

# ビール醸造設備発展の系統化調査

Historical Development of Brewing Equipment

藤沢 英夫 Hideo Fujisawa

## ■ 要旨

日本における最初のビール醸造所の一つである「スプリング・バレー・ブルワリー (Spring Valley Brewery)」は、明治3年(1870年)アメリカ人のウィリアム・コーブランド (William Copeland) によって横浜山手の外国人居留地に開設された。日本のビール産業の歴史はここから始まったといえる。居留地の外国人から日本人へとビール消費が拡大していくにつれ、日本人経営者によるビール事業への参入が相次いだ。明治33年(1900年)には国産ビールのブランド数が100を超えるまでに増加した。一方、1873年にカール・フォン・リンデ (Carl Paul Gottfried von Linde) が発明した冷凍機は、ホップのきいた爽快な香味の「ピルスナービール」の低温発酵を工業的に可能とした。ドイツを初め世界中に瞬く間に広まったこのビールは日本人の嗜好性にも合致し、市場の要求は急速にピルスナービールへと移っていった。多額の資金を要するこの最新の設備・技術の導入は、資本力を有する大手ビール会社以外には不可能であった。これは明治34年(1901年)のビール税法の施行と合わせて、中小ビール会社の淘汰・再編を促す要因となり、大手ビール会社数社による寡占体制が早い時期に形成された。これが日本におけるビール産業構造の大きな特徴である。

当初の「スプリング・バレー・ブルワリー」のビール醸造設備は、まだ中世ヨーロッパ時代から続いてきた古来の酒造りのスタイルのものであった。1760年代(イギリス)以降、欧州で展開された「工業化」の波がそれを一変させた。「蒸気機関」や「冷凍機」、「酵母純粋培養装置」といった機械の出現が、伝統的なビール醸造工程を一挙に近代化したのである。勃興して間もない日本のビール産業も欧州のビール先進国、特にドイツの最新設備や技術によって容易に近代化を図ることができた。以後、急速なビール需要拡大の中で設備能力の拡張を急ぐ日本のビール各社は、醸造設備の開発・製作を主としてドイツの設備メーカーに依存していった。

ビール醸造設備は、主として仕込や醗酵用の容器と加熱・冷却用の装置、濾過装置などで構成されている。基本的には汎用的な産業機械・装置を応用してビール醸造用に組み立てられた設備であるといえる。ビール醸造用として特殊なものは比較的少ない。その意味で、ビール醸造設備はいろいろな産業に共通した設備・技術の発展と連動しながら近代化を遂げてきたともいえる。

日本のビール各社が終始追求していったのは、高度経済成長期を中心とした急激な需要に対応するための「大量生産」であり、そのための醸造容器の「大型化」であった。これが日本のビール醸造設備発展における大きな特徴である。昭和40年(1965年)に日本で開発された500kl規模の大型醗酵・貯蔵タンク「アサヒタンク」は、日本における数少ない設備開発事例の一つである。ビールにおける日本の開発力は、むしろ市場(消費者)を開拓する「商品開発」に向けられ、今日の多彩な「多品種商品」をもたらした。「壺詰・缶詰生ビール」や「発泡酒」など、時代の動きに合わせて従来にはないジャンルの商品を創り上げた開発技術は日本独特のものであったといえる。

本報告書は、ビールの一般的理解のために「日本におけるビール産業の発展推移(第2章)」と「ビール製造工程の概要(第3章)」を初めに紹介し、その後に本論の「ビール醸造設備の発展推移(第4章)」を記述した。

## ■ Abstract

The history of the Japanese beer industry began with Spring Valley Brewery, Japan's one of the first brewery. The Spring Valley Brewery was established by American William Copeland in an enclave of foreign residents in Yamate, Yokohama in 1870. As beer consumption in Japan increased, spreading from the foreign residents of Yokohama to the general population, the Japanese themselves became increasingly involved in the production of beer. By 1900, the number of Japanese breweries had reached over 100. Meanwhile, the refrigeration machine invented by Carl Paul Gottfried von Linde in 1873 enabled the industrial-scale application of low-temperature fermentation that produce the strongly-hopped, refreshing "Pilsner beer". The popularity of this pilsner beer spread rapidly, gaining fans throughout the world, including Germany. The taste was also a hit in Japan. This popularity brought on a rapid shift in the market demand for pilsner beer. However, procuring the advanced equipment and technologies that made pilsner beer possible required large amounts of capital, an investment that only major beer companies could hope to make. In addition to establishing a beer tax law in 1901, the need for capital to invest in equipment and technology accelerated the culling and restructuring of mid- and small-sized beer companies, which in turn resulted in the formation of a closed market early on, where only a small group of major beer companies are dominant. This is a major characteristic of the beer industry in Japan.

Spring Valley Brewery initially used traditional brewing equipment passed down from medieval times in Europe. However, the wave of industrialization that rolled through Europe from the 1760's (England) changed the face of brewing. The emergence of machinery such as the steam engine, the refrigerator, and pure yeast culture apparatuses altered the traditional processes of beer production once and for all. The young Japanese beer industry that had sprung to life not long after this revolutionary change was able to achieve rapid modernization with relative ease by utilizing the latest and most advanced equipment and technologies being developed in European countries, especially Germany, that were far ahead of it in the art of brewing. Each beer company in Japan that rushed to expand production to keep up with the rapid increase in demand, however, came to depend largely on the equipment manufacturers in Germany for the development and manufacture of their brewing equipment.

Beer brewing equipment mainly consists of containers for mashing and fermentation as well as cooling and filtering apparatuses. In reality, however, the equipment used in brewing is actually only versatile industrial machinery and apparatuses used in a variety of industries, and there is, in fact relatively little equipment designed specifically for the brewing of beer. In this sense, it can be said that the development of beer brewing equipment is closely tied with the development of equipment and technologies common to a number of different industries.

In Japan, beer companies consistently attempted to respond to sharp increases in demand during periods of high economic growth by increasingly pursuing mass production with an emphasis on increasing the size of the brewing containers employed in mass production. This is the major characteristic that defined the development of beer brewing equipment in Japan. The Asahi Tank, developed in 1965 as a large-sized tank for fermentation and storage with a capacity of 500 kl, is an example of one among few cases of equipment development in Japan. The Japanese beer industry put more efforts into product development for the expansion of markets (consumers), which brought about the wide variety of products currently seen in the industry. The development technologies that created products in new categories, such as bottled/canned draft beer or law-malt beer called Happoshu, in accordance with consumer trends represent unique Japanese product development strategies.

To increase the general understanding of beer, this study examines The Development and Change of Beer Industry in Japan (Chapter 2) and Outline of Beer Production Processes (Chapter 3), which serve as background of the main body, Development and Change of Beer Brewing Equipment (Chapter 4).

## ■ Profile

**藤沢 英夫** *Hideo Fujisawa*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター支援調査員

昭和42年3月	東北大学農学部農芸化学科卒業
昭和42年4月	キリンビール株式会社入社
	横浜工場製麦課、高崎工場醸造課
(主な職歴)	本社製造部技術課、取手工場醸造課長
	本社企画部部長代理、滋賀工場副工場長
	神戸工場建設特別室副室長
平成10年4月	岡山工場長
平成14年3月	取締役横浜工場長
平成17年3月	退任

## ■ Contents

1. はじめに	261
2. 日本におけるビール産業の発展推移	262
3. ビール製造工程の概要	273
4. ビール醸造設備の発展推移	282
5. ビール醸造設備発展の系統化	325
6. あとがき(今後の醸造設備の展望を含めて)	327
謝辞	328
資料	328
ビール醸造設備技術の発展の系統化	328
明治・大正時代のビール銘柄一覧	329
主要なビール醸造設備の発展推移	330

# 1 | はじめに

ビールは世界で、そして日本で最も多く飲まれているお酒である。キリンホールディングス社から毎年発表されている統計レポートによると、平成19年度(2007年)における世界のビール生産量は、1億7,937万klに達している。これは東京ドームをジョッキに見立てると約145杯分に相当する量という。世界のビール生産量は過去23年間連続して増加を続けている。その要因は、かつての日本がそうであったようにアジア、アフリカ、中南米といった新興市場での著しい消費の伸びによる。特に中国は6年連続世界No.1となり、今やアジアの生産量はヨーロッパと肩を並べるほどに成長している。反面、日本のビール生産量はかつての世界5位から7位へと後退した。日本においては飲酒人口の減少や健康志向の高まりもあって、日本酒やウイスキーなどと同様ビール消費もピークを過ぎ、ここ数年暫減の傾向に移っている。

本調査では、日本におけるビール産業の歴史を振り返り、ビール産業勃興から現在に至る「ビール醸造設備技術」の発展を系統化するものである。5,000年の歴史をもつといわれるビールも日本においての歴史はわずか140年を遡るに過ぎない。しかし、江戸末期に初めて海外からもたらされた未知なる「苦き酒」は、今や日本で生産される酒類の中で最大の消費量を占めるまでに成長した。その過程には、ビール産業の発展を支えた幾多の技術の進歩があったことは言うまでもない。日本のビール産業が成熟期にあるとあってよい今日、「ビール製造」、とりわけビールの中味を造りだす「ビール醸造工程」の技術的発展の歴史を辿ってみることは大いに意義のあることと思う。本調査では、ビールづくりのハード面、すなわち「醸造設備」に焦点を当て、テーマを「ビール醸造設備技術の発展」としてその系統化を試みるものである。

第2章では初めてビール醸造所が開設された明治初期から今日までのビール産業の歴史を概観する。ビール生産量の推移やビール会社の存亡・発展の推移を辿りながら、日本における風土・文化・政治・経済・社会・国民性など日本特有の要因を探り、ビール産業の構造的特徴を探る。

第3章では本調査の主題に進む前に、予備知識としての「ビール製造工程」の全体の流れを紹介し、その中で「ビール醸造設備」の基本的な構成と機能について記述する。

第4章では本論である「ビール醸造設備技術の発展

の推移」について記述する。ビール醸造設備は工程順に原料処理設備、仕込設備、麦汁処理設備、醗酵設備、貯蔵設備、ビール濾過設備で構成される。各々の発展の推移については、大きな設備的・技術的变化のあった「時代毎」に区切って記述し、最後に日本におけるビール醸造設備発展の特徴について整理する。

第5章では、「ビール醸造設備発展の系統化」として醸造設備に関わる技術の系統化を行う。

第6章では「おわりに」としてビール醸造設備の今後の発展の展望を含めて考察する。

## 2 | 日本におけるビール産業の発展推移

### 2.1 偉大な古代のビール醸造技術

ビールはいつ頃から造られたのであろうか？ それを探る最も古い記録の一つとして、約5,000年前メソポタミア地方に住んでいたシュメール人が残したとされる「モニュマンブルー」と呼ばれる粘土板がある（図2.1）。ここにビールづくりの様子が刻まれていたことから、ビールの歴史は5,000年というのが通説となっている。しかし、ビールが大麦や小麦を原料とする穀物酒であるからには、その起源は農耕が始められた時代まで遡ることもできよう。ただそれを裏付ける情報がメソポタミアに関しては残念ながら少ないようである。



