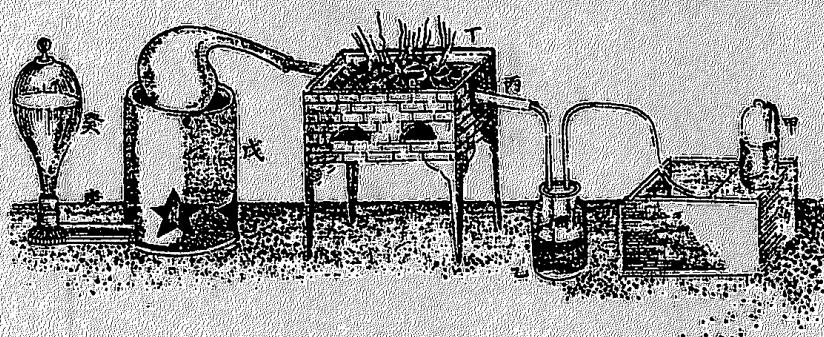


化学史研究

第22卷 第2号 1995年

(通巻第71号)

論文集	江戸後記における酒造技術—灘酒の出現と特徴 技術史シリーズ 合成洗剤の歴史（第12回） 環境問題からみた合成洗剤の技術開発史 (第13回)	鎌谷 親善 85 (1) 刈米 孝夫 114 (30) 大場健吉・武井玲子 127 (43)
特集	日本の化学者 第1回 水島三一郎先生の研究足跡	坪井正道 142 (58)
紹介	Piyo Rattansi and Antonio Clericuzio (eds.), <i>Alchemy and Chemistry in the 16th and 17th Centuries</i>	吉本秀之 152 (68)
	J.M. トーマス著、千原秀昭・黒田玲子訳『マイケル・ファラデー—天才科学者の軌跡—』	芝 哲夫 155 (71)
	Ekmeleddin Ihsanoglu (ed.), <i>Transfer of Modern Science & Technology to the Muslim World</i>	塙原東吾 156 (72)
	竹内敬人、山田圭一著『化学の生い立ち』日本化学会編、新化学ライブラリー（全30巻）	小塩玄也 158 (74)
会報	1995年度総会報告	159 (75)



化 学 史 学 会

[会 告]

化学史学会夏期討論集会（夏のサロン'95）

——環境と化学技術——

共 催 化学史学会・日本化学会・日本化学工業協会・日本ソーダ工業会

日 時 1995年9月1日（金）13時～17時

会 場 東京大学教養学部14号館308号室

〒153 品川区駒場3-8-1 (03-5454-6694) (井の頭線東大駒場前徒歩5分)

プログラム

1. 水銀法電解ソーダの製法転換について

杉野利之（日本ソーダ工業会 元技術部長）

2. 塩素製造とその利用をめぐって

木本勝（日本ソーダ工業会 元常務理事）

3. イオン交換膜の開発について

小野宏（旭化成㈱ イオン交換膜事業部長）

佐藤公彦（旭硝子㈱ 取締役 中央研究所長）

4. 有機合成化学工業における無公害型製法への転換

上仲博（広栄テクノサービス㈱ 社長）

参 加 費 1,500円

懇親会 2,000円（18時より）

参加方法 当日会場で受付。化学史をめぐる知的放談会です。会員外の方も大歓迎。

問い合わせ先 〒462 名古屋市北区平手町1

名古屋工業技術研究所内 龜山哲也

(Tel 052-911-2111, Fax 052-916-6993)

[論 文]

江戸後期における酒造技術 —灘酒の出現と特徴—

鎌 谷 親 善*

はじめに

江戸時代における酒造技術の基本的形態は、17世紀末から18世紀初頭に摂津国（現在の大阪府）の鴻池、伊丹、池田などで形成されたといつてよい。この技術は摂津南部の海岸沿いの灘目に置いて変容をはじめ、18世紀から19世紀60年代にかけての江戸後期、「灘酒」と呼ばれる酒を創出し、定型化を実現したといえ、それはこんにちの「清酒」に繋がる酒の製造法であった。

そこで、この18世紀末から19世紀初頭における鴻池、伊丹、池田の酒造技術を検討することからはじめ、ついで伊丹、池田などの酒に替わって江戸市場を席捲した「灘酒」の製造技術の形成過程を水車精米の導入、淡麗化と水延び、宮水の使用、寒造りへの集中などの諸側面について検討し、伊丹酒などとの対比によって、それらの特徴を明らかにすることを試みたい。それはまた、19世紀中頃における最先端技術を駆使した銘酒の醸造法に関する考察にほかならない。

1. 1800年前後における伊丹と灘の酒造り

摂津国北部に所在する銘醸地の鴻池、伊丹、池田などの酒造業は、17・18世紀交替期において十石仕舞・千石造りの技術を確立し、それからおよそ1世紀にわたって仕込配合、用具、設備などの技術面ではさしたる変化が見られなかった。このことは、1700年前後に成立した酒造専門書が18世

紀はもとより19世紀になって書写されていたことで、例えば「童蒙酒造記」[貞享4年(1687)]が数多く書写され遺されていること、あるいは当時の代表的な伊丹酒（丹醸）を表題とした「寒造酒屋永代記伝」[元禄10年(1697)]や「伊丹満願寺屋酒醤油造伝」[宝永5年(1708)]が増補され、書写され続けていたことなどからも、窺知することができる¹⁾（表1参照）。言葉を換えれば、1世紀にわたり定型化した鴻池流酒造法や「丹醸」の製造技術を規範として、使い続けていたことを意味するものである。

同時に、19世紀はじめに著された酒造書、「酒造秘伝集」[文政12年(1829)]や「酒造口伝秘法書」[天保3年(1832)]では、表題と内容が異なり、酒造法よりは酒直しや再製酒（混成酒）に関する記述が主体となっていた。また、『酒直千代伝法』[天保9年(1838)]といった酒直しを表題とする刊本さえ出現していた²⁾。あるいは、家庭での再製酒の製法を解説した十辯舎一九『手造酒法』[文化10年(1813)]や『手造氣利酒』[文化11年(1814)]等も刊行されていた（表1参照）。これらは、酒造に係わる主要な関心が製成した酒の品質の維持や各種の再製酒、とりわけ家庭における再製酒の製造へと移っていたことを示唆するものといえる。

酒造に対する関心が変移したもの、18世紀最後の四半世紀に江戸の人たちが最も嗜好した酒は、「丹醸」の名で呼ばれた伊丹の「濃醇」な酒といえる。この時期の伊丹酒の製造状況を示すものは安永期（1772～1781）から天明年間（1781～1789）の記録と推測される「伊丹酒造諸式之扣」

1994年12月17日受理

* 東洋大学

表1 江戸時代後期における酒造に関する主要著作（稿本・刊本）と記録 附. 翻刻の掲載書/誌

書名	成立/刊行年	所蔵者/機関	翻刻掲載誌/書
「摂州伊丹滿願寺屋伝」宝暦2年(1752) 柴原教長写		小西新右衛門家	柚木『酒史研究』第9号(1991)
「摂州伊丹滿願寺屋伝」寛政13年(1801) 氏名不詳者写		ケンショク「食」資料室	加藤・森・鎌谷『酒史研究』第11号(1993)
「摂州伊丹滿願寺屋伝」天保4年(1833) 小沢市五郎写		坂口謹一郎氏	
申立八兵衛家伝「酒造り書」宝暦11年(1761)		関西学院大図書館	鎌谷『酒史研究』第7号(1989)
「酒造直し覚本」明和6年(1769)		西宮市立図書館	
「伊丹酒造諸式之扣」明和9年(1772) 以降寛政期以前成立			『伊丹市史』第4巻, 資料編
「釀酒秘録」寛政元年(1789)			☆坂口『日本の酒』106頁
「酒直秘伝鈔」寛政元年(1789)序, 寛政7年(1795)成立		国会図書館白井文庫	
秋里湘夕・竹原春朝斎『摂津名所図会』寛政10年(1798)			
平瀬補世・藤関月『日本山海名産図会』寛政10年(1798)序, 同11年刊		国会図書館・九大	
「摂州伊丹酒造記」(「摂州伊丹酒造」「日本山海名産図会」のみの写本)		池田市立歴史民俗資料館	柚木『酒史研究』第7号(1989)
「(池田)酒家用秘録」享和・文化初頭成立		国会図書館白井文庫	
十辺舎一九『手造酒法』文化10年(1813)刊本		国会図書館	
十辺舎一九『手造氣利酒』文化11年(1814)刊本			
高田町村田矢兵衛「酒伝授之覚」文政5年(1822)			☆坂口『日本の酒』106頁
「本家大阪鴻池酒類秘録」文政9年(1826)			☆坂口『日本の酒』105頁
「酒製方葉製秘書」文政11年(1828)		ケンショク「食」資料室	鎌谷『酒史研究』第13号(1995)
「造酒秘伝集」文政12年(1829)		西宮市立図書館	鎌谷『酒史研究』第13号(1995)
「造酒口伝秘法書」天保3年(1832)		西宮市立図書館	鎌谷『酒史研究』第13号(1995)
「清酒造覚書」天保8年(1837)写		東京博物館	
「杜氏製」天保9年(1838)		東北大学狩野文庫	
白米先生『酒直千代伝法』天保9年(1838)識, 刊本		国会図書館	鎌谷『酒史研究』第6号(1989)
「壱子相伝 造酒口伝」天保9年(1838)		関西学院大図書館	鎌谷『酒史研究』第6号(1989)
「大坂一流 酒直秘伝」天保15年(1844)		東京博物館	
「西之宮土産」安政7年(1860)成立, 窓乃梅酒造, 昭和42年翻刻		古賀醇一郎氏	古賀・加藤『酒史研究』第11号(1993)
「新酒半からし造心得書」慶応元年(1865)			☆坂口『日本の酒』106頁
「酒直し方」伊予今治渡辺佐久蔵「明細帳」慶応4年(1868)		渡辺華三氏	森『酒史研究』第9号(1991)
平亭銀鶴撰『徳用向豊年酒教草』刊行年不詳		杏雨書屋	

注. 翻刻書の☆印は左欄の書籍の掲載書を示す。

である³⁾。また、これとほぼ同一内容で、酒造史において重要な文献とされていた平瀬補世・藤関月『日本山海名産図会』[寛政10年(1798)序]のなかの「摂州伊丹酒造」である⁴⁾。

これら両文書には、季節に対応した呼称をもつ
新酒(彼岸酒), 間酒, 寒前酒, 寒酒, 春酒などの製造が記載されていた。これらのうちで、品質が優れ、製造量も多かった寒酒について、およそ1世紀前に成立した「童蒙酒造記」の寒造り酒と較べたとき、醣が6斗醣から5斗醣へと小さくなり、「米麴惚造り米」といわれる総米もまた10石から9石へと減少し、その総米に対する汲水歩合もまた5.5水から4.7~5.0水へと詰まっていた。このことは、いっそう「濃醇」な酒が造られていたことを示す(表2)。

1700年前後と1800年前後の1世紀を隔てた時期、言葉を換えると元禄~享保期(1688~1736)と天明~文化期(1781~1818)における伊丹の小西新右衛門家の「酒永代覚帳」の記録を比較すると、醣が小さくなり、総米もまた減少しており、汲水歩合もまたいくらか詰まっていた⁵⁾。

すなわち、1世紀を隔てた17・18世紀交替期と18・19世紀交替期における酒造書や酒造記録の酒造法を較べると、この間にほとんど違いがなかった。強いてみられた差異も、仕込時季や酒質による変化を考慮し、勘案するとき、有意のものとは言い難い。従って、伊丹ではこの18世紀を通して「濃醇」な酒が造られ続けていたと言える。しかも、この間には総米量に対する醣の割合である醣歩合が減少していることから、醸造技術はいちだ

表2 18・19世紀交替期における伊丹の酒の仕込配合
—小西新右衛門家・「伊丹酒造諸式之扣」・『日本山海名産図会』—

	醸			総米醸 米歩合	仕舞 大きさ	蒸米		総米	
	大きさ	麹歩合	水歩合			麹歩合	汲水歩合	麹歩合	汲水歩合
小西新右衛門家									
元禄16年(1703)正月	6.0斗	3.33割	11.1水	8.25%	9.7石	2.76割	7.45水	2.16割	5.84水
享保2年(1717)冬酒	6.0斗	3.33割	10.0水	8.24%	9.7石	2.76割	7.52水	2.16割	5.68水
天明2年(1782)白雪冬酒	5.5斗	3.45割	10.9水	7.76%	9.54石	3.53割	7.80水	2.61割	5.77水
文化2年(1805)若松新酒	5.2斗	3.46割	11.5水	7.73%	9.06石	3.53割	6.96水	2.61割	5.14水
「童蒙酒造記」[貞享4年(1687)]									
鴻池流寒酒造り	6.0斗	4.00割	12.0水	8.45%	9.94石	3.08割	7.20水	2.35割	5.50水
「寒造酒屋永代記伝」[元禄10年(1697)]									
伊丹寒造り酒	6.0斗	4.00割	12.0水	7.76%	10.83石	3.54割	8.00水	2.61割	5.91水
「伊丹満願寺屋酒醤油造伝」[宝永5年(1708)]									
伊丹寒造り酒	6.0斗	5.00割	13.0水	6.67%	13.50石	5.00割	8.27水	3.33割	5.51水
「伊丹酒造諸式之扣」[安永・天明年間(1772~1789)と推定]									
新酒	5.0斗	3.40割	9.6水	7.82%	8.55石	3.09割	6.74水	2.36割	5.15水
間酒・寒前酒・極寒酒				7.57%	9.39石	2.96割	6.44水	2.28割	4.97水
『日本山海名産図会』[寛政10年(1798)序]									
新酒	5.0斗	3.40割	9.6水	7.37%	9.90石	3.92割	6.74水	2.82割	4.84水
間酒・寒前酒・極寒酒				7.14%	9.39石	3.75割	6.44水	2.73割	4.69水

出典：小西新右衛門家「酒永代覚帳」。

鎌谷親善・加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号(平成2年)46~50, 87頁.

袋屋孫六「寒造酒屋永代記伝」。

鎌谷親善「伊丹満願寺屋酒醤油造伝 解説」『酒史研究』第5号(昭和62年)31~46頁.

伊丹市立博物館編「伊丹酒造家史料(上)」「伊丹史料叢書」8(伊丹市役所, 1992)30~39頁.

「伊丹酒造諸式之扣」伊丹市史編集専門委員会編『伊丹市史』第4巻, 史料編1(伊丹市, 昭和43年)499~515頁.

平瀬補世・鶴閔月『日本山海名産図会』, 『日本図会全集』(日本随筆大成刊行会復刻, 昭和4年), 宮本常一他編『日本庶民生活史料集成』第10巻, 農山漁民生活(三一書房, 1970)7頁.

んと安定してきていたと思慮される。

伊丹の酒に対して、18世紀末から19世紀初頭において抬頭が目覚ましかった灘酒の当時の技術、とくに仕込配合をみたとき、大差がなかったのである。寛政期(1789~1801)から文化期(1804~1818)初頭における灘の本嘉納・白納の両家と伊丹の小西家との仕込配合を比較すると、仕舞の大きさや汲水歩合は差異がなく、麹歩合は嘉納両家の方が多かった(表2・表3参照)。つまり、酒造法としては、伊丹の「丹釀」に対して、麹歩合が大きいことは灘が技術的に立ち遅れていたことを示唆する。言葉を換えると、灘の技術が伊丹の酒造法に追いつくための過程にあったといえよう。

このような事情は酒造以外の史料からも窺知できる。例えば、元禄14年(1701)に刊行された岡田徳志編『摂陽群談』は銘醸地として平野、富

田、福井、池田、伊丹、鴻池、大鹿、三田、山田などを挙げていたが、灘の名はなかった⁶⁾。同時期の酒造の状況を記した「尼ヶ崎大部屋日記之写し」は、そのなかの元禄15年(1702)3月12日付けの江戸町年寄衆の書付けにおいて、江戸積み酒主産地として大坂天満、境(堺)、伊丹、池田、尼ヶ崎、大鹿、小浜、清水、三田、兵庫、富田、西宮、鴻池、山田といった摂・泉州をあわせた上方の銘醸地を、尾張、三河、美濃、伊勢の諸国などとともに挙げており、畿内の多くの産地は『摂陽群談』と重複していたが、ここでも灘や今津の名は見られなかった⁷⁾。参考までに元禄10年(1697)からの江戸への下り酒の推移をみると減醸令によって10年が32万駄(1駄7斗2升)であったのが、11年は29万駄、12年は21万駄、13年は11万駄、と減少していた。

灘や今津の名が江戸下り酒問屋の記録に始めて現れるのは、享保 9 年（1724）である。従前からの江戸酒積み産地である摂州の大坂三郷、伝法、北在（三田、武庫、鴻池など）、池田、伊丹、尼崎、西宮、兵庫、泉州の堺にくわえて、御影、魚崎などの灘目と今津の名がでてくる⁸⁾。これらが、のちの江戸酒積み摂泉十二郷である。

摂泉十二郷が成立する契期は、田沼意次による運上冥加金政策とそれに対する酒造家の反対運動であった。ついで、明和 6 年（1769）摂津の武庫、菟原、八部の 3 郡が天領となり、3 年後に酒造冥加が公布されたときに大坂、池田、伊丹、伝法、尼崎、西宮、北在などに、今津と灘が加わり、いわゆる摂泉十二郷が形成されたといわれ、このとき上灘目、下灘目、今津の名が見られる⁹⁾。この間の宝暦 4 年（1754）に勝手造り令が発令されてから競争は激化し、酒価が下落したため、経営不振となった摂泉十二郷の酒造家は安永 5 年（1776）6 月、申し合わせで、新酒の醸入れ期日を伊丹は 8 月 24 日、他郷は 9 月 4 日とすること、新酒番船を 10 月 5 日とすること等を決めていたが、この文書末尾に「上灘江戸積酒家中」、「下灘江戸積酒家中」という文言が見えることから、灘において酒造仲間が結成されていたことを窺わせる¹⁰⁾。

伊丹や池田とともに西宮は大坂町奉行の支配下にあった「町方」酒造業であったのに対して、この灘目や今津は明和 6 年（1769）に天領になるが、代官所支配のもとにあった「在方」酒造業として、新規酒造地として事業展開を図っていた。そして、文政 11 年（1828）には上灘は東・中・西の三郷にわかれ、これら三郷と下灘・今津を以て「灘五郷」が形成された。他方、明和期（1764～1772）の西宮では町内旧酒造家の没落と西宮への出造り酒造家の進出によって変容を始めていた。そして、幕末期には下灘が離脱し、西宮が加わって、新たな酒造地域の形成が見られた¹¹⁾。

酒造地としての灘の抬頭は江戸の酒入津高から

も知ることができる。すなわち、入津高の明らかになる天明 5 年（1785）における灘（上灘・下灘を含む）の江戸入津高は全量 77 万樽のうちの約 32 万樽と、全入津量の 41% を占めており、伊丹の 11 万樽、池田の 2 万樽を大きく引き離していた。その年における灘の酒屋数は 107 軒で、その後一時的停滞はあったが、文化 3 年（1806）幕府が勝手造りを布告してから急速に拡張し、同 8 年（1811）には灘目（上灘・下灘）143 軒、157 藏となっていた。この文化 8 年の今津・西宮両郷の酒屋は 59 軒、84 藏であった。文化 14 年（1817）における江戸入津量 101 万樽のうち、灘が 52 万樽（全入津量の 51%）、今津が 2.4 万樽（2%）、西宮が 7 万樽（7%）であった。これに対して、伊丹は 18 万樽（18%）、池田は 3.4 万樽（3%）で、大きな懸隔が存在していたのである¹²⁾。

江戸積酒の製造地として灘の優位が顕在化したこととは、江戸積みの大坂三郷酒造仲間が天明 4 年（1784）10 月に提出した「酒造株冥加金願上写」からも窺える。すなわち、大坂三郷の衰退に替わって、「近来摂州之内在ニ而水車稼酒造多仕、石数等勝手に仕込仕、當時凡式百軒御座候而商売繁盛仕候」と、水車稼ぎにより灘酒造業が隆昌していたことを指摘していた¹³⁾。それから暫らく後に刊行された秋里籬島、竹原春朝斎『摂津名所図会』[寛政 6 年（1794）序] には、住吉の米搗き水車と酒造蔵の風景が掲載されていた¹⁴⁾。

以上において見てきたように、灘や今津は 18 世紀末の第 4 四半期の天明期（1781～1789）にはいると、摂・泉州の江戸積み酒造地のなかで圧倒的な優位を獲得したのである。

2. 水車精米の導入

灘酒造業の隆盛に重要な役割を演じたとされる水車精米には、早くから関心が持たれていた。伊丹においては、その繁栄を背景に 18 世紀はじめに見られた。享保 7 年（1722）、伊丹の酒造仲間の

内部統一と酒造特権を擁護するための申し合わせ事項「酒屋中極之一札」において、精米に従事する米踏人（碓屋）の労働時間や作業内容は「向後ハ六つ時前より踏出させ、無昼夜七つ過迄も精出し踏せ可申候、勿論輪之吟味其外不埒等急度相改可申候、然ル上、古米五臼、新米六臼踏せ、賃銀五分払可申候」と、記していた¹⁾。これから当時における米踏み精白の実態を知ることができるとともに、搗精のために別の途として水車精白を求めるようになっていたことが窺知できる。

暫くしての享保19年（1734）9月、伊丹の酒造家八尾八左衛門（屋号は「紙屋」酒銘は「菊印」）は水車を見に行き、その採用を検討していた。しかし、水車精米の採用を見送っていた²⁾。それ以降の伊丹における水車精米の導入に関する事情は詳らかではない。

水車搗精が採用され、効果を発揮したのは灘においてで、すでに述べたように天明4年（1784）10月の大坂三郷酒造仲間による「酒造株冥加金願上写」において見られる。水車による精白を始めた時期は享和4年（1804）2月の「申合和熟一札」において「当村（引用者注、五毛村）水車九輛之内定右衛門所持古株車壱輛分者往古より有来、初者油稼之所、明和七寅年油方一統御取締之砌より米稼に仕候。今年迄三拾五年之間夏冬稼共無滞致來罷在候。外八輛分者天明六午午より追々米稼に願上、今年迄拾七年之間冬稼を専らにいたし夏稼も水の沢山の砌に穩便に少々宛相稼來候」と記していることから、明和7年（1770）から米搗きが始まっており、天明期には水車精白が増加したことを見ていた³⁾。したがって、水車による米搗きは明和期から安永期（1772～1781）に起源を求めることができよう。

灘の様相は、天明8年（1788）7月灘目庄村屋等から提出された「書附」においてもみられた。ここでは、酒造に係わり渡世するものとして「酒造労人」のほかに、「酒造米踏人」や「米踏水車

（人）」が挙げられていた⁴⁾。同じ天明8年、菟原郡18ヶ村においては米搗き水車が73輒で、絞油水車の68輒を凌いでいた。この時期には米搗き水車の増設、それに油絞りから米搗きに転向した水車もあり、以降においては酒造米の搗精は足踏みから水車精白に移行したものと思慮される⁵⁾。

17世紀末における酒造米の精白歩合に関しては、「童蒙酒造記」では5分前後（重量で）であったが、「寒造酒屋永代記伝」においては寒造りの醸・掛の米は「八分減りより一割迄之白サ之米」としていた⁶⁾。そして、高品位の酒の製法として、「童蒙酒造記」においては生酒造りで「能米を一限白くして」と、「寒造酒屋永代記伝」でも「元米、麹米共に上々白に致候」と、精白歩合を高めることを求めていた⁷⁾。

精白歩合が1割（精米歩合9割）前後になると、米粒の外層部にある果皮、種皮、糊粉層、いわゆる糠層が取り除かれることで、蛋白質、脂質（粗脂肪）、灰分が減少して、澱粉質の多い状態となる。この程度を超える精白では、米の内部組織が硬いため、擦り取る「搗精」方法で精白度を高めることは容易ではない。しかし、精白歩合を2割5分位までに高めると、酒の色や香味を劣化させ、酵母や麹黴の生育を過度にする、蛋白質や脂肪は著しく除去される⁸⁾。このような事情が精白歩合の向上を要求させたのである。

しかし、効率的な精米法として水車搗白が導入されるまでは、足踏み精米に依存していた。しかも、米の組織からも、精白歩合が8分から精々1割という状態が長く続いていたのである。

すなわち、精米方法として足踏みに依存していた18世紀の第4四半期における、伊丹での足踏み精米の状況は「伊丹酒造諸式之扣」や『日本山海名産図会』の「摂州伊丹酒造」から知ることができる。一般には品質の良い「上酒」には精白歩合の高い米が使用されており、搗精の能率は1人当たり、「伊丹酒造諸式之扣」では「醸米ハ一日四

臼踏可申事」、「掛米ハ一日五臼踏可申、尤上酒ならば掛米も四臼踏也」と記しており、「摂州伊丹酒造」も同様であった⁹⁾。後者では臼の大きさを「1臼1斗3升5合位」としていた¹⁰⁾。従って、この時期における醸米や上酒の掛米は1人1日の精白量が5斗4升、普通の掛米ならば6斗7~8升といえよう。

灘五郷における精白歩合が高まつたのは文化文政期（1804~1830）以降といわれている。それ以前における搗減りは、凡そ8分であり、醇酒でも1割とされていた。そして、天明3年（1783）頃の精米事情を記したなかで、その標準が「五ツ踏」で、「五ツ踏トハ一臼一回ノ量ヲ一斗五升ナレハ一日五回、即チ七斗五升ヲ精白スルノ謂ナリ」と述べていた¹¹⁾。このことは、臼の容量がいくらか大きいものの、1人1日の能率は「伊丹酒造諸式之扣」や『日本山海名産図会』と大差なかったといえる。当時の酒造状態を記した『酒造手引草』（刊行期不詳）は1人1日に5臼を搗精した「五つ踏の白さ宜敷也」と記していた¹²⁾。これらのことから、1人1日に5臼を踏むのが精白歩合8分の8分搗き、そして4臼のさいは精白歩合で1割搗きとみても大過なかろう。

水車精白に関しては、江戸末期において西宮の酒造米を搗いた獅々ヶ口・芦屋谷の水車についての記録がある。それによると、2,400本の臼があり1本につき1斗入りで、1日の搗出高は960石であったことから、水車による臼1本は1日4斗を精米していた。そのさいの精白歩合は触れられていなかった¹³⁾。

足踏み精米から水車精白への移行は円滑に進んだわけではない。すでに見たように灘では天明年間から普及していたが、西宮や今津ではかなり遅かった。文化13年（1816）の今津郷小豆嶋屋本店では775石の酒造において蔵人11人、確人14人を雇用し、精白はすべて足踏みに依っていた。弘化2年（1845）の鳴尾村辰屋与左衛門は確屋に7

割、水車精米に3割を依拠しており、万延元年（1860）になってすべて水車搗精に転換していた。このように、水車精米は、地理的条件による制約もあって、速やかには普及していなかった¹⁴⁾。

『灘酒沿革誌』によれば、灘における精白歩合は、享和期（1801~1804）までは8分搗きで醇酒を製成していて、1割を超えることがなく、文化・文政期より以降、天保期（1830~1844）のはじめになって1割5分の搗減りが一般化したとしている¹⁵⁾。そうすると、1割5分搗きという精白歩合への向上は、当然のことながら水車精米によるものと解してよからう。さらには、天保4年（1833）に2割5分の精白歩合の事例がみられ、それから数年して山邑太左衛門は3日間の水車搗精を試みた精白米で芳醇な酒を得たことから、2昼夜の水車精米で醸米は3割5分、掛米では2割3分といった精白が実施されるようになったという¹⁶⁾。とくに、精白歩合を2割以上とする試みは、後述する宮水の使用などとともに、灘酒における酒質の改革と結びついていたとして、高く評価されている¹⁷⁾。

ところが、このような高度の精白歩合の達成はきわめて特異な例であり、一般的には少なくない疑義がある。

すなわち、佐賀の古賀文左衛門は西宮の四井信助家の酒造場に安政6年（1859）11月から翌7年2月まで滞在して酒造法を学び、「西之宮土産」を著し、当時の西宮における酒造状況の記録を遺していた。そのなかに「元米を三割へり、懸米を二割へりと定め、壱石にて三割へりを精貢銀三匁と申事に候う。しかし、手前の車にて仕懸候はば、とのよふにか精け候ても壱割半のへりにつき候はば、此うへなき精と心得申候。中々三割の二割のとへる米性にて無之ニ付、四井之君亭主へさん談いたし候処、以心伝心の意味有之事と被申候。尤無余儀被存候事」と記している。当時、2割、3割といわれている精白歩合が表向きで、実

際には最高でも1割5分の搗減りであることを示していた¹⁸⁾。

灘において精白歩合の記録を遺しているのは、本嘉納家および白嘉納家である（付表参照）。本嘉納家の記録をみると、天明7~8年（1787~88）は精白歩合は8分で、文化10年（1813）には1割、文政6年（1823）には1割1分、天保5年には1割2分と、逐次高くなっていた。しかし、天保7年の飢饉のとき以降は、旧に戻って8分となっていた。別の調査によると本嘉納家の精白歩合は、文化10年（1813）には1割、江戸送りが最盛期の文政6年（1823）には1割2分、清酒垂れ歩合が増えた文政12年には1割4分となるが、天保期（1830~1844）はじめになると1割2~3分、天保7年には平均1割4分とされている¹⁹⁾。

白嘉納家に関しては、天明7年（1787）から文化2年（1805）までの記録で、天明期から続いている精白度8分の最後が寛政7年（1795）で、最後の年を除いていずれも三分の一造りであった。それ以降の記録は欠落しており、再び現われるものは皆造りの文化2年（1805）で、その精白歩合は1割2分であった。この間に精白歩合の向上があったものと推定される。同時に、この高精白歩合の持続に関しては疑義があり、二分の一造りの天保11年（1840）には精白歩合は6分であった²⁰⁾。

原料米に関する精白歩合は、嘉納両家の記録や「西之宮土産」の記述などを併せて推量するとき、全般的な趨勢として、水車精米の導入も与かって、精白歩合は次第に向上していた。しかし、精白歩合は表向きのものと実態との間には少なからぬ相異があったうえ、幕府の減醸や皆造などの酒造令によっても多大の影響を受けていた。さらに、各酒造家の蔵や時期、酒質などによっても異なり、単純化して、一律に論じることは容易ではない。

ともあれ、水車搗精の導入は、精米の経済性の向上、酒質の改良などに大いに貢献したことは認

めねばならない。そして、酒質の改良や上質の酒造りには、精白歩合の大きい米が使用されるようになっていた。このような試みが、次に述べる汲水や水質の考究と相俟って、江戸市場で好まれる酒質への改良に少くない役割を演じていたことは否定できない。しかし、水車の普及や使用状況の詳細は詳らかではないうえ、精白歩合の推移に関する詳細な史料、および酒の品種ごとの原料米の精白などの史料を欠くことから、水車搗精と精白歩合、精白歩合と酒質などの関連についての解説は今後の課題である。

3. 淡麗化と水延びと宮水

灘酒の特徴とされる、汲水の延びた「淡麗」「辛口」造りに関して、幕府は変酒との関係で報告していた。すなわち、天保14年（1843）8月に幕府関係者の変酒取扱に関する報告において、この「薄造り」に関連して「変酒」が夥しく生じたことについて、次のように述べていた²¹⁾。

一、酒荷物之義、古来より変酒に相成候分も御座候處、去る申年（引用者注、天保7年）以来別而変酒多分に相成……、右者去申年以來、上方酒造人共造方垂升目多く相成候様致候に付、保ち不宜、年々暑氣強節は変酒多に相成候間、酒造方之者共酒薄造垂方等之義乍恐其御筋にて御糺被為在候はゞ、先年之造方程能見合候而、保方宜相成可申哉に奉存候、尤近年御当地（引用者注、江戸）壳前は、酒薄造之方を好候に付、酒造人共垂升目を多可致と申義而已にも無之、壳捌口宣様にとの義には有之候得共、変酒多にては樽数多入津致候而も差支難計、殊に無益之棄も有之候に付、取調候趣申上候、以上

すなわち、天保の飢饉があった天保7年（1836）から変酒が多くなったが、これは上方の酒造者が垂り（垂れ）歩合を多くしたことによるもので、足持ちが悪くなり、暑い時期には変酒が

増えた。そこで、製造業者に酒を薄くして造る理由について問糺すと、先年の造り方がよく、足持ちも良いと思われるが、近年江戸で売る酒は薄造りが好まれるので、垂りの多い酒にしただけではなく、売捌き易くするためでもあったという。

江戸市場の嗜好に追随して始まった「薄造り」の酒は、同じ報告書の「下げ札」によれば、「本文垂目之義は元拾石造に付、古来拾二三駄造之処當時凡拾八駄より二拾駄位迄酒造仕候故垂目多と唱申候」と、従来の酒垂りが米10石につき12~3駄であったのが、18~20駄に増えていたのである²⁾。

このように、酒の薄造りにより腐敗が多発したことから、酒の品質とともに製法が問題となつたのである。一般に、酒造りにおいて汲水を延ばして発酵を完全に進めると、糖分の分解が進み、醪のアルコール濃度が20%近くなる。これを上槽すると、糖分の少ない、アルコール濃度の高い、いわゆる「淡麗」で「辛口」の酒ができる。また、このような水延びは、ここで指摘されている「酒薄造り」で、その酒垂り歩合は大きかった。

酒の「垂り（歩合）」は水歩合によって変動する。そこで、先行する時期の酒垂りを貞享4年（1687）成立の「童蒙酒造記」でみると、寒造りの諸白は9分垂り、同じ寒造りでも片白は汲水歩合の大きい、大水造りのために12分垂りであった³⁾。これに対して「伊丹酒造諸式之扣」における新酒1仕舞（総米8石5斗5升、蒸米汲水歩合6斗7升水）の垂りは11駄片馬（1駄は7斗5升）から12駄であった⁴⁾。『日本山海名産図会』の「摂州伊丹酒造」における新酒1仕舞（総米約9石9升で、蒸米汲水歩合6斗7升水）の垂りは12~3駄であった⁵⁾。従って、酒垂り歩合はおよそ10分から11分で、この17世紀末から18世紀末に至る1世紀には大きな変化はなかったといえる。

文化元年（1804）12月、西宮・今津・上灘・下灘の4郷酒造株仲間は「仲間申合之事」のなかで、造石高を酒造株高の6割とすることを申し合

わせるとともに、江戸送り状を造石高10石につき13駄の割で交付することとしていた⁶⁾。これは当時の標準的な酒垂り歩合を示すものといえよう。

古賀文左衛門「西之宮土産」では、西宮の四井信助家において聞いた話として、「薄酒」造りの始まるまでは「駄垂れ」と言って、精米1石の味（蒸米）と米麹で、3斗8升入りの樽2樽（1駄）程で、水を詰めて（固くして）造っていたという⁷⁾。この酒垂りは7分6厘で、「伊丹酒造諸式之扣」や『日本山海名産図会』、さらには4郷酒造株仲間の申し合わせよりも一段と水を詰めて造った「濃醇」な酒であった。

小西新右衛門家の「酒永代覚帳」に記されている正徳元年（1711）～享保2年（1717）の酒垂りをみると、1元（仕舞）が米・麹惣造り米9石7~8斗で、1元につき10駄6分から11駄であった。1駄を7斗5升とすると、8分1厘から8分5厘の酒垂りである。天明2年（1782）の白雪印の酒造りにおいては、その1元（仕舞）当たりの酒垂りは冬酒（総米9石5斗4升）で11駄4分、極寒（総米9石4升）で10駄8分5厘であった。文化2年（1805）の白雪印の垂りは、冬酒（総米9石5斗）で12駄6分、前寒・極寒（総米9石4斗）などの酒の平均で11駄4分3厘であった。当時の1駄も7斗5升とすれば、酒垂り歩合はおよそ1世紀にわたって変わっていなかった⁸⁾。

伝統的な酒造りに対して、「薄造り」の酒は、幕府の報告によると酒造米10石から18~20駄であった。古賀による安政7年の著作「西之宮土産」では、白米11石6斗2升からの酒は17石4斗8升、つまり23駄（1駄7斗6升）で、これを10石仕舞に換算すると酒垂りは20駄であった⁹⁾。

「薄造り」の開始時期は、幕府の腐敗酒に関する天保14年の報告においては、天保7年（1836）としている。ところが、「西之宮土産」では西宮、伊丹が薄手の酒を造るようになったのは、ここ30年以来のこととしているので、その時期は天保元

年（1830）からであったと見做せる。いずれの時期が正しいかを詳らかにする史料を欠くが、天保期において薄造りによる「淡麗」・「辛口」の酒が好まれるようになったことは間違いないからろう。

「薄造り」の酒に関して、経年的な推移を示唆するのは、灘の本嘉納家における玄米に対する清酒の垂り歩合である。すなわち、遺されている天明5年（1785）からの記録によると、天明の飢饉に際しての半石造りの時期から寛政期はじめまでの一時期、玄米に対する酒垂り歩合は89.9%から94.1%の間を増減するが、寛政9年（1797）以降、文化期、それに文政期初頭を通じて92%で推移していた。文政9年（1826）の皆造り、翌10年の勝手造りの頃から酒垂り歩合は大きくなり始め、98%となり、天保元年（1830）には100%，翌2年には110%となり、とくに天保の飢饉およびその後の減醸期に110%を超すまでになった。

江戸期末の弘化期（1844～1848）には120%，安政3年（1856）以降は130%前後になっている。

同時期における総米に対する汲水歩合をみると、寛政元年（1789）には5斗5升水、6斗水、6斗2升5合水と、蔵によって異なった歩合の汲水で仕込をしていた。寛政期には6斗7升5合まで水を延ばしていたが、汲水を変えて試釀を続けており、天保7年（1836）には9斗水と9斗5升水で仕込をしていた。弘化3年（1846）、弘化5年（嘉永元年、1847）には1石水、1石5升水と、汲水を延ばして仕込んでいた。

汲水を延ばす試みは、1仕舞の米・麹の総米高とも連関していた。天明7年（1787）には8石仕舞となっていたが、寛政3年（1791）以降は8石仕舞で、汲水歩合を変えて試釀し、寛政7年には9石仕舞としていた。寛政7年と文化年間には一時期6斗水にまで減少させていたが、嘉永元年

表3 江戸時代後期における灘の仕込配合

1. 寽政元年々（1789）～文久2年（1862）における本嘉納家の事例						(単位：合)
	寽政元年 (1789)	寽政5年 (1793)	文化3年 (1806)	天保7年 (1836)	嘉永元年 (1848)	文久2年 (1862)
総米合計	8000	8000	9000	9000	9000	9300
蒸米合計	6000	6000	6300	6300	6900	6510
麹米合計	2000	2000	2700	2700	2100	2790
汲水合計	4400	4800	5400	8100	9000	10230
寽政元年 [1/3造]	蒸米 6.0石, 3.3割麹, 7.3水, 総米 8.0石, 2.5割麹, 5.5水					
寽政5年 [1/3造]	蒸米 6.0石, 3.3割麹, 8.0水, 総米 8.0石, 2.5割麹, 6.0水					
文化3年 [勝手造]	蒸米 6.6石, 4.3割麹, 9.8水, 総米 9.0石, 3.0割麹, 6.0水					
天保7年 [1/10造]	蒸米 6.6石, 4.3割麹, 12.9水, 総米 9.0石, 3.0割麹, 9.0水					
嘉永元年 [2/3造]	蒸米 6.9石, 3.0割麹, 13.0水, 総米 9.0石, 2.3割麹, 10.0水					
文久2年 [1/2造]	蒸米 6.51石, 4.3割麹, 15.7水, 総米 9.3石, 3.0割麹, 11.0水					
2. 本嘉納家と四井家にみる仕込配合						
	配	初添	仲添	留添	合計	(単位：合)
灘・寒酒	総米	800	1200	2360	4640	9000 酗：6斗，3.3割麹，12水
灘・本嘉納家	蒸米	600	900	1800	3600	6900 掛米比 1:2:4, 酗米・総米比 1:11.25 (8.9%)
嘉永元年 (1848)	麹米	200	300	560	1040	2100 蒸米合計 6.90石, 蒸米麹歩合3.0割, 蒸米汲水歩合13.0水
	汲水	720	900	2380	5000	9000 総米合計 9.00石, 総米麹歩合2.3割, 総米汲水歩合10.0水
西宮・寒酒	総米	700	1376	2600	4624	9300 酗：5斗，4.0割麹，11.2水
四井信助	蒸米	500	1040	2000	3424	6964 掛米比 1:1:9, 酗米・総米比 1:13.3 (7.5%)
安政6年 (1859)	麹米	200	336	600	1200	2336 蒸米合計 6.96石, 蒸米麹歩合3.3割, 蒸米汲水歩合14.8水
	汲水	560	1040	3120	5600	10320 総米合計 9.30石, 総米麹歩合2.5割, 総米汲水歩合11.1水

