは酢酸使用の公表をさけたことが理由として考えられる。六九年末にはグルタミン酸ソーダ有害説が登場している。

(80) 酢酸工業会、前掲(79)。

(81) 合成酢酸を原料とするグルタミン酸ソーダの安全性問題も再転換を後押した。

(82) 味の素株式会社編『味をたがやす――味の素八十年史――』一九九〇年、三七〇頁。

(83) 『酒類食品統計月報』一九八二年三月号、三年三月号、八五年三月号から類推した。協和発酵については不明。

[謝辞] 資料の収集にあたり大阪経済大学中小企業・経営研究所の三上正禮氏、小川都与子氏にたいへんお世話になった。ここに感謝の意を記す。

(たかまつ とおる・大阪経済大学経営情報学部助教授)