図2.1 モニュマン・ブルー

近年エジプトにおいて盛んに行われている発掘調査によると、古代エジプト文明の中で最も輝かしい時代が築かれたBC2,700年(古王国時代)からBC1,000年(新王国時代)にまたがる王朝の墳墓には、壁画や副葬品の模型など当時のビールづくりを伝える資料が豊富に残されているという。はるか4,500年も前の時代にどのような道具が使われ、どのような方法でビールが造られていたのであろうか。

平成14年(2002年)、キリンビール社(現在のキリンホールディングス社)が、古代エジプト考古学者である早稲田大学吉村作治教授(現、サイバー大学学長)の指導・協力を得て当時のビールづくりの再現を試みた。BC2,755年~BC2,255年時代とされる墳墓で発見された壁画(図2.2)から実験考古学的手法でこれを解釈・再現し、古代エジプトのビールがいかに優れたものだったかを実証したのである。エジプトでは壁画に出てくるような道具類が現在でも実生活で使

われている例が多い。実験では当時のビールづくりをできるだけ忠実に再現するため、そのような道具類ないしそのレプリカが用いられた(図2.3)。仮説と検証を幾度も繰り返しながら究明された製法で完成されたビールは、アルコール濃度約10%、白ワインに似た芳醇な風味をもつ優れた酒であった。またその製法や道具類も極めて現代の理に適った合理的なものであったという。5,000年前の古代人の知恵の偉大さに改めて敬服するほかはない。そのビールづくりの製法や道具は長い歴史の変遷を経て約140年前の日本にもたらされたのである。



図2.2 ビールづくりの壁画  
(線画に加工したもの)



図2.3 古代ビール再現に使われた道具

## 2.2 ビール産業の夜明け (1810年～1870年)

日本へビールの知識を伝えたのは江戸時代のオランダ人であった。それ以前、16世紀に初めて日本へ渡来した西洋人はポルトガル人であったが、その時携えてきた酒は葡萄酒であった。彼等の宣教師活動がもとで江戸幕府は鎖国政策に移行することとなり、鎖国体制が完成した1639年(寛永16年)には唯一通商を許されていた西洋の国はオランダのみとなった。長崎に商館を構えていたオランダは、一切の宗教活動は勿論、日本人との自由な接触も避けられていた。このため彼らの国民的飲料であるビールの知識も長い間国内に伝わらなかった。1720年(嘉永6年)将軍吉宗が発した「蛮書輸入解禁」によってオランダから科学書が続々と入ってくるようになり、これによって初めてビールの知識が日本にもたらされるようになった。江戸時代に編集された「和蘭(オランダ)問答」には、1724年におけるオランダ人の江戸入府の際の宿舎長崎屋での食事の様子が記されている。『…麦酒給見申候処、殊の外悪敷物にて、何のあちはひも無く御座候。名をビールと申候。…』「ビール」という日本語の語源はオランダ語(Bier ビール)からもたらされたという説はこの記録からもうかがえる。それでは「日本で最初のビールづくり」はどうだったのでしょうか？

### 【日本で最初のビールづくり】

1812年(文化9年)、長崎出島のオランダ商館の館長ヘンドリック・ドーフがビールを醸造したという記録がある。

### 【日本人で最初のビールづくり】

1853年(嘉永6年)、ペルー率いるアメリカの東インド艦隊が浦賀に来航した同じ年に、三田藩(兵庫県三田市)の蘭学者である川本幸民がビールの醸造を試みたといわれる。川本幸民は三田藩の藩医の子弟として生まれ、オランダ医学を学び、緒方洪庵と並び称される優秀な蘭学者であった。幸民はヨーロッパで広く読まれていたドイツの農芸化学者シュテックハルトの著書『化学の学校(Schule der Chemie)』のオランダ語版を和訳し、その翻訳書『化学新書』に“Chemie”の訳語として日本で初めて「化学」という言葉を用いたといわれている。

いずれにしてもこれらの試みは個人としての自家醸造の域を出ないものであった。

### 【日本で最初の商業用ビールづくり】

日本開国からほどなく、神奈川(横浜)、長崎、箱館(函

館)、兵庫(神戸)などの開港地には外国人居留地が設置された。特に横浜は唯一イギリス、フランスの軍隊が駐屯していたため居留外国人が最も多く、欧米からビールほか様々な生活必需品や外国文化が盛んに輸入されるようになり、日本の「文明開化発祥の地」となった。

最初に輸入されたビールはイギリス製エール(Bass社製など)が中心で、その後ドイツ製、アメリカ製のビールも輸入されるようになった。最初の商業用ビール醸造所が横浜の外国人居留地に誕生し、そしてそれが醸造技術を有する外国人の手によるものであったことは必然的であったといえよう。

明治2年(1869年)から明治3年にかけて、横浜山手の外国人居留地内に三つのビール醸造所が外国人によって相次いで開設された。その中の一つ、「スプリング・バレー・ブルワリー(Spring Valley Brewery)」はノルウェー生まれのアメリカ人ウィリアム・コーブランド(William Copeland)によって明治3年(1870年)に開設された。他の二つが早々に廃業したのに対し、スプリング・バレー・ブルワリーは品質に優れたイギリス風エールやドイツ風ラガービールなどを供給し長く存続した。日本人への醸造用具の販売やビール醸造技術の伝授など、その功績によりコーブランドはわが国ビール産業の祖とされている(図2.4)。



図2.4 ウィリアム・コーブランド

### 【日本人で最初の商業用ビールづくり】

日本人として最初に商業用ビールの醸造を手がけたのは渋谷(しぶたに)庄三郎である。大阪堂島にビール醸造所を開設し、アメリカ人醸造技師を招聘して明治5年(1872年)に「渋谷ビール」を発売した。

### 【日本での官営によるビールづくり】

明治初期にいくつかの府県に官営のビール醸造所が開設されている。その一つとして明治9年(1876年)に札幌に設立されたのが「開拓使麦酒醸造所」である。

江戸後期から蝦夷地（樺太、北海道、千島）は「北方の脅威（ロシアの南下政策）」下にあった。このため明治2年（1869年）に蝦夷地の行政と開発に当たる「開拓使」が設置され、勸農・勸業政策の一環としてビール醸造事業が進められたのである。

## 2.3 ビール産業の勃興 (1870年～1900年)

明治前期の市場は輸入ビールがほとんどで、イギリス、オランダ、ドイツ等からのものであった。政府が産業革命で躍進したイギリスとの交易に積極的だったこともあって大半はイギリスのエールが占めていた。日本人の文明開化熱やそれによる食生活の変化（洋風化）などによって日本人にもビールが浸透していき、この動きは日本人によるビール事業への参入を大いに触発した。さらには政府がビールや葡萄酒の醸造を奨励するため無税の特典を与えていたこと、加えて低水準であった輸入ビールの関税が引き上げられるとの動き（明治32年実施）があったことも参入を加速させる要因となった。

これにより、最初のビール醸造所が開設してからわずか30年ほど後の明治33年（1900年）には、国産ビールのブランド数が100を超えるという、「ビール醸造所の群生時代」となった。当時のビールの醸造技術、特にイギリスの代表的なエールタイプのビール醸造技術は日本人にとってさほど理解困難ではなく、製造設備に要する投下資本額も比較的小さくて済むものであった。このことも新規参入を促す大きな要因であっ

た。このためビール事業に参入した例の中には、地方の素封家が時勢に乗って家業の多角化の一手段として始めただけというものもあったという。

当時のイギリスのエールは色が濃く苦味が強いタイプであった。一方、ドイツのビールはエールに比べて色がより淡く飲み口がサラッとしていたことから、日本人の嗜好に合うものとしてドイツのビールが次第に人気を上げていった。

表2.1にコーブランドが醸造所を開設した明治初期以降、明治中期までに登場した主なビール銘柄の一覧を示す。この表から次のような傾向が窺える。

- 当初は個人事業がほとんどだったこと
- 次第に近代的公司組織が形成されていったこと。  
ビール産業の実質的な勃興期はこの時期からといってもよい。
- 当初は日本人醸造技術者があちこちの醸造所で活躍していたこと  
この内、村田吉五郎と久保初太郎はコーブランドの弟子であり、横山助次郎は村田の弟子である。中川清兵衛と生田秀はともにドイツに留学し、ビール醸造技術を修得した技師である。
- 後半からドイツ人技術者を招聘する醸造所が増えていること。これは、国民の嗜好がドイツビールへシフトしていることを裏付けているとともに、品質の良いドイツタイプのビールを造るには格段の設備と技術が必要だったことを示している。

表 2.1 明治初期～中期頃の主要なビール銘柄一覧

銘柄	経営主	所在地	組織	技術者	創立年次	発売年	廃止年次
天沼ビール(通称)	コブランド、ウィーガンド	横浜	合名(個人)	コブランド	明治2～3	明治2～	明治18
三ツ鱒ビール	野口 正章	甲府	個人	村田吉五郎 横山助次郎	5	7	14
〃	野口 忠蔵	〃	〃	横山助次郎	14	14	34
渋谷ビール	渋谷庄三郎	大阪	個人	フルスト 金沢嘉蔵	5	5	14
札幌ビール	開拓使	札幌	官営	中川清兵衛	9	10	19
桜田ビール	金沢三右衛門等	東京	合資	不明	10	10	26
手形ビール	宮内 福三	東京	個人	横山助次郎	14	14	21
浪華ビール	荒木 某	大阪	個人	金沢嘉蔵	14	14	15
鱒印ペールエール	橋本 清三郎	大阪	個人	金沢嘉蔵	15	15	不明
エビスビール	柴谷 善三郎等	大阪	個人	金沢嘉蔵	17	17	24
朝日ビール	小西 儀助	大阪	個人	金沢嘉蔵	17	17	21
半田ビール	竹本久三郎	愛知(半田)	個人	桜田ビール社	不明	17	18
浅田ビール	浅田甚右衛門	東京	個人	村田吉五郎 久保初太郎	17	18	45
キリンビール	ジャパン・ブルワリー	横浜	有限責任	ヘッケルト	18	21	39
札幌ビール	大倉組	札幌	個人	中川清兵衛	21	21	39
エビスビール	日本麦酒醸造会社	東京	有限責任	桂 二郎	20	23	39
アサヒビール	大阪麦酒株式会社	大阪	株式	生田 秀 ポールマン	20	25	39
丸三ビール	盛田 善平	愛知	個人	韓 金海 行木 某	20	21	29
札幌ビール	札幌麦酒株式会社	札幌	株式	中川清兵衛 ダニール	21	21	39
帝国ビール	帝国麦酒株式会社	大阪	株式	横山 助次郎	22	22	24
東京ビール	東京麦酒株式会社	神奈川	株式	不明	26	31	40
カフトビール	丸三麦酒株式会社	愛知	株式	ボンゴル	29	31	大正11

## 2.4 ビール産業の淘汰・再編 (1900年～1940年)

明治32年(1899年)、輸入ビールの関税が従価5%から25%に引き上げられた。ビール醸造業界には朗報となったが、それも束の間、明治34年(1901年)10月に「麦酒税法」が施行され、国産ビールに石(180L)当たり7円の麦酒税が課せられた。ビール関税(18円76銭/石)に比べ少ない税額ではあったが、業界に与えた影響は大きかった。もともと新興の中小ビール会社は競争や不況の中で淘汰されてきたが、この麦酒税によって明治7年発売の由緒ある「三ツ鱗ビール」でさえ廃業に追い込まれるなど、中小ビール会社にとってはさらに過酷な波に翻弄されることになった。何故なら「前納制」である麦酒税は、滞貨や貸し倒れのリスク負担もあって小資本の会社では背負いきれず、また景気変動にも耐え得なかったからである。従って中小ビール会社の淘汰・再編の現象は、弱肉強食の末というよりは自ずと消えざるを得ない状況に追い込まれてしまったと解すべきであろう。これを契機に小資本でビール業界に打って出る企業家は後を絶った。