出典：正井達次郎『本嘉納商店々史』（菊正宗酒造、昭和34年、平成元年復刻）76～85頁。

古賀文左衛門「西之宮土産」古賀醇一郎、加藤百一「『西之宮土産』の翻刻と紹介」「酒史研究」第11号（平成5年）74～99頁。

(1848)には9石仕舞の10水(石水)と、総米高と汲水歩合を大きくしていた。しかし、嘉永3年には9石仕舞の8斗水と、再び水を詰めていた。このような試行錯誤ののち、江戸末期の文久2年(1862)には9石3斗仕舞、1石1斗水(11水)という大きな総米高と汲水歩合を実現していたのである(表3および付表参照)。

仕舞を大きくすることや汲水歩合を増やす試みは、腐造の危険を伴うことから、安定した醸造を図るために麹歩合を増加させていた。寛政期の2割5分麹から天保期には3割麹となっていた。しかし、嘉永期になって一時期水を詰めたときは2割3~4分麹にしており、水を延ばした安政期に再び3割麹としていた。

仕込配合の変化にともない、白米10石当りの酒垂り歩合は文政6年(1823)の13.2駄(1駄7斗)から天保5年(1834)には17駄、天保7年には18駄となり、安政4年(1857)には20駄にもなっていた¹⁰⁾。

同様の傾向は白嘉納家の酒造りにおいても見られた(付表参照)。文化2年においては6斗水で、9分6厘の酒垂り、米10石当り酒13.7駄であったのが、天保11年には1石1斗水の仕込んで15分酒垂り、10石当り酒20駄となっていた¹¹⁾。

以上のような経過を見たとき、薄造りは文政期末から江戸市場における嗜好の変化に追随して始まり、天保期の飢饉とその後の減醸と密接に関連していたといえる。そして、この文政期末あるいは天保期初頭から天保7年の飢饉までの時期は造米石当たり清酒の出来高が10~13駄で、飢饉の後に18~20駄になったことは間違いない。言葉を換えれば、この文政期末から天保期中ごろに、灘や西宮では水がかなり伸びた(汲水歩合の大きい)製造法に移行したといってよかろう。

同様の趨勢は伊丹においても見られる。すなわち、伊丹の小西家における文化期までの酒垂りはすでに見てきたように米・麹惚造り米が9~10石

の1配について、11~12駄であった。文政5年(1822)における早前寒、前寒、極寒、寒明、春酒を通しての酒垂りは1配(仕舞)12駄5分(この1配は9石4斗、1駄は7斗3升)であった。この状況は、文政期末から天保期になって顕著な変化が見られるようになった。

すなわち、文政11年には1配あたり13駄6分となり、12年には14駄5分、13年(天保元年、1830)には15駄3分と、急速に垂り歩合は増大している。そして、酒垂り歩合は、天保2年には一時的な後退があったものの、翌3年からは16駄を超えて、天保7年には17駄5分となっており、天保13年(1842)には18駄5分(このときの1配は極寒は9石3斗8升、寒明は9石3斗でそれぞれ17駄4分3厘と19駄5分7厘)、そして文久元年(1861)には18駄9厘余(1配9石3斗)となっていたのである¹²⁾(付表参照)。汲水に関しての詳細な記録を欠くものの、このような垂りの増加は汲水を延ばすことなしには実現し得ないので、汲水の著しい伸びがあったものと思慮しても大過なかろう。

以上のことから、伊丹の酒でも文政期末・天保期を境にして汲水が伸び、酒垂りが多くなっていたことでは、西宮や灘の酒造法と同じ傾向にあったといえる。そして、天保の飢饉とその後において酒垂り歩合がいっそう大きくなっていたことでも共通している。

「薄造り」との関連で汲水歩合が、さらにはその延長上において水の性質が検討対象となり、西宮の井水、いわゆる宮水の酒造における好適性の発見が齋らされたものと推測される。しかも、この時期において、酒造りの水として流水よりも井水が好しいことは知られていた。すなわち、天保9年(1838)に白米先生が著わした『酒直千代伝法』は「伊丹は山中の井水を用ゆれば一といふ。池田、流水用ゆれば二という。日本ならひかたなき銘酒出せり。灘は浜添の流水用ゆればはるか下

に附といへども、海辺十一ヶ郷多くつくり出せば、能酒造場と又天下に賞美す」と述べていた¹³⁾。このような背景もまた、看過できない。

最初に宮水が酒造りに好適であることを見い出したのは蓑部市郎右衛門で、天保8年（1837）のこととされている¹⁴⁾。すなわち、寛政期（1789～1801）から文化期（1804～1818）に大坂の伝法から灘に移って酒造りを始めた蓑部家は、西宮浜鞍掛町にある井水を用いた酒が好評なので、鱗印の名で出荷した。しかし、所有していた魚崎の酒造蔵まで宮水を運び、使用してはいなかった。

魚崎と西宮の水を比較使用して、宮水の好適性を見い出して、使用したのが山邑太左衛門とされている。山邑（旧姓荒巻屋）太左衛門は享保期において伝法で酒造業を営み、文化・文政期に灘に進出しており、蓑部市郎右衛門の醸造業を管理していたこともあった。山邑家では西宮の蔵の酒が魚崎の蔵で仕込んだ酒よりも優れていることを知ったうえで、天保11年（1840）年に西宮の井戸水を牛車で運び、比較醸造して、宮水の好適性を明らかにしたとされている¹⁵⁾。

このような宮水の発見を紹介している『灘酒沿革誌』では、酒の醸米・掛米の精白歩合を高めるとともに、麹にも半白米に替えて高精白米を使用すること、そのために西宮から杜氏を招聘することを挙げ、酒質の改良を図る試みの一環として、この宮水の使用を位置付けていた。さらに西宮所在の酒蔵の酒が魚崎の蔵で仕込んだ酒よりも優れることを知ったうえでの試みとしていた¹⁶⁾。つまり、灘酒における技術改良において、灘目ばかりでなく、西宮の酒造法の貢献も少なくなかつたことを示唆する。このことは、すでに触れた佐賀の酒造家古賀文左衛門が酒造技術の習得に出向いた先は西宮の酒造家の四井信助であったことからも窺える。

この宮水は、『酒直千代伝法』において「灘は浜添の流水用ゆ」と述べていること¹⁷⁾から、それ

が著わされた天保9年（1838）には、灘ではまだ使用されていなかったか、あるいは江戸にまで灘の宮水使用が知られていなかったか、のいずれかを示唆している。灘における一般的な使用開始の時期は、文久2年（1862）の町方年寄によって書かれた文書によると「浜方之儀者二十ヶ年前より灘目筋之酒造水多分引取、水樽凡三万余も運送致」と記している¹⁸⁾ことから、山邑家が試用した直後の天保期末からと推測される。当時の灘で著名な酒造家、山路家では天保15年（1844）から、本嘉納家は嘉永3年（1850）から宮水を使用していた¹⁹⁾。ところが、古賀の「西之宮土産」[安政7年（1860）]では、灘の酒造家が運びはじめたのは弘化3年（1846）からとしている²⁰⁾。

宮水の使用と普及に関して諸説を生み出した一因は、その効能の理解とともに、輸送費を含めた「水」が廉価でなかったことによると思われる。本嘉納家の事例をみると、安政5年（1858）には酒造米高743石で、宮水代は1貫892匁で、全生産費の1.2%を占めており、繩筵代の1.5%，冬分労人賃金の1.5%に近かった²¹⁾。慶応元年（1865）に本嘉納家の本店蔵では酒造米高610石余に対して3,022樽の宮水を購入していたが、1樽について22文替え、運賃が32文、上げ賃12文半を支払っており、合計額は3貫173匁であり、これに新調した水樽40丁の代金をくわえると3貫868匁となる。その年の蔵人15名の給金は6貫818匁であった²²⁾。

ともあれ、宮水の普及は天保期末ないし弘化期（1844～1848）とみてよいのではなかろうか。

この宮水が酒質の改善で果たした役割は、多くの著作が強調している。そのさい、山邑太左衛門の貢献が醸米、掛米の精白度の向上、麹米の半白米から精白米への転換、杜氏の招聘とあわせて、宮水の採用が語られているように、それは一連の酒質改良の試みのなかに位置付けなければならない。つまり、汲水を延ばし、仕舞高を大きくすることは、糖化力の強い麹や発酵力の大きい酵母の

発見と導入で可能となった。同時に、麹や酵母の増殖を助長する磷酸塩、および酵母の栄養分カリウムを多量に含有している宮水の発見によって、酒造りを効率の高いものとし、酒質を一段と嗜好に適するものとしたといえる。

同時期、精白歩合を高めることで、酒の色や香氣を改善し、酛や麴徽の生育を適度なものにする努力も指摘しておかなければならぬ。すでに述べたように、相前後して、本嘉納家でみられた仕舞の大きさ、汲水歩合、麹歩合などを変えながら試みられた、仕込配合の改良も看過できない。

言葉を換えて要約すると、文政期末から天保期にかけての汲水の増加が、市場の嗜好や飢饉にさいしての幕府の減醸策に対応しての措置であったとすれば、弘化期以降における仕舞の大きさ、麹歩合、汲水など仕込配合の変更や精米歩合の向上、宮水の使用などを併せた、製造法の変革に関する試行錯誤は、積極的な改良を図る試みと評価できよう。とりわけ、灘酒としての特異性を明確にして江戸市場における優位を確保するため、酒の江戸入津高が天保元年（1830）の115万樽を最高にして以降は遞減傾向にあるなかで、江戸酒問屋との主導権争いにおいて優位を確保するため、さらには大坂三郷の酒造業者との競争のなかで主体性を貫くための措置であったといえよう。

宮水の酒造における有効性の発見者とその時期を決定する史料も欠くが、天保期における江戸市民の薄造り酒に対する嗜好、天保の飢饉と幕府の減醸策などに対処して、汲水を増やす試みの延長において西宮の井水、いわゆる宮水が発見され、それを使用して造った酒が江戸の市場に適していたことは間違いないだろう。その結果、高精白度の米を原料に、汲水には麹や酵母の必要とする栄養素に富んだ宮水を使用し、汲水を蒸米・麹米惚造り米の総量に等しいかそれを超える10水あるいは11水にまで延ばした仕込み方法が創出され、定着していったといえよう。

4. 寒造りと工程の合理化

灘における「淡麗」で「辛口」の酒薄造りを可能にさせたものは、汲水の増加、酒造に好適な宮水の発見などであるが、同時に酒造時期を寒とした「寒造り」も大いに与っているといえる。すなわち、年間を通してもっと寒い季節を選んでの「寒造り」では、気温の低く、安定した冬季が雑菌の繁殖を妨げ、発酵や貯蔵中における酸敗、いわゆる腐造を抑制し、酒造に最適の自然条件を提供している。そのため、製成した酒は品質が優れ、しかも腐敗ないし酸敗し難い「火持ち（足持ち）」の良い酒が造られるので、灘の「寒酒」として世人から嗜好された¹⁾。

このような寒造りについては、幕府が寛文11年（1671）正月の触書において推奨して以来、奨励策を採り続けていた²⁾。17世紀末から18世紀初頭にかけて著わされた酒書「童蒙酒造記」や「摂州伊丹満願寺屋伝」においても重視されていたばかりか、「諸白酒寒造覚」や「寒造り酒屋永代記伝」のように寒造りを表題にした著作さえ出現をみていた。とりわけ、寒中の30日間に仕込んだ酒は「生酒」と呼び、辛口で足の強い酒として称賛されていた³⁾。灘の「生一本」の呼称もこれに由来するものといえよう⁴⁾。

灘ではこの「寒造り」を積極的に進め、これが「灘酒」の興隆した一因とされている。そこで、灘の酒造りの原型はといえば18世紀初頭の「丹醸」であるので、伊丹酒の製法から概観していくことにしたい。

小西新右衛門家においては、元禄期（1688～1704）から季節に対応して丑印や丑ハ印といった各種の酒を造っており、文化・文政期（1804～1830）においても新酒、前寒、極寒、寒明、春酒など、「寒」を中心に季節に応じた名称を付けた酒を醸造していた。そして、それぞれの酒種に対して、酛を仕込み、それが仕上がるとき、これを用

いて醪を仕込み、熟成すると船（槽）に揚げて圧搾していた。従って、新酒、前寒、極寒、寒明などの酒造が、それぞれについて醸仕込、醪仕込、それに上槽の工程を雁行させ、進められていた。そのため、蔵全体における酒造りをみると、個別の酒造りにおける醸造りのための仕込、醸摺り、醸詰め、暖気入れ、醪造りにおける初添、踊り、仲添、留添、櫂入れ、それに上槽の揚槽、責槽などの操作を、酒の種類ごとに雁行することで、それらが組み合わさって輻輳した作業となっていたうえ、蔵人の仕事もまた複雑で、多岐に涉っていた（付表参照）。

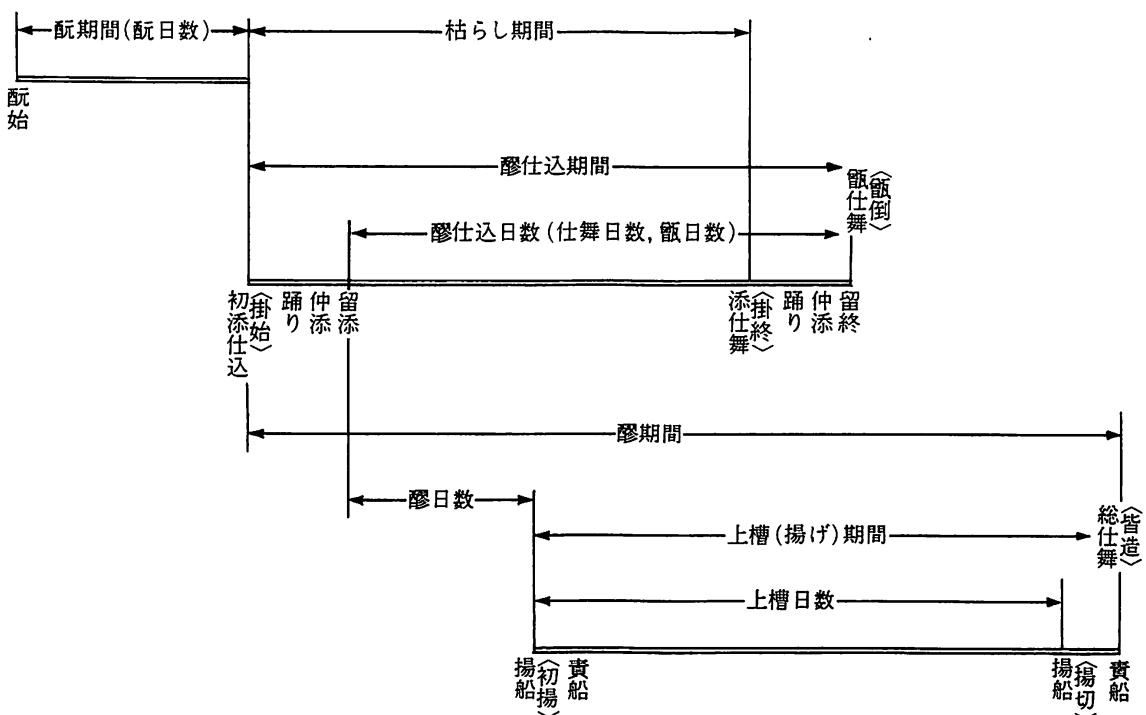
酒造蔵における作業をさらに輻輳させていたのは、酒種ごとに異なる発酵期間であった。酒種によって醣や醪の仕上がる日数、すなわち、醣を仕込んでから出来上がり、添始めるまでの日数である「醣日数（醣期間）」、および醪の留添から熟成して上槽に至る日数の「醪日数」は、大気の温度ないし季節によって変動しており、一般には温暖な時期では比較的短期間であったが、高品質の酒造りに適した冬季では長かった。詳細な記録が遺

されている初期の事例の享保年間（1716～1736）では、その新酒あるいはこれに相当する「印」の酒は醸日数12～13日、醪日数は9～14日であった。冬季に仕込まれる酒のうち、寒前に造られる「印」酒の醸日数は25～30日、醪日数は21～22日で、極寒に製造する「日々印」ではそれぞれ36～42日と29～36日であった。そのさい、醪の仕込日数が酒造量、あるいは仕舞個数に依って異なっていたことはいうまでもない⁵⁾。

18世紀中頃の灘における酒造法は、丹釀の製法と大差なかった。ところが、伊丹ではその技術を基本的に維持していたのに対して、灘では酒造期を「寒」期に集中し、酒種を一本化して「寒造り」酒を造るようになったと推測される。その結果、酒種の一本化は当然のこととして、醸の造り、それが仕上がるとき醪仕込に移り、熟成すると上槽するという、工程の一元化を実現させた。

この灘で開発・定型化された「寒造り」は、陰暦11月の冬至の頃になると気温も安定化し、原料米の入荷の見通しも立ち、日照時間も延びることから、縁起の良さもあって、冬至前後の吉日に醸

表4. 江戸後期における灘の塞造り工程



の仕込をはじめる、いわゆる「冬至醸」を造り、小寒から節分までの「寒」の時期の前後に醪を仕込む酒造法であった¹⁰⁾（表4参照）。

その作業では、1醸造年を通して酒造りに必要な醸をすべて仕込み、それが終了してからのちに醪の本仕込に入っていた。そのため、生醸（育て醸）の日数は醸桶毎に異なり、長いときは枯らし期間が1ヵ月に及ぶ場合もあるが、保存性がよく、安全な酒造りができる、醸造り法が開発されていた。しかも、このような仕込方法では、醸造りが終了したのち、それを担当していた人たちが上槽作業に取り掛かるという手順が採られたために、醸仕込から上槽までの蔵人の作業は無駄のないものとなっていた¹¹⁾。

灘における、上記のような手法が出現した時期を、遺されている記録から探っていきたい。すなわち、天明3年（1783）6月、灘目における酒惣代8人が江戸幕府に提出した書類において「大体新酒は八月頃造り候而、御当地に九、十月頃入着仕候。間酒、寒前造り酒は翌春入着仕、寒中造りは元に廻い置、翌秋頃入着仕、春造りは其度入着仕、八、九月迄に入着終候」と記していた¹²⁾ことから、この時期には灘においても、伊丹と同様に季節に対応して、呼称の異なる酒が造られていた。

ところが、本嘉納家における寛政元年（1789）の酒造りを見ると、その居宅蔵では酒造米243石7斗を8石仕舞1個で仕込んでおり、その醸始めが10月22日、添掛始めが11月24日、掛終（添掛け終）が翌年1月5日と、醸造りを終えると醪仕込みにはいっており、しかも冬季の41日間に醪本仕込みを実施していた。言葉を換えれば、醸日数が33日（初揚げの日にちの記載を欠くので、醪日数は不詳）で、8石1個仕舞で、仕舞日数が41日であった。このような仕込法は以降においても見られ、また白嘉納家においても同様の酒造方法が採られていた¹³⁾。

時代が下った文化10年（1813）における前蔵の

酒造り記録では85日にわたる醪本仕込のうち「前酒十日、^(マツ)冬至十五日、寒酒・春酒（それぞれ）卅日」とあり、天保5年（1834）の本店蔵（天保3年に前蔵を改称）における70日にわたる醪仕込については「前（酒）壱日、寒・春（酒それぞれ）卅日、大春（酒）九日」（カッコ内は引用者補足）と記していた¹⁴⁾。また、白嘉納家に遺されている文化9年（1812）の「酒造仲間申合連判帳・控」でも「当酒醸入十一月五日、新酒初積七郷之分ハ、来ル西（1813）正月廿日より積入可申ニ治定仕候。尤伊丹郷之儀者、新酒造り専之場所柄故、右之相談ニ者相除候へ共、是逆も追々引合候而……」と、記しているように、この時期にも新酒を造っていたのである¹⁵⁾。

これらのことから、寛政期（1789～1801）以降においては酒造りは醸仕込が終了したのちに醪本仕込をするという、一元化された方法を採り、本仕込を冬季に実施する「寒造り」の手法が確立したものといえる。しかし、造られる酒の名称に関しては、従前のように早い時期から順に新酒、前酒、寒酒、春酒などと呼んでいた。これらの呼称が見られなくなるのは天保期（1830～1844）になってからである¹⁶⁾。

以上のようなことから、灘における「寒造り」の手法は寛政期に出現したとみてよかろう。しかも、酒の名称からも伝統的な季節に応じた酒名が見られなくなるのは天保期である。これは汲水を延ばし、宮水を使用した「薄造り」による「淡麗」・「辛口」の酒の製法が出現したのとほぼ同時期であることから、この天保期に「灘酒」としての特徴をもつ酒が創出されたと思慮される。

時間的経過に即していえば、十分な史料を欠くとはいえ、天明期（1781～1789）には盛行をみた原料米の水車搗精の導入による精白作業の生産性向上、続いての寛政期（1789～1801）における寒造りによる足持ちが良くしかも品質の改善された酒の醸造法の実現、文政期末から天保期（1830～

1844)にかけての汲水の増加にはじまり、宮水の使用、原料米の精白度の向上などによって「淡麗」・「辛口」という特徴ある灘酒、いわゆる灘の「生一本」の製法が考案され、定型化を見たといえよう。

言葉を換えれば、灘の寒造りは、すでに実現していた米の精白度の向上による雑味の除去と「香氣」の付与という酒質の改良の延長上で、醪本仕込の時期が寒冷であることから雑菌の繁殖を阻害して腐造の危険性を少なくし、「足持ち」を強くするとともに酒質の一段の改善を促進・可能とするものであって、このような安定した酒造法を基礎にして、汲水を延ばした完全な発酵による「淡麗」な「辛口」化、宮水の使用による発酵の促進などによって「灘酒」と呼ぶことのできる個性のある酒が開発されたといえよう。要約すると、寒造りは原料の米の精選をはじめとして、米の精白度の向上、汲水の延び、宮水の使用と相俟って、品質を高め、しかも足持ちの強い酒を製成する技術であったといえる。

これら一連の品質改良の技術、とりわけ寒造りでは、その経済的な側面に留意しなければならなかった。すなわち、酒造りにおける主要な工程は、醸造り、醪造り、上槽などから構成されているが、前2つの製造工程である醸造りと醪造りは、温暖な時期は短期間に仕上がるが、寒冷な季節になると長期間を必要とする。酒質の改善に繋がる寒造りを効率的に実施するには、これら醸および醪の熟成日数を短縮することであった。

醸造りのための醸日数は、本嘉納家と白嘉納家の記録によると、天明期から寛政期にかけての時期に、10日間位の短縮を見ており、前者では33日から20～23日に、後者では37日から28～31日になっていた。並行して、醪の熟成日数、つまり醪日数も短縮をみていた。記録数が多いとは言えないが、本嘉納家の事例では文化10年(1813)に28日であったのが、天保5年(1834)には17日なっ

ていた¹³⁾。いずれにしても寛政期(1781～1801)から天保期(1830～1844)において、醸日数と醪日数とは共に三分の二程度に短縮されていた(付表参照)。このような醸造工程の短期化が、寒造りへの集中を経済的に可能なものにしたといわなければならない。

しかも、1酒造年における酒造高を左右する醪の仕込日数を、容易に冬季に収めることも可能にしたのである。すなわち、1酒造年の酒造高は、仕舞の大きさ、その個数、それに仕舞日数によって決まるが、そのさい醪の仕込日数はこの仕舞日数に等しいので、予測される需要に応じて醪仕込期間が算出され、その期間を「寒」期に収められるように、醸始めの日、従って醪の掛始めの日を設定可能なものとした。他方で酒造高は、その仕舞の大きさが桶の容量から決まっていたので、個数の増減によっても調整できたことはいうまでもない。このようにして、酒造計画の設定を容易なものにしていた。

このことは醪仕込に続く上槽(酒揚、槽掛)についてもいえる。すなわち、上槽の日数は、その作業内容から仕舞日数と同じである。すなわち、醪が熟成すると上槽(あるいは船揚げ)が始まる。この上槽は2段階に分かれており、最初に絞る水槽(揚槽、揚船)とその後に袋を積み替えて強い圧力で絞る責槽(責船)とからなっている。普通は水槽2～3艘(槽)に対して責槽1艘の組合せであった。熟成した醪は、仕舞の大きさに応じて2～3艘の酒船(酒槽)、つまり水槽に入れ、当初は自然流出に任せるが、ついで押蓋をのせて圧搾に取掛かる。圧力を加えずに自然に垂れる間を水槽、圧力を掛けて搾る間を押槽と呼んだ。1昼夜を過ぎて流出量が少くなり、絞りきれない部分が残るので、この酒袋を翌日に別の槽である責槽に積み替えて搾った。このように上槽は2回に分け、2日間で実施していたが、酒槽を3～4艘設けることで、1日の仕込量は実質1日で処理

できる体制であった¹⁴⁾。この方式もまた酒造作業を一元的な流れとして、効率を高めるとともに量産体制を創りだすものである。これが出現・定型化をみた時期を詳らかにする史料は欠くが、寒造り技術の形成と同年代とみても大過なかろう。

以上を要約すると、「寒造り」は醸始めから、醪仕込、上槽に至る酒造工程を一貫した流れのものとし、その酒造日数は醸始めから上槽の終わる揚終わりまでの工程に即して、醸立て日数、ついで添初め、踊り、仲添、留添の4日間に仕込（仕舞）日数を加えた醪仕込のための期間、言葉を換えると添掛けの始めから留添終わりの餾仕舞の日までの日数、それに醪の熟成を待って始まる上槽の日数、つまり醪日数だけ遅れて揚始めてから揚終わるまでの日数、とから構成されていた（表4参照）。言うまでもなく、醪仕込期間と上槽期間とは、添掛けと醪の熟成の日数だけ、ずれていたのである。この作業日程において、醸は「冬至醸」と呼ばれるように冬至前後に仕込み、醪は「寒」の時期に仕込むことで、高品質の酒が製造できた。

ここに見られたような技術的な改良はまた、社会的要請や市場からの要求に応じて製造量を増減させる技術の創出でもあった。すなわち、酒造量を増加させるには、仕舞（醸）個数を増加したり、醪仕込期間を長くしていた。減量のさいは、醪仕込期間を短縮、あるいは仕舞個数を減少させる方法を探っていた。また、需要に対応させるために使用する蔵数を変えていたことは言うまでもない。このようにして、需要ないしは社会的要請に応じて、酒造量を弾力的に変えることのできる技術を創りだしてもいる¹⁵⁾。

灘で見られた寒造りへの集中や醸造の一元化、さらには醸立て日数および醪日数の短縮は伊丹においても見られた。酒の種類については、伊丹の小西家は元禄期から享保期にかけては季節に対応して酒を造っていたが、半世紀のちの寛政期から文化期になると次第に冬季中心に集約し、天保

期になると冬季へのいっそうの集中が見られ、極寒・寒明けの僅かに2種類の酒を造っていた。そして、醸造も部分的に統合され、複数の酒種の醸を一括して造るようになり、連続して醪仕込を実施するようになっていた。

しかも、冬季における醸立てや醪熟成の日数も減少していた。享保年間（1716～1736）の寒前の印の醸日数は25～30日、醪日数は21～22日で、極寒の印ではそれぞれ36～42日と29～36日であったのが、約1世紀を隔てた天保期（1830～1844）には前寒の醸日数は13～17日、醪日数は17～18日であり、極寒ではそれぞれ19～21日と17～21日となっていた。つまり、醸日数も醪日数も、いずれもがほぼ半分に短縮されていた¹⁶⁾。

このように、伊丹の酒造法も18世紀には少なからず変容しており、とりわけ18世紀末から19世紀にかけては顕著で、その展開においては寒造りへの集中化および醸造の一元化など、灘酒の動向と軌を同じくしていた。先に述べた汲水の増加と薄造りなどともあわせ、伊丹酒もまた江戸市場の新しい嗜好に即応し、需要に対応して、酒造技術を変革させていたのである。伊丹と灘との技術を比較して、厳密に両者のそれぞれの先駆性や特徴を明確にするには史料的にも充分でないので、灘酒の技術の創出・定型化についての検討に止め、それとの対比において伊丹もまた類似した技術展開をしていたことのみの指摘に留めておきたい。

5. 用具、酒蔵、蔵人

19世紀になって灘酒は江戸市場において圧倒的な地位を占め、大量に造られていたが、そこで使用される用具や蔵をみると、17世紀末から18世紀初頭の伊丹において定型化をみた十石仕舞・千石造りのさいと大きな相違は見られなかった。

酒造用具に関する史料を瞥見したとき、使用数は酒造高によって異なっていたものの、桶の大きさ、種類、あるいは用途については「童蒙酒造

記」とほとんど差異がなかった¹⁾（付表参照）。強いて挙げれば、江戸末期になって6尺5寸（深さ）桶を超える7尺3寸桶が出現していたことであろう。桶の最大容量が30石前後であったことから、これに規定されて、1個仕舞の大きさが9石から10石という状況は17世紀末から18世紀初頭の伊丹の酒造でみられたが、灘の酒造りも18世紀後半にはその規模に達し、嘉永期になって9石3斗にまで増大している。同時に、灘においては一般には9石1個半仕舞、すなわち総米13石5斗の仕舞が用いられていた。

1回の仕込量の増加と作業の流れから、酒船（槽）は9石1個半仕舞の醪を2分して揚船（槽）することから、12~14石船が使用されていた。これは「童蒙酒造記」の10石（小升）醸の船に較べると大型化していた。

このように1回の仕込量ないしは年間の製造量の増大に伴い、桶や揚槽などの用具や設備の大型化が部分的に見られたのである。しかし、その変化は限られたものであったといえる。

直接に酒造に係わる用具ではないが、灘目では足踏精米から水車搗精への移行により、酒蔵の一部を占めていた碓屋がなくなったことで、関連しての道具が蔵から姿を消したことである。宮水の使用も、直接酒造に係わるものではないが、その井水を運搬する容器としての「水樽」を新たに導入した。水樽は暖気樽の角を切取ったような外見で、その容量は約2斗である。当初は牛車で、江戸期末には水船によって水樽は輸送された²⁾。

酒造用の蔵は17世紀末以来、大規模な標準的なものを引き続き「千石蔵」と呼んでいたが、いわゆる千石蔵の規模は、伊丹の場合あるいは足踏精米のさいは、その建坪は300坪前後であり、酒造のための酒蔵を中心に、碓屋、麹室、釜屋、洗浄、澄蔵、それに薪小屋や米蔵などから構成されていた。これに対して、江戸末期の灘における酒蔵は、その規模においては大差がなかったもの

の、精米作業が足踏みから水車搗精への移行に伴い、碓屋がなくなったことを大きな特徴としていた³⁾（付表参照）。

灘の酒蔵の理想的構造は、天保6年（1835）4月に本嘉納家が江戸表勘定所の求めに応じて谷町奉行所に提出した図面から読取ることができる。同時に、この蔵で使用されている道具類の詳細を知ることで、当時の酒造状況を具体的に窺うことも可能である⁴⁾。

当時の、いわゆる千石蔵の一棟における年間酒造高は1,500石から2,000石にもなっていた。例えば、本嘉納家や白嘉納家の最大の蔵は、年間消費する米の高、つまり造石高が2,000石前後である。これ以上の大量の酒造には蔵数を増やすことで対処しており、本嘉納家においては弘化3年（1846）に玄米約1万石を使って、清酒1万2千石を造っていたが、この年の使用蔵数は10棟であった。白嘉納家での使用蔵数が最大となったのは安政5年で、12棟の蔵を使っていた⁵⁾。最盛期1万石の酒を造っていた酒造家は数棟の酒蔵を用意して、事業を展開していたのである。

蔵人の数と編成に関しても、「童蒙酒造記」が麴師を除いて、条件付きながら「酒千石に劔人拾人」と記していたが、江戸期末における千石蔵の蔵人の構成と人員についても、さしたる変化が見られなかった⁶⁾（付表参照）。ここでも17世紀末から18世紀初頭にかけて定型化・確立した近世酒造業の基本形態が維持されていたことを示している。同時に、仕舞個数の増加に対処して、適宜に蔵人の増加が図られていたのは当然のことでもあった。そして、灘酒造りにおける特徴のひとつである水車精白は、碓屋部門の解消によって、蔵人数を上回っていた碓屋の劔人の削減を実現させていた。これが酒造の効率化において極めて大きな意味をもっていたことはいうまでもない。

以上のようにして、灘酒は酒造法における革新とともに、その酒造用具や酒造蔵における合理性

を一段と追及し、それに相応しい蔵人の編成を実現させていたのでもある。

おわりに

鴻池、伊丹などの先端技術を導入した新興酒造地である灘では、天明期（1781～1789）においては江戸積み酒造地として圧倒的な地位を確立した。そのさいの技術的優位は、それに先行して明和期末ないしは安永期（1772～1781）における水車精米法の採用によるものであった。この優位性は経済的生産性ばかりか、つぎには精白歩合の向上による酒質の改良のための技術的基盤を提供するものともなった。

先行する伊丹の製法を超えるものとして、寛政期（1789～1801）には寒期における酒造りの集約、さらには寒期への集中による「寒造り」技術の形成が見られた。自然条件を利用して、雑菌の繁殖を抑制して腐造を防ぎ、「足持ち」の良い酒の製出を可能とした。同時に、酛造り、醪仕込、上槽の作業を一元化して、製造工程を合理的なものとした。しかも、寒造りでは酛日数や醪日数が他の時季の酒造に較べて長期期間を必要としていたのを、この寛政期から天保期（1830～1844）にかけて従前のおよそ三分の二の20日前後に短縮化することに成功した。

文政期末から天保期において最大の酒消費地江戸では「薄造り」による「淡麗」・「辛口」の酒が好まれるようになったのに対処して、汲水を延ばし、発酵の徹底を図り、糖分が少なく、アルコール濃度が高い、嗜好に適した「上酒」を造りだした。とりわけ、天保7・8年（1836・7）の凶作による大減造期とその後の減造期に汲水歩合の増加、それに伴う酒垂り歩合の向上が図られ、これはまた最大の消費地江戸の嗜好に適した品質の薄口造りの酒を創出することであり、この試みに成功した。この結果、天保7年の飢饉前後を見ると、総米10石からの酒垂りは灘の酒造業者では從

前が10石かそれ以下であったのが、13～4石を超えるまでになっていた。幕府の報告では総米10石について酒垂りが12～3駄から18～20駄に増えたというが、1駄7斗3升～5升とすると、これに灘の推移はほぼ相当するものといえよう。

寒造りの徹底や水延びの試みなどの延長上あるいは並行して、麹や酵母の栄養分に富む「宮水」を発見し、先の汲水の増加と相俟って糖化と発酵をいっそう促することで、糖分の少ない、高いアルコール濃度の酒を創出することを実現させた。しかも、掛米ばかりか麹米にも精白度の高い米を用いたことで、製成した酒が雑味のない、香の好い製品であったことはいうまでもない。

宮水の酒造における有効性が見い出され、使用が普及した天保期末から弘化期（1844～1848）・嘉永期（1848～1854）にはまた、酒の仕込法として酛の大きさ、麹歩合、汲水歩合の変化や仕込方法を変えるなど、試行錯誤が繰返されていた。1回の仕込における酛の大きさ、米・麹惣造り米高、汲水歩合などを変化させた試みは、1仕舞の大きさを8石から9石、さらには9石3斗へと増加させた。さらには9石1個半仕舞、つまり13石5斗を使用するようにさせた。そのさい、酛は5斗から6斗酛、3～4割麹、11～12水で造られていた。そして、掛米比は1：2：4と大きくなっている、総米では9石から9石3斗となった。しかも、総米に対する酛の大きさは8%前後となったり、汲水は延びて10～11水となった。その酒垂りは総米10石について14～15石となっていた。これが安政期（1854～1860）から文久期（1861～64）の幕末期における「灘酒」の醸造状況であったと見做せよう。

灘においては、江戸市場で嗜好された高品質の酒の製法を定型化し、大量の酒造方式を実現していたが、使用されていた酒造用の諸道具や設備に関しては前世紀の伊丹で出現していた各種の桶や道具、酒船、それに千石蔵が基本的には使用され

ていた。そして、各種の桶は大きさ、種類、用途などに変化がなかったが、仕舞の大きさや個数に対応し、全体として数が増加していた。また、強いて挙げれば、桶では7尺3寸の大桶が、酒船（酒槽）では12～14石の大容量のものが出現していた。また、標準的な大きさの酒造蔵は引き続き千石蔵と呼ばれていたが、原料米は多いときには1,000～2,000石を消費していた。このように酒造蔵の構造は大きな変化はなかったが、水車精米の導入によって碓屋がなくなり、効率の良い酒造場となって、1酒造年に造られる酒の量は増加していたのである。

詳細な技術の開発過程や特徴に関しては、史料的な制約もあって今後の検討に待つところが少なくないが、17世紀末から18世紀初頭に完成した丹釀の製法とは対照的に、「灘酒」とは冬季に集中して醸造され、汲水歩合の大きい、高い生産性の酒造法とともに、嗜好に適した「淡麗」・「辛口」の酒質を持つ酒である。そのための技術は、18世紀末から19世紀中ごろにかけて創出・定型化されたといえよう。この「灘酒」が江戸末期には最大の市場の江戸において名声を獲得したのである。そして、伊丹においてもこの灘酒製造技術とほぼ同じ内容の技術が出現していたのである。

ともあれ、明治期になってからの酒造技術の展開はこの「灘酒」の製造法を基礎にして試みられていたのである。すなわち、外国人教師の招聘とその指導のもとで酒造法の改良が企てられ、あるいは東京大学、駒場農学校、東京工業学校における研究や技術者養成が開始された。また、江戸期からの酒造先進地である西宮、灘、知多などでは、政府の巡回教師の指導のもとに「学理応用」の試験研究機関の設置を試みていた。しかし、いずれもが直ちに成果を収めたわけではない。また、酒造の後進地域では国内の最先端技術、とりわけ灘酒造法について体系的・組織的な導入を試み、視察や実習、丹波杜氏の雇用、出造蔵の設置

などを図っていた。これもまた腐敗を招くなど、受容は容易ではなく、技術改良に直ちには繋がらなかった。

このような明治10年代から20年代初頭にかけての酒造法の改良が失敗するなかで、明治20年代末から30年代（1900年前後）にかけて早く成果を収めたのが軟水を使用する醸造法の開発であり、その結果、福岡、広島、伏見等が新たな銘醸地となった。これらの改良においても規範となったのは灘や西宮の酒造法であった。灘や西宮への技術習得のための住込みや歴訪、丹波杜氏の招聘、あるいは出造りの実施などによって技術を学び、とくに使用する水が軟水であることを確認し、麹の使用法や汲水歩合の改良によって、軟水醸造法の開発に成功していたのである。