転機となった麦酒税法施行の1年前(明治33年)におけるビール各社の生産量を表2.2に示す。

表2.2 明治33年の各社ビール生産量

(単位:石,%)			
社名	銘柄	製造量	シェア
日本麦酒	エビスビール	37,452	31.1
大阪麦酒	アサヒビール	28,370	23.6
ゼ・ジャパン ブルワリー	キリンビール	18,379	15.3
札幌麦酒	サッポロビール	14,300	11.9
丸三麦酒	カブトビール	5,226	4.3
東京麦酒	東京ビール	2,300	1.9
その他		14,344	11.9
計		120,371	100.0

年間生産量5,000石を超えているのは上位5社のみであり、その合計シェアは86%強を占めるに至っている。この時点ですでに大手数社による寡占の様相を呈しているわけであるが、ビール業界の構造的特徴ともいえるこの現象の要因をここで整理してみたい。

### <要因その1>

この時期は明治27年(1894年)勃発の日清戦争後の好景気でビールの消費も飛躍的に伸びていた時期であった。前節で触れたように、消費者の嗜好は飲みやすいドイツタイプのビールに次第にシフトしていた。

一般にイギリスのエールの醸造は比較的高温・短期間の醗酵で、かつ熟成期間も短いので(製造日数は一般に2週間程度)小さな会社においても設備や技術の面で比較的容易に醸造できるビールであった。一方ドイツタイプのビールは通称「ラガービール(貯蔵ビール)」と呼ばれているように、低温での醗酵に加え、熟成もさらに低温で1～2ヶ月の長期間を必要とした。従って、冷却装置を持たなければ冬場の3ヶ月程度しか製造できず、といて当時技術革新の進んだ欧米の冷凍機などを備えるには多大な資金が必要であった。また知識・技能の面においても当時の日本人醸造技術者の技術レベルはまだ十分でなく、ドイツタイプのビールの安定した品質を得るにはドイツから優秀な醸造技師を招聘する必要があった。すなわち、これらの要件は資本力を持ったビール会社(例えば表2.2の上位6社)でないと実行できなかったということであり、資金力のない醸造会社は次第に撤退を余儀なくされていった。

### <要因その2>

もう一点は明治41年(1908年)3月の麦酒税法改正において、製造免許付与に「制限石数」が設けられたことである。すなわち、「年間製造石数1,000石(180kl)以上でなければ免許は付与されず、さらにすでに免許取得している者も4年以内にこの基準に達しなければ免許は停止される」というものであった。この制限石数は昭和15年(1940年)には10,000石(1800kl)以上、昭和34年(1959年)には2,000kl以上とそれぞれ上方改定されている。明治18年(1875年)発売の「浅田麦酒」は大会社との無益な競争を避け、ドイツの『地ビール』に倣って自家用醸造所としての道を歩んだのであるが、この法改正によって廃業せざるを得なくなった。この例から窺えるように、わが国のビール業界において日本の清酒業界のような小規模醸造所による『地酒文化』が形成されてこなかったのは、この法的規制が大きな要因の一つであったといえる。ただ、当時は一部の小規模醸造所による品質粗悪品の乱売や酒税の未納などの問題があり、制限石数の設定はこれを防止する狙いがあったものと思われる。地ビールが復活したのは、それから86年を経た平成6年(1994年)の規制緩和によって制限数が年間60klに引き下げられてからである。

大手ビール会社の方も互角伯仲の厳しい販売競争を繰り広げていたが、明治37年(1904年)日露戦争が勃発した。これを契機に国内での過当競争を避けるとの名分で札幌麦酒・日本麦酒・大阪麦酒の大手三社の大合同が行われた。明治39年(1906年)3月26日、

市場シェア 70%を超える巨大な「大日本麦酒株式会社」が設立されたのである（図 2.5）。一方、もう一つの大手会社ザ・ジャパン・ブルワリー社は、大日本麦酒社への合同提案を断って独自の道を歩む選択をし、明治 40 年（1907 年）新たに「麒麟麦酒株式会社」を立ち上げた。

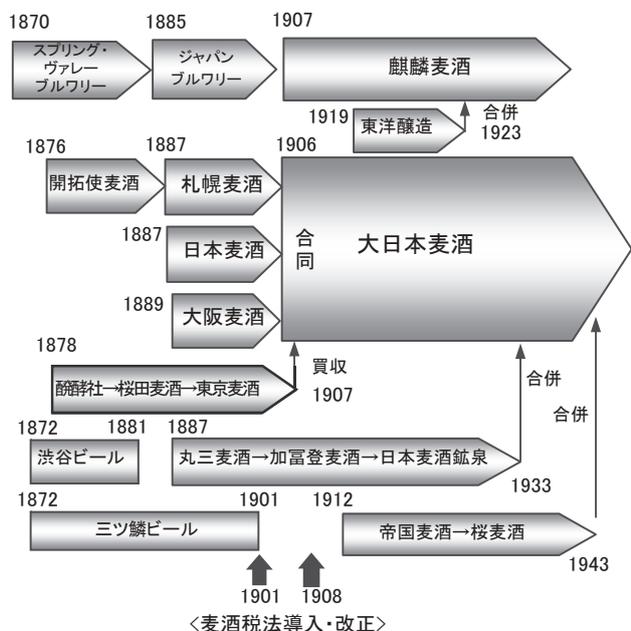


図 2.5 主なビール会社の淘汰・再編の推移

このようなビール業界の再編が進む中、国内のビール生産量はどう推移していただろうか。統計数字の明らかな明治 23 年（1890 年）から昭和初めまでの国内ビール生産量を図 2.6 に示す。日清戦争、日露戦争、そして第 1 次世界大戦といずれも軍需景気の追い風に乗ってビール生産量（消費量）が急成長している。日露戦争と時を同じくして大合同した大日本麦酒社は、

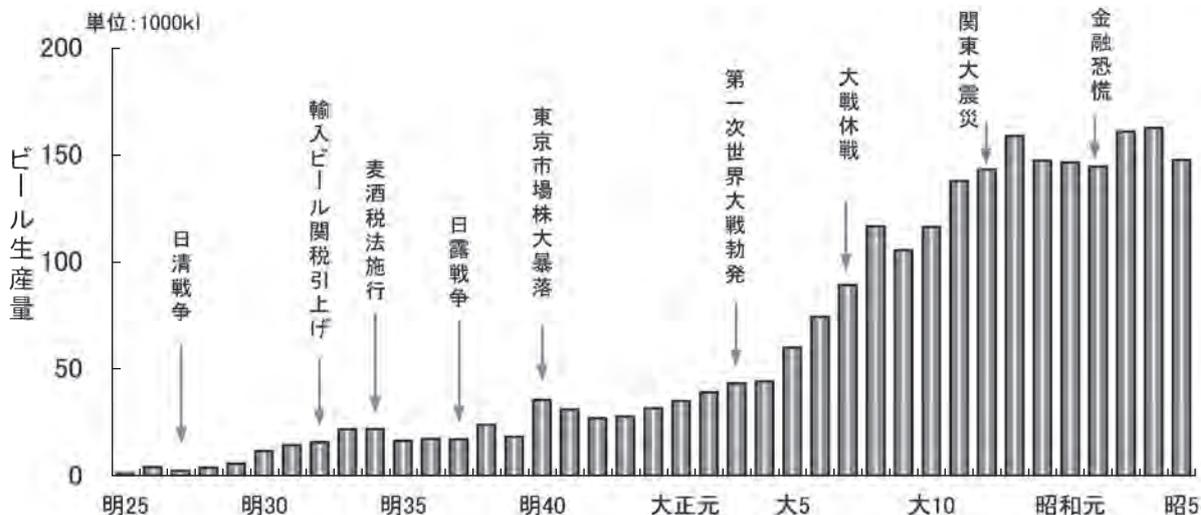


図 2.6 明治中頃（1890 年）～昭和初め（1930 年）の国内ビール生産量推移

この時点で国内シェアが 72%にまで達し圧倒的な地位を築いていた。第 1 次大戦の軍需景気と並行して国内では都市への人口集中が一段と進み、人々の生活は大きく変わりつつあった。いわゆる大都市サラリーマン層を中心とした衣食住の洋風化である。この流れはビール消費を拡大させ、この結果ビール消費量は大正 5 年以降の 6 年間で 2 倍を超える伸びとなった。

ここにきて、将来のビールの成長を見越してビール市場への新たな参入も相次ぐようになった。サクラビールの「帝国麦酒（株）」、アメリカの禁酒法施行で不要になった醸造設備を輸入して設立したカスケードビールの「日英醸造（株）」やフジビールの「東洋醸造（株）」などである。これに対抗して既存各ビール会社も大幅な設備の拡張を急ぐなど、新たなビールの戦国時代が始まった。しかし、設備の新設・増設競争は当然ながら国内生産能力の過剰をもたらす結果となり、これを契機に大正末期から昭和初期にかけては販売の過当競争へと発展していった。

大正 12 年（1923 年）関東大震災が発生した。幸い消費への影響は軽微であったが、その後昭和に入って深刻な経済不況が続き、需要は低迷してビール業界全体の平均稼働率はやっと 50%を超えるという状態に陥った。また、激しい販売競争は価格競争となって各社の収益の悪化をもたらした。

昭和 8 年（1933 年）、日本麦酒鉦泉社と大日本麦酒社との合併が成立し、さらに大日本麦酒社と麒麟麦酒社とのビール共販体制が確立されるなどにより市場の混乱は沈静化した。日本麦酒鉦泉社は前身が丸三麦酒社で、加富登麦酒社に社名変更した後に数社合併して設立された会社であった。一方、東洋醸造社は、大正 12 年（1923 年）には麒麟麦酒社に吸収合併され、日



英醸造社も関東大震災で大打撃を受けたため、昭和3年（1928年）寿屋（現サントリー社）の手に渡った。その寿屋もその後の販売不振により昭和9年（1934年）に市場から撤退した。

昭和9年の時点でわが国のビール会社は大日本麦酒社（シェア64%）、麒麟麦酒社（26%）、桜麦酒社（9%）、東京麦酒社（1%）の4社のみとなった。

## 2.5 戦時・戦後のビール産業 (1940年～1955年)

戦時体制下に入った国内のビール業界の状況を見ると、日中戦争に伴う貿易、為替の統制による輸入抑制でインフレが進行していたが、軍需景気によって産業界は活況を呈し、昭和14年（1939年）のビール生産量は31万klに達した。これは戦前・戦中にかけての最高の記録となった。一方、戦時体制への移行とともに膨大な戦費調達の一環として、昭和12年からほぼ毎年のごとくビール増税が行われた。今日の酒税体系（庫出税）も昭和15年（1940年）の新酒税法により制定されたものである。すなわち、従来は造石税（製造時点で課税）+物品税（出荷時に課税）となっていたが、この時点から庫出税（出荷時に課税）に一本化されたのである。また、物品の統制価格制によりビールも昭和14年から統制価格となり、さらに翌年からは京浜地区を皮切りに「配給制」に移行した。この配給制は、ビールを全国津々浦々に行き渡らせるという思わぬ効果をもたらし、戦後になって、従来の都市・業務用市場中心の市場構造から地方・家庭用の市場構造へと急速に広がっていく大きな要因となった。ビールのラベルも昭和18年（1943年）から各社の銘柄ラベルは廃止され、全て統一ラベルが用いられた（図2.7）。翌年にはビール壺も共用となり、各社の壺型の違いから大壺の内容量は一番小さい3.51合（633.168ml）に定められ、現在の633mlという基準容量となった。



図2.7 単色の戦時統一ラベル

この時期から原料・資材の逼迫が深刻になり、ビールにも生産統制が課せられた。結果、業界は生産設備過剰となり、国家総動員法に基づく企業整備令によっ

て昭和18年（1943年）大日本麦酒社の半田工場は中島飛行機（株）へ、東京麦酒社の鶴見工場は沖電気（株）へと軍需関連2社に譲渡されることになった。さらに桜麦酒社には大日本麦酒社への合併が命じられた。麒麟麦酒社では富田製壺工場が閉鎖され、これは三菱化成工業社に転用された。これらにより、国内ビール会社は大日本麦酒社と麒麟麦酒社の2社体制となった。

昭和20年に入り、戦局が最後の段階を迎えると、ビール配給停止、ビール醸造停止の政府方針が出され、ビール各社はアルコールや特殊アルコール飲料（軍用ウィスキーなど）、薬品、塩などへの生産転換命令の実行を余儀なくされた。ただ幸いにも、不要な製造設備をスクラップとして接收されることだけは実行直前に終戦を迎えたために免れることができた。

操業停止の一步手前のところにあったビール業界であったが、終戦後まもなく進駐軍のビール需要に応え、民生安定を図るための製造再開を許可された。しかし終戦直後の食糧危機は深刻で、ビール業界もビール原料（大麦、米）の供出や生産の自粛に努めざるを得なかった。この結果、昭和20年（1945年）のビール生産量は8.3万klと最大ピーク時（昭和14年）の26.7%まで落ち込んだ。これは大正7年当時のレベルであった。その後も原料・資材不足は続き、生産回復には数年を要した。

一方、生産の問題と並行してビール業界は大きな構造変化に直面した。GHQ（連合国軍最高司令官総司令部）が経済民主化政策の一環として財閥解体や独占禁止法制定を推し進めたのである。この結果、昭和22年（1947年）12月18日「過度経済力集中排除法」が公布施行され、鉱工業257社が第一次指定企業として指定された。この中にビール業界2社も含まれていた。しかし翌年、GHQ政策が経済民主化から日本経済復興へと転換したことにより指定取り消しが相次ぎ、分割強制は11社のみとなった。当時の生産能力シェア72%の大日本麦酒社は指定を免れず2分割と決まった。昭和24年（1949年）9月1日、日本麦酒（株）および朝日麦酒（株）が設立され大日本麦酒社は解散された。商標の継承は日本麦酒社が「エビス」と「サッポロ」、朝日麦酒社が「アサヒ」と「ユニオン」となった。時を同じくして12月には各社の銘柄の復活が認められ、自由競争が再開されることとなった。ほぼ同じレベルのシェアを持つ3社体制がスタートし、ビール業界は新たな展開を迎えることとなった（表2.3）。

表 2.3 大日本麦酒分割後の生産量シェア比較（昭和 26 年）

	日本麦酒	朝日麦酒	麒麟麦酒	計
生産量kl	93,746	89,771	76,911	260,428
シェア%	36.0	34.5	29.5	100

## 2.6 高度経済成長下のビール産業（1955 年～ 1980 年）

戦時下におけるビール生産活動の空白は生産量の減少のみならず、技術的な鎖国状態におかれたことによって生産設備の近代化において欧米に大きな遅れをとることとなった。戦後の生産再開にあたり各社とも直ちに増資を行い、既存老朽設備の更新と増設に注力した。一方、ビール市場ではビール 3 社による販売競争も本格化した。戦時配給制度の思わぬ効果によって地方や家庭でのビール消費が増加し、戦後の需要を押し上げる要因となった。これは大日本麦酒社分割後の 3 社シェアに大きな変化をもたらした（表 2.4）。それは 5 年後の昭和 29 年になって麒麟麦酒社がシェアを逆転し、初めて業界トップに躍り出たことである。

表 2.4 戦後のビール 3 社のシェア推移

単位 1000kl(シェア%)

	日本麦酒	朝日麦酒	麒麟麦酒	計
昭和26年(1951)	93.7(36.0)	89.8(34.5)	76.9(29.5)	260.4(100)
昭和27年(1952)	94.7(34.5)	89.3(32.4)	90.8(33.1)	274.9(100)
昭和28年(1953)	124.1(33.4)	123.7(33.3)	123.4(33.2)	371.2(100)
昭和29年(1954)	122.3(31.3)	123.0(31.5)	144.9(37.1)	390.3(100)

時は昭和 30 年代に入り、「もはや戦後ではない」という言葉の通り日本経済は「神武景気」、「岩戸景気」と続く高度成長の時代に入った。ビールの生産量は昭和 30 年度の 40 万 kl から 39 年度の 199 万 kl へと約 5 倍の伸びを示し、酒類消費量のビールシェアは昭和 34 年度には清酒を追い越した。ビール急進の要因は①生活水準の向上と洋風化②婦人層の進出③嗜好の変化④暖房設備の普及、そして⑤相対的価格の低廉化による大衆的飲み物としての定着が挙げられよう。この波に乗って、昭和 32 年（1957 年）に宝酒造社、昭和 32 年に沖縄ビール社（34 年にオリオンビール社に改名）、昭和 38 年には過去に一度撤退した寿屋（同年サントリー㈱と改名）がそれぞれ「タカラビール」、「オ

リオンビール」、「サントリービール」のブランドをもって市場参入し、ビール会社は計 6 社となった（ただし、オリオンビール社が数量統計に載るのは麦酒酒造組合に加盟する昭和 61 年からである）。

ビール各社の生産能力増強へ向けての設備投資も急ピッチで行われ、昭和 30 年代から 40 年代にかけて新工場の建設ラッシュとなった。20 年間で 17 工場、ほぼ毎年 1 工場に近い建設ペースであった。それを推し進める要因となったビールの急成長ぶりを図 2.8 に示す。

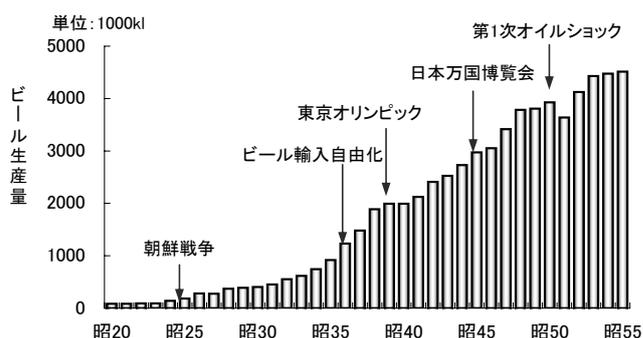


図 2.8 高度経済成長期のビール生産量推移

当然、各社間の販売競争はテレビによる大量宣伝手段の普及もあって激烈であった。特に麒麟麦酒社が年々シェア上昇を続ける中であって、この局面を打開したい各社は昭和 39 年から 43 年にかけて小型・大型の「新容器」の製品や「壘詰生ビール（注）」など、いろいろな新商品を市場に投入し始めた。

注：この当時の壘詰生ビール商品には瞬間加熱殺菌法によるものもあった。後に昭和 54 年（1979 年）の公正取引委員会告示第 60 号で「熱により処理をしていないビールでなければ、生ビール又はドラフトビールと表示してはならない」と規定された

これら一連の新商品投入の動きは昭和 50 年代以降活発化する「新商品競争」の前触れとなるものであった。こうしたビール各社の動きをよそに、麒麟麦酒社のシェアは昭和 41 年に 50% を超え、40 年代末には 63% と益々独走体制を固めていった。なお宝酒造社は昭和 42 年（1967 年）に販売不振のためビール事業から撤退していった。

昭和 48 年（1973 年）の第 1 次オイルショックにより、ビール生産量は過去の爆発的拡大からは想像できないほど落ち込んだ。この状況下のまま昭和 50 年代に入ると、独占禁止法の改正と企業分割論議が沸き起こり、依然としてシェアを伸ばす麒麟麦酒社に論議のターゲットが当てられた。結果、麒麟麦酒社はビールの設備投資や販売の自粛、および事業多角化への経営路線の変更を余儀なくされた。これによって分割問題

は沈静化していったが、ビール市場では新商品競争がさらに激しさを増していった。以下にその当時の状況を簡単に整理してみる。なお、昭和38年(1963)に寿屋が「サントリー(株)」に、翌39年には札幌麦酒社が「サッポロビール(株)」に社名変更している。麒麟麦酒社と朝日麦酒社については、それぞれ「キリンビール(株)」への改名が昭和59年、「アサヒビール(株)」への改名が昭和64年であるが、便宜的に以下からはすべて新社名で記述することにしたい。

#### 【新容器競争】

缶ビール(350ml)は昭和33年アサヒ社が初めて発売を開始した。以来各社も追随し、50年代には500ml、1000ml、250mlへと広がった。また小規模料飲店や家庭向けの小型生樽缶(7L、3L、2L、1.2Lなど)も登場した。缶材質は昭和46年にアルミ製2ピース缶が国産化されたのをきっかけに、50年代後半には缶製品の大部分がアルミ製に切り替わった。缶比率も昭和60年(1985年)には17%と上昇していった。

50年代末からはファッション性や機能性をもたせた容器に加え、若者や女性をターゲットにした面白容器やキャラクター容器まで登場し、いわゆる「容器戦争」として話題を集めた。しかしその割に総需要は伸びず、60年代に入ると市場は沈静化し、各社は「味と品質」による新たな商品競争へと突入していった。

#### 【激しい生ビール戦線】

昭和40年前後に登場した壘詰生ビールは、ビールの市場構造を変える商品として大きく認識され、キリンビール社を除く各社は生ビール生産の比重を積極的に高めていった。これに伴い「生ビールの定義」についても論議され、昭和54年(1979年)における公正競争規約の制定において、容器を問わず「熱処理していないビール」が生ビールであると定義付けられた。以後も生ビール製品が次々と市場に投入され、昭和58年代(1983年)にはその比率は33%にまで達した。この動きの中で、キリン社も昭和60年に入るとついにリターナブル壘詰生ビールの発売に踏み切り、生ビール商品の競争がさらに激化していった。

## 2.7 安定成長下のビール産業 (1980年～現在)

オイルショック後の世界的不況の回復が遅れたこともあって、日本国内の景気は一進一退を続けた。そしてこの構造不況に企業がどう適応していくのが新たな

課題となった。物的充足に伴い消費者の価値観も変化を見せ、関心は「モノ」から「サービス」へと移っていった。消費者ニーズは個性化・多様化し、選択的消費の時代に入っていった。ビール業界も従来のメーカー主導の単一的なブランドを押し付けるだけでは市場への対応は難しくなった。