次の展開は、明治37年（1905）5月に設立された国立試験研究機関である醸造試験所における研究の成果によってである。農商務省所管で設置が始まるが、行政整理で大蔵省所管となり、事業目的も税源涵養となった。そこでは明治42年に既存の灘酒製造技術の延長上に、それを改良し、速醸醸法や山卸廃止醸法を開発した。翌年の全国税務監督局鑑定部長会議はこの新技術の全国普及を決め、指導に乗り出した。また、銘柄米の採用、精米機の導入による機械化の開始、各地組合による酒造試験機関の設置と試験研究の実施等もはじまった。これらの努力が相俟って、酒造技術の改革が本格化し、とりわけ大正初期における大腐敗を契機にして進行し始めたのである。

以上のように、19世紀後半ないしは明治期における酒造技術は、江戸時代後期において形成をみた「灘酒」製造技術を基礎にして後進地域の醸造法を改良することが重要な課題であった。さらには、「灘酒」の技術基盤のうえに、受容された西欧技術を消化して、いわゆる折衷技術としての新技术を開発することであった。先ず、「灘酒」製法を規範にして軟水地域における技術改良におい

て成果を挙げた。ついで、醸造試験所が開発した折衷技術の速釀醸法や山卸廃止醸法が国家政策として普及が勧められたが、この新技術は後進酒造地域では積極的に採用されたものの、灘、伏見、広島等の先進地方での採用は遅々としていた。このような事態は、灘酒製造法によって象徴される「伝統技術」が極めて高い水準にあったことを示していたといわなければならない。

謝 辞 本稿の作成において日本酒造史学会の方々、とりわけ森太郎・加藤百一両先生から賜ったご教示に心からの謝意を表したい。

注と文献

1. 1800年前後における伊丹と灘の酒造技術

- 1) 鎌谷親善、加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説ー」『酒史研究』第8号(平成2年8月)。この号は全冊を「童蒙酒造記」の解説と翻刻に充てている。
柚木学「寒造酒屋永代記伝・悪酒直様調法記伝解説」『酒史研究』第5号(昭和62年)17~30頁。
鎌谷親善「伊丹満願寺屋酒醤油伝 解説」『酒史研究』第5号(昭和62年)31~47頁。
- 2) 鎌谷親善「酒直千代伝法 解説」『酒史研究』第6号(昭和63年)23~40頁。
- 3) 「伊丹酒造諸式之扣」という表題の酒造に係わる記録は、「伊丹酒造諸式控帳」の名前で伊丹市史編纂専門委員会編『伊丹市史』第4巻(伊丹市、昭和43年)499~515頁に収録されている。

なお、「惣白米八石計五升」とあるが、醸・掛米より集計すると8石5斗5升となるので、合計値を訂正して、その配合歩合を求める必要がある。この作成時期に関しては、本「扣」のなかに、「近年南鎌金出来ニ付、打銀掛り候」と書かれていることから、上限は南鎌二朱銀発行の明和9年(1772)9月以降の近年、下限は同様の内容を記した『日本山海名産図会』[寛政10年(1798)序]の「摂州伊丹酒造」が考えられるので、安永年間(1772~81)ないしは天明年間(1781~89)、遅くとも寛政年間(1789~1801)前半で、18世紀末と推定される。

また、「伊丹酒造諸式之扣」と『日本山海名産図会』の「摂州伊丹酒造」との類似性が著しいことは、最も端的には酒造りを表す仕込み配合において

みられ、両書においてともに詳述されている新酒の事例をみたとき、相違箇所はわずかに仕廻(留添)の麹米量のみである。参考までに付記しておくと、「伊丹酒造諸式之扣」では1石6升であるのが、「摂州伊丹酒造」で1石6斗である。

- 4) 平瀬補世、藤関月『日本山海名産図会』[寛政10年(1798)序]『日本図会全集』(日本隨筆大成刊行会復刻、昭和4年)は新酒の仕込み歩合を記しているが、個別の蒸米と麹米を合計した値は9石0斗9升であるにも拘らず、本文では8石5斗と記されていて、整合性を欠く。酸の説明において、「百年以前は八石位より八石四五斗の仕込にて、四五十年前は精米八石八斗を極上とす。今極上と云は九石余十石にも及へり」と記しているから、個別値の合計値を採用するほうが妥当といえよう。

それでもなお、「伊丹酒造諸式之扣」と比較したとき、『日本山海名産図会』の仕廻における麹米の数量が1石6斗0升で、「伊丹酒造諸式之扣」の1石0斗6升と異なっていること、さらには当時の小西新右衛門家「酒永代覚帳」の記録と対比して、麹歩合が過大と思われ、疑義が残る。

さらには、本文において言及しているように、『日本山海名産図会』の刊行に先立つ時期における仕込み配合を「童蒙酒造記」などと対比するとき、蒸米・麹米あわせての総米は時代を追って減少しているので、この『日本山海名産図会』の記述は再検討する必要があることを付記しておく。

なお、『日本山海名産図会』の翻刻[宮本常一他編『日本庶民生活史料集成』第10巻、農山漁民生活(三一書房、1970)7頁]では、仕廻の白米三石四斗四升を「白米三石四斗」と、誤植している。

- 5) 伊丹市立博物館編『伊丹酒造家史料(上)』『伊丹資料叢書』8(伊丹市役所、1992)30~99頁。

なお、元(醸)あるいは仕廻(仕舞)の大きさはもとより、麹と汲水の歩合は醸造時期や酒質によって変動するし、仕込み方法によっても変化すること、その背景には仕込み時期の気候の差異があることを併せて考慮すると、結論をだすことは容易でない。

- 6) 岡田溪志編『摂陽群談』芦田伊人編『大日本地誌大系 摂陽群談』(雄山閣、昭和5年)343~353頁。
- 7) 白嘉納家文書「尼崎大部屋日記の写し」として、武藤誠、有坂隆道編『西宮市史』第5巻、資料編2(西宮市役所、昭和38年)226~228頁に収録されている。
- 8) 神戸税務監督局編・刊『灘酒沿革誌』(明治40年)153~154頁。
- 9) 関西学院大学編『灘酒経済史料集成』(創元社、昭和25年)上巻、229~234頁。

柚木学『近世灘酒経済史』(ミネルヴァ書房、昭和40年)24~26頁。

- 10) 関西学院大学編『灘酒経済史料集成』(創元社, 昭和26年) 下巻, 6~7頁.
 11) 柚木学『近世灘酒経済史』22~28頁, とくに27頁参照。柚木学『酒造りの歴史』(雄山閣, 昭和62年) 100~102頁。

このような事情を勘案し, 本稿では武庫川口より西は生田川の近傍に至る沿岸地域の「灘」において造られる酒を「灘酒」と呼んでおきたい。なお, この名称による組合「摂津灘酒造業組合」の結成は明治19年(1886)のことである。

- 12) 神戸税務監督局編『灘酒沿革誌』179頁以下。
 柚木学『近世灘酒経済史』別表第1表, 第2表.
 13) 関西学院大学編『灘酒経済史料集成』下巻, 240頁.
 14) 秋里籬島, 竹原春朝斎『摂津名所図会』[寛政6年(1794)序, 寛政8・10年刊], 『名所図会叢刊5, 摂津名所図会3』(新典社, 昭和59年) 74~75頁。

なお, 『名所図会叢刊5, 摂津名所図会2』465~468頁には伊丹の酒造場の図と伊丹のことが記載されている。

2. 水車精米の導入

- 1) 伊丹市史編集専門委員会編『伊丹市史』第4巻, 457~459頁。柚木学『酒造りの歴史』84~85頁.
 2) 小林茂編「八尾八左衛門日記」原田伴彦編『日本都市生活史料集成』第10巻, 在郷町篇(学習研究社, 昭和51年)享保19年(1735)9月9日の条。
 森太郎「酒の足持と頭司褒美帳について, 附酒の直し方」『酒史研究』第9号(平成3年)23~25頁.
 3) 西岡安左衛門編『西灘村史』(大正15年)439頁。
 関西学院大学編『灘酒経済史料集成』下巻, 275~276頁.
 4) 同上書『灘酒経済史料集成』下巻, 240, 258頁.
 5) 長倉保「灘の酒」『日本産業史大系(近畿地方編)』(東京大学出版会, 昭和35年)189頁。

関西学院大学編『灘酒経済史料集成』下巻, 275~276頁。

- 6) 鎌谷親善, 加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号, 22頁。

柚木学「寒造酒屋永代記伝・悪酒直様調法記伝解説」『酒史研究』第5号, 25頁。

- 7) 鎌谷親善, 加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号, 50頁。

柚木学「寒造酒屋永代記伝・悪酒直様調法記伝解説」『酒史研究』第5号, 22頁。

- 8) 灘酒研究会編・刊『灘酒』(昭和56年)53, 78~87頁。
 難波康之祐他『清酒製造技術』(日本醸造協会, 昭和54年)63~73頁。

なお, 糜に関しては, 精白歩合が1割を超すと糊粉層のつぎに位置する澱粉組織の一部までが糠に含まれるようになる。

- 9) 「伊丹酒造諸式控帳」伊丹市史編集専門委員会『伊丹市史』第4巻, 501頁.

- 10) 「日本山海名産図会」宮本常一外編『日本庶民生活史料集成』第10巻, 7頁.

- 11) 神戸税務監督局編『灘酒沿革誌』314~315頁.

- 12) 同上。なお, 『酒造手引草』は未見である。

- 13) 魚澄惣五郎編『西宮市史』第2巻(西宮市役所, 昭和35年)487~488頁.

- 14) 同上書, 480~490頁.

精米費については, 時代的に離れているが, 文化13年(1816)小豆島屋の775石の踏み貯が1貫226匁, 石当り1.6匁で, 弘化2年(1845)の辰屋の水車搗貯は148石が445匁, 石当り3匁であったことから, 水車精白への移行が阻まれたとしている(同上書, 489頁). このことをある程度裏付けるものは元治元年(1864)における取決の件で, 「水車踏貯増之事」において「黒米壱石ニ付是迄三匁五分之廻改五匁五分, 四匁之廻改六匁, 右内車之分」, これに対して「貯踏屋之分左ニ」として「玄米壱石ニ付是迄四匁之廻改八匁, 三匁五分之廻改七匁」と記載されていることは, この元治元年の取決めの以前においては水車踏み貯も貯踏み代も玄米1石については同額であったことを示す。関西学院大学編『灘酒経済史料集成』下巻, 275~276頁。

- 15) 神戸税務監督局編『灘酒沿革誌』314~315頁.

- 16) 同上.

- 17) 例えば, 柚木学『近世灘酒経済史』126~127頁.

- 18) 古賀文左衛門「西之宮土産」[安政7年(1860)2月成稿], 古賀醉一郎・加藤百一「『西之宮土産』の翻刻と紹介」『酒史研究』第11号(平成5年)74~99頁に翻刻, 掲載。同書, とくに94頁を参照。

水車精白の能率に関しては蔭山公雄編『灘の酒用語集』(灘酒研究会, 昭和54年)310頁の「五昼夜白」を参照。5昼夜に及ぶ水車精白を白米を「五昼夜白」と呼んだが, 帳簿上の精白歩合は3割5分を超えていた(精米歩合65%)ものの, 実際は1割5分減りと推定され, 当時の搗精歩合は相当低かったといわれている。

- 19) 正井達次郎『本嘉納商店々史』(菊正宗酒造, 昭和34年, 平成元年復刻)72~85, 91~108頁。

森太郎「天保期の醸造記録を見て」灘酒研究会編・刊『続灘酒』(昭和63年)1~4頁。

- 20) 山片平右衛門編『白鶴古文書, 史料集』(白鶴酒造, 昭和53年)145~155, 176~182頁。

柚木学『酒造りの歴史』166~170頁。

3. 淡麗化と水延びと宮水

- 1) 「第九, 酿造」大蔵省編『日本財政経済史料』第2(財政経済学会, 大正11年)1347~1350頁。

魚澄惣五郎編『西宮市史』第2巻, 580~581頁。

- 2) 「第九，醸造」大蔵省編『日本財政經濟史料』巻2, 1349~1350頁.
- 3) 鎌谷親善, 加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号, 94~95頁.
- 4) 「伊丹酒造諸式控帳」伊丹市史編纂専門委員会編『伊丹市史』第4巻, 502頁.
- 5) 「日本山海名産図会」宮本常一外編『日本庶民生活史料集成』第10巻, 7頁.
- 6) 魚澄惣五郎編『西宮市史』第2巻, 440頁.
武藤誠, 有坂隆道編『西宮市史』第5巻, 381~383頁.
- 7) 古賀醇一郎・加藤百一「『西之宮土産』の翻刻と紹介」『酒史研究』第11号, 74~99頁.
なお, 1駄の量に関しては, 小西新右衛門家の記録では1樽が3斗6升5合, したがって1駄が7斗3升, 「伊丹酒造諸式之扣」や『日本山海名産図会』では1駄が7斗5升, 瀧の本嘉納家や白嘉納家では1駄が7斗である. 西宮の四井信助家では1樽が3斗8升入りで, 1駄が7斗6升であった. 個々の場合で異なるので注意する必要があるが, 一応の目安として理解しておくべきであろう.
- 8) 小西新右衛門家「酒永代覚帳」天明期とそれ以降に関しては伊丹市立博物館編『伊丹酒造家史料(上)』『伊丹資料叢書』8, 30~46頁.
- 9) 「第九，醸造」大蔵省編『日本財政經濟史料』巻2, 1347~1350頁.
- 10) 正井達次郎『本嘉納商店々史』77~85, 91~108頁.
- 11) 山片平右衛門家『白鶴古文書, 史料集』143~155, 176~182頁.
柚木学『酒造りの歴史』163~170頁.
- 12) 小西新右衛門家「酒永代覚帳」および伊丹市立博物館編『伊丹酒造家史料(上)』『伊丹資料叢書』8, 46~58頁. なお, 小西新右衛門家における汲水歩合(総米に対しての)および酒垂りなど酒造技術の詳細な推移に関しては, 「酒永代覚帳」のすべての翻刻のうちに再検討したい.
- 13) 白米先生識『酒直千代伝法』(天保9年), 鎌谷親善「『酒直千代伝法』解説」『酒史研究』第6号(昭和63年)30頁.
- 14) 神戸税務監督局編『灘酒沿革誌』160~163頁.
- 15) 同上. 瀧酒研究会編・刊『灘酒』(昭和56年)24頁.
- 16) 神戸税務監督局編『灘酒沿革誌』160~163頁.
- 17) 鎌谷親善「『酒直千代伝法』解説」『酒史研究』第6号, 30頁.
- 18) 魚澄惣五郎編『西宮市史』第2巻, 509頁.
- 19) 山路家の宮水使用は, 本城正徳「幕末・明治期における灘酒造業経営の一考察—山路家文書の紹介をかねて—」『酒史研究』第3号(昭和60年)26頁に水樽, 水船運賃が計上されていることから知ることができる. 本嘉納家の使用時期は森太郎菊正宗記念館元館長のご教示による.
- 20) 古賀醇一郎・加藤百一「『西之宮土産』の翻刻と紹介」『酒史研究』第11号, 96頁.
- 21) 本嘉納家における宮水の生産費に占める割合は, 柚木学『近世灘酒經濟史』169頁.
- 22) 魚澄惣五郎編『西宮市史』第2巻, 509頁.
- #### 4. 寒造りと工程の合理化
- 1) 蔭山公雄編『灘の酒 用語集』90~92, 297, 319, 324頁参照.
 - 2) 「第九，醸造」大蔵省編『日本財政經濟史料』巻2, 1352, 1365頁.
 - 3) 鎌谷親善, 加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号, 50頁.
 - 4) 蔭山公雄編『灘の酒 用語集』3頁参照.
 - 5) 小西新右衛門家「酒永代覚帳」.
 - 6) 蔭山公雄編『灘の酒 用語集』319頁.
 - 7) 同上書, 92, 98頁.
 - 8) 正井達次郎『本嘉納商店々史』71頁.
 - 9) 同上書, 76~81頁.
山片平右衛門編『白鶴古文書, 史料集』143~155, 176~182頁.
 - 10) 正井達次郎『本嘉納商店々史』78~79, 81頁.
 - 11) 山片平右衛門編『白鶴古文書, 史料集』200頁.
 - 12) 正井達次郎『本嘉納商店々史』81頁の天保5年(1834)の記述に季節による酒名がでてくるのが最後であるので, これ以降のことと推測される.
 - 13) 正井達次郎『本嘉納商店々史』72~85頁.
山片平右衛門編『白鶴古文書, 史料集』43~182頁.
柚木学『酒造りの歴史』163~170頁.
 - 14) 蔭山公雄編『灘の酒 用語集』131~132, 178~179頁.
 - 15) 文化・文政期における勝手造り・皆造りのときは増産のために仕舞高・仕舞個数, 仕舞日数の増加で対処していた. 過剰生産や江戸市場における乱売による値崩れを防ぐために, 例えば文化7年(1810)5月にはその年の酒造期間を「寒三十日」に限定していた(武藤誠, 有坂隆道編『西宮市史』第5巻, 747頁). そして文政7年(1824)7月には7割5分の減産を実施し, 酿入れ期日を伊丹は10月10日より, その他の江戸積み地は10月25日からと, 取り決めていた(関西学院大学編『灘酒經濟史料集成』下巻, 198~199頁). このような減産の申し合わせは1日における仕舞個数を増加させるか, あるいは1個の仕舞高を大きくすることで酒造高の確保, さらには増加を図る方策を探らせたといえよう.
 - 16) 小西新右衛門家「酒永代覚帳」.
- #### 5. 用具, 酒蔵, 蔵人
- 1) 鎌谷親善, 加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号, 17~19, 96~97頁.

- 伊丹市史編纂専門委員会編『伊丹市史』第4巻, 502~510頁。同第2巻(昭和44年)349~350頁。
- 小西酒造編・刊『伊丹酒造業と小西家』(平成5年)38頁。
- 正井達次郎『本嘉納商店々史』27~34, 72~85頁。
- 2) 神戸税務監督局編『灘酒沿革誌』312頁。
- 蔭山公雄編『灘の酒用語集』301頁。
- 3) 伊丹市史編纂専門委員会編『伊丹市史』第2巻, 346~347頁。
- 正井達次郎『本嘉納商店々史』26頁。
- 柚木学『酒造りの歴史』176~179頁。
- 4) 正井達次郎『本嘉納商店々史』25~32頁。とくに, 26頁の図を参照。
- 5) 正井達次郎『本嘉納商店々史』103頁。
- 山片平右衛門編『白鶴二百年の歩み』148頁。
- 6) 鎌谷親善, 加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号, 16頁。
- 柚木学『酒造りの歴史』93~94頁。
- 古賀醉一郎・加藤百一「『西之宮土産』の翻刻と紹介」『酒史研究』第11号, 92頁。

付表1 18・19世紀交替期における伊丹の酒の仕込配合

1. 「伊丹酒造諸式之扣」[安永・天明年間(1772~1789)の成立と推定]の事例 (単位: 合)

	醗	添	中	仕廻	合計	
伊丹酒 新酒	総米 蒸米	670 500	1130 865	2250 3440	4500 6530	1元の酒垂りは11駄片馬~12駄(1駄, 7斗5升), 総米垂り歩合10分1厘~10分5厘 5斗醗, 3.4割麹, 9.6水, 掛米比1:2:4, 醗米総米比1:12.8 (7.84%)
	麹米	170	265	525	1060	蒸米合計6.53石, 蒸米麹歩合3.09割, 蒸米汲水歩合6.74水
	汲水	480	720	1280	1920	総米合計8.55石, 総米麹歩合2.36割, 総米汲水歩合5.15水
伊丹酒	総米	670	1180	2350	4600	新酒の掛米を3斗増やしている。
間酒	蒸米	500	915	1825	3590	5斗醗, 3.4割麹, 9.6水, 掛米比1:2:4, 醗米総米比1:13.2 (7.57%)
寒前酒	麹米	170	265	525	1060	蒸米合計6.85石, 蒸米麹歩合2.96割, 蒸米汲水歩合6.44水
極寒酒	汲水	480	720	1280	1920	総米合計8.85石, 総米麹歩合2.28割, 総米汲水歩合4.97水
(換算前汲水)		600	900	1280	2400	5500)

注 1. 新酒醗入れ8月彼岸前, 近年江戸不景気のため彼岸より後, 醗米は1日4臼踏可申事, 掛米は1日5臼踏可申事, 上酒ならば4臼踏也, から臼は1仕舞15~6入用。

- 「惣白米八石計五升」とあるが, 醗・掛米より集計すると8.55石となるので, 合計値を訂正した。
- 「惣水八石五計, 但シ水壺計は八升也, …正味四石四計也。」に従い, 汲水の値は正味の数値に訂正した。
- 伊丹酒の間酒・寒前酒・極寒酒の仕込配合は新酒と較べ醗は変わらず, 掛米の3斗増しで, 添の味(蒸米)5升, 中の味(蒸米)1斗, 仕廻(仕舞)の味(蒸米)1斗5升をそれぞれ増し, 合計3斗を増やしている。
- この「扣帳」のなかに, 「近年南鎌金出来ニ付, 打銀掛り候」と書かれていることから, 上限は南鎌二朱銀発行の明和9年(1772)9月以降の近年, 下限としては同様の内容を記した『日本山海名産図会』[寛政10年(1799)序]が考えられるので, 安永年間(1772~81)ないしは天明年間(1782~89), 遅くとも寛政年間(1789~1801)前半で, 18世紀第4四半世紀の成立と推定される。

出典: 「伊丹酒造諸式之扣」伊丹市史編纂専門委員会編『伊丹市史』第4巻, 史料編1(伊丹市, 昭和43年)499~515頁。

2. 平瀬補世・藤関月『日本山海名産図会』[寛政10年(1798)序]の事例 (単位: 合)

	醗	一醗	大頌	仕廻	合計	
伊丹酒 新酒	総米 蒸米	670 500	1130 865	2250 3440	5040 6530	1元の酒垂りは11~12駄(1駄は7斗5升), 総米垂り歩合9分1厘~9分9厘 5斗醗, 3.4割麹, 9.6水, 掛米比1:2:4, 醗米総米比1:13.56 (7.37%)
	麹米	170	265	525	1600	蒸米合計6.53石, 蒸米麹歩合3.92割, 蒸米汲水歩合6.74水
	汲水	480	720	1280	1920	総米合計9.09石, 総米麹歩合2.82割, 総米汲水歩合4.84水
伊丹酒	総米	670	1150	2350	5190	9390
間酒	蒸米	500	915	1825	3590	6830 5斗醗, 3.4割麹, 9.6水, 掛米比1:2:4, 醗米総米比1:14.01 (7.13%)
寒前酒	麹米	170	265	525	1600	蒸米合計6.83石, 蒸米麹歩合3.75割, 蒸米汲水歩合6.44水
極寒酒	汲水	480	720	1280	1920	総米合計9.39石, 総米麹歩合2.73割, 総米汲水歩合4.69水

注 1. 新酒について, 原文では蒸米・麹米あわせて総米合計は8石5斗あるが, 個別の蒸米と麹米の量を加えた合計値は9石9升(内蒸米が6石5斗3升, 麹米が2石5斗6升)であり, 一致しない。ところが, 「醗」の説明中に「百年以前は八石四五斗の仕込にて, 四五十年前は精米八石八斗を極上とす。今極上と云は九石余十石にも及へり」と記していることから, 本文記載の合計値を探らずに, 個別の値の合計値を採用した。なお, 本書では年を追って総米の量が増加してきた旨を記しているが, 他の記録では逆に年を追って総米量が減少していることを, 注記しておく。

- 間酒, 寒前酒, 寒酒は, 新酒と較べたとき, 醗は変わらず, 掛米は3斗増しで, 一醗の醗5升, 中の味(大頌)1斗, 仕廻(仕舞)1斗5升をそれぞれ増している。

出典: 平瀬補世・藤関月『日本山海名産図会』, 『日本図会全集』(日本隨筆大成刊行会復刻, 昭和4年), 宮本常一他編『日本庶民生活史料集成』第10巻, 農山漁民生活(三一書房, 1970)7頁。

3. 小西新右衛門家「酒永代覚帳」の事例——天明2年(1782)と文化2年(1805)——

(単位:分)

	元	添	中	仕舞	合計		
天明2年 (1782)	総米 めし 白雪 冬酒	740 550 190 600	1440 1100 340 900	2760 2100 660 1600	4600 7050 2490 2400	9540 5.5斗 蒸米合計 総米合計	元数, 20元. 酒垂り, 1元につき11駄3分8厘 5.5斗 10.9水 蒸米合計7.05石, 蒸米麹歩合3.53割, 蒸米汲水歩合7.80水 総米合計9.54石, 総米糀歩合2.61割, 総米汲水歩合5.77水, 総米醗米歩合7.76%
天明2年 (1782)	総米 めし 白雪 前寒	740 550 190 600	1110 860 250 900	2260 3400 1030 1600	4700 6560 1980 2400	8540 5.5斗 蒸米合計 総米合計	元数, 16元25. 酒垂り, 1元につき11駄1分9厘 5.5斗 10.9水 蒸米合計6.56石, 蒸米麹歩合3.02割, 蒸米汲水歩合8.38水 総米合計8.54石, 総米糀歩合2.32割, 総米汲水歩合6.44水, 総米醗米歩合8.67%
天明2年 (1782)	総米 めし 白雪 極寒	740 550 190 600	1360 1040 320 900	2600 3110 1230 1600	4340 6680 2360 2400	5040 5.5斗 蒸米合計 総米合計	元数, 20元. 酒垂り, 1元につき10駄8分5厘 5.5斗 10.9水 蒸米合計6.68石, 蒸米麹歩合3.53割, 蒸米汲水歩合8.23水 総米合計9.04石, 総米糀歩合2.61割, 総米汲水歩合6.08水, 総米醗米歩合8.19%
文化2年 (1805)	総米 めし 若松 新酒	700 520 180 600	1368 1045 323 747	2622 1995 627 1322	4370 3135 2365 1992	9060 5.2斗 蒸米合計 総米合計	元数, 6元. 酒垂り, 1元につき11駄3分7厘 5.2斗 11.5水 蒸米合計6.695石, 蒸米麹歩合3.53割, 蒸米汲水歩合6.96水 総米合計9.060石, 総米糀歩合2.61割, 総米汲水歩合5.14水, 総米醗米歩合7.73%

注 1. 文化2年に関しては若松新酒のほか汲水の記載がないので、仕込配合の全容が詳らかではないので略した。

2. 若松新酒の汲水の合計額は4石6斗7合と記しているが、個別の数値からの合計を記しておく。

出典：伊丹市立博物館編「伊丹酒造家史料（上）」『伊丹資料叢書』8（伊丹市役所, 1992）30～39頁。

付表2. 江戸後期における小西新右衛門家の酒垂り歩合の推移

	米・麹惣米	仕舞日数	元数	酒出来高 (酒焚詰卸)	酒垂り/元	酒垂り/ 惣米10石
文政5年(1822)	石斗升 9.04	日 83	元 148.5	太 1,856	太 12.50	太 13.83
6(1823)	9.04	89	153	1,897	12.39	13.71
7(1824)	9.04	83	151	1,910.12	12.64	13.99
8(1825)	9.04	84	150	1,941.91	12.94	14.32
9(1826)	9.04	84	147	1,925.45	13.71	15.17
10(1827)	9.04	84	147	1,910.59	12.99	14.37
11(1828)	9.04	71	142	1,931.34	13.60	15.04
12(1829)	9.04	77	156	2,267.5	14.53	16.07
13※(1830)	9.04	75	141.75	2,170.5	15.32	16.95
天保2(1831)	9.04	81	162	2,377	14.85	16.43
3(1832)	9.04	75	150	2,409.5	16.06	17.77
4※(1833)	9.04	62	124	2,021.5	16.30	18.03
5(1834)	9.04	74	148	2,448	16.54	18.25
6(1835)	9.04	81	162	2,607	16.09	17.80
7(1836)	9.04	41	71.75	1,261	17.51	19.37
8(1837)	9.04	46	81.64	1,467.5	17.97	19.87
9(1838)	9.04	44	76.77	1,341.5	17.47	19.32
10(1839)	9.04	58	116	2,008	17.31	19.14
11(1840)	9.30	82	143.5	2,520	17.56	18.88
12(1841)	9.30	76	133	2,368.5	17.80	19.13
13(1842)	9.30	60	105	1,943	18.50	19.89
14(1843)	9.30	65	130	2,277	17.51	18.82
15(1844)	9.30	75	150	2,653.5	17.65	19.97

注. ※の年の酒出来高は疑義があるが、出典のママ。

出典：小西新右衛門家「酒永代覚帳」。

付表3. 江戸後期における小西新右衛門家の酒造り状況

酒種	大きさ	元米・麹 仕込元数	元入	元入から 添迄の 日数	添	仕舞	仕舞から 揚げ迄の 日数	揚げ口	酒出来高 垂り/元	柱焼酎
天保3年(1832)壬辰 勝手仕込み ₩150元 日数/75日 酒 2,409太片馬 酒1元に付き16太0歩6厘余										
早前寒	2ツ仕舞	11月17日	14日目	11月30日	閏11月3日始	17日目	閏11月19日初揚	142太片馬	なし	
10元	5日	9石0斗4升			閏11月7日迄	18日目	閏11月24日揚切	14太2分		
前寒	2ツ仕舞	11月19日	17日目	閏11月5日	閏11月8日始	18日目	閏11月25日初揚	246太*	1斗/元	
16元	8日	9石0斗4升			閏11月15日迄	18日目	12月2日揚切	16太1歩2厘*		
極寒	2ツ仕舞	11月23日	21日目	閏11月13日	閏11月16日始	18日目	12月3日初揚	934太片馬	1斗/元	
60元	30日	9石0斗4升			12月15日迄	21日目	1月5日揚切	15太5歩7厘5毛		
寒明	2ツ仕舞	閏11月27日	27日目	12月13日	12月16日始	21日目	1月6日初揚	(記載なし)	1斗/元	
64元	32日	9石0斗4升			1月17日迄	19日目	2月5日揚切	16太7歩5厘		
天保4年(1833)葵巳 勝手仕込み ₩124元 日数/62日 酒 2,021太片馬* 酒1元に付き16太3歩0厘余										
前寒	2ツ仕舞	11月2日	13日目	11月14日	11月17日始	17日目	12月3日初揚	318太片馬	1斗/元	
20元	10日	9石0斗4升			11月26日迄	18日目	12月13日揚切	15太9歩2厘		
極寒	2ツ仕舞	11月6日	19日目	11月24日	11月27日始	18日目	12月14日初揚	947太片馬	1斗/元	
60元	30日	9石0斗4升			12月26日迄	17日目	1月12日揚切	15太7歩9厘余		
寒明	2ツ仕舞	11月30日	25日目	12月24日	12月27日始	17日目	1月13日初揚	713太*	1斗/元	
44元	22日	9石0斗4升			1月18日迄	16日目	2月4日揚切	16太4歩7厘		

注. 天保3・4両年とも、早前寒を除き、前寒・極寒・寒明の酒には柱焼酎を醪に入れる。天保4年は早前寒は仕込んでいない。
酒出来高は酒焚詰卸のときの値である。*印のものは疑義があるが出典のママ。

出典. 小西新右衛門家「酒永代覚帳」。

付表4. 本嘉納家と白嘉納家における酒造米の精白度の推移

酒造令	本嘉納家		白嘉納家
	商店々史	森太郎調	
天明7年(1787)	1/3造	8分	8分
8年(1788)	1/3造	8	8
寛政元年(1789)	1/3造		8
2年(1790)	1/3造		8
7年(1795)	2/3造		8
文化2年(1805)	皆造		12
10年(1813)	皆造	10	10分
文政6年(1823)	皆造	11	12
12年(1829)	勝手造		14
天保5年(1834)	2/3造	12	
7年(1836)	株千石に付き106石	8	14
11年(1840)	1/2造		6
安政4年(1857)	2/3造	8	

出典. 正井達次郎『本嘉納家商店々史』(菊正宗酒造, 昭和34年) 41, 72, 80~84頁。

森太郎「天保期の醸造記録を見て」『統灘酒』(醸造研究会, 昭和63年) 3頁。

山片平右衛門編『白鶴古文書, 史料集』(白鶴酒造, 昭和53年) 145~155, 176~82頁。

付表 5. 本嘉納家における清酒石数と垂り歩合

	清酒石数	清酒/玄米	汲水		清酒石数	清酒/玄米	汲水
文政 8 年(1825)	8,588石	92.0%		弘化 4 年(1847)	10,731石	119.9%	
9 (1826)	10,435	98.0		嘉永元 (1848)	11,369	119.9	7.5~10.5水
10 (1827)	11,345	98.0		2 (1849)	9,555	118.8	
11 (1828)	11,782	98.0		3 (1850)	6,942	105.5	8~10水
12 (1829)	11,142	99.0		4 (1851)	8,683	113.7	
天保元 (1830)	9,253	99.8		5 (1852)	11,502	121.9	8 水
2 (1831)	8,967	110.0		6 (1853)	9,363	104.3	
3 (1832)	7,154	116.2		安政元 (1854)	9,549	110.4	
4 (1833)	7,457	112.6		2 (1855)	8,811	110.4	
5 (1834)	10,751	112.8		3 (1856)	9,419	128.8	
6 (1835)	9,114	114.6		4 (1857)	9,419	128.8	10水
7 (1836)	2,696	116.9	9~9.5水	5 (1858)	9,419	128.8	
8 (1837)	3,383	114.4		6 (1859)	9,934	128.8	
9 (1838)	4,394	115.0		万延元 (1860)	8,927	137.1	
10 (1839)	4,272	115.0		文久元 (1861)	10,091	132.3	
11 (1840)	5,327	115.0		2 (1862)	7,434	120.9	11水
12 (1841)	7,702	115.0		3 (1863)	8,567	132.8	
13 (1842)	9,258	115.0		元治元 (1864)	6,042	131.0	
14 (1843)	10,097	114.9		慶応元 (1865)	5,944	125.0	
弘化元 (1844)	10,875	120.0		2 (1866)	6,285	125.0	
2 (1845)	11,265	120.0		3 (1867)	6,000	125.0	
3 (1846)	12,220	123.0	7.5~10.5水				

出典. 正井達次郎『本嘉納商店々史』(菊正宗酒造, 昭和34年) 91~107頁.

森太郎「天保期の醸造記録を見て」『統灘酒』(灘酒研究会, 昭和63年) 2頁.

付表 6. 本嘉納家および白嘉納家における酒造状況

藏名	使用白米	精 白度	仕舞高・個数	汲水	醸 日数	醪 日数	醪仕込 日数	清酒 出来高	酒垂り (惚米10石当り)
本嘉納家									
天明 7 年(1787)	1/3造 居宅蔵	243.7	8 分 8石1個	4.0水	日	日	31日	256.1	15.0/10.5
寛政元年(1789)	1/3造 居宅蔵	243.7	8 8石7分5厘	5.5	33		41		
文化10年(1813)	皆造 前 蔵	1147.5	10 9石1個半		22	28	85	1023.4	12.7/ 8.9
	網屋蔵	923.4	10 9石1個		20	23	103	893.4	13.8/ 9.7
文政 6 年(1823)	皆造 前 蔵	1098.0	11 9石1個半		23	26	81	1012.9	13.2/ 9.2
天保 5 年(1834)	2/3造 本店蔵	1575.0	12 9石2個半		20	17	70	1885.5	17.1/12.0
天保 7 年(1836)	約1/10造 本店蔵	832.5	8 9石2個半	9.0	19		37	1081.9	18.6/13.0
安政 4 年(1857)	2/3造 本店蔵	736.0	8 9石3斗1個25	10.0	19		64	1030.2	20.0/14.0
白嘉納家									
天明 7 年(1788)	1/3造 北 蔵	725.5	8 分 8石3個	4.0水	37日	日	30日	859.3	16.9/11.8
	東 蔵	362.5	8 8石1個半	4.0	37		30	400.9	15.8/11.1
寛政 2 年(1790)	1/3造 北 蔵	967.9	8 8石2個	6.5	31		61	1010.0	14.9/10.4
	東 蔵	362.5	8 8石1個半	6.5	29		31	380.6	15.0/10.5
寛政 7 年(1795)	2/3造 北 蔵	1980.0	8 9石2個半	5.0	30		88	1782.0	12.7/ 9.0
	東 蔵	900.0	8 9石1個25	5.0	40		80	810.0	12.7/ 9.0
文化 2 年(1805)	皆造 北・東蔵	3971.0	12 9石5斗5個	6.0	30		84	3812.2	13.7/ 9.6
	辰巳蔵	1040.266	12 9石5斗1個25	6.0	28		88	998.655	13.7/ 9.6
天保11年(1840)	1/2造 北 蔵	1980.0	6 9石3個	11.0	27		74	2969.7	21.4/15.0

注. 本嘉納家の前蔵は天保3年に本店蔵と改称. 白嘉納家の文化2年の仕込は北・東蔵は合わせたものである. 天保7年の酒造条件は正確には株千石につき106石065造.

出典. 正井達次郎『本嘉納商店々史』(菊正宗酒造, 昭和34年) 72~85頁.

山片平右衛門『白鶴古文書, 史料集』(白鶴酒造, 昭和53年) 42~44, 57~58, 118~119, 147~154, 176~189頁.
袖木学『酒造りの歴史』(雄山閣, 昭和62年) 163~170頁.