#### 【中味の多様化競争】

このような背景のもとに、各社間の競争はより本質的な「中味の競争」へと発展していった。この中にあって衝撃的にデビューしたのが昭和62年(1987年)発売の「アサヒスーパードライ」であった。苦味を抑え醗酵度を高めて、これまでにない「すっきりさ」を強調した“ドライビール”というコンセプトは若い世代に歓迎され、かつて例を見ない大型ヒット商品となった。これによりシェア減少の影響を受けた各社は同じドライ商品を追随発売させて対抗した。これは「ドライ戦争」と呼ばれたが、逆にスーパードライの知名度を上げる結果となった。アサヒ社のシェアは発売翌年の昭和63年には一挙に20.6%(前年は12.8%)に跳ね上がり業界2位に躍り出た。やがてアサヒ社はこのスーパードライを武器に平成13年(2001年)にはキリン社を抜いて業界トップの座を占めることになる。

昭和末期から平成初頭にかけては、日本経済が後に「バブル」と呼ばれる空前の大型景気に沸き立った。ビール市場ではドライ戦争と並行して中味の多様化競争が激化していた。多様化の方向はライトビールに始まって麦芽100%使用の本格派ビールへと両極に展開し、さらには地域限定の「ご当地ビール」や季節限定ビールも加わって、ピーク時には70を超えるブランド数になった。この時期のビール市場のブランド数の推移を図2.9に示す。

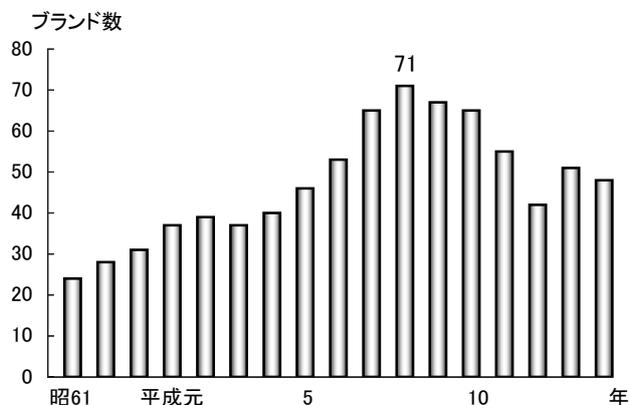


図 2.9 ビール類のブランド数推移 (発泡酒含む)

#### 【流通構造の変革】

平成に入ると日本経済は地価・株価がともに下落し

始め、平成3年（1991年）にはバブル景気の崩壊が明らかになった。収益悪化に追い込まれる企業が相次ぎ、さらに各種の規制緩和と独占禁止法の運用強化が進められ、日本の経済システムは大きな転換点を迎えることになった。ビール業界では酒類販売免許の規制緩和によって、ディスカウントストアやコンビニエンスストアなどの業態における販売が急成長してきた。平成6年（1994年）からは全国で1000店に近い規模に増加したディスカウントストアを中心に大手スーパーも加わり、廉価販売、いわゆる「価格破壊」が進行した。これらの量販業態での購買形態は缶製品が中心であり、これによってビールの缶比率は急増し、平成6年には壺製品とほぼ同等になった。流通構造の改革や缶製品強化への各社の対応の差は販売量に少なからず影響をもたらし、これもアサヒ社躍進の一つの要因となった。

#### 【発泡酒の登場】

バブル崩壊後の景気の低迷は長期化し、個人消費は落ち込んだままといい、オイルショック時をしのぐ戦後最悪の不況が続いた。ビール市場においては低価格の輸入ビールが消費者に広まりつつあるなど「低価格志向」が進行していた。ここに登場したのが「発泡酒」であった。平成6年（1994年）、サントリー社が発泡酒「ホップス」を発売し、翌年にはサッポロ社が「ドラフティー」で参入した。これはビール酒税法における課税額の差を利用したものであった。ビールとの課税額の違いを簡単に下記に示す。分類と課税額は当時の酒税法によるもので、1リットル当たりの金額である（現在はその後の改正で内容は変わっている）。

#### ○ビール：

麦芽比率 67%以上 課税額 222円  
(1リットル当たり)

#### ○発泡酒：

麦芽比率 67%未満 25%以上 課税額 152.7円  
(同上)  
麦芽比率 25%未満 課税額 83.3円  
(同上)

ホップスは麦芽比率67%未満25%以上、ドラフティーは麦芽比率25%未満の発泡酒であった。発泡酒は麦芽割合が少ないことから、ビールに比べて味は軽い傾向にならざるを得ないが、何よりも小売価格が350ml缶で40～60円も安価な商品として市場に受け入れられた。各社もこれに追随し、さらに新商品が増えるに従って味も洗練されていったため、ビールに代わりうる安価な新ビール系飲料として急速に拡大していった。

ここで昭和末期からの安定成長時代のビールおよび発泡酒の生産量推移を図2.10に示す。

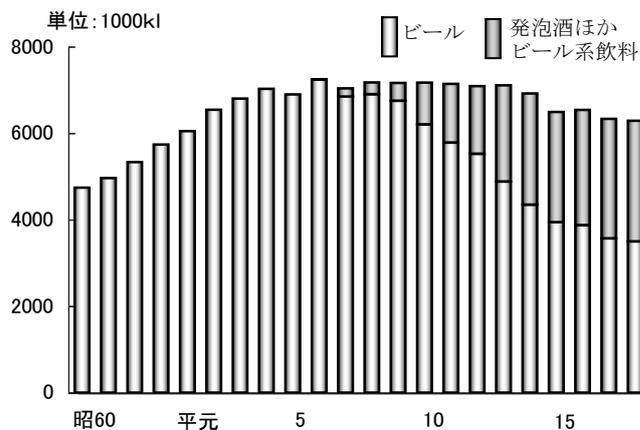


図 2.10 ビール・発泡酒の生産量推移

発泡酒の登場などで一時は活況を取り戻したビール業界であったが、ビール消費の落ち込みは発泡酒の伸びに反して著しいものがあった。ビール各社はさらなる打開策として「第3のビール（注）」や低カロリー商品などを開発・投入していった。しかしビールの消費減少の影響は大きく、平成14年以降の全ビール系酒類（ビール＋発泡酒など）市場は縮小傾向が続いている。この状況はビール業界のみならず酒類業界全体に共通であり、少子高齢化による飲酒人口の減少、消費者の健康志向や生活スタイルの変化によるアルコール離れなどがより顕著になってきていることを表している。ビール各社は新商品の開発・投入による市場の活性化を図る一方で、アジア・オセアニアへの海外進出など新たな市場開拓にも注力しつつある。

注) 通称「第3のビール」とは、酒税法上以下の分類に属するものである。

- ・その他の醸造酒（発泡性）①
- ・リキュール（発泡性）①

#### 【地ビールの復活】

平成6年（1994年）、規制緩和の方針の下に酒税法の改正が行われ、従来の最低製造数量規定が年間2,000klから60klに大幅に縮小された。これによってこれまで不可能だった小規模醸造所の市場参入が可能となった。そして翌年には北海道のオホーツクビール社と新潟県のエチゴビール社に最初の製造免許が公布されたのである。これを機に日本各地に地ビールが相次いで誕生した。年間60klという週平均ほぼ1klの販売が必要である。この数字は小規模醸造所としては採算面も含め販売規模としてそれほど容易なものではない。従って観光地のレストランや清酒酒造会

社等での併設、地域振興を目的とした共同出資による設立など“相乗効果”を狙った参入が多かった。年間60kl規模の地ビールでは仕込能力1kl程度の醸造所が一般的であるが、中には広域に販売網を広げ年間数1000kl規模の生産を手がける地ビール会社もいくつか出現した。いずれにしても大手ナショナルブランドでは味わえない個性的なビールが地ビールの魅力であり、日本にもやっと本来の豊かなビール文化ともいべき環境が到来したといえよう。

## 2.8 ビール産業の発展推移に関する若干の考察

ビール産業の発展の歴史を概観してきたが、最後に日本の特徴という視点から若干整理・考察してみたい。これは本論である「ビール醸造設備技術の発展の推移」の背景として関連するものである。

①産業勃興の早い時期に大資本企業数社による市場の寡占体制が築かれ、ほぼそのまま現在に至っている。

この第1の要因は、酒税の安定確保を第一義としたビール税法体系（最低製造数の設定など）にあること、第2にビール産業は莫大な設備投資が必要な「装置産業」であり、加えて専売的な流通組織や取引慣行のもとで新規参入のしにくい仕組みになっていたこと、そして第3には、ビール税が国の重要な財源確保の一つとなり、度重なる増税がなされて世界にもまれな高額の酒税が課せられていることである。地ビール会社の採算性の厳しさは大きくこれに起因している。

②成長期のビール市場においては、供給を上回る旺盛な需要増が続き、ビール各社の技術課題はメインブランドをいかに「大量生産」し、全国津々浦々に供給するかという点に重点が置かれてきた。

その要因として、ドイツからもたらされたラガービール（いわゆるピルスナータイプのビール）が、西洋の食生活様式の広がりや相まって日本人の嗜好や飲用スタイルにぴったり合致したため、濃色系など他のタイプのビールの需要は極めてわずかであったことが挙げられる。昭和末期以降、中味の多様化という形でビール各社から消費者へ様々な商品群が提供され、ビールタイプの幅も広がっていったが、数量の面から見るとやはりメインブランドへの消費集中という構図はさほど変わっていないというのが実情である。

③世界で一般的な樽製品のみならず、壺および缶製品のほとんどが「生ビール」となった。

「生」イコール「新鮮」という日本独特の“刺身文化”に起因するものと思われるが、「生」のもつ新鮮

イメージをビールの商品戦略として取り込んだのが大きな特徴である。定義となった「熱処理しない」ということと、いわゆる「新鮮さ」とは必ずしも一致しないものではあるが、日本人の「生」へのこだわりに訴求したという点で画期的な商品戦略だったといつてよい。また技術面から見ても、大量生産型のビール工場において全工程を無菌的に管理し、熱処理に頼らずに製品の日持ちを維持させる技術は決して容易なものではなく、極めて高度な生産技術・管理技術を要するものである。「生ビール化」を通じて世界に誇れる製造技術が蓄積されたことは今日の日本のビール産業の大きな力となっている。