付表7. 酒造における主要用具と設備

「童蒙酒造記」(1) 貞享4年 (1687)	「伊丹酒造諸式之扣」 (2)	伊丹 丹波屋孫右衛門 (3)	今津 大阪屋文次郎 (4)	御影 本嘉納(5)		
				前蔵	千石蔵案	本店蔵
10石	明和9年以降 (1772)	文政9年 (1826)	寛政10年 (1798)	天明7年 (1787)	天保6年 (1835)	安政4年 (1857)
1個仕廻	8.55石	酒造株	8.5石	8石1個仕舞	10石	9.3石
5.5水	1個仕舞	1360石	1個半仕舞	<1/3造>	100日仕舞	1個25仕舞
1仕廻醪量	5.2水		5.5水			10水
13石余	(寒前・寒酒 8.85石仕舞)	〈小西新右衛門 への譲渡証文〉	造高 白米	造高	〈幕府提出文書〉	
麴蓋(1升盛)1000枚	麴蓋 400枚	麴蓋凡500枚		麴蓋	450枚	
半切(6斗醸)4枚	半切 170~200枚	半切 121枚	半切	150枚	半切 300枚	半切 250枚
温樽					温樽 8本	
壺台(3駄入, 醪1石7・8斗)	細高桶 ——	醸卸桶 18本	醸卸桶 27本	醸卸桶 23本	醸卸桶(3尺)	醸卸桶 40本
細高桶	—	細高桶 24本	遺桶 34本	内2斗卸 2本	25本	
3尺7寸桶(7駄入, 醪4石)	3尺桶25・6~30本	3尺桶 34本	入口桶(4尺2~7寸)	3尺(6駄入)	遺桶(3尺5寸)	遺桶 60本
4尺桶(9駄入, 醪半仕廻)	4尺桶 ——		仕込桶(16石)	25本	3尺7寸(7駄入)	入口桶(4尺5寸)
5尺桶(17駄入, 醪1仕廻)	大桶 2醸入 ——	大桶 31本	仕込桶(7尺17石)	入口桶(4尺	27本	10本
5尺5寸桶(24・5駄入, 醪1仕廻半)			2本	10駄入)	13本	入口桶(5尺5寸)
6尺桶(34・5駄入, 醪2仕廻)			仕込桶(7尺17石)	14駄入)	6本	大桶(6尺5寸)
6尺5寸桶(38駄入, 醪2仕廻2石)			2本	2醸(18石造)	6本	仕込桶(7尺3寸)
10石船	—	12石酒船 2艘	12石酒船 4艘	酒船 3艘	14石酒船 3艘	酒船 3艘
小升10石醸					(内揚船 2艘	
絃升8石仕廻醸	掛石 1艘に30個				貴船 1艘)	
掛石 大小(数の記載なし)					掛石 120個	
酒袋 400~450枚	酒袋 1艘に380枚				酒袋 1,500枚	
瓶(底4尺高3尺3寸)	唐鑑 15~16棹	唐鑑 28臼				
5石蒸し						

注. 桶の大きさを示す寸法は、今津大阪屋文次郎家のものは口渡し。他は桶の深さを示す。

「童蒙酒造記」においては、1駄=7斗2升(1樽3斗6升)。

- 出典 1. 鎌谷親善・加藤百一「童蒙酒造記—その翻刻と解説—」『酒史研究』第8号(平成2年)17, 19, 27, 96頁。
 2. 「伊丹酒造諸式之扣」伊丹市史編集専門委員会『伊丹市史』第4巻、史料編1(伊丹市、昭和43年)502~511頁。
 3. 小西酒造編・刊『伊丹酒造業と小西家』(平成5年)38頁。
 4. 魚澄惣五郎編『西宮市史』第2巻(西宮市役所、昭和35年)494~495頁。
 5. 正井達次郎『本嘉納商店々史』(菊正宗酒造、昭和37年、平成元年復刻)72~73, 27~32, 85頁。

付表 8. 酒造蔵—構成と規模—

	延享 4 年 (1747)	天明 8 年 (1788)	文化 2 年 (1805)	天保 4 年 (1833)	文化 15 年 (1818)	天保 6 年 (1835)
	一文字屋七郎兵衛譲渡 紙屋八左衛門譲請 (1)	小西屋忠助譲渡 嘉納屋彦四郎 (灘) 譲請 (1)	和泉屋太兵衛譲渡 津国屋勘三郎譲請 (1)	紙屋重左衛門譲渡 紙屋与作譲請 (1)	柴屋善右衛門質入 嘉納治兵衛質請 (2)	本嘉納家提出 千石蔵 間取り (3)
株高	1,098石 2 斗	994石 6 斗	1,491石 8 斗	1,460石 0 斗	1,546石 8 斗	[1,000石]
土地	坪 252.00	坪 516.00	坪 339.00	坪 520.00	坪	坪 96.00
酒蔵	140.00	144.50	93.50	169.00	150.00	釜屋 12.00
澄蔵	23.75	41.00	43.00	10.00	—	洗場 12.00
釜屋・洗場	—	18.00	42.00	32.00	16.50	室 12.00
麹室	—	—	22.50	21.00	54.00	船場 22.50
碓屋	21.00	20.50	20.00	31.50	—	白米蔵 18.00
米蔵	—	—	15.00	16.00	12.00	玄米蔵 9.00
土蔵	17.50	—	—	—	6.00	臼納屋 26.00
納屋	—	6.00	—	—	7.50	薪置場 17.00
薪蔵	22.50	—	—	—	—	勘定場 4.00
上蔵・下屋	—	—	19.00	—	—	休息所 3.00
廊下	4.00	18.00	—	—	—	風呂・雪隠 1.00
居宅	—	88.50	—	99.75	59.00	[道具干場 81.50]
建物坪数計	228.75	336.50	255.00	379.25	305.00	230.50
建物坪数計 (除居宅)	228.75	248.00	255.00	279.50	246.00	230.50

注. 本嘉納家提出千石蔵図面における道具干場は空地につき、建物坪数から除外。

出典 1. 伊丹市史編纂専門委員会編『伊丹市史』第2巻(伊丹市、昭和44年) 346~347頁。

2. 柚木学『酒造りの歴史』(雄山閣、昭和62年) 176~179頁。

3. 正井達次郎『本嘉納商店々史』(菊正宗酒造、昭和37年、平成元年復刻) 26頁。

付表 9. 蔵勤人—その名称と人員—

鳴尾村辰屋与左衛門浜店 (1)		鳴尾・辰屋 (2)		本嘉納・本店蔵 (2)		西宮・四井家 (3)				
弘化 2 年 (1845)	嘉永 3 年 (1850)	文久 3 年 (1863)	安政 6 年 (1859)	1 個仕舞		1 個25仕舞				
造石高玄米1006石、白米で915石 9石1個半仕舞と推定										
蔵人	16人	内訳親司	1人	頭司	1人	頭司	1人			
		頭	1	頭	1	脇	1			
		衛門	1	衛門	1	樽詰	1			
		醸廻り	1	樽詰	1	道具廻り	1			
		樽詰	1	釜屋	1	代司	1			
		釜屋	1	上人	2	上仕舞	2			
		上人	6	中人	1	中仕舞	2			
		追廻し		下人	2	下仕舞	6			
		(下人)	3	飯焚	1	飯たき	1			
		飯焚	1	分類不詳	4	飯たき	2			
水汲み	2									
合計	18		合計	15	合計	14	合計	12	合計	17

出典 1. 魚澄惣五郎『西宮市史』第2巻(西宮市役所、昭和35年) 510~511頁。

2. 柚木学『酒造りの歴史』(雄山閣、昭和62年) 93~94頁。

なお、本嘉納家の蔵人と人員に関しては「頭司」の他の職名は記載されていない。

正井達二郎『本嘉納商店々史』(菊正宗酒造、昭和37年、平成元年復刻) を参照。

3. 古賀醇一郎・加藤百一『『西之宮土産』の翻刻と紹介』『酒史研究』第11号(平成5年7月) 92頁。

Sake Brewing Technique in Late Edo Japan

Chikayoshi KAMATANI

(Toyo University)

The standard brewing technique of sake formed in the early Edo Era (about 1700) began to change about 1780.

Water wheels replaced tread wheels for motive force of rice cleaning mill in Nada area (a shore south of the present Hyogo Prefecture) about 1780. Efficiency of the cleaning was elevated, and it became possible to remove the thicker skin of rice. Protein and fat that damaged the taste and flavor were reduced, and sake of higher quality was obtained.

The quantity of water in the brewing was doubled in the 1830's. Water of 10 koku, instead of 5 koku, was added to the rice (steamed rice and koji) of 10 koku (1 koku is 180 liters). This led to the full fermentation of glucose resulted from starch, i. e. to the increased amount of alcohol. The sake thus obtained contained alcohol of 19-20%, the highest value as a brewed alcohol. Amount of sake for rice of 10 koku attained at the level of 14-15 koku.

It was found that a well-water was effective that contained potassium : potassium is nutritious for yeast and koji bacteria. The water was called miyamizu, since the well was at Nishinomiya area. "Miya" meant a shrine, and miyamizu implied god's water as well. Brewers bought this expensive water.

The season for brewery was from late fall to early spring. If one brewed sake in mid-winter,

activity of various germs was suppressed, and corruption of sake during the brewery and storage was avoided. Thus degradation of taste and flavor was reduced, and the quality of sake was improved.

In this way, sake that was of higher alcohol content, less sweet, and less corruptible was developed in Nada area. In the late Edo Era (about 1860), the Nada-sake sold better than the sake brewed at Itami that had enjoyed public support one century ago. The Nada-sake provided a basis for the present sake : the contents and the brewing technique are common.

The brewery has not changed much in these 150 years. The present brewer makes sake of 15 koku putting rice of 10 koku a day. The productivity was improved by 50%. Kinds and scale of the tubs for fermentation and the filter press were not changed much : only the number of the instruments for a brewery increased. The scale of the brewing factory (sakagura) remained unchanged. The expression sengoku-kura was being used : a full-scale standard sakagura was named sengoku-kura, since it consumed rice of one thousand koku a year (Sen means thousand). A big brewer owned and operated several sengoku-kura.

[技術史シリーズ 第12回]

合成洗剤の歴史

刈米孝夫*

1. はじめに

有機合成の発展成果の一つとして日常生活に必須な洗濯をより簡便にし、また石鹼の場合に見られる水質によるスカムの発生のない合成洗剤は電気洗濯機の普及と相俟つ発展し、文化的な生活への突破口となっていることは多言を要しないと思う。

2. 合成洗剤の原点

専門外の方々は御存じないと思いますので、簡単に紹介すると、起源は戦前のドイツにあるといえよう。すなわち1911年（明治44年）にドイツの化学工業集団のようなIGでしられた染料・医薬品・農薬・繊維および皮革用の染色・加工薬剤等の製造会社の研究所で染色時に石鹼を使用すると、水の硬度が少し高いとスカムを発生して繊維を汚したり、塩基性染料による染色助剤とか酸性での染色助剤としては使用できない欠点がある。さらに染色液の繊維糸・織布等への浸透力があまり期待できない。これらの欠点を硫酸化ヒマシ油（例・ロート油等）の合成と応用試験により克服したことに始まった。いわゆる半合成界面活性剤として1830年（165年前）ころにすでに芽生えていた。

合成洗剤の素材の主要成分である純合成界面活性剤の出現はやや遅れて1928-1935年（昭和3-10年）にドイツにて特許化されており、その中にはアルキル硫酸塩（別名高級アルコール硫酸エステ

ル塩）のように現在でも重用されている洗剤成分も多く含まれている。多少合成洗剤用以外の界面活性剤も含まれるが、表¹⁾に発明を年代順に示そう。

3. 合成洗剤の素材の出現

第一次世界大戦への突入により、ドイツは民生用石鹼の原料の内特にヤシ油の輸入が困難となり、その代替品の研究開発が至上の課題となつた。その成果はパラフィンの酸化による合成脂肪酸の創出がその一つである。御承知のごとく、生成した脂肪酸は炭素数が異なつた、偶数・奇数の混合脂肪酸からなり、真空蒸留により分別されC=12-14溜分が石鹼用に使用された。

少し横道に逸れるが、私の知見では日本でも昭和15-18年の間花王ではパラフィンを用い、酸化反応が研究され、半工業試験まで成功したが、製品化はされなかつたと先輩より聞いている。

また偶然私は1985年（昭和60年）以来中国に技術顧問として毎年招聘されており、その体験からすでに上海の石鹼工場で6年前、瀋陽（旧奉天）でも、4年前の訪問時には主に悪臭と性能がヤシ油・バーム核油等からのラウリン酸に劣るので生産を中止していた。

下って第二次世界大戦中にはフィッシャートロップシュ法によるn-パラフィン合成の工業化により、これを原料として洗剤の成分とし、アルカンスルфон酸塩も工業化された。基本的にはスルホクロリネーション法²⁾とスルフォオキシデーション法³⁾があり、n-パラフィンを紫外線またはγ線を触媒として連続的に合成される。現在はケロシン溜分の分子篩により分離したn-パラ

1995年1月17日受理

* 界面科学研究所所長

表1 界面活性剤の発明年代表¹⁾

物質名	代表的商品名	発明者	年代	用途	文献
セッケン	石けん	不詳	B.C. 2500	手洗い、洗濯、浴用、薬用	
硫酸化油 オリブ油硫酸塩 ヒマシ油硫酸塩	ロート油 トルコ赤油 モノポール油	Runge, F.F. Chemische Fabrik Stockhausen	約1830 1896	染色助剤、潤滑剤	"Farbenchemie" I. Teil. p. 213 (1834) Ger. P. 113, 433
ナフタレンスルホン酸 ナトリウムホルムアルデヒド縮合物	Setamol WS	I.G.	1911	分散剤	Ger. P. 292, 531
アルキルナフタレンスルホン酸塩	Nekal	Günther, F. (I.G.)	1917	潤滑剤、浸透剤、均染剤	Ger. P. 336, 558
α -スルホ脂肪酸塩	Savon Ampho DN	I.G.	1926	洗浄剤	
高度硫酸化油	プレスタビトール油	Chemische Fabrik Stockhausen	1927	(酸・アルカリ塩存在のもとで安定)	Seifensieder-Ztg., 63, 342 (1936)
<i>N,N</i> -ジメチルオレオイルアミドエチルアミン酢酸塩	Sapamine A	Ciba	1927	塩基性染料の緩染剤、人絹・スフのつや出し剤、柔軟剤	Swiss P. 130, 881
トリエタノールアミンモノオレエート	Soromine A ベース	I.G.	1928	繊維・皮革の柔軟剤、つや出し剤	Ger. P. 546, 406
アルキル硫酸塩(第一級)	Gardinol	Bertsch, Kling (Böhme Fettchemie)	1928	原毛洗浄剤、洗浄剤	Ger. P. 659, 277 U.S.P. 1, 968, 793 U.S.P. 2, 114, 042
オレオイルイソチオネート	Igepon A	Daimler, Platz (I.G.)	1929	洗浄剤、潤滑剤	Ger. P. 652, 410
<i>N</i> -メチル- <i>N</i> -オレオイルタウリン	Igepon T	"	1930	洗浄剤、分散剤	Ger. P. 655, 999
ポリオキシエチレンオレイルエーテル	Leonil Peregall	Schöller, Wittwer (I.G.)	1930	染色助剤、乳化剤	Ger. P. 605, 973
ポリオキシエチレンオレイン酸エステル	Emulphor A	"	1930		Ger. P. 694, 178
脂肪酸タンパク分解物縮合物	Lamepon	Grunau (I.G.)	1932	化粧品乳化剤	Ger. P. 670, 097 U.S.P. 2, 119, 872
ヘプタデシルベンズイミダゾールスルホン酸塩	Ultravon K	Ciba	1932	洗浄剤、柔軟剤	Swiss P. 163, 005
ソルビタン脂肪酸エステル	商品名不詳(ドイツ) Span系	Brown, K.R.	1932	乳化剤、分散剤	Ger. P. 544, 921 Ger. P. 628, 715
ジ-2-エチルヘキシルスルホコハク酸塩	Aerosol OT	Jaeger, A.O. (American Cyanamid)	1933	潤滑剤、浸透剤	U.S.P. 2, 028, 091
ドデシルベンゼンスルホン酸塩	Igepal NA	I.G.	1933	洗浄剤、分散剤	Ger. P. 647, 988 Hoyt P.B. repr. 3868 U.S.P. 2, 046, 090
アルキルスルホン酸塩(スルホクロロ化による)	Mersolate	Reed, Horn (I.G.)	1933	洗浄剤、潤滑剤	Asinger, F., "Chemie und Technologie der Paraffin", p. 394, Kohlenwasserstoffe Akademie, Verlag.
アルキル硫酸塩(第二級)(合成アルコールより)	Tergitol	Carbide and Carbon Chemicals	1934	乳化剤	U.S.P. 2, 052, 027 U.S.P. 2, 161, 857
アルキル硫酸塩(第二級)(オレフィンより)	Teepol	Tulleners, A.J. (Bataafsche-Shell)	1934	浸透剤	U.S.P. 2, 078, 516 U.S.P. 2, 139, 393
ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル	Igepal C	I.G.	1935	木綿・人絹の洗浄剤	Brit P. 470, 181

物 質 名	代表的商品名	発 明 者	年 代	用 途	文 献
ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル	Tween 系		1936	乳化剤, 分散剤	
アルキルスルホ酢酸エステル	Nacconol LAL	Flett, L. (National Aniline)	1939		U.S.P. 2, 166, 141
ジメチルラウリルアミンオキサイド	アミンオキサイド	Güenther, F. (I.G.)	1939	起泡剤	U.S.P. 2, 169, 976
アルキルリン酸誘導体	Victawet Victamwel etc.	Staufferchemical	1950		U.S.P. 2, 586, 897
<i>n</i> -ドデシルプロマイド-ボリ α -ビニルピリジン重合物		Straus, U.P.	1951	可溶化剤	<i>J. Polymer Sci.</i> , 6, 649
ポリオキシプロピレン-ボリオキシエチレンブロックポリマー	Pluronic	Wyandotte Chemical	1954	乳化剤(低起泡性)	U.S.P. 2, 674, 919 U.S.P. 2, 677, 700
ショ糖ステアリン酸モノエステル	リヨートーシュガーエステル	Snell, F.D. (Suger Research Foundation)	1956	乳化剤, 分散剤, 净化剤	特公 昭35-13102
ポリオキシエチレンアルキルまたはアルキルフェニルエーテルリン酸エステル	Gafac 系(他)	Antra	1960	乳化剤, 净化剤, 防錆剤	<i>Chemical Week</i> , Nov. 12, 119 特公 昭38-12524

フィン(炭素数 C=14-17程度)が使用され、ドイツではバイエル社とヒュルス社が主体で、日本では日鉱石油化学㈱が、その他ロシア・旧東ドイツ等で推定として約30-50万トン/年が世界で生産されている。価格と性能から、ドイツでは食器用洗剤およびシャンプーの一成分また乳化重合用乳化剤として使用されている。

ドデシルベンゼンスルホン酸塩は現在でも衣料用合成洗剤に使用されている最大の界面活性剤であるが、驚くことに表1にあるように、1933年(昭和8年)にすでに特許化されている。私は不勉強で大戦中のドイツでの洗剤原料として使用実績・ソフト型(LAS)かハード型(ABS)かも特許を読んでいないので知らないが、多分 ABS の一種と思う。

そのほか日本でボディーシャンプーでの洗浄成分として有名なアシロイルタウレート(ドイツで Igepon 系)がすでに1930年(昭和5年)特許化され、主に染色助剤・繊維用洗剤(精練剤)として市販化されていた。日本では特に皮膚刺激性が温和であることと洗浄力・起泡力・耐硬水性が石鹼に比較して優れているので、価格は高いが使用

されている。蛇足ながら洗剤としての中性洗剤は羊毛・絹アセテート繊維等繊細な織物・編み物とかアルカリ性に弱い繊維の洗濯にいわゆる押し洗いで使用される。

日本での合成洗剤の歴史^{3,13)}は1953年、花王石鹼㈱(当時)がアルキル硫酸ナトリウム塩を“エキセリンL”として市販したことに始まる。1963年に花王石鹼㈱・第一工業製薬㈱・大阪酸水素㈱[現在の新日本理化㈱]が合同でドイツの Böhme Fette Chemie の特許を購入して、高圧化学工業㈱を設立し、高圧還元法による高級アルコールの製造の権利を得た。さらに高級アルコールよりのアルキル硫酸塩の応用特許も前3社のほか資生堂㈱およびミヨシ油脂㈱を加えて特許洗剤㈱として同じく Böhme Fette Chemie より購入した。

これにより家庭用洗剤のみならず、工業用にも進出が始まった。その後第一工業製薬㈱とミヨシ油脂㈱では抹香鯨油からの高級アルコールの応用に絞って研究開発が行われた。現在高圧還元法による高級アルコールの生産は日本では花王㈱・新日本理化㈱の2社で国内でも生産しているが、2

社共にフィリピンおよびマレーシアに何らかの形で進出し、ヤシ油またはパーム油およびパーム核油より各脂肪酸メチルを経由して飽和および新日本理化㈱は飽和のほか不飽和アルコールも生産している。

4. 戦後の合成洗剤の変遷^{3~10)}

1947年（昭和22年）になり、アメリカ文化センターで最新の科学文献が見られるようになり、空き腹を抱えて、むさぼるように戦中の科学知識のブランクを埋めることと自社の将来のテーマ探しに狂奔した。私の場合は花王の和歌山工場が勤務地だったので、南海電車で通ってドイツのPBレポートを丹念に調べたが、結局、界面活性剤を生涯のテーマに決め、幸いに諸氏の応援でポリオキシエチレン系の非イオン性界面活性剤を日本で始めて工業化に成功し、1950年（昭和25年）市販を開始した。

最初は染色助剤が主力であったが、現在では家庭用合成洗剤にも多量に配合されるようになり、当時は予想もしていない程、その応用範囲が拡大した。

一方米国では石油化学の急速な発展により1942年（昭和17年）頃より、家庭の衣料用洗剤として重質洗剤（Heavy duty detergent）が製品化された。ドデシルベンゼン（プロピレンテトラマーとベンゼンより合成）をスルホン化してドデシルベンゼンスルホン酸とし、これをアルカリで中和したドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム（ABS）を主成分とし、ナトリウムカルボキシメチルセルローズ（CMC）とトリポリ磷酸ナトリウム・ボウ硝さらに少量の蛍光染料とか青味付剤等を配合した。日本では1950年（昭和25年）花王石鹼㈱はオロナイトケミカル社のドデシルベンゼンを購入し、自社でスルホン化・中和を行った。1951年（昭和26年）には製品としては“花王粉洗濯”として産声を上げ、翌年には“ワンドフル”

と改名した。

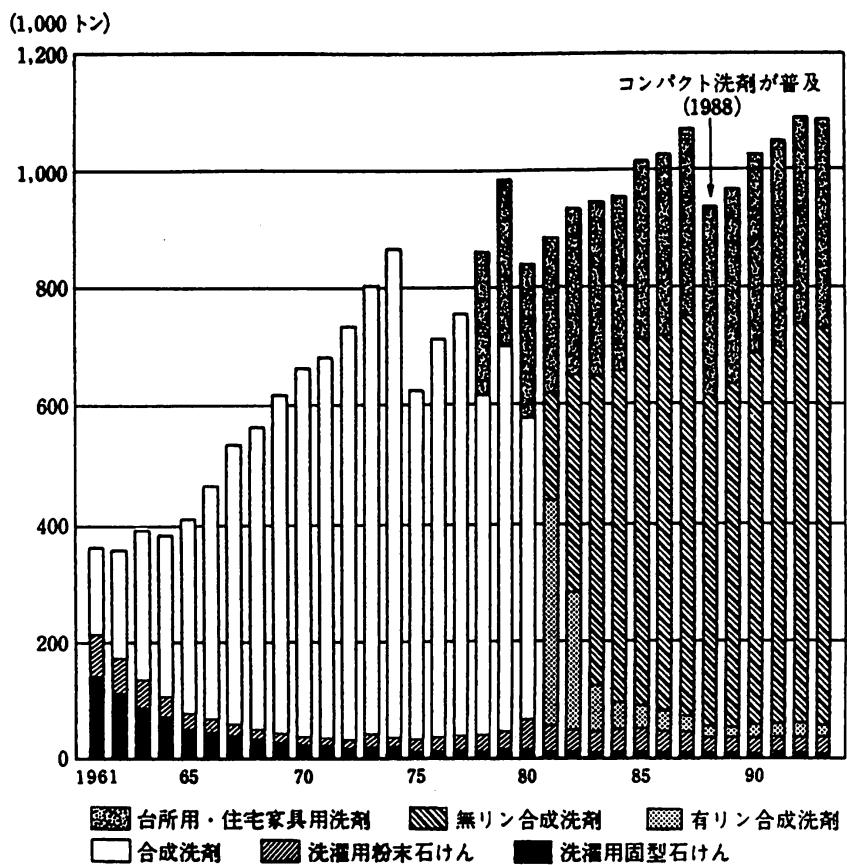
これと前後して、三池合成㈱は“ミケソープ”，日本油脂は“ニッサン洗剤”（昭和31年）⁹⁾、日産化学工業㈱は“王洗”または“ニッサンウェット”（昭和33年）¹⁰⁾等で次々に参入した。

御承知のようにどこの国でも大同小異であるが、家庭用合成洗剤の爆発的な伸張は、電気洗濯機の普及と相関関係がある。日本では1953年（昭和28年）に噴流式電気洗濯機が市販され、次第にその便利さが家庭の主婦に認識され、“三種の神器”とまでいわれていた。

なお、合成洗剤で忘れてならないのは食器用洗剤である。初期には台所洗剤といわれ、野菜・果物・布巾・まな板までがその対象となっていた。1956年（昭和31年）にライオン油脂㈱はいち早く“ライポン”（粉末）の名で、ハード型ドデシルベンゼンスルホン酸塩（ABS）を主成分とした。遅れて花王石鹼㈱は1958年（昭和33年）“ワンドフルK”粉末、続いて液体の市販に踏み切った。当時はまだ肥料に人糞も使用され、戦後のせいもあって寄生虫の問題もあり、厚生省も外郭団体を通して台所洗剤の普及を応援し、ライオン油脂㈱と花王石鹼㈱（私）は依頼を受けて北海道を始め各地を交替で宣伝講習会に、各々の自社普及職員とともに巡業させられた。

図1¹¹⁾に各種合成洗剤の年次別生産の消長を示す。図より石鹼（固体・粉末計）は1959年（昭和34年）を境として生産は減少に向かい、1962年（昭和37年）には合成洗剤（当時の統計は工業用を含む）は石鹼に拮抗し、以後は合成洗剤の伸張目覚ましく、圧倒的に優位を示している。

さらに1980年（昭和55年）より滋賀県の合成洗剤追放条例・無磷化合成洗剤・コンパクト洗剤の変遷が目まぐるしく進み、一つは洗濯用粉石鹼が1980年を境にやや増産されたが、洗濯物のスカム（石灰石鹼+汚れの混合物）による汚染と洗濯物の黄ばみも見られ、生産・消費は沈静化してい

図1 石けん、洗剤の生産統計（通産省）¹¹⁾

る。また、無磷化は進み、現在日本では殆ど無磷洗剤となっている。さらに省エネルギー化・マイカー等によるまとめ買いに便利な嵩張らないコンパクト洗剤は大ヒットし、このアイディアは世界的に拡大採用されている。

5. 合成洗剤にまつわる新しい改革

a) アルキルベンゼンハード型 (ABS) より ソフト型 (LAS) への変換

前にも触れたが、アルキルベンゼンスルフォン酸塩はコスト／パフォーマンスの面で特に衣料用合成洗剤に使用する界面活性剤としては最適である。ところがハード型はアルキル主鎖が分岐鎖があるので、洗濯廃液が下水を通り公共の排水処理場に入ると、好気性バクテリアの浄化処理では生分解がなお十分進まない欠点がある。1953年（昭和28年）頃より合成洗剤の普及とともに新たな問

題が出現した。御承知のとおり、一般家庭での洗濯はもちろん世界的に日常必須の仕事であり、その排水も莫大である。

問題は生分解の不十分な排出汚水が河川にさらには海に流出することにある。まず米国で下水処理場の曝気過程での泡が空中に飛散して周辺を汚染する問題が各所で社会的に取り上げられ、ドイツを始めとする欧州（欧州は互いに国が入り混じっている）でも小河川で泡公害による交通障害も問題化した。日本でも家庭での洗濯時間が集中して、河川の堰で泡が周辺に飛散して汚染した問題が出た事は記憶にあると思います。

アルキルベンゼン製造メーカーはこの社会問題の解決に向けて、生分解の良い直鎖を持つn-パラフィンをケロシン溜分（軽油）から分子篩法（ゼオライトとか尿素を使用）により分別し、これをベンゼンと縮合させたソフトアルキルベンゼ

ンに転換した。これにより、河川に生息する微生物による分解能力、分解速度に差はあれ、泡による環境問題は大幅に改善された。

昭和41年にはこのソフト型ドデシルベンゼンの製造技術をアメリカの Atlantic Richfield 社より住友化学および花王が入れ、合弁会社としてそれぞれ40:30:30の資本比率で同年“日本アトランチック社”として設立、同42年より生産開始、今日に至っている⁹⁾。なお社名は現在“日本アルキレート”に変わり、資本も住友化学(50)花王(50)となっている。他社も同様ソフト型アルキルベンゼンを生産しているが、前者が塩素化パラフィンを経由し、ベンゼンと塩化アルミニウム触媒によるアルキル化であるが、他社は主にドデシレンを沸騰水素触媒によりアルキル化を行っている。両者に大きな性能上の差はないが、2-フェニルアルキルベンゼン誘導体の生成比率が数%異なる。液体型製品を使用する場合には2-置換体が多い方が良いとの報告がある。

b) チーグラーアルコールの出現¹²⁾

これはエチレンとトリアルキルアルミニウムとの反応で偶数直鎖アルコールの合成法の一つである。1970年代（昭和45年—）にドイツのチーグラー博士による画期的な発明で、工業的には多量の触媒が必要であり、副生物として、硫酸アルミニウムが副生する。また生成する高級アルコールの分布が比較的広く、分布を制御できないのが欠点といえる。

c) チーグラー法の改良（エチル社法）¹²⁾

ピークコントロールとして、酸化反応前の低鎖長のアルキルアルミニウムを分離し、段階的に長鎖化した後酸化して高級アルコールを取り出す。この方法はエチル社で応用されている。

d) Shell-Shop 法¹³⁾

チーグラー法でのトリアルキルアルミニウムの段階で不均齊化（Disproportionation）を行い、長鎖の α -オレフィンとして取り出し、このC=10

～16オレフィン分をオキソ触媒で洗剤用高級アルコールとする。

図2～4にAlfol法（チーグラー法）・エチル社法・シェル法（Shop法）の各種合成アルコールの炭素数分布の一例を示す。また参考までにヤシアルコールの炭素数分布を表2に示す。

e) オキソ法による高級アルコール

日本でも多量に生産されているが、 α -オレフィンをロジウムまたはコバルト触媒でオキソ化

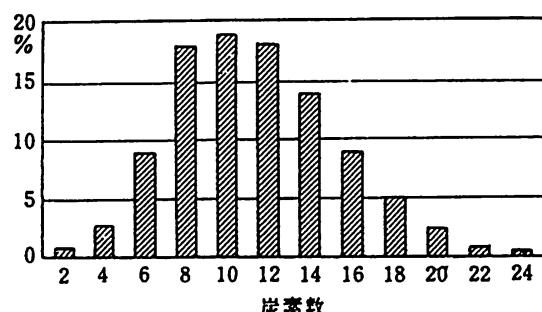


図2 Alfol法によるアルコール分布例

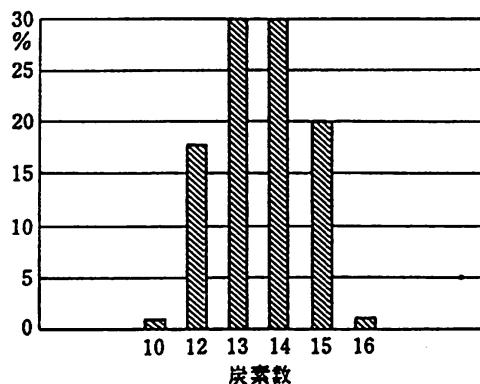


図3 エチル法によるアルコール分布例

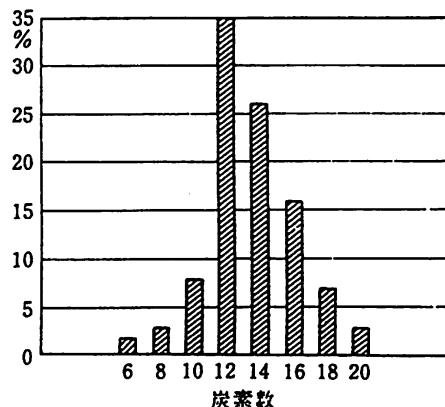


図4 シェル法（Shop）によるアルコール分布例

表 2 ヤシアルコールの分布

脂肪アルコール名称	炭素数	含量 (%)
オクチルアルコール	8	8.1
デシルアルコール	10	6.3
ラウリルアルコール	12	48.6
ミリスチルアルコール	14	18.1
パルミチルアルコール	16	8.6
ステアリルアルコール	18	10.3

し、高級アルコールとする。触媒により最終アルコールの直鎖率が異なり、ロジウム系が直鎖率が高い。C=7-11 の α -オレフィンよりは可塑剤向けに、C=11-15 は洗剤向けに市販されている。

f) n-パラフィンの酸化による 2 級アルコール^{13,14)}

現在では日本触媒(株)が世界一の生産をしていると聞いているが、原理は n-パラフィンの酸化で、合成脂肪酸の合成と略同じであるが一段階手前のアルコールで、硼酸で酸化アルコールを硼酸エステルとして捕捉し、加水分解して 2 級の長鎖アルコールを得る。

このアルコールは当然反応性が低いので、さらにフッ化硼素系触媒で酸化エチレンを 3 モル程度まで付加して 1 級アルコールとし、後さらにアルカリ性触媒で需要に応じて、常法でオキシエチレン化して外販されている。特に 3 モル・6 モル品は単独あるいは硫酸化され中和して洗剤の成分としても多量に供給されている。

g) α -オレフィンスルホン酸塩

この界面活性剤は日本ではライオン油脂(株)が 1966 年（昭和 41 年）工業化に成功し⁸⁾、合成洗剤の一成分として使用してきた。これは α -オレフィン (C=14-16) の (Shell-Shop 法) のオレフィンまたはクラッキングオレフィンをスルホン化—中和して合成される。製品はいろいろの構造とスルフォン酸塩および硫酸塩を含む混合物であるが、価格的にも安価で有用である。

h) α -スルホン化脂肪酸エステル塩^{15,16)}

これもライオン油脂(株)が植物よりの生分解性の

洗剤原料の界面活性剤として、大量生産に成功した活性剤である。ただし、これも歴史的にはすでに 1932 年（昭和 6 年）に Günther により研究され、日本では 1975 年（昭和 50 年）日本油脂で“ニッサンベース”として市販されている⁹⁾。この界面活性剤も反応は複雑で種々の副生物を含み、精製過程で漂白を必要とする。合成条件を巧みに制御すれば、洗净性・起泡性等は良好で、もちろん生分解性も良い。

6. 合成洗剤の配合成分の変遷

a) 磷酸塩の問題¹⁷⁾

合成洗剤の重要な成分として永く君臨してきたトリポリ磷酸ソーダが、世界的規模で河川・湖沼の汚染に拍車をかけ、海の赤潮の源と悪者扱いにされ、一時は合成肥料の磷酸塩とのいずれが主犯かと社会問題として論争され 1970 年代（昭和 45 年～），漸次トリポリ磷酸ソーダの使用は日本でも業界の自主規制が行われ、図 2 にも示されるように 1983 年（昭和 58 年）以降急速に無磷化合成洗剤が伸張し、現在はほとんど無磷洗剤となっている。世界でも低磷化—無磷化の方向に進んでいる。かつては製品中約 30-35% 配合され、その卓越した衣料より脱離した汚垢の分散性と金属イオンの封鎖性・程良いアルカリ性等と妥当な価格で多量に使用されてきたこのビルダーも、“栄枯盛衰”は世の習いの格言を地で行き、地球を守る科学の前に脱帽せざるを得なかった。

b) ゼオライトの登場

磷酸塩の配合量の低減、さらに無磷化に、その代替えの薬剤が探索され、前述のトリポリ磷酸ソーダには劣るがゼオライトが選ばれた。これは無機のアルミニシリケート塩で、洗濯系での水溶性金属イオンを封鎖するイオン交換作用を有する。なお、水に脱離分散した汚垢の懸濁性は無く、繰り返し洗濯の後洗濯物が“くすむ”（やや灰色化）ことが知られてきた。現在はこの改善に

オキシエチレン系非イオン性界面活性剤とかポリアクリル酸ソーダ等（分子量約4,500）が添加されるようになった。

c) 酵 素

1975年（昭和50年）頃より、耐アルカリ性で比較的低温度で蛋白質を分解するプロテアーゼが開発され、合成洗剤に添加されるようになった。しかし一時期洗剤用酵素の生産工場で、従業員が酵素の微粉を浴びたり吸入して健康障害を起こし、生産が中断した。その後作業環境の改善等がなされ再び生産が開始され、今日に至っている。なお、現在ではプロテアーゼのみならず、セルラーーゼ [花王^株]³⁾ の開発、リパーゼ [ライオン油脂^株]⁴⁾ の開発にそれぞれ成功して特許化され、独自に洗剤に他種の酵素（主にプロテアーゼ）とともに添加されている。これ等は世界に先駆けて探索・培養の工業化に成功した。

世界的には北欧のノボ社が酵素の生産会社とし

て有名である。

d) 制泡剤

日本では洗濯時の泡立ちの良さは主婦の洗剤の評価と洗剤添加量の尺度となっている。一方洗濯後水で灌ぐが、この際に泡切れが良くないと、洗濯時間が永くかかり、主婦の“いらいら”の原因ともなる。ここで制泡剤が考案された。これも日本独自の発想と私は考える。制泡剤の種は少量の脂肪酸石鹼の添加である。これは、洗濯中は石鹼は多量の洗浄剤中の耐硬水性の陰イオン性界面活性剤の可溶化（Solubilization）作用で、むしろ泡立を助け、泡持ちを助長する。灌ぎの段階では主の洗剤成分は希釈され汚垢も水とともに除去される。洗液中に少量残存する石鹼は、この段階で水道水中の金属イオンにより消泡剤として働き、灌ぎ水の泡切れが良くなる訳である。洗剤中への添加量は約0.5-0.8%程度である。

e) 酸化漂白剤¹³⁾

表3 各国の合成洗剤および洗濯条件の相違点

項目	日本	米国	ドイツ
洗濯温度	15~25°C	30~60°C	50~70°C
使用水の硬度	普通軟水	やや硬水	硬水
洗濯機	パルセータ型 渦巻き流れ型	回転ドラム	回転ドラム
泡立ち	高発泡型	低発泡型	低発泡型
界面活性剤	LAS/AES/POE	LAS/AES/POE	LAS/AES/POE
ビルダー	ZEO/炭酸Na/ Na ₂ SO ₄ /Na ₂ O· SiO ₂ 類	同左	同左
添加剤	CMC・蛍光染料・ 過炭酸Na・酵素 PACA-Na等	CMC・蛍光染料・ 過硼酸Na・または過炭酸Na 酵素・PACA-Na等	CMC・蛍光染料・ 過硼酸Na・PACA-Na 酵素

注 1) 界面活性剤・ビルダー・添加剤等は代表的例であるので誤解のないよう。

2) 洗剤配合は同じ界面活性剤でもHLBおよび配合比率で性能が変わる。

3) LAS：アルキルベンセンスルホン酸塩

AES：ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩

POE：ポリオキシエチレンアルキルエーテル

ZEO：ゼオライト

xNa₂O·ySiO₂：ケイ酸ソーダ

Na₂SO₄：ボウ硝

CMC：カルボキシメチルセルローズNa

PACA-Na：ポリアクリル酸Na

合成洗剤中には一般に酸化漂白剤が添加されている。日本では常温洗濯の習慣から、多くは過炭酸ソーダが使用されている。一方ヨーロッパでは伝統的に高温洗濯の習慣から過硼酸ソーダが好んで使用されてきた。しかし、合成繊維の普及とか省エネルギー等の影響で、洗濯温度は木綿・亜麻の時代のいわゆる煮沸洗濯から40-50°C程度に低下している。この為に漂白剤（過硼酸ソーダ）の活性化触媒として、テトラアセチルエチレンジアミンが添加されるようになった。表3にやや定性的であるが、各国の合成洗剤および洗濯条件の相違点を示す。

f) 液体合成洗剤

この部類には衣料用（重質・軽質）の他に食器用の液体洗剤を入れることが多い。このうち米国では日本と違い衣料用重質液体洗剤の粉末および粒状重質洗剤に対する割合は圧倒的に高く、約40%にも達している。

価格はもちろん有効成分当たり高いが、特に米国では完全自動電気洗濯機の普及度が高く、液体型は定量添加がしやすく、洗濯時に手を汚さずに、乾燥まで手間がかからないことに最大の理由があるものと筆者は考える。