最後に、図 2.11、図 2.12 に酒税額の比較を、図 2.13 にビール産業勃興から今日までのビール類生産量の推移を示す。

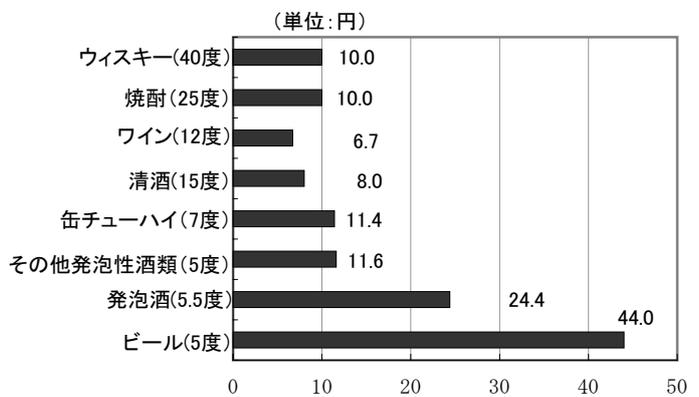


図 2.11 主要諸国のアルコール分1度当りの酒税額指数

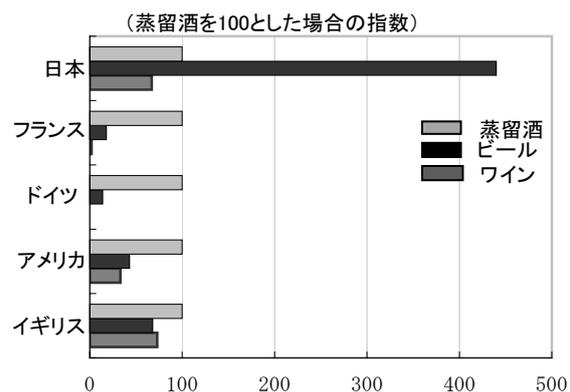


図 2.12 アルコール分1度1リットル当りの酒税額比較

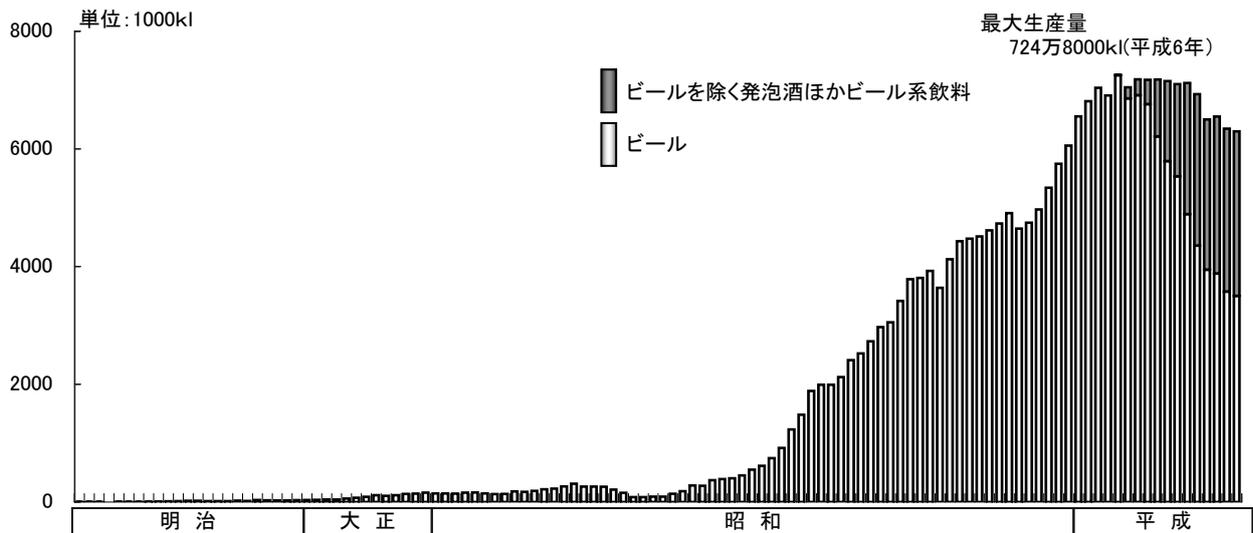


図 2.13 明治勃興期から今日までのビール類の生産量推移

図・表の引用資料

- 図 2.1 井上 喬：やさしい醸造学（1997）株式会社工業調査会 P13
- 図 2.2 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料
- 図 2.3 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料
- 図 2.4 キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）P7
- 図 2.6 ビール酒造組合：ビール製造量・課税移出数量の推移（2008）データのみ引用
- 図 2.7 サッポロビール（株）：サッポロビール 120 年史（1996）P304
- 図 2.8 ビール酒造組合：ビール製造量・課税移出数量の推移（2008）データのみ引用
- 図 2.9 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料
- 図 2.10 ビール酒造組合：ビール製造量・課税移出数量の推移（2008）データのみ引用
- 図 2.11 ビール酒造組合「発泡酒の税制を考える会」：日本のビール・発泡酒と税（2007）（一部加筆修正）
- 図 2.12 ビール酒造組合「発泡酒の税制を考える会」：日本のビール・発泡酒と税（2007）（一部加筆修正）
- 図 2.13 ビール酒造組合：ビール製造量・課税移出数量の推移（2008）データのみ引用
- 表 2.1 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒株式会社五十年史（1957）P245（一部加筆修正）
- 表 2.2 サッポロビール（株）：サッポロビール 120 年史（1996）P207
- 表 2.3 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 戦後編（1968）P156（一部加筆修正）

表 2.4 キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）P67（一部加筆修正）

参考資料

- (1) アサヒビール（株）：Asahi 100（1990）
- (2) 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒株式会社五十年史（1957）
- (3) 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 戦後編（1968）
- (4) 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 続戦後編（1985）
- (5) キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）
- (6) サッポロビール（株）：サッポロビール 120 年史（1996）
- (7) サントリー（株）：日々に新たに サントリー百年誌（1999）
- (8) キリンビール（株）：ビールと文明開化の横浜 コーブランド生誕 150 年記念（1984）山桃舎
- (9) ビール酒造組合：ビール製造量・課税移出数量の推移（2008）
- (10) ビール酒造組合「発泡酒の税制を考える会」：日本のビール・発泡酒と税 2007 年（2007）
- (11) 井上 喬：やさしい醸造学（1997）株式会社工業調査会
- (12) キリンビール（株）：キリンビール社技術資料
- (13) 水川 侑：日本のビール産業 発展と産業組織論（2002）専修大学出版局
- (14) 三宅勇三：ビール企業史（1977）三瀧社
- (15) キリンビール（株）：ビールと日本人 明治・大正・昭和ビール普及史（1983）
- (16) 山本幸雄：ビール礼賛（1973）東京書房社

# 3 | ビール製造工程の概要

本章では「ビールの製造工程」について概要を記述する。製品ができるまでのビールの製造工程は大きく分けて以下の工程から成っている。本章では今回のテーマに関連する「麦芽製造工程」および「ビールの醸造工程」についてのみ概要を記述し、パッケージング工程については割愛する。

- 1) 麦芽製造工程
  - ①原料処理工程
  - ②仕込工程
  - ③麦汁処理工程
  - ④醗酵・貯蔵工程
  - ⑤ビール濾過工程
- 3) パッケージング工程

## 3.1 麦芽製造工程

ビールの主原料は「麦芽」である。これは大麦を発芽させてつくる。一般に大麦は穂の形態から二条大麦と六条大麦に大別される（図 3.1）。

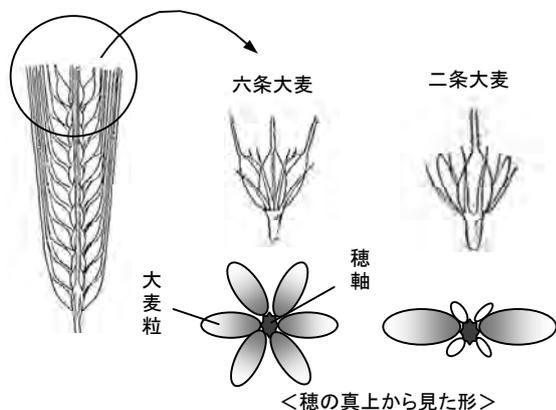


図 3.1 ビール大麦の形態

穂の上から見て穀粒が6列に並んでいるものを六条大麦、2列に並んでいるもの（他の4列は結実していない）を二条大麦という。二条大麦は粒が大きく、故に粒内の澱粉の含有量が大きいのが特徴である。日本では主として二条大麦が使用されており、一般にビール大麦といえばこの二条大麦をさす。ビール醸造には豊富な澱粉質と適度な蛋白質を有し酵素力の強い良質のビール大麦が求められる。一方、栽培者側には耐病性が強く高収量のものが求められるため、ビール各社はビール産業の始まりと同時に双方の要求を満たすビール大

麦の品種改良に取組み、現在まで数多くの優良品種を育成している。大麦から麦芽を製造する「麦芽製造工程」は、この大麦を吸水させ発芽させることによって、大麦中の成分（澱粉質やたんぱく質など）を分解する酵素類を発現させる目的で行われる。清酒の仕込では酵素源として麴（こうじ）が使用されるが、ビール醸造では麦芽中に含まれている酵素が利用される。収穫されたビール大麦は、休眠期間の約3ヶ月間サイロに貯蔵した後に麦芽製造に供される。

麦芽製造工程では、まず石や芒（穀粒の頭にあるヒゲ状のもの）、雑穀などの夾雑物を除去し、一定の粒の大きさに選別する。これを浸漬槽において所定の水分含量まで吸水させ、発芽槽に移す。調温された湿潤空気を送風しながら徐々に発芽させる。穀粒の長さの3/4程度に芽が伸びた状態で発芽を止める（図 3.2）。

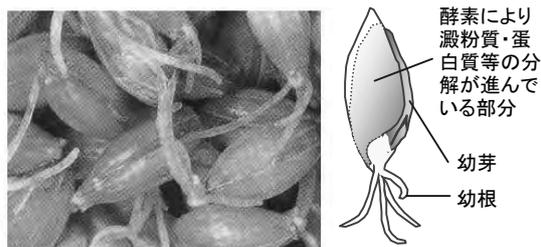


図 3.2 発芽・発根中のビール大麦とその断面（模式図）

発芽を終えた大麦（緑麦芽という）は乾燥室に移され、40～80℃の熱風で焙燥される。根を除去した後サイロに移され、1ヶ月の後熟期間を経て使用される。麦芽製造に要する日数はほぼ1週間である。

## 3.2 醸造工程

### 3.2.1 原料処理工程

醸造工程の最初の工程である。仕込工程に供給する各種原料の計量、粉碎などの前処理を行う。ビールに使用されている原料は主として麦芽、ホップ、米、コーングリッツ（コーンの破碎粒）、コーンスターチなどである。

麦芽は現在では大部分が欧州、カナダ、豪州からの輸入品であり、前節で述べた国内産麦芽は年々減少している。輸入麦芽に比べて高価格であること、生産地や生産者の減少などが理由である。ホップも同様に輸入品が大部分を占めている。チェコのザーツ地方、ドイツのハラタウ地方は優良ホップの産地として有名

である。その他アメリカ産、豪州産、中国産なども使用されている。収穫され乾燥されたホップは、以前はそのまま圧縮され袋詰されて使用されていたが、現在は乾燥・粉碎され粒状に加工されたペレットタイプが一般化している。これにより苦味成分の劣化防止とハンドリング性の改善が図られている。この他、ホップ成分を抽出したホップエキスも使用される場合がある。ホップはビールに爽やかな苦味と香りを与えると共に、泡立ちを良くしたり、過剰な蛋白質を沈殿させビールを清澄化する役割を担っている。また雑菌の繁殖を抑え、ビールの腐敗を防ぐ効果があり、ホップがビールに用いられるようになった大きな理由ともなっている。

麦芽、ホップ以外の原料は「副原料」と称されている。その使用は、麦汁中の窒素成分や色度の調整および香味の調整などのために行われ、麦芽 100%のビールよりも軽やかな味をもたらす。「ビール」の場合、副原料の最大使用量は「麦芽量の半量まで」と酒税法で規定されている。それよりも多い場合は「発泡酒」などに区分される。前述の副原料の他には、コウリヤン、馬鈴薯、澱粉、糖類などの使用も認められている。