この種の液体洗剤は製品の粘度が重要で、夏・冬適度の粘度範囲内（流動性を保持）にあるように配合される。増粘剤としては食塩が一般的な添加剤であるが、配合によっては脂肪酸ジアルキロールアマイド・ポリエチレングリコール6000-8000ジステアリン酸エステル・両イオン性界面活性剤・アルキルジメチルアミノオキサイド等が使用される。さらに食器洗剤ではその上、手荒れ防止が重要で、被膜形成性の前期両イオン活性剤・アミノオキサイドの他基本的に皮膚に温和なアルキルポリグルコシド系非イオン性界面活性剤¹⁵⁾が現在は花形素材で、日本では花王^株1社が特許の元で使用しており、欧米ではヘンケル社(Henkel)が著名である。

g) 洗剤のコンパクト化

1988年（昭和63年）に日本では初めて花王^株より発売された³⁾。嵩張らず・溶けも良く・省資源的で、特に自家用車族のまとめ買いに便利がられた。その後瞬く間に世界に広がり、洗剤以外のハウスホールド製品にまでおよんでいる。メーカー側からは無磷化でゼオライトに変わり、さらには非イオン性界面活性剤とか熱に弱い各種酵素・酸化漂白剤等の添加の必然性も加わり、従来

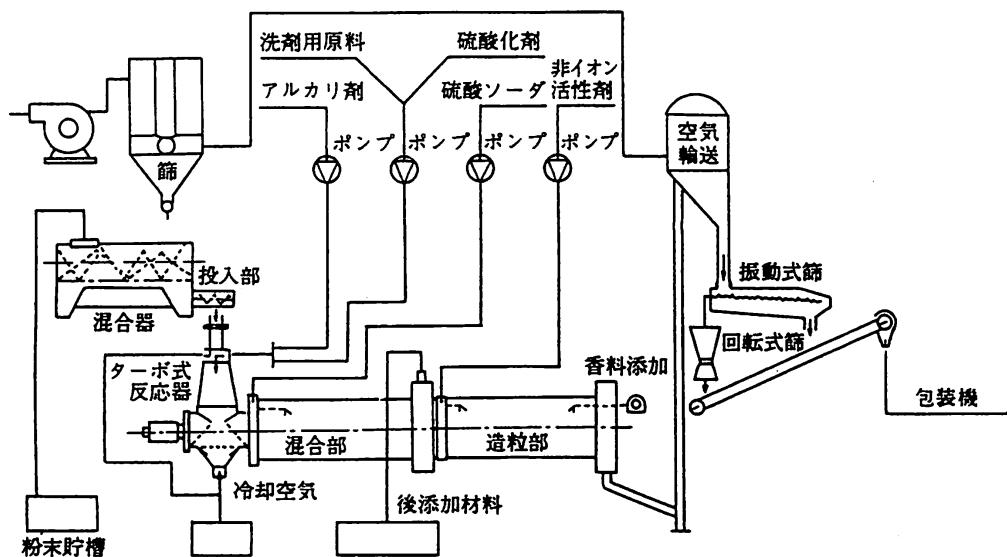


図5 瞬間凝結型システム

の噴霧乾燥機での粉末化がやや熱エネルギー的に無駄な点も見直されたことも原因していると見て いる。原理としては次的方式が一般的と考える。

- ① 酵素・非イオン性（液体ないし固体型）界面活性剤・陰イオン性 AES 等酸化性漂白剤、ビルダーとしての炭酸ソーダ・香料等はあらかじめゼオライトに収着させて顆粒状とし、A コンポーネントとする。
- ② 比較的熱に強い陰イオン性界面活性剤・カルボキシメチルセルローズ・ボウ硝等のビルダー・ゼオライトの一部等は噴霧乾燥または造粒機で顆粒化し、B コンポーネントとする。
- ③ A と B を均一に混合して製品とする。

一例を Naviglio 氏の公表文献から示そう¹⁹⁾。

(図 5)

h) 硬水軟化剤

ゼオライト・ポリアクリル酸ソーダのみでは特に水質の悪い所では不十分で、例えばトリニトリロ酢酸塩 (NTA) が使用される。エチレンジアミンテトラ酢酸ソーダ塩 (EDTA) 等も使用できるが、EDTA は価格が高いので使われていない。前者は一時期河川に流出して、河川の底に残存しているコバルト・銅・ニッケル等の有害性金属イ

オンを水溶性化して、河川中に溶けて、魚類・貝類に蓄積して人間に害をきたす恐れがあるとのことで、ドイツで環境影響試験が専門委員会により河川等で実験された。1984年（昭和59年）に第一次報告が出て、ドイツの河川・湖沼・近海でモニタリングを数年にわたって行い、金属水溶化による水生生物・鳥類・魚類および連鎖による人間にに対する影響を調査した。それによると、少なくとも、2万トン/年以内の量であれば環境影響は無いと報告される。現在世界ではカナダと北欧では使用されているが、EPA（米国環境局）は洗剤への添加には許可しているが、使用されているかどうか、また最近のドイツの状況も残念ながら知らない。日本では使用されていない。

7. 合成洗剤用界面活性剤の連続硫酸化^{20~26)}

合成洗剤用界面活性剤の製造は大量生産であるので、大手洗剤メーカーには例外無く連続硫酸化装置が1970年（昭和45年）代より導入されている。利用できる洗剤原料としては、高級アルコール・ポリオキシエチレンアルキルエーテル・アルキルベンゼン・ α -オレフィン・脂肪酸アルキル

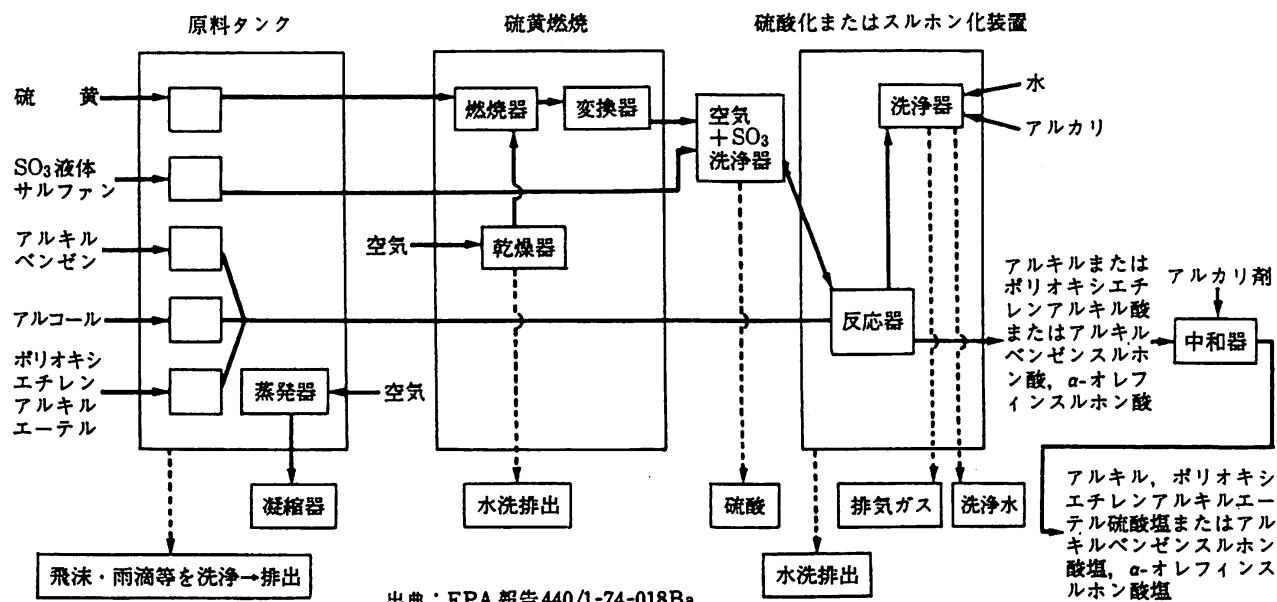
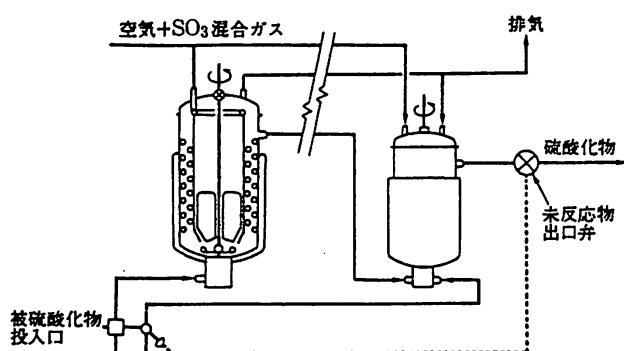
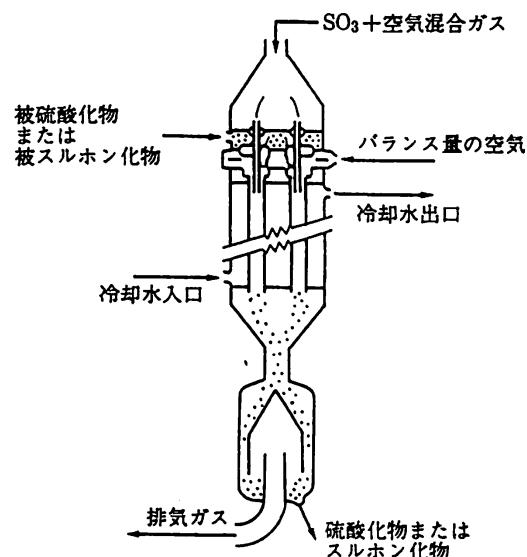
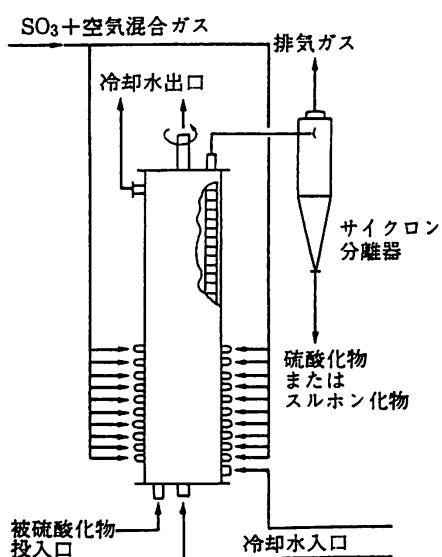
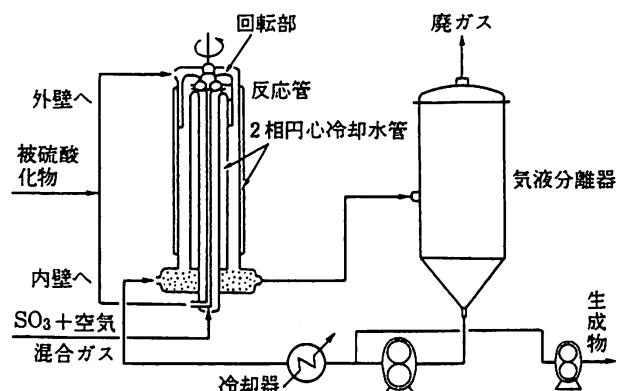
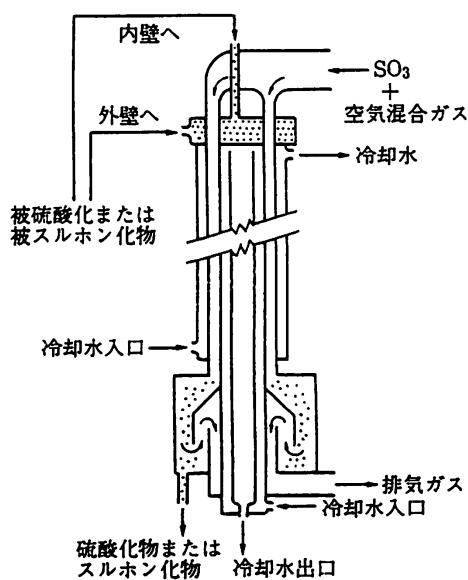
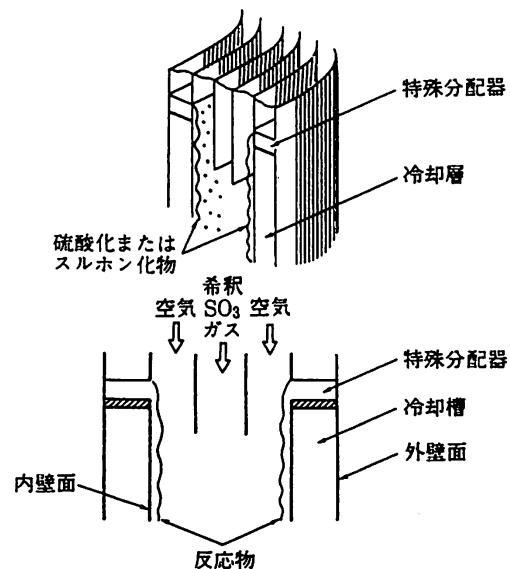


図 6 SO_3 による硫酸化およびスルホン化フローシート

図7 バレステラ方式²⁰⁾図10 マソニー方式²³⁾図8 ペロール社方式²¹⁾図11 ケミソン方式²⁴⁾図9 アライド方式²²⁾図12 TO反応器部分²⁵⁾

エステル等である。連続硫酸化装置には種々の方式がある。まず一寸古い EPA 報告 440/1-74-018 Ba によるとサルファン（液体無水硫酸）=現在は硫黄燃焼+触媒による連続発生装置とセットとなっている。図 6 に示す²⁰⁾。

また各社の連続硫酸化の部分を図 7~14^{21~26)} に

示そう。花王方式の特徴は何といっても装置に回転部分が無いことと新原料は濃度の高い無水硫酸と接触し、急速に冷却されて短時間に反応が完結するような反応器底部より上昇する逆流方式に考案されていることである。世界では多分1953年（昭和28年）前後の米国のケミソン社の装置が最初と思う。話は前後しますが、花王として最初に連続硫酸化装置の実用化に成功したのは1960年（昭和35年）に自社でクロールスホン酸による装置を私等の東京研究室時代に成功させた。現在は、どの装置も硫黄の燃焼ガスは触媒で無水硫酸とし、乾燥空気で 5 % 程度に希釈され、反応器に導入される。他の装置の特徴は各社の特許と図面より御理解頂きたい。

8. 結 び

去る1994年8月の講演内容を若干加筆し補足しました。合成洗剤も長年の諸外国の研鑽と日本各社も含めその改善に大きく寄与しているという事実を実感して頂けたら筆者として満足を感じる次第です。

参 考 文 献

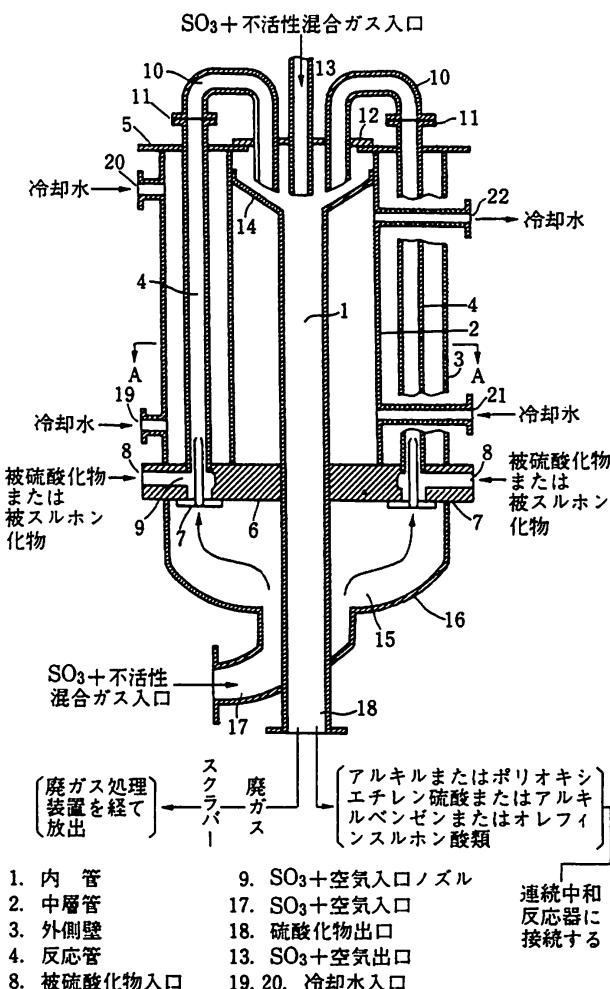


図 13 多管反応器花王方式²⁶⁾

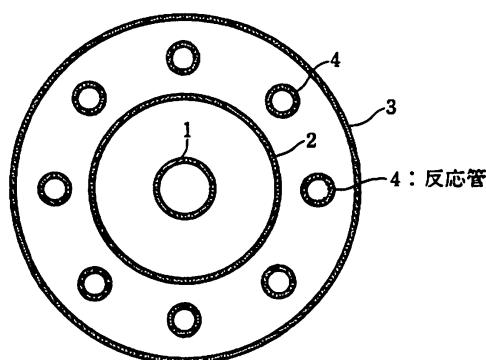


図 14 反応器の横断図²⁶⁾

- 1) 刈米孝夫『界面活性剤の性質と応用』幸書房（1988）。
- 2) 刈米孝夫『油脂』43[7]92-98 (1990)。
- 3) 花王石鹼, 50, 70及び100年史 (1978, 1980, 1993)。
- 4) 小田良平・寺村一広『界面活性剤の合成とその応用』楨書房 (1957)。
- 5) A.M. Schwartz, L.W. Perry, *Surface Active Agents*, Interscience Inc., New York (1949)。
- 6) N. Schönfeldt, "Grenzflächenaktive Äthylenoxid-Addukte" Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart (1976)。
- 7) Marshall Stig "Detergent Manufacture" Noyes Data Corp., Park Ridge New Jersey (1976)。
- 8) 『ライオン油脂60年史』(1979)。
- 9) 日本油脂㈱『日本油脂の30年史』
- 10) 『日産化学㈱80年史』(1969)
- 11) 日本石鹼洗剤工業会（通産省統計室資料より）米田専務理事殿の講演資料 (1992)。
- 12) 刈米孝夫『油脂』33[1]99 (1980)。

- 13) 同上『有機合成協会誌』43(8) 789-806 (1985).
 14) 『日本触媒化学工業50年の歩み』(1991).
 15) 刈米孝夫『油脂』43[12]96-102 (1990).
 16) 同上『油脂』44[5]99-102 (1991).
 17) 同上『油脂』44[6]98-102 (1991).
 18) 日本石鹼洗剤工業会『油脂・石鹼工業史—最近の10年の歩み—』(1980).
 19) 刈米孝夫『洗浄設計』No. 40, 72-78 (1988).
 20) B.R. Shafesma, *Detergent Age*, 1, 22 (1965); M. Ballestra, USP 3, 198, 849 (1960); S.J. Silvis *et al.*, *J. Am. Oil Chemi. Soc.*, 40, 618 (1963).
 21) H. Grunewalt *et al.*, USP 3, 428, 742 (1964).
 22) J.E. Vander Mey, USP 3, 328, 460 (1964).
 23) A. Lanteri, USP 3, 931, 272 (1971).
 24) Technical Bulletin "Sulfur Trioxide Detergent Process Equipment" Chemithon Corp., Seattle, Washington USA.
 25) 須々木琳之助 [ライオン油脂㈱] USP 3, 839, 391 (1974).
 26) 馬島幹寛治・武井憲輔 [花王㈱] 日特公報, 昭47-37, 407 (1972), 伝慶一・馬島寛治・今村恵泰 [花王㈱] USP 4, 086, 256 (1978), USP 4, 097, 242 (1978).

The History of Synthetic Detergents in Japan

Takao KARIYONE

(President of Kariyone's Surface Science Institute)

History of synthetic detergents in Japan is described. Japan received technological research results on synthetic detergent of active ingredients mainly from German IG group patents between 1926 to 1930.

Each country has its own conditions, for example, water hardness and the use of washing machine. Therefore, formulation household products such as heavy duty or light

duty soiled cloth detergent and detergent used in kitchen should be prepared to satisfy consumer's needs in every country.

Some of the special Japanese idea are also written, which gave big influences on the synthetic detergents field of the world.

In addition continuous sulfation and sulfonation apparatus are introduced, which have been used in the world as well as in Japan.

[技術史シリーズ 第13回]

環境問題からみた合成洗剤の技術開発史

大場 健吉*・武井 玲子*

1. はじめに

合成洗剤業界は、30余年前から人体安全性および環境安全性問題を経験し、その対策技術の開発とそれに続く工業化をもって解決してきた。これらの環境問題を振り返ってみると、1960年代初めは発泡による水質汚濁、さらに台所用合成洗剤の普及とともに人体安全性が、1970年代にはビルダーとして配合されていたリン酸塩による富栄養化問題が、それぞれ表面化した。日本では、1960～1970年代にかけては、まさに化学物質の人体・環境安全性問題、いわゆる公害が大きく社会問題化した時代であった。その中で、合成洗剤問題は毎日のように新聞紙上に取り上げられるなど大きな関心を呼んでいた。1980年代後半になると、地球規模の環境問題が世界的にクローズアップされ、業界は環境負荷のより一層の低減をめざした合成洗剤の開発に努力してきている。合成洗剤の成分のみならず、詰め替え容器など容器・包装についても省資源・省エネルギーを考慮した製品が上市されている。

合成洗剤は一般消費者が日常生活の中で頻繁に使用するために、その問題は特に大きく関心を呼び、社会問題化したと考える。洗剤業界は、問題解決のために行政機関をはじめ各種研究機関、学会、消費者と協力しながら、技術開発を推進してきた。図1に示すように、合成洗剤の技術開発の歴史は環境問題対策とともに歩んできた歴史と見ることも可能である。

1995年4月25日受理

* ライオン(株)

本文では、便宜的に1960～1970年代の地域的な環境問題いわゆる公害問題対応を第Ⅰ期とし、1980年代以降から現在までの地球規模の環境問題対応を第Ⅱ期と区分して、法規・行政機関、学会・研究機関、消費者の対応も含めた全体的なリスクマネジメントの観点から、合成洗剤の環境問題に対する技術開発の歴史を振り返ってみたい。

ちなみに、リスクマネジメントとは、米国国家研究審議会(NRC: National Research Council)の報告書⁴⁴⁾によると、リスクアセスメントの結果とともに技術データ、社会的、経済的、行政的な観点をふまえて最も適切な規制措置を選択するプロセスである。一般に、リスクマネジメントは、まずリスク源について考え、そのリスクがいつ、どのように認識されたか、次にそのリスクに対してどのような低減策がとられ解決されたか、そして現状はどうであるのかという一連の工程を考えられている。

2. 第Ⅰ期環境問題対応(1960～1970年代)

2.1 水質汚濁(発泡)問題

図2は合成洗剤の発泡による水質汚濁問題が、業界や立法・行政機関、消費者、学識者によって、どのように認識され、それに対してそれぞれの機関がどんな対策をとり問題解決を図ってきたか、を経年的に示したものである¹⁾。この図で概略的な水質汚濁に対するリスクマネジメントが理解していただけると思う。

2.1.1 水質汚濁問題のリスクマネジメント

第二次世界大戦後、欧米では合成洗剤が急速に普及して従来の石鹼に置き替わった。図3に示すように日本でもそれらの生産量は同様な傾向で推

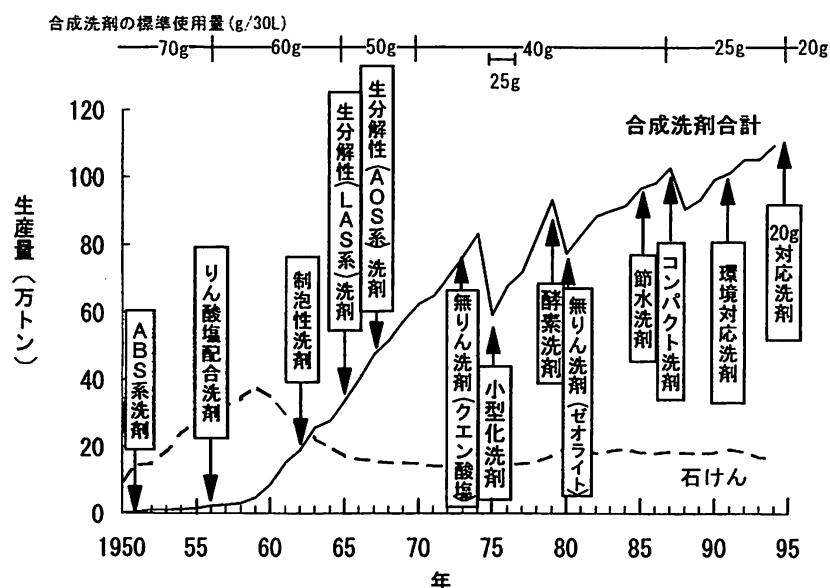


図1 環境対応からみた合成洗剤の技術的変遷と生産量

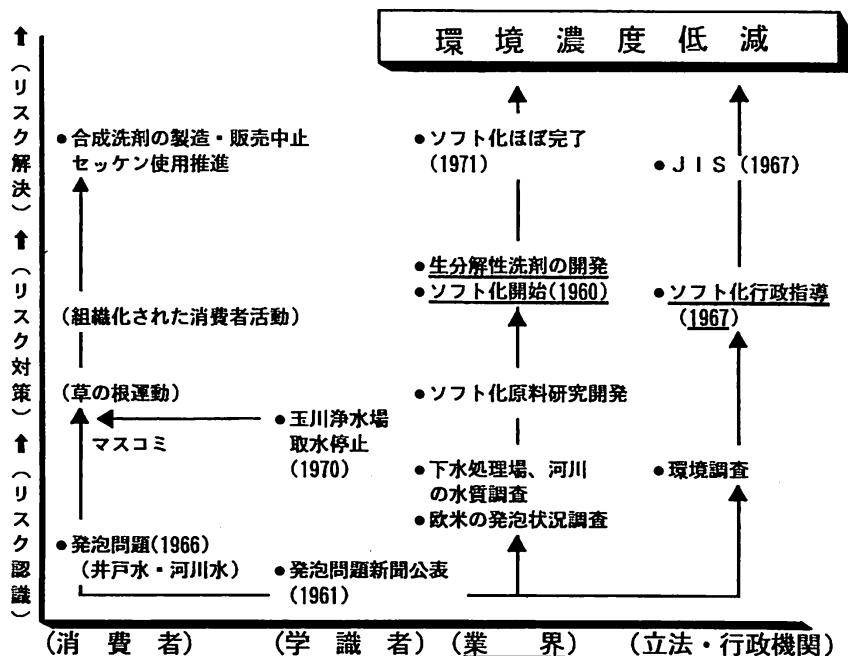


図2 水質汚濁(発泡)問題のリスクマネジメントプロセス

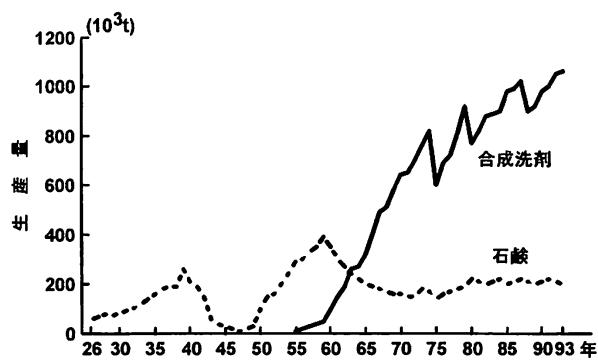


図3 石鹼・洗剤の生産量推移

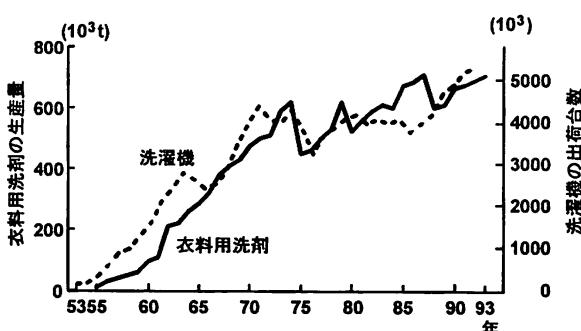


図4 衣料用洗剤の生産量推移と洗濯機の年間出荷台数推移

移している。特に、衣料用洗剤の生産量は、洗濯機の普及とともに極めてドラスティックな伸びを示していることがわかる（図4）。開発当時の合成洗剤の有効成分は性能、商品価値、価格安定性の点から大部分がABS（分岐鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩）であった。ABSはプロピレンを4分子重合させて得たプロピレンテトラマーとベンゼンの縮合物のスルホン化物である。当時のABSを主成分とした衣料用洗剤の商品組成の一例を示せば次のようである^{2,3)}。

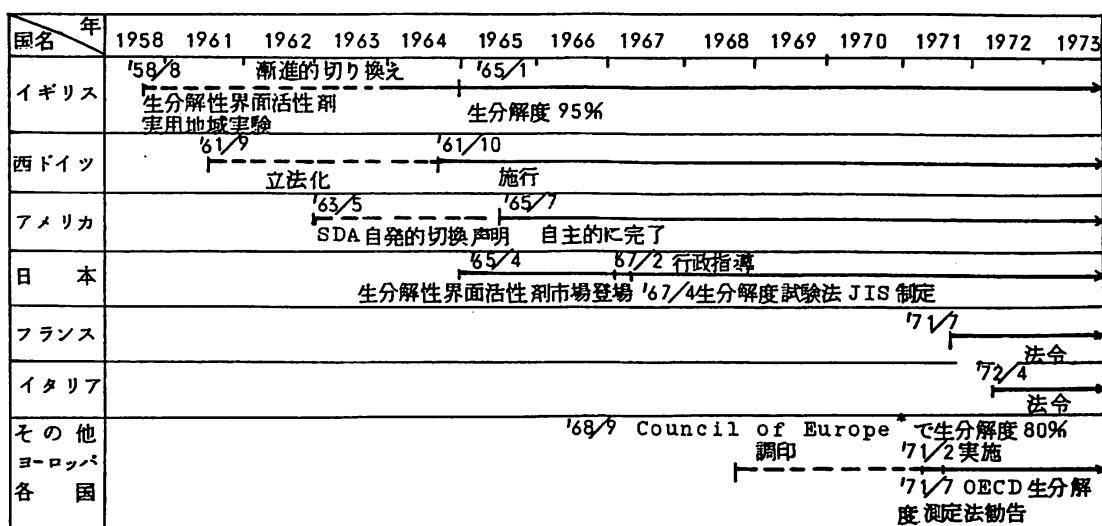
ABS 25%, リン酸塩（トリポリリン酸ナトリウム）25~20%, ボウ硝35%, アルカリ塩（ケイ酸ナトリウム、炭酸ナトリウムなど）、CMC、香料、蛍光剤、その他性能向上剤。

ABSのプロピレンテトラマーは炭素12個が主であるが、その炭素原子のつながり方が枝分かれした構造をもっており、そのために微生物によって分解され難いものであった。ABSは、生物学的に安定な物質であるため、使用後環境に廃棄されたものは自然環境でその蓄積がおこり、次のような現象が社会問題化した。すなわち、発泡および活性汚泥への影響による下水処理能力の低下、工業用水再生の困難、発泡による河川・湖沼の美

観の阻害、水生生物への影響、水道水、井戸水（地下水）などへの浸透である。

日本で発泡問題が顕在化したのは1960年代初めであり、井戸水を含む飲料水汚濁であった⁴⁾。水処理上のトラブルの代表例として多摩川を取水源とする玉川浄水場の操業停止があげられる。下水道システムが不備の上に流域住民の増加や合成洗剤の使用量の増加に伴い河川水中のABS濃度が増加し、1965年には発泡限界の0.5 mg/Lを超える2.0 mg/Lに達した。玉川浄水場は活性炭処理などによるABS除去対策を講じたが、作業上も、経済的にも採算が合わなくなり、1970年に取水を中止している⁵⁾。

一般に生物学的および化学的に安定な合成化学品については、その蓄積問題およびその他の環境衛生における諸問題は早くから識者の間で懸念され、検討されていた。例えば、1938年DDTを発明したPaul Müller et al.⁶⁾は、その論文中でDDTの蓄積問題にすでに言及している。また、1960年代初めに発行された著書、Rachel Carson著“Silent Spring”には、化学物質による環境汚染問題を社会的問題として取り上げ、安定な合成化学品に対して警告を行っている。ABSもこの



* 加盟国：オーストリア、ベルギー、キプロス、フランス、西ドイツ、ギリシャ、アイスランド、イタリー、ルクセンブルグ、マルタ、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、スイス、トルコ、イギリス

図5 各国の生分解性界面活性剤への切り替えの状況

例の一つであった。

ABS による水質汚濁問題は、英国では1950年代初めに、ドイツでは1959年に発生した大かんばつによる水不足をきっかけに、それぞれ表面化している。

この対策として、分岐したアルキル基を直鎖構造に変えた直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) が生分解されやすい代替物として、欧米各国で採用された。難生分解性 (ハード型) の ABS から生分解性の LAS への切り替えは、一般に「合成洗剤のソフト化」と呼ばれている。すなわち、西ドイツでは、連邦法により1964年10月から、アメリカでは自主規制により1965年7月から切り替えられ、またイギリスでは漸進的に移行し、1965年には完全に LAS 系に切り替えられた。図 5 に世界各国の生分解性洗剤への切り替えの状況を示す。

LAS の開発は、次のように行われた。1950年頃には、発泡問題を解決するには生物学的に分解消失する洗剤が望ましいとの結論に達していた。そして、生物学的に分解しやすい構造の探求が行われた。一方、生物学的分解のメカニズムの研究が行われ、アルキル鎖が枝分かれしていると微生物による β -酸化の進行が妨げられるが、直鎖のものでは分解されることが判明した。これは、当時、ソフト型 ABS、または LAS と呼ばれていた。LAS の原料としては、石油ケロシンより分子篩法により分別された n-パラフィンと、石油ワックスの精製・熱分解またはチーグラー法によるエチレン重合の α -オレフィンがある。分子篩法として ISO Siv (Linde) 法、Molex (UOP) 法、ESSO 法、British Petroleum 法のほかに尿素付加法 (Shell) も用いられている。n-パラフィンはモノクロロパラフィンを経て直接あるいはオレフィンを経て、また α -オレフィンは直接にベンゼンと結合してアルキルベンゼンとなり、さらにスルホン化されて LAS になる²³⁾。当時か

ら現在においても、LAS は合成洗剤の主要な界面活性剤として世界各国で使用されている。LAS は、低価格でバランスのとれた性能をもっていることから、直ちに他の洗剤原料に置き換わるとは考えにくいものの、より生分解性の良好なかつ省資源・省エネルギーなど地球環境保全の社会要請から、LAS 以外のいろいろなタイプの生分解性界面活性剤に関する研究開発が世界各国で盛んに行われてきている。

日本での生分解性界面活性剤への切り替え対策は、1965年頃から検討された。1967年2月通産大臣の「今後の合成洗剤のあり方」についての諮問に応じて、通産省軽工業生産技術審議会内におかれた合成洗剤部会は次のような答申を行った。その骨子は合成洗剤のハード型からソフト型への転換を1968年度中に生分解度80%以上とし、1970年度もしくはそれ以降は最終目標として分解度85%以上とすることであった。その主旨にそって、合成洗剤のソフト化への行政指導が行われ、これに伴い「陰イオン合成洗剤の生分解度試験方法」が1967年 JIS (K 3363) として制定をみている。

洗剤消費量のまだ少なかった日本では、消費量の多い欧米諸国で社会問題化したほどすぐに緊急な事態になるとは考えられていなかったが、洗剤業界は将来にそなえて1965年から、世界で4番目にソフト化を自主的に開始した。通産省の調査によると1970年には家庭用合成洗剤の85%、1972年には97.5%が LAS に転換されている。業界はこの合成洗剤のソフト化の推移をみるために、都市下水処理場や河川水の分析調査を長年にわたって行いフォローしてきた。その結果、生下水中の ABS の割合が減少してきたことから合成洗剤のソフト化の推移が実証されている²⁴⁾。

2.1.2 生分解性界面活性剤 (AOS) の開発

ABS を生分解性に改良した LAS もその分子構造中にフェニル基を含有するため、より易生分解性の直鎖のアルキルサルフェート ($ROSO_3X$)、直

鎖アルキルスルホネート (RSO_3X) 系界面活性剤が求められた。 α -オレフィンをスルホン化-中和して合成される AOS もその一つであり、合成洗剤の性能上は必ずしも必要ではないベンゼン環を含まない、安価な原料開発をめざした研究開発が行われていた。

α -オレフィンを界面活性剤の親油基の原料として利用する考えは1930年代から既にあり、いろいろな方法を利用して親水基の導入を図る研究がなされた。C 14~18の α -オレフィンをガス状 SO_3 でスルホン化することによって AOS は得られるが、アルキルベンゼンをスルホン化するのに比べ反応速度が非常に速く、反応熱も大きいため局部反応が生じやすく、そのため色調が悪く、副生するポリスルホネートは界面活性能や粉体物性を劣化させた。多くの企業や研究所が AOS の開発に取り組んで次々と断念した中で、ライオン油脂㈱は1966年から本格的な工業化を開始し、1967年には AOS を主成分とした合成洗剤、「ダッシュ」の工業的開発に成功した⁸⁾。これは世界で初めてのことである。さらに、AOS の製造については、1972年に連続スルホン化反応器 (TO-Reactor) の開発に成功し、1976年に工業規模で稼働させた。この技術開発は、 α -オレフィンの流下薄膜を特殊なスリットを通して均一な厚みとし、かつ SO_3 ガスとの接触をエアカーテンの導入により、 SO_3 ガスの α -オレフィン薄膜への拡散移動速度をコントロールして局部過熱を無くしたために AOS の品質は飛躍的に向上した⁹⁾。AOS は、起泡力、洗浄力など洗浄成分としての性能や生分解性が極めて良好であり、無リン洗剤、コンパクト洗剤の主要な界面活性剤として広く活用された。AOS の開発は、1960年代にあってより環境負荷の少ない界面活性剤の開発に対する大きなチャレンジであった。この AOS 製造と性能については、別の文献を参照願いたい^{8~10)}。

2.2 人体安全性・催奇形性問題

2.2.1 人体安全性・催奇形性問題のリスクマネジメント

1956年、ライオン油脂㈱は、「ライポン F」の商品名で ABS を配合した野菜・果物、食器洗浄用の台所用合成洗剤を日本では初めて市販した。1958年には、花王からも「ワンダフル K」の商品名で、同様な合成洗剤が市販された。

ところが、この台所用洗剤が普及しつつあった1962年1月、ABS 系合成洗剤有害論が学識経験者の意見として大きく新聞紙上に紹介された¹¹⁾。「ABS はそれ自体が溶血性、酵素阻害作用などを持つものであるから無害ではなく、有害な ABS が洗浄後野菜に残留するので家庭での使用は充分注意する必要がある」との内容であった。ここではじめて、合成洗剤の人体安全性の潜在的リスクが社会的に認識されたといえる。

1969年には、合成洗剤を実験動物に経口投与したところ、胎仔に奇形を認めたとの研究が新聞、ラジオを通じて報道され、一般消費者はこの問題を突然に認識することとなった。その後も台所用洗剤や主原料の界面活性剤をマウス、ラットに経口、経皮、皮下注射投与する催奇形性試験の結果、奇形を認めたとの報告が学会¹²⁾やマスコミを通じて発表された。繰り返しマスコミにセンセーションに取り上げられた催奇形性問題はサリドマイド禍の記憶が未ださめやらぬ消費者に大きな不安をもたらし、この問題をきっかけに洗剤有害論が活発化した。

1960年~1970年代にかけては多種多様な化学物質の広範囲使用による人体・環境影響が大きく社会問題化した時代であった。このような時代にあって、草の根活動から組織化された消費者運動は、合成洗剤の人体安全性、催奇形性、手荒れ、環境問題などいくつかのリスク（懸念）を混在させた有害論を形成して合成洗剤追放運動として発展していく。