醸造用水もビールの品質には重要である。淡色のピルスナータイプのビールには硬度の低い軟水が適している。日本の水はほぼ全国的に軟水なのでピルスナータイプのビール醸造には最適である。無色・無臭で浮遊物がなく、微生物的に清浄であることが求められる。

次に原料の処理工程について解説する。目的とする銘柄のビールを醸造するには、その設計品質に合った

組成（エキス分、窒素分、色度、香味など）の麦汁を調製する必要がある。その方法の一つとして、前述した諸原料の配合割合を調整することが行われる。特に麦芽やホップは産地やメーカーの違いによって成分値などにそれぞれ特徴があるので、複数の産地・メーカーのものを所定の比率で配合することも麦汁組成の調整に有効である。

麦芽は夾雑物を除去後、麦芽粉碎機（モルトミル）で粉碎される。粉碎された麦芽は計量器付きホッパーで計量され、仕込工程に供される。ホップは低温庫で保管され、仕込の都度開梱されて計量ホッパーに送られる。副原料もサイロ（バルク品）から、或いは開梱（袋詰品）されて副原料ホッパーに送られる。これで次の仕込工程に入る準備は終了する。図 3.3 に原料処理室、仕込室の模式図を示す。

### 3.2.2 仕込工程

仕込工程は、目的とするビールを造るための麦汁を調製する工程で、以下の工程に細分される。

- ①糖化工程
- ②麦汁濾過工程
- ③麦汁煮沸工程

#### 【糖化工程】

原料中の不溶性成分（澱粉や蛋白質など）を物理的、化学的（酵素反応的）に分解・可溶化し、目的とする成分組成の麦汁を得る工程である。麦汁組成の主要な成分である糖類はアルコール発酵の源であり、また

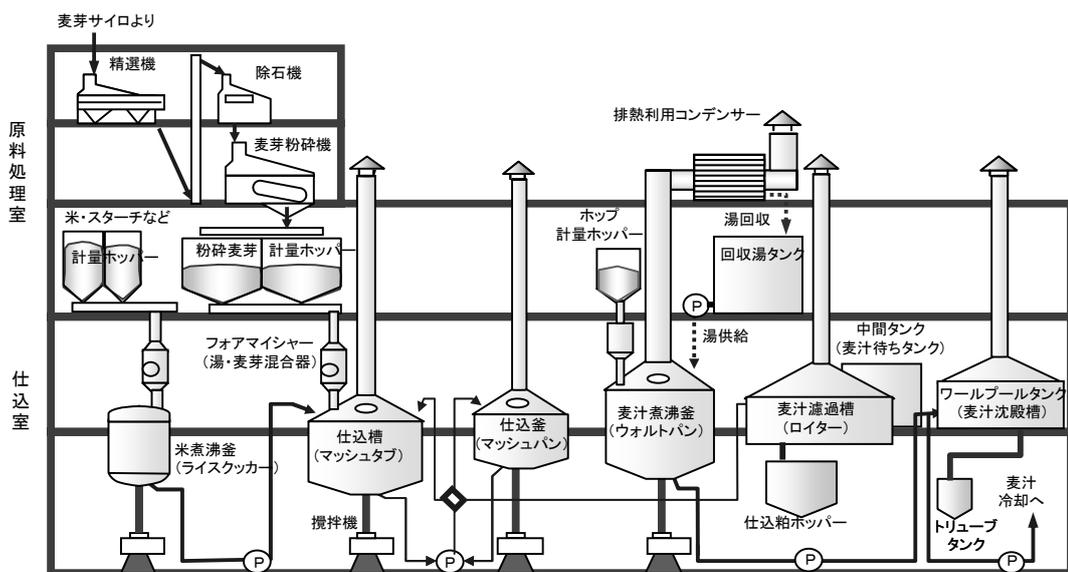


図 3.3 原料処理室および仕込室の模式図



アミノ酸類はアルコール発酵を行うビール酵母の栄養源となる。麦汁組成によってビール酵母による代謝産物や醗酵後の残存成分は変化するが、これらはビール製品の香味特性を構成する大きな要素となるので、麦汁の品質は製品ビールの骨格を決める重要な意味をもつ。また麦汁の収率性もコスト面で重要であり、今日まで様々な糖化方法が工夫されてきている。主要な糖化方法の例を図3.4に示す。

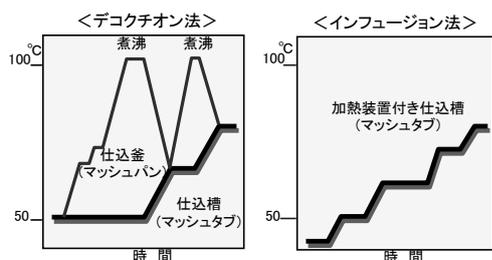


図3.4 糖化方法と糖化プログラム例

デコクチオン (独 Dekoktion) 法は、もろみの一部を煮沸する工程を組み入れたもので、煮沸の回数により1回煮沸法、2回煮沸法などと区別される。デコクチオンとは“煮出す”という意味の独語である。煮沸には通常仕込釜 (マッシュパン) が使用される。一方インフュージョン (独 Infusion = 浸出) 法は全く煮沸することなく、加熱により徐々に温度を変えていく方式である。インフュージョン法は主としてイギリスのエールタイプのビール醸造に使用されるのに対し、デコクチオン法はドイツを中心としたピルスナータイプのビール醸造に使用される。このような方式の違いは、元をたどれば使用される大麦 (麦芽) 品質の産地的な違いによると言われている。ドイツ周辺の麦芽は酵素力が弱く、不溶化成分が多いことから煮沸によって物理的に分解させる手法が組み入れられたものと考えられている。煮沸したもろみを仕込槽に戻すことで、液温を所定温度に上昇させる役割も兼ねている。ピルスナータイプのビールが主流の日本では、デコクチオン法が主として発達してきた。近年ビールの多様化が進むに伴い、インフュージョン法も多く採用されている。図3.5にデコクチオン法の糖化プログラムの一例を模式的に示す。副原料に使用する米の液化用に米煮沸釜 (ライスクッカー) を使用した場合の例である (注)。また、図3.6はその例における糖化工程の流れを示した模式図である。

注：「米煮沸釜」を使用しているのは国内ではキリンビール社のみであり、一般には「仕込釜」で行われる。

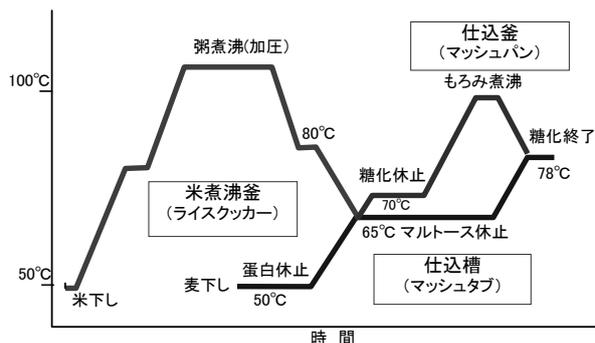


図3.5 糖化プログラムの例  
(ライスクッカーを使用したデコクチオン法の場合)

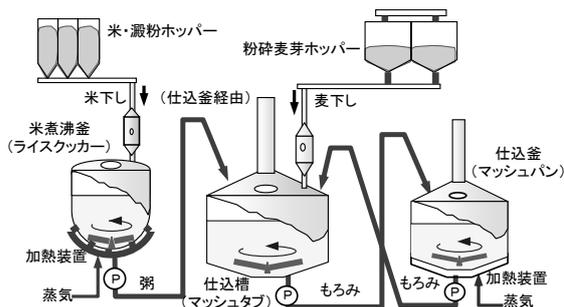


図3.6 糖化工程の流れの模式図

図3.5および3.6を参考に糖化工程を簡単に説明する。米を含む副原料は米煮沸釜に下され (米下しと呼ぶ)、昇温・煮沸される。加圧釜であるライスクッカーは、より高温・短時間で煮沸が行えるのが特徴である。仕込釜を使用する場合は常温煮沸となる。いずれも釜内で糊化した粥を酵素分解によって液化させるために、もろみの一部ないし粉碎麦芽を少量加える必要がある。粉碎麦芽は所定の温度 (45 ~ 50°C) と所定量の湯を張った仕込槽に麦下しされ、最初に蛋白質の分解が進められる (蛋白休止と呼ぶ)。次に、煮沸の終わった粥状の副原料は仕込釜に一旦移され液温を調整された後、仕込槽に移され混合される。これにより仕込槽の液温は糖化に適温の60 ~ 65°Cに上昇する。この段階の仕込槽内にある混合液を「もろみ」と呼んでいる。この状態で所定時間保持するのをマルトース休止と呼び、 $\beta$ アミラーゼの活性を促して主要な醗酵性糖であるマルトースへの分解を進める。次に仕込槽のもろみの一部は仕込釜に移され、70°C付近に保持される。ここで $\alpha$ アミラーゼによって中間生成物であるデキストリンへの分解が進められる (糖化休止と呼ぶ)。このもろみは次に煮沸された後、仕込槽に戻されることで、仕込槽の液温は78°Cに昇温されて糖化工程が終了となる。78°Cでは $\alpha$ アミラーゼ以外の酵素はほぼ失活するが、もろみ中に残存する澱粉は $\alpha$ アミラーゼによってさらにデキストリンまで分解される。図3.7は、糖化

工程での糖生成物の変化を模式的に表したものである。

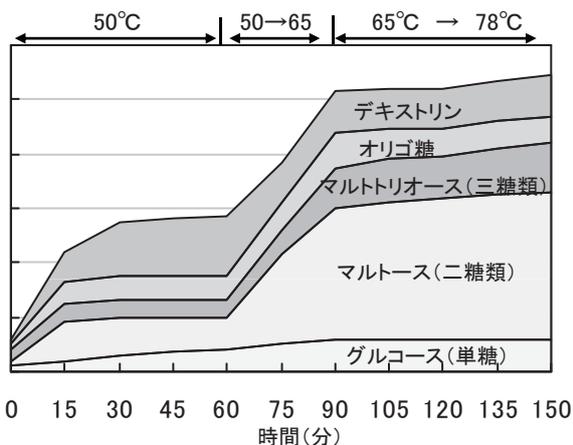


図 3.7 糖化工程での糖生成物の変化 (模式図)

生成された糖組成の内、ビール酵母によって醗酵されるのは三単糖類(マルトトリオース)までである。これを醗酵性糖と称する。麦汁中の醗酵性糖の割合、さらにはその中で実際に醗酵された糖の割合(醗酵度)などはビールの味に大きく関与する。例えば「コクがある」あるいは「すっきりしている」などの味覚を左右する。糖化工程ではアミラーゼ以外にペプチダーゼ、βグルカナーゼ、リパーゼなど様々な酵素が働いており、これらの作用を糖化プログラムでコントロールすることにより、多様な成分組成の麦汁、すなわち多様なビールを造り出すことができる。