図 6 に合成洗剤の人体安全性・催奇形性問題の

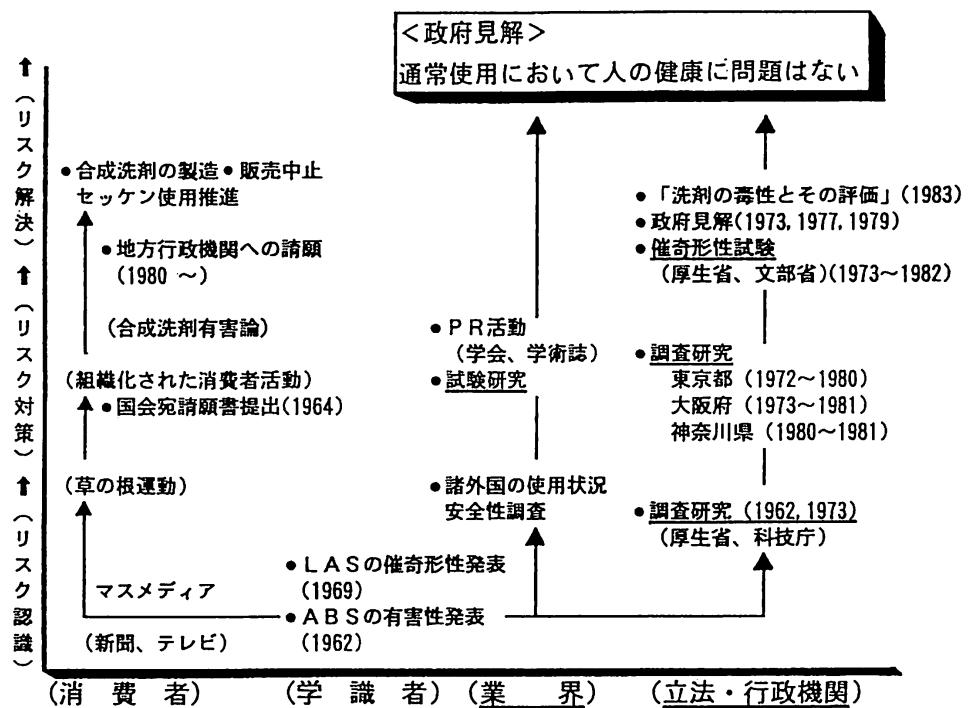


図 6 人体安全性・催奇形性問題のリスクマネジメントプロセス

リスクマネジメントプロセス¹³⁾を示すが、本問題は、合成洗剤の有害性、催奇形性評価、すなわち、リスクアセスメントに焦点がしばられている。業界や立法・行政機関（中央、地方）は、以下に述べるように安全性評価のために各種試験を企画推進し、その結果通常使用条件では安全であること、催奇形性は無いこと、を確認している。

2.2.2 政府・行政機関の動き

厚生省は台所用合成洗剤が上市されるとすぐに、食品衛生向上のために洗剤の利用を推奨する通達を行った¹³⁾。これは当時、野菜・果物の残留農薬や寄生虫卵による汚染が著しく、その除去対策として洗剤の効用が期待されたためである。

1962年に始まった合成洗剤の有害・無害論争は、国会でも議論されるに至り合成洗剤の安全性をめぐって1962年と1973年の前後2回にわたり国による科学的調査が決議され実施された。

1962年の調査内容は、ABS洗剤の食品衛生上の問題や皮膚障害、製造工場従業員の障害、さらには上水・下水処理への影響と広範なものであった¹⁴⁾。1962年11月、これらの調査結果に基づき、

食品衛生調査会は「洗浄の目的から甚だしく逸脱しない限り人の健康を害うおそれがない」との答申を行った¹⁵⁾。その後答申の主旨にそって厚生省から通知が出されている¹⁶⁾。1973年の調査研究は、催奇形性問題をきっかけに洗剤有害論が再び盛り上がりをみせた社会情勢を考慮して企画・実施されたものである¹⁷⁾。研究対象は当時の台所用洗剤の有効成分であったLAS, AOS, AES（ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩）に関する皮膚塗布による生体影響研究であった。さらに、AS（アルキル硫酸エステル塩）他5種についても調査研究が行われている¹⁸⁾。一方、社会の要請、消費者の不安解消を目的に東京都¹⁹⁾、大阪府²⁰⁾、神奈川県²¹⁾など自治体も合成洗剤の人体影響研究を行っているが、いずれの研究結果も、合成洗剤の通常使用時の安全性は問題がないという評価結果である。また、3回にわたり政府に提出された合成洗剤の安全性等に関する質問主意書に対する回答も、通常使用時においては健康に問題はないとする内容である。一方、東京都は1980年、洗剤による野菜・果物の洗浄については寄生

虫卵、残留農薬類の汚染の現状からみて、洗剤を使用する必要性に乏しく水洗で充分である旨を公表し、指導を行っているが、その施策が安全性の理由によるものと一部誤解され、混乱がみられた。

1983年には、厚生省は合成洗剤の安全性について学術専門家による文献学的に再評価した単行本を出版している²²⁾。これは、それまでの安全性問題の学術的、行政的内容の総まとめであり、有用なものである。

2.2.3 業界の動き

合成洗剤業界は1957年に設立した中性洗剤懇話会、その後は日本家庭用合成洗剤工業会、日本石鹼洗剤工業会を中心あるいは各企業毎に合成洗剤の使用法や安全性についての普及活動を行ってきた。製品の安全性に対しては、行政・研究機関の研究に協力するとともに業界レベル、各企業毎に評価を常に行つた上で商品化の努力を行っている。

安全性について今までの経験からいえば、日本では特に企業・業界が実施した安全性試験や評価結果は、消費者になかなか信頼されなかったり、

また消費者は洗剤など化学物質に対して絶対的なあるいは100%の安全性を求める傾向があるようと思う。化学物質の安全性の考え方についての問題は、企業、消費者、行政機関等、それぞれ双方のリスクコミュニケーション、すなわち、情報提供のあり方と内容、方法等総合的な方策を考えていくことが今後の課題といえる²³⁾。

2.3 富栄養化問題

2.3.1 富栄養化問題のリスクマネジメント

1960年末頃から琵琶湖や瀬戸内海など閉鎖性水域での富栄養化現象による漁業被害や飲料水の異臭トラブルが報告され始めた。この富栄養化の原因物質の一つがリンであり、洗剤中に配合されているリン酸塩が制御可能なリン源として取り上げられ、合成洗剤の富栄養化問題が社会的に認識されるに至った。図7に本問題のリスクマネジメントプロセスを示す¹¹⁾。

本来、富栄養化自体は、自然界での湖沼の長い歴史的変遷の一つの現象であるが、産業の発展、人口増加によってこのプロセスが加速されてきておりことで問題が顕在化してきたわけである。

代表的な富栄養化対策の動きとしては、滋賀県

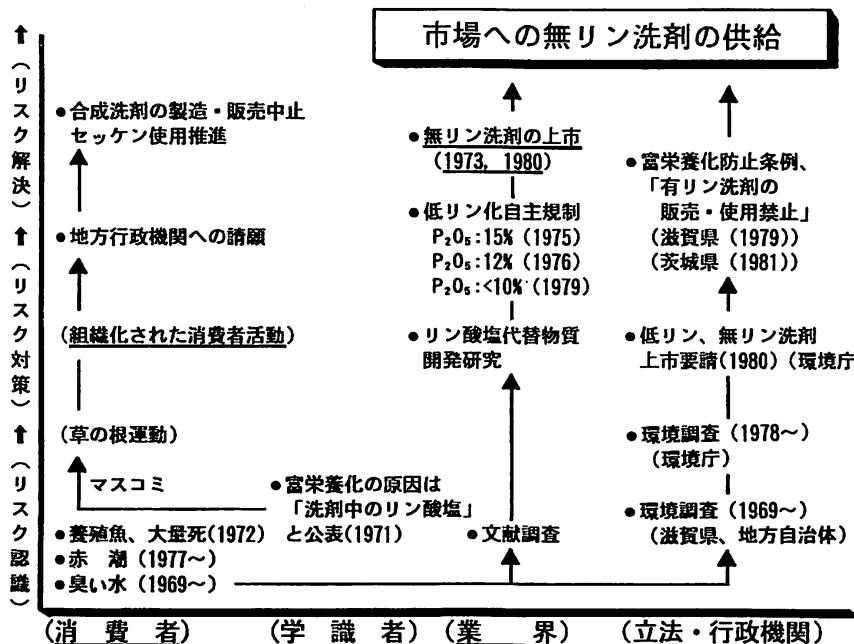


図7 富栄養化問題のリスクマネジメントプロセス

が1979年に公布した「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」であった。この条例ではリン酸塩を配合した洗剤（有リン洗剤）の使用及び販売を禁止しており、関係各方面の関心を集めた。1981年には、茨城県が「霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例」を制定し、その種の洗剤に対しては滋賀県と同様な施策がとられた。また、条例化までには至らないものの、通達などといった形で全国ほとんどの都道府県が富栄養化対策を講じた。国レベルの対策としては1980年3月に環境庁が「富栄養化防止に関する総合対策」を発表し、業界に対しリン酸塩の配合量を少なくした洗剤（低リン洗剤）やリン酸塩を含まない洗剤（無リン洗剤）の開発要請を行っている。このように、有リン合成洗剤への風当たりはかなりのものであり、洗剤業界での低リン化や無リン化の早急な開発が強く望まれていた。

2.3.2 無リン洗剤の開発

従来、トリポリリン酸ナトリウムに代表されるリン酸塩は、LASとともに合成洗剤の基本的成分であった。すなわち、リン酸塩は洗浄液中のカルシウム、マグネシウムなどの金属イオンを封鎖し、水を軟化させたり、再汚染防止効果、無機汚垢の分散効果などにより、洗浄力を高める作用をもつ以外に、粒状洗剤の粉体物性維持にも著効が認められた。

琵琶湖の富栄養化の原因物質の一つとして洗剤中のリン酸塩が取り上げられた当時、環境中に存在するリン分のうち、合成洗剤由来のリン分は1～2割程度と推定された。この比率からみて合成洗剤の低リン化や無リン化対策が富栄養化防止に充分効果のある施策となりえないとする考えも業界にあった。しかしながら、人間活動の結果発生するリン分の内、洗剤由来のリンはコントロールできるものであるとの考え方から、洗剤中のリン酸塩の削減をはかるための技術検討が行われてきた。諸外国においてもほぼ時を同じくして富栄養

化問題が発生しており、その対策として下水の高度処理と並行して合成洗剤中のリン酸塩削減対策が検討されていた。しかしながら、性能、コスト、安全性の面からリン酸塩に勝る代替品の開発研究は難しく、1970年代中頃までに世界の化学工業が投資した研究開発費はすでに500億円を超すといわれ、リンの代替品は特許に現れたものだけでも500種を超えた、といわれる²⁴⁾。

日本における洗剤中のリン分削減に関しては、日本石鹼洗剤工業会が1975年より自主的にガイドラインを設定してきたが、ライオン油脂株式会社は、技術的に至難とされていたこの問題に取り組み、1973年には日本で最初の無リン洗剤、「せせらぎ」を製品化した。しかし、クエン酸ナトリウムをリン代替ビルダーとして採用したため、コストが高く、技術的にも生産性の低下や粉体物性の劣化などの問題があって、おりからの第一次オイルショックと相まって生産を中止するに至った。

無リン洗剤の開発にあたって最も重要な課題は、リン酸塩に代わるビルダーの選択であった。種々の候補物質の中から、カルシウム交換能、コストなどの面を総合的に考慮し、環境および人体安全性に問題の無いゼオライトが最も有望と判断された。ゼオライトは、 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4.5\text{H}_2\text{O}$ で表されるA型結晶構造のアルミノケイ酸塩である。ゼオライトは、結晶粒径の小さい方が低温・短時間でも多量のカルシウムイオンを捕捉することがわかった。水沢化学工業株式会社は昭和23～29年にかけて酸性白土を原料として石鹼向けのゼオライト⁴⁵⁾を上市した経験があり、洗濯物への付着を防ぐために酸性白土を硫酸で処理して反応性の高い活性ケイ酸ゲルとし、これとアルミニン酸ソーダを反応させると一次粒径0.9 μmのそろった微細ゼオライトが得られることを見いだした^{25, 26)}。このようにして①洗濯機の磨耗がなく、②排水管を詰まらせず、③河川や海に堆積しないゼオライトの物理学的特性を定めることができ、

洗剤の無リン化の発展に大きく寄与できた。ライオン(株)は、1980年このゼオライトを用いて再び洗剤の無リン化にチャレンジし、品質、コスト、生産性とも、従来の有リン洗剤と比較して遜色のない無リン洗剤、「無リントップ」の開発上市に成功した²⁵⁾。その後、続々と他の洗剤メーカーからも無リン洗剤が上市され、有リン洗剤から無リン洗剤への切り替えは極めてスムーズに行われた。合成洗剤の無リン化率は、1981年には26.1%であったが、1982年には57.9%，1985年には全洗剤の94%に達し、現在ではほぼ100%無リン化され、洗剤由来のリン分による環境への影響は解消されたといえる。

このような急速な無リン化が達成できたのは、耐硬水性の良好な界面活性剤のAOSやAES、洗浄性能向上剤としての酵素の活用、ケーキング防止のためのゼオライトによるコーティング技術開発など、高度な洗剤開発技術の裏付けがあったからである。その一例として、ゼオライト/界面活性剤系(AOS, LAS)での洗浄力を示す(図8)²⁵⁾。

洗剤の無リン化に伴う洗浄力低下を補うために配合されたのは、蛋白質分解酵素(アルカリプロテアーゼ)であった。酵素を配合した酵素洗剤については、特に欧米において1970年代酵素粉塵吸

入による洗剤工場従業員のアレルギー性問題や酵素の洗浄効果や安全性を疑問視する報告が相次いでなされたが、酵素の造粒技術、コーティング技術の進歩、酵素洗剤製造工場の環境改善により解決された。酵素洗剤の開発技術については、別の総説を参照願いたい²⁷⁾。

3. 第Ⅱ期環境問題対応(1980年代～現在)

3.1 コンパクト洗剤の開発

1987年4月、新しいタイプのコンパクト洗剤、「アタック」が花王(株)より市場に導入された。この新しいタイプの洗剤は、洗濯1回当たりの洗剤使用量が25g/30Lと従来洗剤の40gに比較して、かなり濃縮化された洗剤である。1年後には、その他の製造メーカーからもコンパクト洗剤が上市され、上市2年間のうちに、粒状洗剤中に占めるコンパクト洗剤の割合は55%に達し、1991年にはほぼ90%がコンパクト化されている。コンパクト洗剤は、環境保全上の観点からいえば、省資源・省エネルギー(原料、包装材料の節約)に寄与する一方、利便性という消費者ベネフィットの他、包材費や物流費用が削減できるなどのメーカーメリットもある。このような省資源・省エネルギー製品として衣料用洗剤に始まったコンパクト化の動きは、日本が世界に先がけて進めたもので、柔軟剤、台所用洗剤などに波及している。この傾向は、今や世界的な動向でもある。

コンパクト洗剤には二つの特徴的な技術が使われている。一つは、新規酵素を中心とした新洗浄成分の開発である。新しく開発されたアルカリセルラーゼは、衣料に付着した汚れを直接分解するのではなく、木綿繊維を構成するセルロースに作用し、セルロースと水分子とが造るゲル状構造を効率よく軟化し、そこに閉じ込められた落ちにくい汚れを容易に纖維の外に流れ出させる新しい洗浄原理が提案されている^{28, 29)}。これは、従来のプロテアーゼなどの酵素の持つ洗浄原理とは異なる

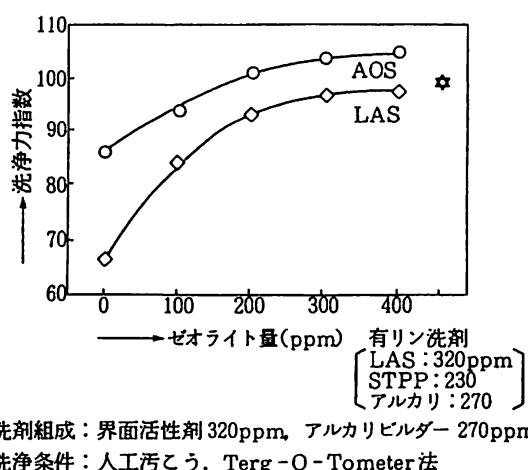


図8 無リン洗剤組成におけるAOS/ゼオライト洗剤およびLAS/ゼオライト洗剤の洗浄力

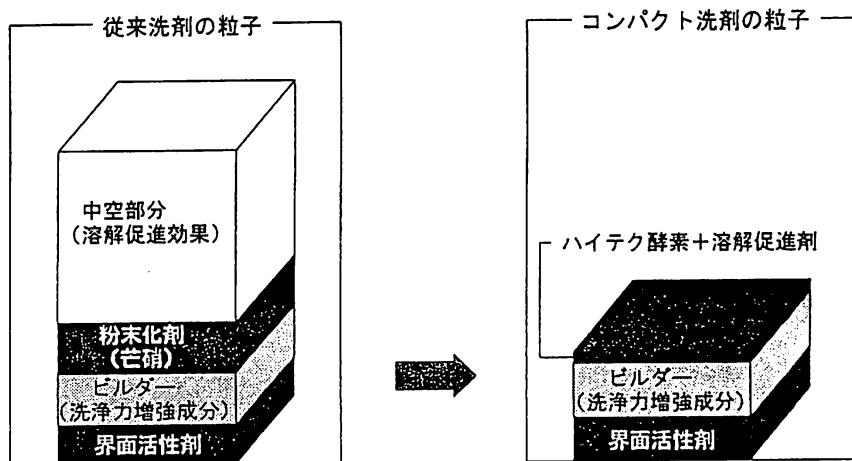


図9 従来洗剤粒子とコンパクト洗剤粒子の構成成分比較

ユニークなものである。一方、衣類に付着する汚れのうち脂質の汚れは70~80%を占めており、繊維の微細構造の細部までしみこんで十分に除去できなかった。脂質汚れの大部分はトリグリセライドであるため脂質分解酵素（リパーゼ）の活用が検討されていたが、アルカリ性での安定性に難点があった。そこで、アルカリ性でも失活することのないアルカリリパーゼが、遺伝子組み替え技術を応用して工業的生産が可能となり、洗剤配合への道が開かれた。この技術は、耐アルカリ性のリパーゼを産生するカビの一種 *Humicola lauginosa* の遺伝子を、既に安全性が確認されていて、かつ酵素生産性の高いコウジ菌 *Aspergillus oryzae* に移しかえるものである。このリパーゼを洗剤に配合することにより、トリグリセライド汚れの除去率が大幅に向上した³⁰⁾。

もう一つは、洗剤製造プロセスのイノベーションであり、新しい造粒技術である。従来の噴霧乾燥技術は、多成分の水系混合物を効率よく乾燥し、水に溶けやすい中空状の粒子をつくる優れた技術であるが、製造された粒子が中空状であるため嵩高な洗剤粉末をもたらす。また、多成分の混合物からなる噴霧乾燥粉末を流動性の良いものにするために大量のボウ硝などのフィラーを必要とした。そこで、①洗浄に直接関与しない成分（粉末化剤のボウ硝）を削除し、②洗剤部分の中空部

表1 従来洗剤とコンパクト洗剤の比較（日本）

	従来洗剤	コンパクト洗剤	
嵩比重 (g/ml)	0.3	0.8	
標準使用量	40 g/30 L (130 ml/30 L)	25 g/30 L (30 ml/30 L)	
組成 (%)	(アニオン) (ノニオン) ゼオライト (シリケート) (炭酸ナトリウム)	25 12 20 20 0.2~0.4	41 20 25 0.4~0.6
酵素	0.1~0.15	0.15~0.25	
洗淨力	40 g/30 L 25 g/30 L	100 —	
		100	

分を無くし、中まで詰まった粒子を製造し洗剤粒子の高密度化をはかる、③溶解促進剤の添加と界面活性剤の改質、の技術開発をもって、1回当たりの洗剤使用量（標準使用量）を水 30 L に対し 40 g から 25~30 g に濃縮したコンパクト洗剤の開発に成功した。図9及び表1に従来洗剤とコンパクト洗剤の比較を示す。なお、コンパクト洗剤の造粒技術に関しては、別の文献を参照願いたい^{29, 31~35)}。

1995年になると、1回当たりの洗剤使用量を 20 g/30 L と、さらに20%少なくした超コンパクト洗剤がライオン(株)からはじめて市販された。その後他の製造メーカーからも上市されたこれらの洗

剤は、新たな洗剤組成開発、酵素技術、製造技術などを結集して実現されたものである。洗剤組成開発技術としては、①少量で高洗浄力を發揮する界面活性剤、 α -スルホ脂肪酸メチルエステル塩(α -SF)の活用と、②酵素、ビルダー、蛍光剤の增量、などによって高い洗浄性能を達成している。一方、界面活性剤量を40~60%配合し、1回使用量当たり20 ml/30 Lと従来の2/3の使用量までコンパクト化(濃縮化)した液体の衣料用洗剤も開発上市された。より少ない量で高い洗浄力を発揮するコンパクト洗剤は、省資源・省エネルギーの環境対応洗剤として有用であり、業界にとってはこれからの課題でもある。

3.2 再生産可能な植物原料配合洗剤の開発

α -スルホ脂肪酸メチルエステル塩(α -SF)の工業的製造技術の開発と製品への応用検討も、再生産可能な植物資源を活用するという視点から環境を考慮した開発技術の一つである。

α -SFは、パームヤシなどの植物油脂から得られる脂肪酸のメチルエステルをスルホン化した界面活性剤であり、洗剤原料として耐硬水性、乳化・可溶化力、生分解性、等に優れた特性を有しており、かねてから世界中の洗剤メーカーに注目

されていた。歴史的には1932年のGuntterによる研究があり、日本では1975年に日本油脂㈱により「ニッサンベース」の製品名で市販されてきた³⁶⁾。このように、 α -SFの反応機構や製造方法に関する研究は、数十年前から行われていたが、LASやASのような主要な界面活性剤として広く利用されなかった。この理由は、①スルホン化時に著しく着色する、②副生成物としてジナトリウム塩が多く生成し、界面活性能が低下する、③スラリーの粘度が高く、噴霧乾燥が難しく、④洗剤中のアルカリ分で加水分解する、であつ

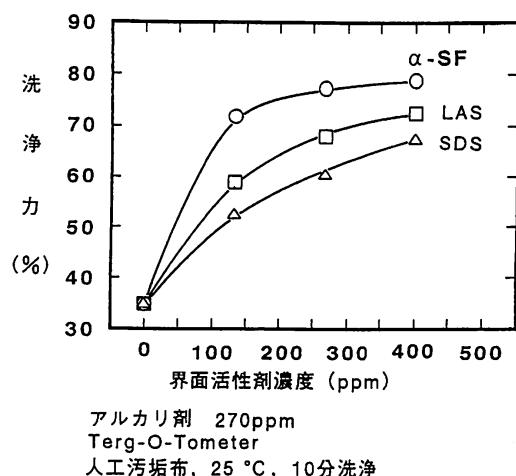


図10 界面活性剤濃度と洗浄力

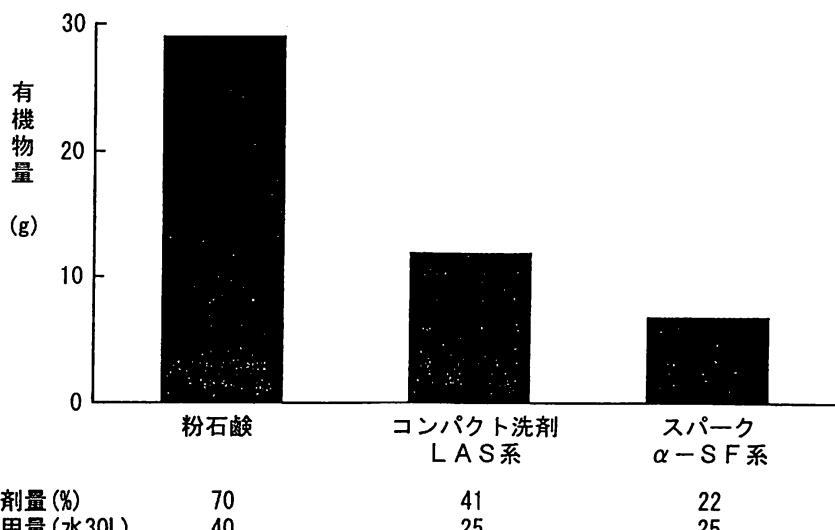
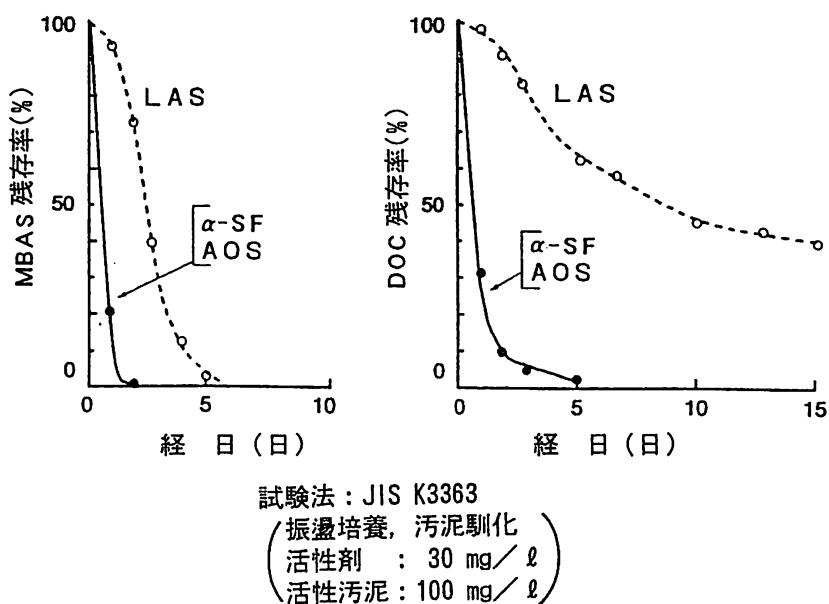


図11 洗濯1回当たりの有機物量(界面活性剤相当分)

図12 α -スルホ脂肪酸メチルエステル塩 (α -SF) の生分解性

た。ライオン㈱は、これらの技術課題を以下の三つのポイントによって克服することができた。すなわち、①反応モル比の適正化や薄膜式等温反応器の利用によるスルホン化反応のマイルド化、②新規漂白技術の発見による色調改善と副生成物(α -スルホ脂肪酸ジナトリウム塩)の抑制、③コンパクト洗剤との組み合わせによる粒状洗剤中の α -スルホ脂肪酸ジナトリウム塩への加水分解抑制、である³⁷⁾。

こうして、1991年3月には α -SFを配合した「スパーク」の上市に成功した。 α -SFは、図10に示すように低い濃度から高洗净力を示すため、スパークの界面活性剤量はLAS系コンパクト洗剤より低く設計されている。したがって、図11に示すように、洗濯1回当たりの有機物量が粉石鹼や従来洗剤よりもはるかに少なく、環境に対する有機物負荷量も極めて少なく、環境適合性の良い洗剤である^{38,39)}。さらに、生分解性も図12に示すように優れていることが確認されている⁴⁰⁾。

3.3 容器・包装

一般家庭などから排出されるゴミの廃棄量は、ここ数年その排出量の伸びが若干ゆるやかになつたものの、依然として処理場や焼却炉処理能力は

限られており、ゴミの減量は大きなそれも緊急課題である。特に、プラスチックゴミは紙類に次いで多い。京都市の調査によると、容積比では容器・包装材料が約60%と多く、その中でもプラスチックが半分以上を占めている。洗剤類の容器・包装は、使用後廃棄されるものであり、省資源・省エネルギーの視点から技術開発が鋭意進められている。環境対応容器・包装を開発する場合は、次の四つの視点から検討を加え、さらに生産性、使い勝手、経済性等の要素とのバランスを図り、最適な開発を進めることが重要である。四つの視点とは、①総量削減(大型容器化:容器/中身の比を小さくする、適正包装化:過剰包装の規制、簡易容器化等)、②易処理性(燃えやすい、低燃焼カロリー、有害物質が出ない等)、③易埋め立て性(嵩ばらない、分解しやすい等)、④資源の有効利用(リターナブル:繰り返し使用、リサイクル:回収再生利用)，があげられる。さらに、廃棄後自然のサイクルに取り込まれるように生分解性樹脂を使用することも一つの手法である。

洗剤類の環境対応容器として、①衣料用洗剤の紙製の詰め替え容器、②液体製品の詰め替え用軟プラスチック包装容器(スタンディングパウチな

ど), ③バックインボックスタイプの容器(柔軟剤など), ④再生紙を利用した一般紙容器, などが開発上市されている。例えば, 台所用洗剤のスタンディングパウチを例にとると, ボトルに比較し, プラスチック使用量として約70%, ゴミの体積は95%以上, 燃焼カロリーは50%以上, それぞれ削減されることになる。

今後ともに, 環境保全を一層考慮した容器・包装技術開発を行っていくことが業界の課題であるが, 廃棄物問題は洗剤業界のみならず関連業界, 行政機関, さらに消費者の連携をもってはじめて達成可能な問題である。

4. おわりに

環境への負荷を評価する手法の一つとして, ライフサイクルアセスメント(LCA)がここ数年注目されている。LCAの考え方は, 製品や原料のライフサイクルの全段階, すなわち, 「ゆりかご」から「墓場」まで, エネルギーや原材料の使用量(インプット)及び大気, 水域, 土壌など環境への廃棄物量(アウトプット)を推算(インベントリー分析)し, ヒトの健康への影響や生態学的影响を定性的あるいは定量的に評価(インパクト分析)して, 資源・エネルギー量や環境負荷量を低減する必要性や機会がどの程度あるかを分析評価(改善分析)する一連のステップで考えられている⁴¹⁾。この手法自体は, まだ確立されたものではないが, 界面活性剤のインベントリー分析を中心としたLCA研究が報告されている^{42,43)}。このLCA研究は, データの収集にかなりのスタミナがかかるが, これに相応する結果がなかなか期待できないという問題点があるようだ。しかししながら, このLCAの概念, すなわち, ライフサイクル全体でのインプット, アウトプットを少なくしようすることは環境負荷軽減のための基本であり, この考え方をベースに今後の合成洗剤に関する技術開発を推進していく必要がある。

振り返ってみると, 日本の洗剤業界は, 無リン化, コンパクト化など, 世界的にリードする技術水準を維持してきた。今後も地球環境保全を一つのキーポイントとして, 例えば, マルチ・イン・ワンタイプの多機能あるいは新機能を付与した洗剤, あるいは一層コンパクト化された洗剤開発など, 環境負荷のより少ない洗剤の開発をめざしていきたいものである。また, 消費者のライフスタイルの変化に対応しつつ, 洗濯機製造メーカーなど洗剤業界をめぐる関連業界の技術革新を受け入れながら, 省資源型の新しい洗浄スタイルあるいはシステムを提案し続けることが洗剤業界に課せられた課題と考える。

参考文献

- 1) 大場健吉, 武井玲子, 「リスクマネージメントと合成洗剤問題」, 『油化学』34 (1985), 161-170頁.
- 2) 富山新一, 「家庭用合成洗剤」, 『工業化学雑誌』68 (1965/11), 27-33頁.
- 3) 富山新一, 「水処理とソフト合成洗剤について」, 『水道協会雑誌』(353) (1964/2), 1-6頁.
- 4) 富山新一, 「本邦における合成洗剤ソフト化の方向」, 『油化学』15 (1966), 488-493頁.
- 5) 小島貞男, 「合成洗剤と水道」, 『用水と廃水』22 (1980), 405-412頁.
- 6) P. Müller, et al. "Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentötenden Stoffen", *Helv. Chim. Acta* 27 (1944), pp. 892-928.
- 7) 富山新一, 「本邦における合成洗剤のソフト化の実状」, 『産業環境年報』1968, 1-6頁.
- 8) 富山新一, 「新ソフト合成洗剤の開発—アルファ・オレフィンよりのAOS製造」『日化協月報』(12) 1969, 707-712頁.
- 9) I. Yamane, "Recent findings and experiences with alpha olefin sulfonates", *JAOCS*, 55 (1978), pp. 81-86.
- 10) 富山新一, 「α-オレフィン・スルホン酸塩 その製造と性能について」, 『油化学』19 (1970) 359-368頁.
- 11) 朝日新聞 (1962年1月11日); 柳沢文正, 「ドデシルベンゼンスルホン酸ソーダの研究」, 『お茶の水医学雑誌』11 (1963), 63-72頁.

- 12) 三上美樹, 他「マウス胚の発育に及ぼす洗剤の影響について」, 『先天異常』9 (1969), 230頁.
- 13) 厚生省公衆衛生局環境衛生部長通達, 衛環発第49号 (1956年9月29日)
- 14) 科学技術庁研究調整局, 『合成洗剤毒性試験結果』(1963~1965)
- 15) 食品衛生調査会委員長阿部勝馬, 「中性洗剤を野菜, 果物類, 食器等の洗浄に使用することについて」(答申) (1962年11月14日): 阿部勝馬, 「家庭用中性洗剤をめぐって」, 『日本公衛誌』10 (1963), 3-5頁.
- 16) 厚生省環境衛生局食品衛生課長通知, 環食第283号 (1962年11月30日)
- 17) 科学技術庁研究調整局, 『合成洗剤の研究成果』, 大蔵省印刷局 (1979)
- 18) 厚生省環境衛生局食品化学課, 「合成洗剤用界面活性剤の安全性に関する研究」『厚生省食品化学レポートシリーズ』No. 7 (1981).
- 19) 東京都衛生局, 「中性洗剤に関する調査研究」(昭48.5.29); アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムの毒性に関する研究 (1980)
- 20) 大阪府, 『中性洗剤小委員会の審議結果について』(昭52.5.11).
- 21) 神奈川県衛生部, 『合成洗剤毒性試験結果』(昭57.7)
- 22) 厚生省環境衛生局食品化学課編, 『洗剤の毒性とその評価』, 日本食品衛生協会 (1983)
- 23) 武井玲子, 「合成洗剤とリスクコミュニケーション」『水環境学会誌』18 (1995), 11-15頁.
- 24) 大場健吉, 増田光輝, 「富栄養化機構の解明, 窒素・リンの発生源 洗剤排水」, 『環境創造』8 (1978), 53-58頁.
- 25) 山根巖美, 豊田貞夫, 奥村統, 中澤忠久, 小川政英, 「無リン洗剤の開発とその工業化技術の確立」, 『油化学』35 (1986), 151-156頁.
- 26) 山根巖美, 奥村統, 「ゼオライト-AOSによる洗剤の無リン化」, 『化学と工業』43 (1990), 1095-1097頁.
- 27) 奥村統, 向山恒治, 「洗剤用酵素」, PETRO-TECH, 14 (1991), 338-343頁.
- 28) 坂口博脩, 社領正樹, 「洗剤用セルラーゼの開発と応用」, 『フレグランスジャーナル』No. 19 (1988), 90-95頁.
- 29) 崔文雄, 「アルカリセルラーゼを含有した高密度洗剤」, 『化学工業』1991 (3), 224-228頁.
- 30) 奥村統, 梅原謙二, 中川龍一, 「アルカリリバーゼの開発と応用」, 『フレグランスジャーナル』No. 91 (1988), 78-85, 95頁.
- 31) 伊佐弘, 「酵素および漂白化剤の開発動向」, 『油脂』48 (1995/3), 64-70頁.
- 32) 崔文雄, 「衣料用洗剤の動向」, 『油化学』41 (1992), 929-936頁.
- 33) 鈴木哲, 「最近の衣料用合成洗剤の動向とその製造技術」, 『フレグランスジャーナル』No. 6 (1994), 81-88頁.
- 34) 村田守康, 「日本における洗剤工業の現状と将来」, 『日本石鹼洗剤工業会40周年記念国際シンポジウム講演集』(1990), 63-74頁.
- 35) 伊佐弘, 「粒状洗剤の形状およびプロセスの開発動向」, 『油脂』48 (1995/4), 77-81頁.
- 36) 刈米孝夫, 「合成洗剤の歴史 (上)」, 『油脂』47 (1994/11), 66-76頁.
- 37) 中村昌允, 「洗剤原料としてのアルファ-スルホ脂肪酸エステル塩—その製造法と技術的ポイント」, 『油脂』47 (1991/7), 50-53頁.
- 38) 梅原謙二, 齋月輝久, 「洗剤原料としてのアルファ-スルホ脂肪酸エステル塩 その性能と洗浄力」, 『油脂』47 (1991/7), 54-57頁.
- 39) T. Satsuki, "Application of MES in detergents", INFORM. 3 (1992), pp. 1099-1108.
- 40) M. Masuda, H. Odake, K. Miura, K. Ōba, "Biodegradation of 2-Sulfonatofatty Acid Methyl Ester " α -SFMe", 『油化学』42 (1993), 643-648.
- 41) SETAC Workshop Report, "A technical frame work for Life-Cycle Assessment" (1990).
- 42) T. M. Rothgeb, C. A. Pittunger, C. C. Kuta, "Environmental Quality of Consumer Products", HAPPI, 1991 (3), pp. 64-69.
- 43) H. J. Richtler, J. Knaut, "Umwelt und Fette-Chemie-Eine Herausforderung", Fat Sci. Technol., 93 (1991), pp. 1-13.
- 44) National Research Council, "Risk Assessment in the Federal Government : Managing Process", National Academy Press, Washington (1983).
- 45) 桑田勉, 菅原勇次郎, 「石鹼製造方法」, 特公昭26-1119.

History of Technological Development of Detergents from the Viewpoint of Environmental Issues

Kenkichi ŌBA and Reiko TAKEI

(Lion Corporation)

Throughout the 1960-70's, our Japanese detergent industry has been involved in management of water pollution problems such as foam pollution and eutrophication caused by surfactants and phosphates, and human safety concerns such as teratogenic potential with detergents. Since the late of 1980's, the impacts of global environmental issues have been concerned in the world.

Our industry has been devoting its every effort to resolve these problems. For the solution of water pollution, some molecular structures of detergents were changed to give more

biodegradable surfactants and, for eutrophication, we tried hard to reduce the phosphate content by substitutes, sodium silicates or zeolites. Concerning the global environmental problems, the compact type heavy duty detergents and the environmentally acceptable detergents using oleochemical derived surfactants have been developed in order to conserve raw materials and energy, etc.

In due consideration of these processes, the history of the technological development of synthetic detergents can be regarded as the history of environmental issues.

(日本の化学者 第1回)

水島三一郎先生の研究足跡

坪井正道*

1. はじめに

水島三一郎先生は1926～1940年という分子構造論の黎明期に(1)分子の永久双極子モーメント、そして(2)分子内回転という二つの重要な概念を実験的に確立された。次いで、その後20年ほどの間にこの二つを礎にして、多くの協同研究者とともに、ある特徴と広い普遍性とを兼ね備えた一つの学問領域ともいるべきものを開拓された。筆者は1946年から1959年までの13年間、東京大学理学部化学科の水島研究室に属していた。そこで経験と見聞を通じて、ここに水島先生の研究足跡の要約を試み、その化学史上の意義を考えてみたいと思う。

2. 水島三一郎先生の略歴

以下の記述での時期同定上の便宜のため、ここに先生の略歴を示して置こう。

1899年3月21日	東京で出生
1923年3月	東京帝国大学理学部化学科卒業
1923年4月	同理学部助手に任せられる
1927年3月	東京帝国大学理学部助教授に任せられる
1929年10月 1931年12月	ドイツ（ライプチヒ大学）に在留
1938年4月	東京帝国大学理学部教授に任せられる
1938年5月	学士院賞

1995年6月17日受理

* いわき明星大学理工学部

1959年3月	東京大学理学部を停年退職
1961年8月	バチカン市国学士院会員
1961年11月	文化勲章
1963年2月	日本学士院会員
1970年	アメリカ合衆国科学アカデミー会員
1983年8月3日	逝去

3. 電波の異常分散

アルコール等の誘電率は、静電場あるいは低周波交番電場では高いが、交番電場の周波数が高くなると非常に低くなる。たとえばメタノールの誘電率は常温 1 MHz の電場（波長 300 m の電波）では比誘電率で 32.2 もあるが、 5×10^{14} Hz（波長 600 nm の光）では 1.78（屈折率 1.33 の自乗）という値を持つにすぎない。これがどういう機構によるのか？それをわかるにはこの途中の周波数の電場で調べればよい。1923年、大学を卒業したばかりの水島三一郎学士は、物質構造研究の重要な手段としての分光学を志し、その手はじめとして上記のように電波と光との中間にある全く未知の領域を埋めようと企てた。これには指導教授の片山正夫先生の非常に広い視野からの助言もあったらしい。

当時、短波の発振・測定は化学者にとってやさしいことではなかった。その方面的助言者としては抜山大三郎という人の名があげられている¹⁾。まず三極真空管 1 個を使った波長 6.1 m の電波の発振回路、それと共振回路、検出回路を自作した。共振回路には試料液体を入れるコンデンサーと、これに並列に入った可変コンデンサーとが組み込まれている¹⁾。試料としては、グリセリン、

メチルアルコール、エチルアルコール、プロピルアルコール、イソプロピルアルコール、ブチルアルコール、イソブチルアルコール、アミルアルコールがとりあげられた。波長を掃引するのは容易でないから、その代わりに温度を -60°C から 60°C まで連続的に変えて吸収率(κ)と誘電率(ϵ)とを測定している。そして高温では大きい誘電率が低温では大変小さくなり、屈折率の自乗に近付くこと、そしてその移り変わりの中ほどで吸収が極大になることを見出した。

その後電波の波長を50, 9.5, 3.1 m そして 58 cm と変えて、各波長ごとに温度変化の実験を行っている²⁻⁸⁾。特に波長58 cm の超短波を用いての実験は未だ物理学者にとっても容易でなく、ヨーロッパでも1930年以後になってはじめて広く行われることになるようなものであったらしい。この波長で得られたグリセリンについての結果を図1(左)に再現しておく。このように、現在ではよく知られている典型的な分散曲線に似た形のものが横軸温度で(周波数でなく)きれいに出現している。この実験結果に対する説明として水島学士は1913年のP. Debyeの報文¹⁰⁾を引用してい

る。

P. Debyeは1912年に静電場における誘電体の分極を論じ、特に誘電率の温度依存性に注目した。これを説明するため、誘電体の内部には弾性的に束縛された電子があるばかりでなく、電気モーメント一定の永久双極子が存在するという仮説を立てた⁹⁾。Debyeはさらに、1913年には交番電場におけるそのような永久双極子の誘電的挙動の理論を作った¹⁰⁾。静電場では双極子を持った分子が電場方向に配向して配向分極と呼ばれる一種の分極を生じ、そのため液体の誘電率は目立って大きいはずである。そこで電場を交番電場に変え、その周波数を高くして行くと、ある周波数で双極子の配向が電場の向きの変化に追いつけなくなる。すなわち配向分極の寄与が消えて誘電率が急激に小さくなるはずである。これが電波の異常分散であり、この異常分散の起こる周波数付近では電波の吸収が起こるはずである。Debyeはこうして次の式を導いた。

$$\epsilon' = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2} \quad (1)$$

$$\epsilon'' = \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}) \omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2} \quad (2)$$

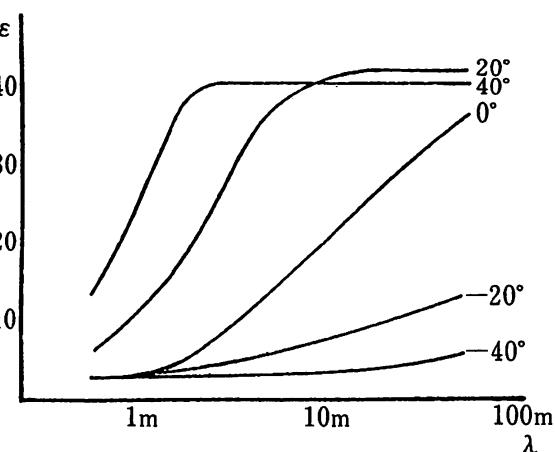
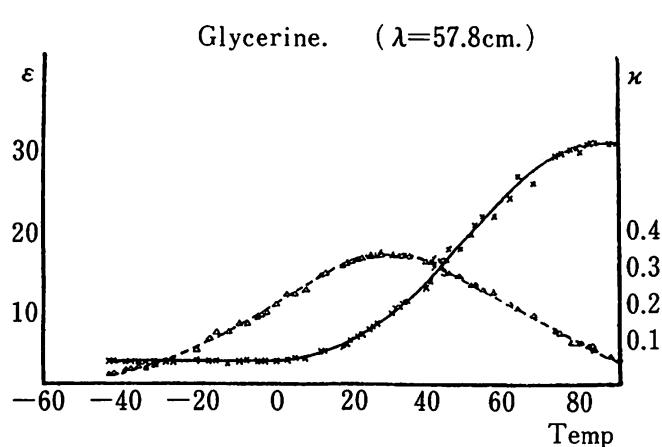


図1 水島三一郎先生が1928年に発表したグリセリンの分散曲線

左は周波数 519 MHz (波長 57.8 cm の超短波) で測定した誘電率 ϵ (×印) と吸収率 κ (△印) の温度依存曲線。右は電波の波長を 3.08 m, 9.5 m, 50 m と変えて同様に温度依存性を調べた結果をまとめて誘電率の波長依存曲線になおしたもの。Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. (理化学研究所欧文誌) 9 (1928) の218頁(左)と224頁(右)とから複製。

ここで ϵ' は誘電率 ($=\epsilon$), ϵ'' は誘電損失で上記 κ (吸収率)と関係付けられる。 ω は角周波数で $2\pi \times$ 周波数, ϵ_0 と ϵ_∞ はそれぞれ $\omega \rightarrow 0$, $\omega \rightarrow \infty$ における ϵ' の値である。 τ は分子の回転緩和時間で温度T, 分子の半径 r , 液体の粘度 η から計算できる。水島学士はこの式が自分の実測結果と定量的に合うことを示し, アルコール分子は永久双極子を持つと考えてしかるべきことを主張したのである。水島先生は以上の仕事を, まず日本語で1925年の理化学研究所彙報に公表し(第1報), 次いで第2第3報を1926年の同彙報に出し, 英文で日本化学会欧文誌第1巻に5編続けて発表¹⁻⁵⁾, 要約を *Physik. Z.* (独文)⁶⁾に, そしてさらに詳細を理研の欧文誌^{7,8)}に出している。

さて, Debye の1912, 1913年の上記論文は独創的でかつ重要なものであったが, しばらくは学界で注目されなかつたらしい。これは第一次世界大戦(1914-1918年)のためだったかもしれない。1925年に至って *Handbuch der Radiologie VI* に寄稿を頼まれた Debye はそこで電波の異常分散の理論を詳細に解説した。しかしその時には未だそれを裏付ける正確な実験結果はほとんどなかつたといえる。それゆえ1926年の日本化学会欧文誌に発表された水島先生の5編の論文は Debye にとって非常に歓迎すべきものだったに違いない。彼はただちにその要約を *Physik. Z.*⁶⁾ に掲載するよう配慮したという。水島先生の広範なデーターは双極子説の裏書きとして極めて有力なものであった。

しかし水島先生の業績はそのような裏書き以上にいくつかの重要な意義を含んでいた。まず第一にそのような裏付けが可能なような実験技術を開発したことである。第二にそれを用いて正確な誘電率の値を確定したことである。そして第三に「今後多くの分子の双極子モーメントの測定がやれるぞ」という展望を与えたことである。これは化学史上特に重要であろう。事実、その直後から

いろいろの分子の双極子モーメントの測定が世界中ではじまり、5~6年の間に測定例が1,000を超えるに至ったのである。

4. 分子内回転

有機化合物のC-CやC-N単結合を軸としてその両側の基がどのように回転し、どの位置に止まるかという問題は、1930年代の分子構造論の夜明け時代から60年以上たった現在に至るまで一つの基本的問題であり続けて来ている。例えば現在種々の機能を営む蛋白分子の分子構造決定が生物化学発展の一つの推進力となっているが、ここで決定しているパラメーターは結果として、ポリペプチド鎖中のN-C_aおよびC_a-Cの回りの分子内回転角 ϕ および ψ である。N-CやC-C結合距離や原子価角はすべて事実上既知である。今日の化学でコンホメーション(立体配座)と呼ばれている概念と、この分子内回転とはその内容がほぼ一致するのであるが、1930年頃には未だこの言葉は無く、そのような概念も化学の世界で意識されていなかった。水島先生は1932年にこの重要性を明示し、これを研究室の主題として研究を開始されたのである。

先生のこの発想はいつ形成されたのであろうか。水島先生は1929年秋から約1ヶ年ライプチヒの Debye の研究室に滞在された。そこには当時 Heisenberg もいたはずであり、集まっている俊才達の作り出す『量子力学の完成から化学への応用へ』という高揚で息詰まるような雰囲気を大いに呼吸されたに違いないと思う。しかしこれが先生御自身の口から洩れたことであるが、この留学は世界を知るには役立ったが自分の仕事を進めるには必ずしも実り多くはなかっということである。もしかすると留学中も絶えず別のことを考えておられたのかもしれない。東健一先生の話によれば、水島先生は1931年の年末に帰国され、翌1932年新年早々に実験室に見えられ、『ジクロロ

エタンの双極子モーメントの温度変化を溶液法で検討してくれ』といわれたそうである。恐らく水島先生はこの時すでにこの分子の双極子モーメントが温度によって変化するらしいという情報を持っておられたのであろう。そして『元来分子の双極子モーメントは分子固有で、温度などによらないはずなのに何故だろう?』という考察を通じて分子の内部運動の可能性を思い付かれたのではないかと思う。

水島研究室が1932年以後1943年頃までに確立した一つの重要な結論は、1,2-ジクロロエタン（塩化エチレン）の分子は気相および液相でトランス形とゴーシュ形（図2参照）との混合物として存在することである。

研究はまず、東健一先生を中心とする双極子モーメントの測定にはじまる。ここで、1,2-ジハロゲノエタンの双極子モーメントは溶媒の誘電率が大きいほど大であること、また同じ溶媒中では温度とともに増大することがわかった。これは、溶媒の極性が低く温度が低いときにはトランス形（双極子モーメント=0）が多く、これが最も安定な形で、溶媒の極性増加や温度上昇に伴ってトランス形からはずれた形が増えてくるためである、と解釈された¹¹⁾。

次がラマンスペクトル測定である。液体で塩化エチレン分子1形（原子数N=8）に期待される $3N-6=18$ 個よりも多い数のラマン線が現れるのに、固体にするとその一部のみが残るという発見

が重要であった¹²⁾。固体ではC-Cl伸縮振動ラマン線が1本しか出ていないので、そこで分子は対称中心を持つトランス形であろうと推定された。そして、液体ではトランス形に加えてもう一つの形が混在しているのであると解釈された。このもう一つの形はシス型（図2）であると主張するKohlrausch等との間に論争があつたらしい¹³⁾。水島研究室でこれが重なり形（図2）でなく、ねじれ形（図2）であるとした理由は、 CCl_3-CH_2Cl では、液体でも、固体でみられる1形しか出現しないというラマンスペクトル実験結果によつたらしい。もし仮にシス形に安定位置があるのでなら、この分子も液体でトランス形+重なり形の2形になってしまかるべきだからである。そこで、「ねじれ形（図2）でトランス形以外の形」として分子内回転角60°の分子形がうかび上がり、これがこの時点でのゴーシュ（gauche）形と命名されたのである。以上の研究で同時に確定したことは、塩化エチレンのC-C軸の回りの分子内回転は自由回転ではないということである。これから推して、一般に単結合の回りの分子内回転ポテンシャルは決して平坦なものでなく、極小点が複数個存在するのが常であると推定された。このようなポテンシャル極小点に相当して形態を異にする分子を互いに回転異性体と呼ぶことになった。

塩化エチレンの気相におけるトランス・ゴーシュ回転異性の存在は、その後、森野米三先生を中心とする電子線回折の実験で確定した。電子線

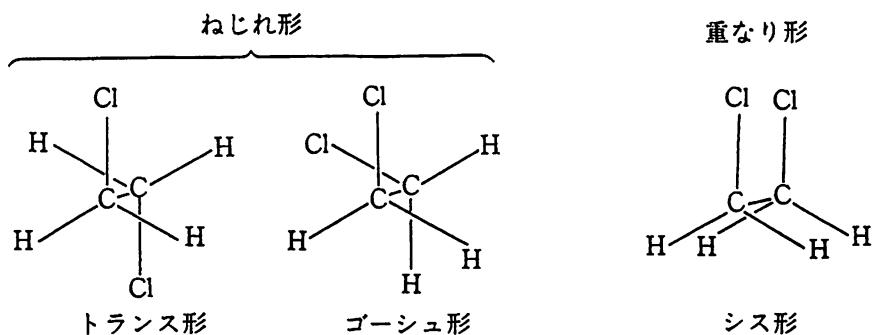


図2 1,2-ジクロロエタン（塩化エチレン）の回転異性体

回折は分子内 C1……C1 距離に鋭敏であり、これはトランス形、シス形、ゴーシュ形ではっきり異なる（図 2）。またこれは分子内自由回転であるか否かも区別する。実験結果は、塩化エチレンが気相でトランス形80%，ゴーシュ形20%の混合物であって、シス形は存在せず、また自由回転もしていなことを示した¹⁵⁾。

この回転異性体という概念は1946年以後ひろく世界中で受け入れられ、その後化学者にとっては全くの常識となつていった。ゴーシュ形 (gauche form) という言葉も名付親からは独立して世界中に行き渡っている。水島研究室自体ではその後1945～1959年の間に単結合を含む数多くの分子が取り上げられ、一つ一つについて回転異性体の形、その量比、エネルギー差、異性化反応の障壁の高さなどが定められていった^{15,16)}。分子内回転の軸も C-C だけでなく C-O, C-N, C-S, S-S, C-Si, Si-Si 等に拡張された。水島先生はそこまでの20年間の仕事をまとめて “Structure of Molecules and Internal Rotation” という英文の本を書かれ、これが1954年に Academic Press から出版されている。

時は、移って1984年9月6～9日東京および伊豆下田で「回転異性」という国際セミナーが開催された。これは水島先生による回転異性体発見の50周年を記念して行われた。水島先生御自身もこの会の計画（1年前から出発していた）を御存知であったが、残念ながら開催前年に亡くなられた。参加者は日本から55人、欧米豪から18人であった。森野米三先生や英国ブラッドフォード大学の D.A. Long 教授の回転異性研究の歴史についての講演からはじまり、レーザー分光学による回転異性化の動的過程の新研究法、分子内相互作用と回転異性体の反応、核酸・タンパクの機能に直接関係する回転異性、そして回転異性における経験的ならびに非経験的量子理論の応用などについて討論が行われた。この題目をみてもこの概念

の化学各分野への貢献がうかがえる。この会は回転異性研究50年の発展過程をよく展望してくれた。この会のプロシーディングズは *Journal of Molecular Structure*, Vol. 126, Special Issue, Proceedings of the Oji International Seminar, Elsevier (1985) として出版されている。

5. ポリペプチド鎖の構造

水島先生のこの研究は上記分子内回転の研究の延長として出発した。C-C 単結合のまわりの安定位置はトランス形（分子内回転角180°）とゴーシュ形（同±60°）であることが確定した（1943年）あと程なく終戦（1945年）を迎えたのであつたが、そのような転機に水島先生と島内武彦先生とは眼を生物学的分子に向け、上記の結論をポリペプチド鎖にあてはめてみた。その結果 B 形と名付けた分子形（図 3）が伸びたジグザグ鎖（E 形）と同じくらいの安定さを持つはずであるとの結論に至った。E 形には単結合 N-C_a の回りの分子内回転角 ϕ と C_a-C の回りの分子内回転角 ψ はどちらも180°であるが、B 形では $\phi = +60^\circ$, $\psi = -60^\circ$ (どちらもゴーシュ形) となっている。（ここで原子鎖 A-B-C-D の B-C 軸の回りの分子内回転角は、B-C 軸の方向に眼を置き、A-B 結合を向う側に、C-D 結合を手前に置き、A-B から C-D へ反時計回りに測った角度をプラスと定める。）

この B 形モデルの提案は岩波書店の『科学』

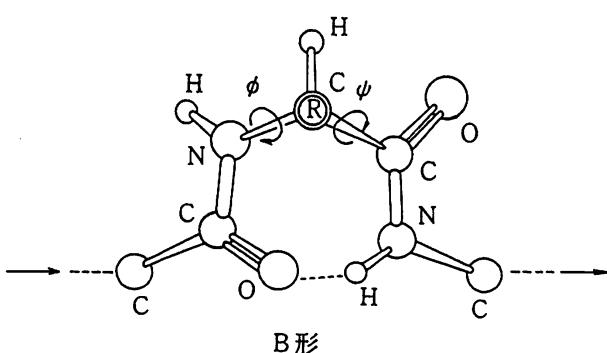


図 3 水島・島内のポリペプチド B 形モデル

17巻24および52頁（1947）に先ず現れ、ついで日本化学会欧文誌に出ている¹⁷⁾。当時はこれを検証すべき実験結果としてはケラチンの力学的性質と貧弱なX線回折図ぐらいしかなかった。それでこのモデルを*Nature*誌に発表するに当たっては、アセチルグリシンアニリドが稀薄四塩化炭素溶液中でこの形をとるという証拠（赤外スペクトル）をつけ加えている¹⁸⁾。その後1959年まで、この線に沿う実験報告が10報ほど続くことになる。図3の両端のCをCH₃基にしたアセチル-アミノ酸-Nメチルアミドが多種合成されて赤外分光学的調査がなされ、無極性溶媒の希薄溶液中にはこのB形に相当する分子内水素結合が検出されている。とくにアセチルプロリンNメチルアミドはこの形を取りやすい。これはL-プロリンでは ϕ が-70°に固定されているからであろう¹⁹⁾。

よく知られているように、1951年にL.Paulingが α らせん構造を提案し²⁰⁾、そのあとで出て来た多くの実験を通じて、次第にこれが主流を占めた。B形モデルが蛋白構造において果たすであろうと夢みた役割は、実際にはこの α らせんが果たすことになってしまった。ただ、面白いことに α らせんは $\phi=54^\circ$, $\psi=-70^\circ$ で、もう一つのゴーシュ・ゴーシュ形に近いのである。

ともあれ、水島・島内のB形モデルは、戦後混乱期の我が国の化学者に、ポリペプチド鎖の構造という重要問題を巡って、先端を行く世界の化学学者とあゆみをともにする機会を与えたという点に功績が認められると思う。このモデルが実験の計画を促し、実験はしばしばポリペプチド鎖の性質について予想外の新知識をもたらし、これがモデルの精密化、改変、追加を示唆し、また新しい実験を促す……といった良い循環の出発となつた。またこのモデル自体がしばしば海外の研究者との討論の題材となつたらしい²¹⁾。その上、この構造は単に無極性溶媒中に実在するだけでなく、天然のタンパク分子中にもちょくちょく出現して

いることが最近になってわかって来ている。たとえば、サーモライシンの26番目のトレオニン残基近傍はまさにB形（ $\phi=+60^\circ$, $\psi=-60^\circ$ ）をとっている。一般にポリペプチド鎖の折り返しはこのB形に近い形によって起こるようである。水島先生の「分子内回転のポテンシャルを背後に置いて物を考えて行く」という行き方は、功を奏したし、また功を奏しつつあるといえる。

6. 派生していったインパクトの数々

ラマン分光器は1935～1950年の15年間水島研究室の最も重要な実験装置で、水島先生、そして森野米三先生がその整備に並々ならぬ努力をはらわれた。日本光学の長岡正男博士の好意による大きなガラスプリズムを備えた明るい分光器と多くの研究者の忍耐強い努力とで毎年世界のトップを行くよいスペクトル（写真）を世に出しつづけていた。現在のラマンスペクトル測定装置は当時とは全く違う部品から成り、試料の形も、使用目的も、得られる情報の量も質も大きく変化してしまっている。それにも係わらずラマン分光測定は、いまだに、試料ごとに新しい工夫を必要とし、測定者の経験の深さがものをいうような微妙な諸調整を必要とする技術である。そして我が国には現在そのような技術を持っている研究者が多い。たとえば第14回国際ラマン分光学会議（1994、香港）における日本の研究発表者は130人であった。これには上記1935年頃からの水島先生の努力が直接間接に、しかも具体的に影響している。

水島研究室における赤外分光学はラマン分光学よりも10年ほど遅れて1941年頃はじまった。これはこの年卒業の島内武彦学士（1916—1980年）が受け持たれた。島内博士は1946年から1959年まで13年間は水島研究室の助教授を務められ、主として赤外分光法を通じて水島先生の分子内回転やポリペプチド構造の研究に協力された²²⁾。そして

1959年水島先生の後任教授となられてからも赤外分光学分野で研究を続けられた。結局1977年の停年退職まで通算36年間を赤外分光学の建設発展に捧げられたことになる。島内先生の研究生涯は日本に赤外分光器がたった1台しかないといわれた時代から1万台を超えるに至った時代にわたる。(i)分子内力場の決定、(ii)赤外スペクトル測定技術、(iii)化学的応用といつていわば3車線を有機的に精力的に進められ、一つの体系を作り上げられたのである²³⁾。赤外スペクトルには現在誰でも容易に接近し得るが、その提供する情報を十分に読み取るにはいまだに高度の専門的知識と経験と手数とを必要とする。島内先生の教えを受けた多くの人々が各地、各分野に散在し、その測定や解析を実行している。それらの恩恵を受けている化学者は数え切れない。

島内武彦先生は1941年ちょうど出現したばかりのE.B. WilsonのGF行列法²⁴⁾を使って分子振動の計算をはじめられた。これは与えられた分子の幾何学と力場から基準振動の振動数と振動形とを算出し、実測との比較と反復計算を通じて分子内の力の定数を定めて行く解析操作である。水島先生は特にこの基準振動解析の重要性を強調され、その推進に努められた²⁵⁾。この面での貢献の目覚ましかった水島研究室出身者としては、島内先生のほかに少なくとも宮澤辰雄博士(1927~1992年)と中川一朗博士(1925~1988)の名を挙げなければならない。これらの人々に率いられた水島研究室・島内研究室を中心とする一大軍団(約30人)が、1950~1980年のほぼ30年間、分子の基準振動解析の分野で世界をリードし続けた²⁶⁾。この人たちによって解析された分子の数はざっと200個である。

水島先生は1951年アメリカ合衆国Notre Dame大学で“Reilly Lecturer”として1,2ジクロロエタンのトランス形・ゴーシュ形の講演をされた。これが同大学で金属配位化合物の研究をしていた

Professor C. CurranとProfessor J.V. Quaglianoの興味を喚起した。なぜならばこれは配位化学ではよく知られていた配位子 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ の回転異性体論議にすぐ関連させられたからである。その後1952年~1958年の毎夏、水島先生はNotre Dame大学を訪問、Visiting Professorとして上記研究室と共同で金属配位化合物の赤外スペクトルの研究を行なわれた。その結果、エチレンジアミン型金属錯体の新しい光学異性の発見、L-アミノ酸の金属錯体の赤外スペクトルの解釈、 HgNH_2^+ イオンの基準振動形の決定²⁸⁾等を含めて16篇ほどの報文が出来上がった。この研究には中川一朗博士も参加され、後に同博士が島内研究室の助教授として(1961~1973年)勤務された間に大きく発展した。中川博士はその後東北大学理学部化学科の教授(1973~1987年)となられたが、そこでの研究主題は金属錯体結晶の振動の根本的精密解析であった。

7. おわりに

自然科学は、(1)新事実の発見と(2)知られている事実を統一的に説明する理論の構築とから成る。事実の発見は、それが今までに公表されたことのないものである限り、いかにささいでも科学的価値を持つ。また理論と事実との論理的連結は、その道程が新しいものである限り科学的価値を持つ。このようにある仕事が自然科学的価値を持つか否かの判定は明確であるが、その価値が高いか低いかは必ずしもいつも明瞭であるとはいえない。その判定は現在のところ自然学者相互の吟味批評によるほかはない。ところで化学史研究の目標には、化学の分野で価値の高いとされている過去の仕事の一連または一群について、それらの成立経過と互いの因果関係を明らかにすることとともに、それらの仕事の価値が高いとされる理由の吟味批評を行うことも含まれるであろう。この記事では、1920年代から1960年代にわたる40年

ほどの間の水島三一郎先生を中心とする構造化学分野の一連の仕事を対象としたわけであるが、そこで引用した仕事を眺めると、その大部分が上記(1)の新事実の発見に属するものであることがわかる。そしてそれらの価値の高い理由の大部分は、発見された事実がその前には決して容易に想像ささるようなものでなかつという点にある。ではそれらは犬棒式偶然の所産か？単に好運であったのか？ある意味ではそのとおりであるが、それだけではあるまい。そこには釣上手はどうして大きい魚の居場所を知るのか？また心眼で見える標的と試し撃ちで上がった水柱とのへだたりをどうやって読み取るのか？というような要素が含まれる。Fortran や Basic で書くと何千行にもわたるプログラムをコンピュータが一瞬で駆け抜けるのに驚くこの頃であるが、人間の脳のネットワークにもこれに似た能力があるであろう。ただそのリストティングを打ち出してみるのが容易でない。最も假りにそれができたとしたら、エラーも取り除かれる代わりに個性も取り除かれてしまうことになりそうである。水島先生はときどき、潜在意識の重要性ということを口にされた。科学の研究途上、第六感的に「こうではあるまいか？」と感じることがあったら、それは意識下でちゃんと論理がつながっていることが多いから、それを逃さず、はっきりと意識の上に引っ張り出す努力をせよ、というわけであった。何か新しい見聞体験に際して、既成概念をそれにあてはめてみるのも大切であろうが、むしろ自分はそれをどう「感じる」かの方に新実験デザインの糸口が見付かる可能性がかくれていることがある。

ここでもう一言付け加えたいのは、自然科学者どうしの討論の重要性である。「雑談ばかりしていては実験が進まない」のは事実であるが、実験を巡っての雑談ならばいくら繰り返していても無駄でない。「実験室で一番先に設置すべきものは談話室である」という絶妙な言葉がある。今さら

ながら「文殊の知恵」とはよくいったもので、三人寄れば脳のプログラムのエラーはほとんど取り除かれるし、組み換えによる改善も一瞬のうちに進行する。水島研究室の喧々囂々は定評ものだったらしいが、もしかすると水島研究室後半の新実験事実の探し出しはほとんど全部談話室（と実験室との往復）の所産だったのかもしれない、というのが筆者の印象である。

文 献

- 1) S. Mizushima : On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves. I. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1, 47 (1926).
- 2) S. Mizushima : On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves. II. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1, 83 (1926).
- 3) S. Mizushima : On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves. III. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1, 115 (1926).
- 4) S. Mizushima : On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves IV. Anomalous Dispersion and Debye's Dipole Theory. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1, 143 (1926).
- 5) S. Mizushima : On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves V. Anomalous Dispersion and Debye's Dipole Theory (continued). *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1, 163 (1926).
- 6) S. Mizushima : Anomale Dispersion und Absorption elektrischer Wellen. *Physik. Z.*, 28, 418 (1927).
- 7) S. Mizushima : On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves. *Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo*, 5, 201 (1927).
- 8) S. Mizushima : Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves (continued). *Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo*, 9, 209 (1928).
- 9) P. Debye : Einige Resultate einer kinetischen Theorie der Isolatoren. *Physik Z.*, 13, 97 (1912).
- 10) P. Debye : *Verh. Deut. Phys. Ges.*, 15, 770 (1913).
- 11) S. Mizushima und K. Higashi : Abhängigkeit des Dipolmomentes von 1, 2-Dichloräthan von der Temperatur und dem Lösungsmittel. *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, 8, 482 (1932).
- 12) S. Mizushima Y. Morino und M. Kubo : Dipolmoment und Raman-Effekt von Molekülen mit frei drehbaren Gruppen II. *Physik. Z.*, 38, 459

- (1937).
- 13) S. Mizushima und Y. Morino : Über die innermolekulare Drehbarkeit bei einfacher Kohlenstoff-kohlenstoffbindung. *Bull. Chem. Soc. Japan*, **17**, 94 (1942).
 - 14) S. Yamaguchi, Y. Morino, I. Watanabe and S. Mizushima : Internal Rotation. XIX. The Electron Diffraction Investigation of 1, 2-Dichloroethane. *Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo*, **40**, 417 (1943).
 - 15) S. Mizushima Y. Morino, I. Watanabe, T. Shimanouchi and S. Yamaguchi : Raman Effect, Infra-Red Absorption, Dielectric Constant, and Electron Diffraction in Relation to Internal Rotation. *J. Chem. Phys.* **17**, 591 (1949); **18**, 234 (1950).
 - 16) C. Komaki, I. Ichishima, K. Kuratani, T. Miyazawa, T. Shimanouchi and S. Mizushima : Internal Rotation in n-Propyl Chloride and Bromide. *Bull. Chem. Soc. Japan*, **28**, 330 (1955).
 - 17) T. Shimanouchi and S. Mizushima : Intramolecular Rotation and the Structure of High Polymers. I. The Structure of Polypeptide Chain. *Bull. Chem. Soc. Japan*, **21**, 1 (1948).
 - 18) S. Mizushima, T. Shimanouchi, M. Tsuboi, T. Sugita and E. Kato : Stable Configurations of a Polypeptide Chain. *Nature*, **164**, 918 (1949).
 - 19) S. Mizushima, M. Tsuboi, T. Shimanouchi and M. Asai : Near Infra-Red Spectra of Compounds with Two Peptide Bonds and the Configuration of a Polypeptide Chain. V., *J. Am. Chem. Soc.*, **76**, 6003 (1954).
 - 20) L. Pauling and R.B. Corey, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **37**, 235 (1951).
 - 21) W.L. Bragg, J.C. Kendrew and M.F. Perutz, *Proc. Roy. Soc.*, **A203**, 321 (1950).
 - 22) S. Mizushima, T. Shimanouchi, I. Nakagawa and A. Miyake : Configurations of Rotational Isomers and Their Normal Frequencies. *J. Chem. Phys.*, **21**, 215 (1953).
 - 23) T. Shimanouchi, *Pure and Appl. Chem.*, **12**, 287-309 (1966).
 - 24) E.B. Wilson, *J. Chem. Phys.*, **7**, 1047 (1939); **9**, 76 (1941).
 - 25) T. Shimanouchi, *J. Chem. Phys.*, **17**, 245 (1949)
 - 26) I. Nakagawa and S. Mizushima, *J. Chem. Phys.*, **21**, 2195 (1953).
 - 27) T. Miyazawa, T. Shimanouchi and S. Mizushima : Normal Vibrations of N-Methylacetamide. *J. Chem. Phys.*, **29**, 611 (1958).
 - 28) I. Nakagawa, R. B. Penland, S. Mizushima, T. J. Lane and J. V. Quagliano : Infrared Absorption Spectra of Inorganic Coordination Complexes. XI. Infrared Studies of Mercuric Amidobromide, Hg (NH₂) Br. *Spectrochim. Acta*, **9**, 199 (1957).

On the Works of Professor San-ichiro Mizushima

Masamichi TSUBOI

(Iwaki Meisei University)

Dr. San-ichiro Mizushima (1899–1983), Professor in the University of Tokyo, is now widely known as one of the pioneers in the field of experimental studies of molecular structures. In 1926, he showed that the large dielectric constants of alcohols are caused by the orientation of the permanent dipoles of their molecules. This work initiated a worldwide expansion of charge distribution studies of molecules through dipole-moment measurements in 1930–1935. In 1932–1946 period, Professor Mizushima established that 1,2-dichloroethane molecules occur not only in the trans

form but also in another form which is obtained from the trans form by an internal rotation of 120° . This new conformation, a rotational isomer, was named the “gauche” form by Professor Mizushima. In 1946–1959, he extended his study on the rotational isomerism to various halogeno-ethanes, n-paraffins, poly-peptides, metal coordination complexes, and many other molecules with C-C, C-O, C-S, S-S, C-N, C-Si and Si-Si single bonds. In the present article, these works of Professor Mizushima are reviewed with some comments and discussions.

〔紹 介〕

Piyo Rattansi and Antonio Clericuzio (eds.), *Alchemy and Chemistry in the 16th and 17th Centuries*, Dordrecht/Boston/London : Kluwer Academic Publishers, 1994. xv+208 pp. £72.50. ISBN 0-7923-2452-8.

クルーウー学術出版社の「思想史国際アーカイブ」シリーズの第140巻として出されたこの論文集は、1989年7月26日27日にロンドンの「ウォーバーグ（ヴァールブルク）研究所」で開かれた「16世紀と17世紀の鍊金術と化学」と題するコロキウムに起源を有する。1989年4月にオランダのフローニンゲン大学で開かれた鍊金術の歴史に関する国際集会の論集『鍊金術再訪』¹⁾、ならびに1991年12月トゥールの「ルネサンス高等研究センター」で開かれた国際コロキウムの論集『ルネサンスにおける鍊金術と哲学』²⁾と合わせて、この『16世紀と17世紀の鍊金術と化学』は、歴史における文化現象としての鍊金術に対する関心の高まりを記すものである。新しい関心の高まりの特徴は、ルネサンスから17世紀にかけて真にコスマポリタンであった鍊金術師達にあわせるかのように、英語圏、ドイツ語圏、オランダ語圏、フランス語圏、イタリア語圏を含む汎ヨーロッパ的といつていいような研究活動となっている点である。英語圏に片寄りがちな科学史研究にとって、鍊金術史研究の持つこの国際性は注目に値する。

歴史研究としてさらに注目に値するのは、これらの研究のかなり多くが、ヨーロッパ各地のアーカイブに保管されたままこれまでほとんど読まれることのなかったマニユスクリプトの精査に基づくという点である。マニユスクリプトの精査・精読は歴史研究の前提ではないかと不審に思われる読者もおられるかも知れないが、これまでは、鍊金術テキストの持つ高度の象徴性が研究者・好事家の関心を強く引きつけ、象徴の裏に隠されたメッセージ（宗教的、心理学的、化学的）の解読の作業が中心となっており、そうした（恣意的になることも少なくない）解釈の手に負えないほどの堆積が逆に本来の意味での歴史研究から人を遠ざけていたといえる状況があったのである。この状況がもたらした悪いイメージによって、鍊金術は、まさに近年になるまで「隠されて(occult)」いたのである。

しかしながら、今では、故フランス・イエイツの『薔薇十字の覚醒』（原著、1972.邦訳、工作舎、1986）やR.J.W.エヴァンズの『魔術の帝国：ルドルフ二世とその世界』（原著、1973.邦訳、平凡社、1988）をあげるだけで十分示すことができるよう、ルネサンスから科学革命期のヨーロッパの社会変動と思想潮流を正しく理解するためには、パラケルスス主義者の医師を多く含むその時代の鍊金術師の行動と思想の研究は欠かすことができないのである。この意味で、個々の鍊金術師の行動と思想のアーカイブ資料に基づく具体的な歴史研究が、ここに挙げた論文集の出版に見られるような進展を見せていることは、狭く化学史又は科学史にとってのみならず、広く思想史、文化史、社会史にとっても価値ある知見を生み出しつつあり、歓迎すべきことがらであるといえるであろう。

『16世紀と17世紀の鍊金術と化学』を構成する9つの論文について個別に取り上げよう。

『レイモンド・ルルスに帰される鍊金術コルプス』³⁾によってルルスの鍊金術コルプスの基礎的な書誌学的研究をなしたイタリア人ミケラ・ペレイラは、第1の論文「レイモンド・ルルスに帰される鍊金術文書（14世紀から17世紀）における医学」で、14世紀から17世紀にかけての未出版の草稿の研究に基づき、医学と鍊金術を結び付けるうえで、マルソーフのいうヨハネス・デ・ルーベスキッサの生み出した伝統のほかに、ルルスの伝統が果たした役割の重要性を指摘した。

ローマ大学「ラ・サピエンツァ」の中心人物の一人として、近代ヨーロッパの主たる思想家の語彙目録作成に献身しているイタリア人マッシモ・ビアンキは、第2の論文「見えるものと見えないもの。鍊金術からパラケルススへ」において、パラケルススの知識論の要諦が見えるものと見えないものという2つの極の相互転換にあるを見い出した。パラケルススにとって、見える物質世界は、見えない精神的本質の記号であった。そして、鍊金術操作の基本は、見えるものから見えない精神的本質を引き出すこと（抽出=解釈）にあった。評者には、ビアンキのこの記号論的観点は、パラケルスス理解の独創的なしかも機軸的な視角を切り開いたもののように思われる。

このビアンキの「ラ・サピエンツァ」で教育を受けたイタリア人アントニオ・クレリクチオは、ボイルの化学について機械論とは区別される粒子論的側面を確定する

ことで、ボイル化学の研究史に新しい出発点を与えた研究者であるが、第3の論考「内部の実験室。1650年から1680年の英國における医学的精気の化学的再解釈」において、伝統的なガレノス派の医学的精気の概念が、パラケルス派によって変容を受けた後、17世紀後半のイギリスの化学者達の手でどのように使用されるにいたったかを追っかけている。パラケルス派にとって精気は、自然界と人体内部における中心的作用のすべてに責を負う化学的存在となった。スターキー、ウォースリー等、特にハートリップ・サークルのメンバーは、この宇宙に遍在する精気を蒸留によって抽出しようと試みた。また、この時代の代表的な医師グリソン、ウィリスの医学理論においても化学的存在としての精気が大きな役目を果たしているし、ボイルもニュートンもこの精気の働きを熱心に追及している。

形相概念の変容を化学的実体や粒子のうちに探った『形相の科学的再解釈』⁴⁾によって、この時代の化学史の理解にとって必須の研究成果を出したノーマ・エマートンは、第4の論考「J. B. van ヘルモントとロバート・フラッドの思想における創造」において、ヘルモントとフラッドの『創世記』解釈の対比を描き出している。『創世記』解釈において、ヘルモントは教父とくにアウグスティヌスの伝統によっており、フラッドは、グノーシスとネオプラトニズムの伝統にしたがっている。二人においてはこの対比が自然研究の在り方の対比につながっている。評者には、アウグスティヌスの「創造された秩序のうちに原因として隠された潜在的不可視の理性から、事物はその顯示的な形態と本性へと展開する」というストア的な「種子的理性」の概念がヘルモントの思想に影響している点は、ニュートンの鍊金術へのストア派の概念の影響を考え合わせるとき、とても興味深いものに思われた。

ドイツの宮廷における鍊金術師と医化学派の医師のパトロネージの問題を追い続けている⁵⁾ブルース・モランは、「鍊金術、預言、薔薇十字団員：ラファエル・エグニヌスと初期17世紀の神秘的流派」において、鍊金術の世界においてあまり知られていないラファエル・エグニヌス (Raphael Egninus, 1559-1622) という名の鍊金術師の行動を、様々なドイツ語圏のアーカイブを広範囲に探し回って得られた資料により、描き出している。エグニヌスは、有名な鍊金術師アンゲルス・サラやバジル・バレンティヌスと親しく、ジョルダーノ・ブルーノ

と会ったときには彼の草稿を託され出版を引き受けている。モランの推測によれば、1614年から23年の間に200以上も出された薔薇十字運動関係の印刷物のうち、『短い考察』(バーゼル, 1615) と『友愛の擁護』(フランクリト, 1614) は、エグニヌスによって書かれた可能性が高い。モランは、この人物の行動を丁寧に追うことで、イタリア、スイス、ドイツを巡る鍊金術師の宗教的社会的環境に、新しい光を与えることに成功している。

ニュートンの鍊金術の理解に本質的貢献をなしたオーストリー生まれのカリン・フィガーラは、ミュンヘン工科大学の技術史研究所における元弟子ウルリッヒ・ノイマンとともに、この時代のもっとも有名な鍊金術師の一人ミカエル・マイラーの伝記的事実と書誌事項の探査を続けている。第6番目の論考「ヘルメス・マラヴィキの名を持つ著者：ミカエル・マイラー (1569-1622) の伝記と書誌への新しい光」において二人は、それまで信頼できる伝記の存在しなかったマイラーに関し、マイラー自身の手になる履歴書を含む著書を発掘し、マイラーに関する伝説のある割合を消し去ることに成功している。マイラーの遍歴は、一部は、鍊金術の秘密を教えてくれとせがむバトロンに起因していた。

スラブ研究を続けているウイリアム・ライアンは、第7番目の論文「モスクワ大公国における鍊金術と石の効能」において、ロシアの鍊金術の歴史を簡単に通観している。それによれば、ロシアでは16世紀までは石の伝説を除いては鍊金術はあまり関心をもたれていなかった。1621年有名なジョン・ディーの息子、鍊金術師アーサー・ディーがジェームス一世によってモスクワに送られ、宮廷付き医師となってから、何人か同じようなキャリアをたどる鍊金術師=医師が現れる。その後、ロシアに本格的な鍊金術テキストが現れるのは、18世紀後半になつてからであった。

偽ゲーベルの『完成大全』の批判的テキストを出版し⁶⁾、中世の鍊金術に関して基本的な仕事を続けているハーバードの学者ウイリアム・ニューマンは、偽ゲーベルの粒子論的鍊金術の系譜を追っており、今回の論考「エイレナエウス・フィラレーテスの粒子論的変成理論」では、彼自身がスターキーだと同定した鍊金術師フィラレーテスの『金属の変成についての論考』における変成理論を粒子論的だと規定した。故ドップズが誤ってニュートン自身の作だとした『鍵』の実際の作者フィラレーテスがニュートンの鍊金術に大きな影響を与えてい

ることはよく知られており、今回ニューマンが描き出したフィラレーテスの3重のイオウのシェル説は、ニュートンの物質の階層構造論ナットシェル説に確かによく似ており、ニュートンのアイディアの起源としてももっと突っ込んだ研究が期待されるところである。ただし、評者の見るところ、ニューマンの言うフィラレーテスの粒子は「柔らかく」、過剰な粒子論的解釈には危険が潜んでいよう。

17世紀の化学理論の理解のために粒子論的場面を確定した点で、クレリクチオとニューマンの研究は十分評価されなければならないが、17世紀においては、質的原子論、機械論的原子論、質的粒子論、機械論的粒子論は、完全に相互排除的ではなく、一人の思想家の中で重なったり、揺らいだりしている。今後必要なことは、この重なりや揺らぎ、あるいは相互転換を正確に見定めることにある。

最後に、カリフォルニアで18世紀の医師ジョージ・チェインの伝記研究を完成したアニータ・ゲリーリは、「1700年前後の、オクスフォードとケンブリッジにおける化学教育」で、ボイルの周辺で生じた私的な化学教育の様子や、半ば公的なアシュモール化学教授職の変遷等を非常に丁寧に追跡することで、大学における化学を巡る状況に関しても有用な情報を数多く提供してくれている。エディンバラで化学が医学の一部として安定した地位を保持していたのとは対照的に、オクスブリッジでは、化学は公的カリキュラムのなかに制度化されることができなかった。

注と文献

- 1) Z. R. W. M. von Martels (ed.), *Alchemy Revisited : Proceedings of the International Conference on the History of Alchemy at the University of Groningen 17-19 April 1989*, Leiden/New York : E. J. Brill, 1990. xii+284 pp. £ 40. ISBN 90-04-09287-0.
- 2) Jean-Claude Margolin et Sylvain Matton (eds.), *Alchimie et Philosophie à la Renaissance*, Paris : Librairie Philosophique J. Vrin, 1993. 478 pp. 270 F. ISBN 2-7116-1172-8.
- 3) Michera Pereira, *The Alchemical Corpus attributed to Raimond Lull*, London : Warburg Institute Surveys and Texts, 1989. 118 pp. £ 8.70. ISBN 0-85481-078-1.
- 4) Norma E. Emerton, *The Scientific Reinterpretation of Form*, Ithaca and London : Cornell University Press, 1984. 318 pp. £ 39.15. ISBN 0-8014-1584-7.
- 5) Bruce T. Moran, *The Alchemical World of the German Court : Occult Philosophy and Chemical Medicine in the Circle of Moritz of Hessen (1572-1632)*, Stuttgart : Franz Steiner, 1991. 193 pp. DM 58. ISBN 3-515-05369-7.
- 6) William R. Newman, *The Summa Perfectionis of Pseudo-Geber*, a critical edition, translation and study, Leiden : Brill, 1991. 785 pp. £ 134.00. ISBN 90-04-09464-4.

(吉本秀之)

[紹 介]

J. M. トーマス著、千原秀昭・黒田玲子訳『マイケル・ファラデー—天才科学者の軌跡—』、東京化学同人、1994年、vi+243頁、1,600円。

化学史にまた一冊の良書が増えた。化学を習った者には忘れ得ない電気分解の法則の発見者、マイケル・ファラデー (Michael Faraday) の一生と活躍を、その舞台であったロンドンの王立研究所 (Royal Institution of Great Britain) の歴史とともに本書は紹介してありますところがない。

世界中でこの王立研究所ほど一平方メートルあたりでの偉大な発見の数が多い場所は他にないようである。その研究所の所長として、50年間も研究所内に住みながら、超一級の科学上の業績を出し続けたファラデーの生涯と人柄は、その電気分解の発見者という偉名に隠れて意外に知られていないように思われる。

本書ではまず、王立研究所の設立の事情が説明され、ファラデーの師となるディヴィー (Humphry Davy) の業績に触れられる。製本見習工であったファラデーがふとした機縁で王立研究所でのディヴィーの講演を聴いたのがきっかけとなり、その助手として働き始めたことが、大科学者ファラデーが生まれる出発点となったことは、偉人の生涯にしばしば現れる神の啓示を思わせる。その後ファラデーの名声が上がるに従って、ディヴィーとの間に抜きがたい確執が生れたのも人の子の常を思わせ、この伝記に人間臭の裏打ちを与えていた。

ファラデーの科学上の業績は有名な電気分解の法則の発見の他に、ベンゼンをはじめとしてイソブテン、テトラクロロエタン、ヘキサクロロエタンなどの有機化合物の発見、気体に臨界温度が存在することの確認、モーターの開発につながる最初の電磁回転の実験、ダイナモ発電機の実現につながる電磁誘導現象の発見とそれに関連した磁石のまわりの空間の場の概念の提唱、光の偏光面が磁場によって回転するファラデー効果の発見、電気分解の研究に伴って生まれた電気分解、電解質、電極、アノード、カソード、イオン、アニオン、カチオンなどの電気化学用語の創出、蓄電器すなわちコンデンサーの実験と誘導率の導入、光合成、不均一触媒、プラズマ化学、金属コロイドの化学におけるそれぞれ最初の研究など実に多彩を極める科学上の業績に改めて目を見張らさ

れる。それらの発見がその経緯と背景とともに語られる。それはぞくぞくするような科学史上の大発見の連続である。現在の最先端の科学技術でファラデーの発見につながらないものを探すのは容易でないと思われるくらいである。しかしそのファラデーがドルトンの原子説を信じなかったというのも不思議な歴史上の一齣である。

ファラデーを論じるには上に述べたような科学の発見の他に科学知識の普及に注いだその情熱と努力を無視することはできない。王立研究所の設立趣旨は市民生活の向上に科学を応用することにあった。ファラデーは一般聴衆向けの金曜講演 (Friday Evening Courses) と子供達のためのクリスマス講演 (Christmas Lectures) を開始し、ファラデー自身、度々そこで自からの研究成果を発表するとともに、一般の人びとへの科学知識の普及を試みた。有名な『ロウソクの化学史 (The Chemical History of a Candle)』1860年初版 (和訳『ロウソクの科学』矢島祐利訳、岩波文庫) はそのクリスマス講演の記録である。金曜講演には著明な科学者のみならず芸術家、文化人も講演の機会が与えられた。ファラデーが所長をしていた時代のその講演会には多い時で千人以上の聴衆が集り、当時のロンドンの知識人の文化・科学活動の中心となった。人びとは上等の音楽会にでも出かける気持で、競って入場切符を手に入れようとした。本書にはそれらの歴史的な講演内容の一部も紹介されている。この両講演会は百年以上も経った今日まで続けられているというから驚きである。現在ではそのクリスマス講演はイギリス全国にテレビ放送されている。イギリスの科学の底力をそこに見せつけられるような気がする。理科系進学不人気が案ぜられている今日の我が国の現状と考え合わせて、科学教育は一朝にして成らずの思いを新たにさせられる。ファラデーの個人史を超えて、我が国における科学研究と理科教育の問題を考える場合の重要な原点を、本書は示していると思われ、心ある人びとの一読を奨めたい良書である。

本書の原著者 J. M. トーマス (John Meurig Thomas) 博士は英國王立研究所長を勤め、ファラデーの使っていた王立研究所内の研究室と住居に 5 年間住んでいたというファラデーの傾倒者で、訳者にもまた最適任者を得て、本書は翻訳書とは思えないこなれた日本語に訳されていて有難い。本書中に掲載されている 60 数枚の写真はいずれも科学史上貴重なもので眼を楽しませてくれる。

(芝 哲夫)

[紹 介]

Ekmeleddin Ihsanoglu (ed.), *Transfer of Modern Science and Technology to the Muslim World*, The Research Center for Islamic History, Art and Culture (IRCICA), Istanbul, Turkey 1992. 442 pp. ISBN 92-9063-881-8.

直訳で邦題をつけるとするなら、「イスラム世界への近代科学・技術の移転」となる本書は、1987年9月にトルコのイスタンブールで行われた、「近代科学とイスラム世界：ルネッサンス期から20世紀初頭までの間の西欧からイスラム世界への科学と技術の移転」と題された国際シンポジウムの結果、結実した一書である。編者のEkmeleddin Ihsanoglu（エクメレッディン・イフサノーウル）氏は、イスタンブール大学に科学史の講座を創設するなど、現在精力的にトルコの科学史研究を進めしており、いまやトルコ一国のみならず、イスラム圏全域についての科学史研究の少壮の中心人物である。本書には24本の論文が収録されており、その対象はオスマン・トルコにおける近代天文学の導入をあつかったものから、印刷術・度量衡・建築・医学・農業にいたるまで幅広い。主な論文のタイトルと著者を挙げる。

Introduction of Western Science to the Ottoman World : A Case Study of Modern Astronomy (1660-1860), Ekmeleddin Ihsanoglu (オスマン世界への西欧科学の導入：近代天文学の事例研究 (1660-1860), エクメレッディン・イフサノーウル著)

Medicine in Sixteenth-Century Egypt, Michael Dools (十六世紀エジプトの医学, マイケル・ドールス著)

Western Hospitals in the East of Jordan, 1883-1940 : The Case of Al-Salt Mission Hospital, Adel A. Ziada (東ヨルダンにおける西欧式病院, 1883-1940 : アル・サルト・ミッションの事例研究, アデル・ジアダ著)

The Penetration & Effects of the Printing Technique on the Muslim Societies, Orhan Konoglu (イスラム諸社会への印刷術の浸透と諸影響, オルハン・コノグル著)

The Introduction of Machinery in the Ottoman Mint, Halil Sahillioglu (オスマン貨幣鑄造における工

作機械の導入, ハリル・サヒリオウル著)

The Ottoman Adoption of Statistics from the West in the 19th Century, Kemal H. Karpat (十九世紀における西欧からの統計学のオスマン的受容, ケマル・カルパット著)

Introduction of the Metric System to the Ottoman State, Feza Gunergun (オスマン国家への度量衡制度の導入, フェザ・ギュネルグン著)

他にも力作が揃っており、全てを紹介できないのは残念である。地域的には（オスマン）トルコを論じたものが多いが、「イスラム世界」という語が示すように、エジプト・シリア・iranなども視野に入っている。概説的な論文からケース・スタディを中心としたもの、なかにはアラビア文字の原文を記載し、詳細にテキスト・クリティックに及んでいるものまで、論文のパターンも様々であるところは、プロシーディングスにありがちな点であるが、この領域の英文での類書が比較的得にくくことを考えると、入門書としても有用であると考えられる。従来から例え monoグラフとして、A. A. Ziadaによる *Western Science in the Arab World : The Impact of Darwinism, 1860-1930* (MacMillan, 1986) (アラブ世界での西欧科学：ダーウィニズムのインパクト, 1860-1930) のような好著で、ダーウィニズムという特定のトピックについての「近代科学」と「非西欧世界」の接触のある界面を知ることができたが、いくらかの粗密の差があるにせよ、本書のように「近代科学とイスラム世界」という大きなテーマを網羅的にあつかった論集は、座右に置きたいものである。

ちなみに紹介者は94年11月、イスタンブールで行われた東西の科学技術交流に関する会議に、日本から山田慶児氏、中岡哲郎氏、三宅康司氏らとともに参加し、トルコをはじめとする各国の研究者と交流を持ったが、特に現在、トルコで科学史研究が進展している状況には教えられるところが多かった。イスラム世界を対象とした科学史、というと、一般には古代から中世にかけてを連想しがちであろうが、なによりも本書の扱う領域がそれとはやや異なる点に注目をしたい。私見で恐縮だが、本書を突破口に新しい領域が開けつつある、という印象さえ持った。今回イスタンブールで出会った何人かの研究者・大学院生たちが、近代西欧科学・技術とイスラム世界、特にオスマン・トルコとの歴史的折衝についてを主な研究領域にしているということ、そして彼らは本書に

引き続いて、かなりの研究成果を出しつつある、という点はチェックをいれておくべきだろう。

このことはそれ自体での豊かさ・面白さに感銘したことさることながら、日本の科学史家にとっては、例えば「蘭学」という現象を「西欧近代科学」と日本との異文化接触でとらえようと試みる上で、比較のためにオスマン・トルコという参照軸を持ちうる可能性がある点が、重要であろう。世界的現象としての「近代科学」の席巻過程に、「蘭学」はどう位置付けられるか、といった問題意識に答える鍵も、そこには含まれていると考えることもできる。

またこれは、日本側からオスマン・トルコの例に着目する、ということのみではなく、トルコのほうからも、

ある伝統文化と近代科学との接触・対応の例として、日本のケースに対して関心が高い。ちなみに、一昨年イスタンブールに招かれた中山茂氏による講演は、トルコ科学史学会のニューズレターにも報じられており、内容についても大学院生諸君から、実にいろいろな角度から繰り返し質問をうけた。知的好奇心というのは共振するものである、としたら、日本とトルコの間ではかなりよく振れる、といって当たらずとも遠くはあるまい。「西欧近代科学」を「リトマス試験紙」として、さまざまな文化圏に特徴的な、もしくは固有な精神的風土のありかたを探ってゆくという、村上陽一郎氏によって提唱された「比較科学思想史」とでもいいうものの追求に、本書は重要な一里程を示してくれている。（塚原東吾）

〔紹 介〕

竹内 敬人、山田圭一著『化学の生い立ち』日本化学会編、新化学ライブラリー（全30巻）大日本図書、1992年、A5版、212頁、3,200円。

先ず、本書は全30巻にわたって現代化学の全領域を網羅する企画の中で、その歴史的叙述を分担する一巻である。全巻の広さに比べて、その歴史を書くのに只一巻のスペースというのはあまりに少なきに失するのではないか。旧ライブラリーの相当書、奥野、久保、都筑、白井著『化学の発明発見』1958が、基礎の教科書的なものを含む13巻の一巻であったのに比べてさらに厳しい条件というべきである。

さらに、「第二次大戦以後、その相貌を一変した化学の夥しい事実を整理記述することは化学史家の仕事の域を超えている。それを敢えてするとしても、先端研究者の自らの領域での文献選及調査など、研究の一部としての歴史的営みに吸収されて、独自性を失うであろう。パーティントン流の通史化学史は、最早成立しない……」（柏木 肇、日本化学会編『化学史・常識を見直す』講談社 p. 227-8による）といわれている。細かく専門分化した広大な現代化学を相手として、本書は当にそのような立場に在って、どのように対処しているのであろうか。

私見としては、各巻に、必ずその専門領域ごとの歴史的概観を付し、これら諸領域の分化までの歴史を本巻で（少なくとも2巻分）扱うことにするべきであった。しかるに目次を一瞥する限りでは、歴史的記述を含む巻はむしろ少数である。

これらの点に関しては、全体の企画編集担当者の見識が問われるところであろう。なおこの企画が本学会と無関係に行われたことも甚だ遺憾なことである。

「まえがき」の中で著者はいう。「本書は化学史、化学技術の通史ではない」と。また、題材の取上げ方の不公平を大っぴらに認めたうえで、「私たちは『独断と偏見』で本書を書いた、これにあきたらぬ批判者はご自分で同じように『独断と偏見』でお書きになれば素晴らしい」さらに、「化学者一人一人が自分自身の化学史を持っていてもよいのではないか」と。「文句のある奴は自分で書いて見ろ」はいささか乱暴な開き直りであるが、上記と考え合せると頗かない訳にはいかない。

構成、内容は次のとおりである。

I 部 化学の歴史（前半三分の一）

- 1 近代化学の誕生 1はじめに 2ラボアジエ 3ドルトン 4アボガドロ 5ベルセリウス 6メンデレーエフ

2 有機化学の誕生 1はじめに 2ウェーラーとリービッヒ 3ケクレ 4ファント・ホップ 5フィッシャー 6グリニャール

3 物理化学の誕生 1はじめに 2ファラデー 3ギップス 4アレニウス 5オストワルト

4 化学の再統一 1はじめに 2ウェルナー 3ルイス 4シュタウディンガー 5インゴルド 6ヒュッケル 7ポーリング

5 化学の未来 121世紀を迎えての化学の変容 2分子から分子集合体の化学へ 3ミクロからマクロスケール化学へ 4化学者に許された化学

II 部 化学技術の歴史（後半三分の一）

1 無機合成技術の展開 1空中窒素の固定 2ハーバーとボッシュ

2 高分子合成技術の成立と展開 1合成高分子の研究 2合成繊維の開発 3プラスチックスの開発 4ウォーレス・カロザース

3 有機合成技術と医薬品の開発 1染料の合成 2新しい医薬品の開発 3フレミングとフローリー、チーン

4 固体物性論の建設とその応用 1半導体の研究 2トランジスターの開発 3ショックレーとベル電話研究所 4化学技術の課題

200頁の中に納めるべく、前半では、選りすぐった数の化学者について生涯と業績とをやや詳しく述べる形で構成し、後半では、四つの分野を選んで述べている。

類書と異なってラヴワジエ以前が無いほか、化学者の選び方や記述の姿勢など、積極的に現在主義を探っていると思われ、現代化学のための化学者の化学史となっている。I部4章の化学の再統一という観点は類書にあまり例がなく、またII部4章も化学としてはかなり異質の題材であるといえる。何れにせよ新しい部分に無理があるのは当然である。

未来の化学、化学者の責任に説き及んでいることも注目される。マクロの観点から見た化学工業による特定物質の大量生産の問題に関して引かれたアルコール飲料の例は興味深い。18世紀半ば、イギリスにおいてジンの大量生産の結果アルコール依存症患者をも大量生産することになり大きな社会問題となったのである。「酒も少しなら良い」といういい逃れは、マクロには、すでに二百年以上前に空証文になっていたのである。

個々の史実、その取り扱いについて誤りや気になる点もかなり見られる。上記の「独断と偏見」の範囲を超えるものもあるが、敢えて一々問わない。ただ一つ、人名にはfirst name付きの原綴が必要であること、現にオストワルト父子について、Wi.とWo.との区別がつかなくなっていることを指摘しておく。（小塩 玄也）

〔会 報〕

1995年度総会報告

○1995年度総会 1995年5月20日(土)午後5時より日本大学商学部図書館LL教室 出席者25名、委任状48名、計73名で定足数42名を超えたので総会として成立。議事に先立ち、議長に芝会長、書記に田中評議員を選出した。

A. 会務および事業報告

会長より次表のとおり会務および事業報告があった。

1. 会員数動向(1995年5月15日現在)

個人会員 419名 うち学生会員8名

(1994年4月～1995年5月 新入会員25名、退会者22名 うち物故者5名)

賛助会員 8社

武田科学振興財団、第一学習社、和光純薬工業、三共、内田老鶴園、三共出版、東京教学社、肥料科学研究所

維持会員 14社

味の素、荏原製作所、ダイセル化学工業、田辺製薬、旭化成工業、出光興産、鐘淵化学工業、参天製薬、塩野香料、住友製薬、第一製薬、ナード研究所、富士レビオ、三菱瓦斯化学

2. 会誌刊行状況(1994年度)

第21巻第1号(通巻第66号) 1994年5月20日発行

第21巻第2号(通巻第67号) 1994年7月30日発行

第21巻第3号(通巻第68号) 1994年10月31日発行

第21巻第4号(通巻第69号) 1994年12月30日発行

3. 役員会および行事の開催状況(1994年度)

理事会 6回

編集委員会 8回

評議員会 1回

総会 1回

化学史研究発表会(長崎大学) 主催

化学史夏のサロン(化学会館) 主催

化学史シンポジウム(名古屋大学) 共催

化学史古典復刻研究会(東京大学) 主催

B. 会計報告

会長より1994年度決算および1995年度一般会計予算修正案について次表のとおり報告があった。

化学史学会1994年度決算報告

(1994年4月1日～1995年3月31日)

1. 一般会計

〔収入の部〕

科 目	予 算	決 算	1993年度
個 人 会 費 (入会金) (91-94年分)	2,500,000	2,585,000 (20,000) (552,000) (95年分) (96年分)	2,523,000 (24,000) (525,000) ('94) (1,968,000) ('95) (6,000)
贊 助 会 費 (94年分) (95年分)	300,000	22,000 (0) (220,000)	220,000 ('93) (0) ('94) (220,000)
会 誌 売 上	400,000	346,667	340,642
別 刷 代	250,000	261,105	266,976
広 告 料	0	0	0
懇 親 会 費	200,000	137,000	181,000
行 事 参 加 費	150,000	178,000	195,000
雑 収 入	30,000	30,000	0
利 息	15,000	6,849	11,021
特別会計より助成	1,900,000	2,425,036	2,500,000
収 入 合 計	5,745,000	6,189,657	5,444,387
前 年 度 繰 越 金		0	△64,207
合 計	5,745,000	6,189,657	5,380,180

〔支出の部〕

科 目	予 算	決 算	1993年度
会誌製作費	3,200,000	4,421,635	3,616,499
会誌梱包発送費	130,000	224,950	169,037
印 刷 費	200,000	116,905	117,420
別刷印刷費	250,000	261,105	266,976
懇親会費	200,000	171,356	205,062
行事経費 (会議費) (会場費・講師謝礼) (アルバイト代)	240,000	128,038 (41,066) (46,372) (40,600)	183,064 (85,820) (54,244) (43,000)
通 信 費 (郵 送 費) (電 話 費) (払込料金)	200,000	154,554 (87,933) (38,353) (28,268)	156,123 (96,083) (38,353) (26,922)
事 務 費	1,200,000	621,500	600,000
雑 費	125,000	89,614	65,999
支 出 合 計	5,745,000	6,189,657	5,380,180
次年度繰越金		0	0
合 計	5,745,000	6,189,657	5,380,180

2. 特別会計

〔収入の部〕

維持会費	94年度分	500,000
	95年度分	1,500,000
学 会 基 金 利 息		21,753
前 年 度 特 別 会 計 繰 越 金		61,825
前々年度維持会費繰越金より助成		500,000
合 計		2,583,578

〔支出の部〕

一 般 会 計 へ の 助 成	2,425,036
理 事 会 出 席 者 交 通 費	156,000
次 年 度 繰 越 金	2,542
合 計	2,583,578

3. 学会基金

前々年度維持会費繰越金	3,000,000
化 学 古 典 復 刻 研 究 会 基 金	1,500,000
立 花 ・ 玉 虫 基 金	700,000
合 計	5,200,000

1995年度一般会計予算修正案

収 入	支 出
個 人 会 費	2,500,000
贊 助 会 費	220,000
特 別 会 計 より 助 成	2,000,000
会 誌 売 上	400,000
別 刷 代	250,000
行 事 参 加 費	150,000
懇 親 会 費	200,000
利 息	10,000
合 計	5,730,000
	合 計
	5,730,000

C. 議 事

- 事業計画案について、昨年度に引き続き、学会20周年記念事業の一環として化学古典復刻計画を進めることができ承認された。
- 会費値上げについて、諸経費の値上りなどのため正会員の会費を年額6,000円から7,000円に値上げすることができ承認された。
- 学会細則改定について、会費の値上げに伴い、化学史学会細則を次のように改定することが承認された。

第2章 会 費

- 会費は、1年分以上を前納するものとし、年額正会員7,000円、学生会員3,000円、維持会員1口(100,000円)以上、贊助会員1口(10,000円)以上とする。
(下線部が変更点)

- 1995年度一般会計予算修正案について、年総会の時期変更に伴い、本年度一般会計予算が会計年度の始まる約10ヵ月前に承認されているため、前表のような修正案が提出され、承認された。また、今後は年度初めの総会で当該年度の予算を審議することが合意された。

- 次期年総会の件。来年5月名古屋工業大学で行うことが合意された。

最後に、今回の年総会のために多額の援助をして頂いた日本大学および年会準備委員の紫藤評議員に対する芝会長からのお礼の言葉と満場の拍手をもって総会を終了した。

編集後記

☆本年の第2号をお届けします。会告案内のように、例年に倣い、夏のサロンを東大教養学部（駒場）において開催しますので、多数の会員の参加をお待ちしております。また、お知り合いの方もお誘いください。

☆日本の化学界で顕著な業績を残された研究者の事蹟を、同門の後継者、門下生ないしは関係者によって、その研究の意義や研究事情などを執筆して頂き、連載することとしました。当時の研究活動の背景、研究の展開状況、研究室の雰囲気などを窮屈知できるとともに、貴重な証言として化学史の研究に資するものと思います。この企画で採り上げるべき先駆や執筆者についてのご推薦をはじめ、企画に関する会員の皆様からのご意見をお待ちしております。

☆本号が会員の皆様の手許に着く頃には、夏季休暇に入つておられる方も多いと思いますが、科学史・技術史関係の諸学会の年・総会も一段落を画したことと推察します。これらの会合に参加し、感じられたことを、感想あるいはご意見として「広場」にお寄せください。ようお願いする次第です。というのも、戦後50年を経過した今日、科学技術の社会的意味が、とりわけ科学史・技術史の研究者としての在り方が、厳しく問い合わせられているようと思われるのですが、それに対する積極的な対応はとなると、十分と感じるのは、私ひとりではないと思いますので。

（鎌谷）

複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、著作権者から複写権の委託をうけている次の団体から許諾を受けて下さい。

学協会著作権協議会

〒107 東京都港区赤坂9-6-41 社団法人 日本工学会内
Tel.: 03-3475-4621 Fax: 03-3403-1738

各種問合わせ先

○入会その他 → 化学史学会事務局

郵便: 〒101 東京都千代田区神田錦町2-2
東京電機大学工学部人文社会系列
古川研究室
(下線部を必ず明記してください)

振替口座: 東京 8-175468

電話: 03-5280-1288 (Fax 兼用)

事務連絡はなるべく Fax でお願いします。

○投稿先 → 『化学史研究』編集委員会

〒153 東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部科学史・科学哲学研究室
橋本毅彦（気付）

○別刷・広告扱い→大和印刷（奥付参照）

○定期購読・バックナンバー→(書店経由)内田老鶴園

編集委員

委員長: 鎌谷 親善 顧問: 柏木 肇
飯島 孝 大野 誠 亀山 哲也
川崎 勝 小塩 玄也 田中 浩朗
塚原 東吾 橋本 毅彦 林 良重
藤井 清久 古川 安 武藤 伸
八耳 俊文 吉本 秀之

維持会員

旭化成工業(株)ライフ サイエンス総合研究所	住友製薬(株) 第一製薬(株)探索第一研究所
味の素(株)	ダイセル化学工業(株)
出光興産中央研究所	田辺製薬(株)
荏原製作所	(株)ナード研究所
鐘淵化学工業(株)	富士レビオ(株)
参天製薬(株)	三菱ガス化学(株)
塩野香料(株)	

賛助会員

(株)内田老鶴園	武田科学振興財団
三共(株)	(株)東京教学社
三共出版(株)	肥料科学研究所
(株)第一学習社	和光純薬工業(株)

(1994年10月1日現在)

化学史研究 第22巻 第2号(通巻71号)

1995年7月31日発行

KAGAKUSHI Vol. 22, No. 2. (1995)

年4回発行 定価2,575円(本体2,500円)

編集・発行 © 化学史学会 (JSHC)

The Japanese Society for the History of Chemistry

会長: 芝 哲夫

President: Tetsuo SHIBA

編集代表者: 鎌谷 親善

Editor in Chief: Chikayoshi KAMATANI

学会事務局 Office

東京電機大学工学部人文社会系列古川研究室
〒106-0032
% Yasu FURUKAWA, Tokyo Denki University, 2-2 Kanda-Nishiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan
Phone 03-5280-1288

印刷 (株)大和印刷

〒173 東京都板橋区栄町25-16

Tel. 03-3963-8011 (代) Fax 03-3963-8260

発売 (書店扱い) (株)内田老鶴園

〒112 文京区大塚3-34-3

Tel. 03-3945-6781 (代)

Overseas Distributor: Maruzen Co., Ltd.

P.O. Box 5050, Tokyo International, 100-31 Japan

Phone 03-3272-7211; Telex, J-26517.

昭和52年3月24日 郵政省学術刊行物指定

『化学史研究』投稿規程 (1992年3月21日改訂)

化学史学会編集委員会

1. 投稿資格 著者のうち少なくとも一人は本会会員であること。但し、編集委員会が認めた場合あるいは依頼した原稿についてはこの限りではない。

2. 投稿期日 本誌は年4回（原則として3月、6月、9月、12月）発行するので、余裕をみて投稿すること。但し、査読を要するものは、さらに最低1ヶ月の査読期間を見込むこと。

3. 原稿区分 つぎのいずれかを著者が選択して指定すること。但し、編集委員会で変更することがある。

—論文・寄書・総説・解説・原典翻訳・紹介・資料・雑報・広場・討論—

なお、新しい知見をまとめ一定の結論に導いたものを論文、断片的ではあるが新しい知見を含むものを寄書と区分する。

4. 原稿の審査 論文・寄書については編集委員会あるいはその依頼する者が査読を行い、その結果によって編集委員会が採否を決定する。その他のものについても訂正を求める場合がある。

5. 校正 著者校正を一回行う。そのための原稿の写しは著者の手許に保管しておくこと。それに基づいて再校以降を編集委員会が行うので、校正刷はなるべく速やかに返送すること。

6. 別刷 揭載された論文などの別刷を希望する場合は、著者校正の際に必要部数を申し込み、別に定める料金を支払うこと。

7. 著作権および転載 揭載された記事等の著作権は本会に所属するが、編集委員会の承認を得れば他に転載することができる。

8. 投稿方法 原本およびその写し一通を別に定める投稿先に書留便にて郵送する。

なお投稿先は変更される場合があるので、最近号の会告に注意すること。

執筆要項

1. 原稿はなるべく400字詰原稿用紙を用い、完全原稿とする。水性のインクやHより硬い鉛筆はなるべく避ける。ワープロ原稿に関しては書式を22字×37行に設定し、禁則処理を行うことが望ましい。

2. 投稿原稿の第1枚目に、①投稿区分、②題名、③著者名（ローマ字書きを添える）、④所属、および⑤校正等送付先（電話番号）を記すこと。

3. 論文・寄書・総説・解説には、欧文で題名、著者名、所属および要旨を別紙添付すること。欧文要旨は約200語（ダブルスペースでタイプ用紙1枚程度）とし、なるべくタイプする。

4. 論文は400字詰原稿用紙40枚をもって一応の限度とする。ワープロ原稿に関しても、これに相当する量をもって一応の限度とする。

5. 原稿は横書き、現代かなづかいによる。

6. 読点はコンマ（，），句点はピリオド（.）を用い、文中の引用は「」の中に入れる。

7. 元号その他西暦以外の紀年法によるときは、必要に応じて（ ）内に西暦年をそえる。

8. 外国人名や地名は、次のいずれかの方法に統一する。
(a)原綴を用いる場合は初出の個所に（ ）内にカタカナによる表示をつける。
(b)カタカナを用いる場合は、初出の個所に（ ）内にその原綴またはローマ字転写を示す。
(c)よく知られたものについてはこの限りではない。

9. 欧語は、タイプまたは活字体で記すこと。

10. 引用文が長いときは、行を改め本文より2字下げて記す。

11. 図および構造式などはそのまま製版できるように墨または黒インクで白紙上に仕上げ、それぞれ挿入個所（必要に応じて大きさも）を赤字で原稿の右側に指定すること。なお、粗書き原稿で希望する場合には本会でトレースさせ、別途代金を請求する場合がある。

12. 写真等はなるべく原本を添付し、返却希望の場合はその旨を明記すること。

13. 単行本および雑誌名は、和漢語の場合には『』の中に入れ、欧語の場合にはイタリック体（下線を付す）を用いて表す。

14. 論文の題名は、和漢語の場合には「」の中に、欧語の場合には‘’の中に入れること。

15. 単行本などの中の特定の章または節の題名、および編纂物等に含まれる文書名も、和漢語の場合には「」に入れ、欧語の場合には‘’に入れること。

16. 文献と注は通し番号1), 2)……を用い、本文中の相当個所に肩つきで番号を示し、本文の最後に一括して記すこと。

17. イタリック体は下線_____, ゴチック体は波線~~~を付け、それぞれ赤字で原稿中に指定する。

18. 引用文献の書き方は、以下に示す実例に準ずる。

例

〈論文〉

- 1) 仁田 勇「化学史周辺雑感」『本誌』1983, 123-126頁。
- 2) 辻本満丸「姥餃肝油中の新炭化水素について」『日本化学会誌』(以下『日化』と略す) 55 (1934), 702.
- 3) Wallace H. Carothers, 'Polymerization', *Chemical Reviews* (以下 *Chem. Rev.* と略す) 8 (1931): 353-426, p. 355.

〈書籍〉

- 4) 日本化学会編『日本の化学百年史——化学と化学工業のあゆみ』(東京化学同人, 1978), 580-597頁。
- 5) Arnold Thackray, *Atoms and Powers: An Essay on Newtonian Matter-Theory and the Development of Chemistry* (Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1970), pp. 14-18.

投稿先 〒153 東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部科学史・科学哲学

研究室 橋本毅彦（気付）

『化学史研究』編集委員会

〔海外情報〕

「ルイ・バストゥール年」

1895年9月28日のバストゥールの没後100年を記念して、今年は全米各地で様々な催しがもたれている。まず1月30日にはペンシルバニア大学において今年の「ルイ・バストゥール年」の催しの開会式が行われ、続いて2月からは「ルイ・バストゥール：生涯と業績」という展覧会がペンシルバニアで開かれた。これはその他の各地でも開催の予定である。バストゥールについての何本かの映画、講演が企画され、主なものは以下のとおり予定されている。

5月1—31日 デンバー、ローズ・メディカル・センター

9月1—28日 クリーヴランド、ディットリック・医学史博物館

10月 クリーヴランド、健康科学博物館

10月18日—11月30日 ウィントン、フランス大使館、マゾン・フランセーズ

10月24日—12月30日 アルブケルク、国立原子博物館

11月1—30日 セント・ルイス、セント・ルイス科学

センター

また、9月12日から15日の間に、ニューヨークのロックフェラー大学でバストゥールについての国際シンポジウム、「立体的な特性と分子の認識」が開催される予定。詳しい情報は以下に問い合わせ下さい。

バストゥール財團 (Pasteur Foundation)

555 Madison Avenue, New York, NY 10022, (212) 752-2050

第20回国際科学史学会

1997年7月25—30日、ベルギー・リエージュ大学にて開催予定。テーマは、「科学・技術そして産業 (Science, Technology and Industry)」ファースト・サイキュラーは、95年5月の予定。申し込みなどは、以下へ。

Congress Office

Centre d'Histoire des Sciences et des Techniques

Université de Liège

Avenue des Tilleuls, 15

B-4000 Liège (Belgium)

tel. +32-41-669479

fax. +32-41-669547

バストゥール ビールの研究

ÉTUDES SUR LA BIÈRE

ビールの病変、病変の原因、
ビールに変敗耐性を付与する方法

および

発酵に関する新理論

Louis Pasteur 著

齋藤田向 監修

竹田正一郎・北畠克頭 共訳

A5判・上製／口絵(巻頭)・本文：390頁。
版画図版：12／挿絵：85 定価10,300円(税込み)

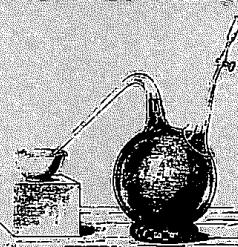
【主要内容】

- 1章 ビールないしその製造に使用される麦汁に変敗しやすい性質があることと、醸造工程との間に存在する密接な相関について
- 2章 ビールおよびその製造に使用される麦汁が病変を起こす原因の研究
- 3章 厳密な意味での発酵原の起源について
- 4章 各種の生命体を純粹状態で培養すること、およびこれらにみられる自律性について
- 5章 アルコール酵母
- 6章 発酵の生理学的理論
- 7章 ビールの新製法／付録(むすび)

“かつて化学の世界に現れた最も完全なひと”

バストゥール没後百年記念出版

一已ノ欲スルニエニ事物アリトスルハ
精神ノ最大ノ迷惑ナリ
発酵に関する実験事実と生命の自然発生
説の否定をめぐるかの大リーピッヒとの
論争の詳細も記述されていて、いまなお
“面白い”科学・医学史上の貴重な書を
初版本から完訳；化学史研究者必読の書。



企画・製作 アサヒビール生活文化研究振興財團

編集・発行 大阪大学出版会

〒565 吹田市山田丘1-1 大阪大学事務局内

Tel. & Fax. 06(877)1614 振替:00990-4-120298

ご注文は、書店または直接小会まで。

KAGAKUSHI

The Journal of the Japanese Society
for the History of Chemistry

Volume 22 Number 2 1995
(Number 71)

CONTENTS

ARTICLE

- Chikayoshi KAMATANI: Sake Brewing Technique in Late Edo Japan 85 (1)

THE HISTORY OF CHEMICAL TECHNOLOGY SERIES 12 and 13

- Takao KARIYONE: The History of Synthetic Detergents in Japan 114 (30)

- Kenkichi ŌBA and Reiko TAKEI: History of Technological Development
of Detergents from the Viewpoint of Environmental Issues 127 (43)

JAPANESE CHEMISTS SERIES 1

- Masamichi TSUBOI: On the Works of Professor San-ichiro Mizushima 142 (58)

BOOKREVIEWS

- NEWS 159 (75)
-

Edited and Published by
The Japanese Society for the History of Chemistry

c/o Yasu Furukawa, Tokyo Denki University
2-2 Kanda-Nishiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan
Overseas Distributor: Maruzen Co. Ltd.,
P.O. Box 5050, Tokyo International, Tokyo 100-31, Japan