#### 【麦汁濾過工程】

糖化を終えたもろみは次の麦汁濾過工程へと送られ、麦芽の殻皮を主体とした不溶性成分(トレーバーと呼ぶ)が取り除かれて清澄化される。麦汁濾過装置にはいくつか種類があるが、ここでは麦汁濾過槽(ロイター)を例にとって説明する。形状は仕込槽と同じような槽で、底部にスリットの入った濾過板が敷かれており、この上にトレーバーが溜まる仕組みになっている。このトレーバーの層が濾過層の役目を果たし、重力で自然濾過される。図 3.8 に麦汁濾過の模式図を示す。

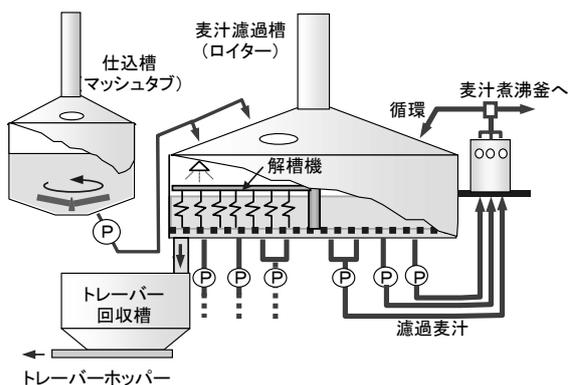


図 3.8 麦汁濾過工程の模式図

糖化を終えたもろみは仕込槽内で攪拌されながら麦汁濾過槽へ送られる。麦汁濾過槽には予め底部に80°Cの湯が張られエア抜きがされている。もろみが全て投入されたら、しばらく静置することによってトレーバー層(濾過層)を形成させる。次に、清澄化された濾過液が得られるまで循環が行なわれた後に、濾過麦汁は麦汁煮沸釜(ウォルトパン)ないし中間タンク(麦汁待ちタンク)に送られる。濾過速度が落ちてきた場合は解槽機が作動し、濾過層の目詰まりを解きほぐす。トレーバー層上部までもろみの液面が下がったら濾過は一旦止められる。ここまでの濾過麦汁を「一番搾り麦汁」と呼ぶ。次にトレーバー層の上から80°Cの湯を撒布しながら濾過を続け、トレーバー層の麦汁を洗い出して濾過を終了する。この濾過麦汁を「二番搾り麦汁」と呼ぶ。通常は一番搾り麦汁と二番搾り麦汁を合わせて次ぎの麦汁煮沸工程へ送られる。残ったトレーバー層は粕出し装置でトレーバー回収槽に落とされた後、空気輸送などでトレーバーホッパーに送られる。トレーバーは通称「仕込粕」あるいは「モルトフィード」とも呼ばれ、乳牛・肉牛の飼料として利用されている。保存性を持たせるため、脱水処理・サイレージ加工・乾燥処理などが行われ、産業廃棄物再資源化の模範的事例となっている。なお、中間タンクは次工程の麦汁煮沸釜がまだ使用されている場合の待機用に利用されるもので、時間を有効に使えるため1日当りの仕込回数の増加に役立っている。

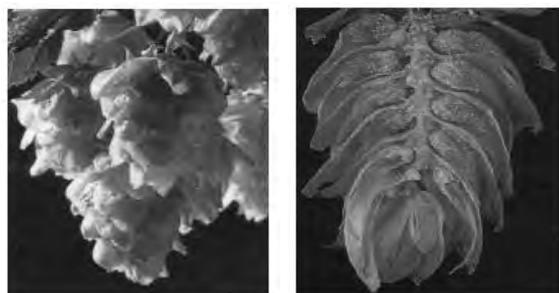
#### 【麦汁煮沸工程】

濾過で清澄化された麦汁は麦汁煮沸釜(ウォルトパン)でホップと共に煮沸される。操作的には煮沸という単純な工程であるが、煮沸中の麦汁成分の変化はビールの品質を決めるほどに重要である。麦汁煮沸の主要な目的は以下の通りである。

- ① 余分な水分を蒸発し所定の濃度に調整する
- ② 麦汁を殺菌する
- ③ 麦汁中の酵素を完全に失活させる
- ④ 不要な凝固性蛋白質などを凝固させ除去する
- ⑤ ホップ成分を麦汁へ溶解させる
- ⑥ 苦味成分(フムロン類)を異性化し、麦汁に溶解させる
- ⑦ 不快臭気成分を蒸発させる
- ⑧ 麦汁の色度を増加させる

次に麦汁煮沸工程で添加されるホップの性状について述べておく。ホップはアサ科に属する、蔓性で雌雄異株の植物である。ビール醸造に使用するのは未受精の雌株につく毬花(まりはな)で、成熟した毬花は苞の中に粒状で黄金色のルプリンを有する。このルプリ

ンの樹脂成分中に苦味源となる物質（主としてフムロン類）が含まれている。図 3.9 にホップの外観を、表 3.1 にホップの一般的な成分値を示す。



断面中心の粒状のものがルプリン

図 3.9 毬花（左）とその断面（右）

表 3.1 ホップの一般的な成分値

水分		6～13	%
樹脂	軟樹脂	フムロン類	2～12 (乾物%)
		ルプリン類	2～10 (〃)
	硬樹脂	1～6	(〃)
精油		0.5～2.5	(〃)
ポリフェノール		2～14	(〃)
蛋白質		12～22	(〃)
セルロース		10～20	(〃)

フムロンはそのままでは苦味はなく溶解もしないが、麦汁煮沸中にイソフムロンに異性化され、麦汁に溶解して独特の苦味を呈するようになる。

図 3.10 に麦汁煮沸の模式図を示す。加熱装置を内部に備えたタイプの麦汁煮沸釜の例である。煮沸装置で加熱された麦汁は加熱装置内を下から上へ吹き上げ、釜内を循環する。ペレット状のホップは計量ホッパーから釜内に投入されるが、通常数回に分けて行われる。これは苦味やホップの香りの付け方をコントロールするためである。また産地によって苦味成分や香気などの特性も異なるのでその使い分けも工夫される。これらはビールの香味を造り上げる上で重要なノウハウとなっている。麦汁煮沸の時間は一般に 90 分程度が標準であり、煮沸による蒸発量の程度を見ながら調整される。前述の麦汁煮沸の目的が計画通り達成されていることが大切である。煮沸が終わった麦汁は、凝固物の除去、濃度調整および冷却を行うための「麦汁処理工程」へと送られる。

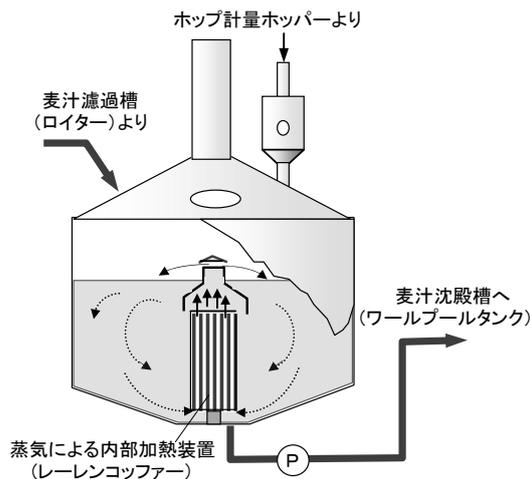


図 3.10 麦汁煮沸の模式図

### 3.2.3 麦汁処理工程

麦汁は麦汁沈殿槽（ワールプールタンク）へ送られ、同時に湯の添加により濃度が調整される。麦汁の投入はタンク底部からタンクの接線方向に沿って入れられる。タンク内で渦を巻くように投入することで、タンク中心に凝固物やホップ粕が集まるように工夫されている（図 3.11）。いわゆる、紅茶カップをかき回すと茶葉がカップの底中央に集まる現象（“Teacup effect” と呼ばれる）の応用である。熱凝固物がしっかり除去されないと、色度の増加、粗い苦味、酵母の醗酵阻害、ビール製品の品質安定性の悪化などの悪影響を及ぼす。熱凝固物の中味は約 60% が蛋白質、約 20% が苦味質、残りがタンニン、灰分などである。タンク満了後に必要な静置時間は一般に 20 分程度である。

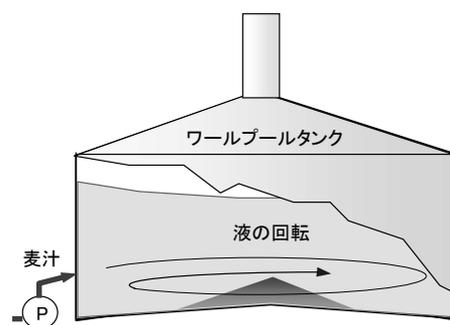


図 3.11 ワールプールタンクの模式図

静置により熱凝固物（熱トリューブと呼ぶ）が沈降したら、麦汁は次に麦汁冷却機（ウォルトクーラー）へと送られる。残った熱トリューブは底部から流し出されて回収タンクに收容され、前述の仕込粕と一緒に処理される。熱麦汁は、次の醗酵工程での醗酵開始温

度まで冷却される。現在はプレート式熱交換器が一般的に使用される。冷却された麦汁にはエアレータにより無菌空気が吹きこまれ、麦汁に混合される。醱酵工程において酵母の増殖を促進させるのが目的である。なお、麦汁の冷却と共に「冷トリューブ」と呼ばれる低温凝固物が発生するが、適宜除去される。これで麦汁処理工程は終了し、醱酵工程へと進む。

### 3.2.4 醱酵・貯蔵工程

醱酵とは一般に微生物が有機物質を分解して代謝生産物を蓄積する現象を指しているが、醸造分野では酵母が糖分を無酸素的にアルコールと炭酸ガスに分解する反応として狭義的な意味で使われている。醱酵工程の説明の前に、その主役となる酵母の分類、特性、培養方法などについて簡単に触れておく。

#### 【酵母の分類・特性および培養方法】

図 3.12 に酵母の形態（写真）を、図 3.13 にビール醸造に関係する酵母の分類図を示す。この分類は学術的なものではなく、醸造現場上用いられている分類である。



形状：円ないし卵円形  
直径：5～10 μm

図 3.12 酵母の形態写真

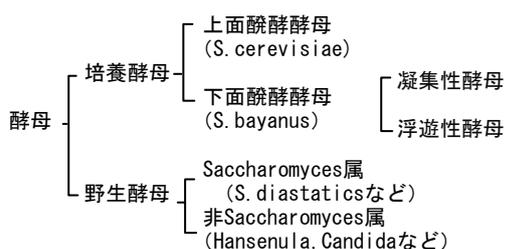


図 3.13 ビール酵母の分類

醸造用に培養される酵母は、「上面醱酵酵母」と「下面醱酵酵母」に分けられる。上面醱酵酵母は醱酵盛期に酵母が液面上部に浮く性質を持っている。主にイギリスで育成され、エールやスタウト、アルトなどのビール醸造に使用される。醱酵温度は 15～25℃と高い。下面醱酵酵母は醱酵後期に酵母同士が凝集し、底面に沈む性質を持っている。主にドイツで育成され、ピルスナータイプのビールの醸造に使用される。醱酵温度は 5～10℃で使用される。ビール酵母は醱酵性、回

収性、香味成分生成特性などを指標として、現場醸造に適する菌株が数多く選抜・改良されてきている。「凝集性酵母」とは下面醱酵酵母の中で凝集・沈降性の高い酵母を指し、酵母の回収が容易で回収率が高いのが特徴である。但し醱酵性は浮遊性酵母に劣る。逆に、「浮遊性酵母」とは浮遊性の高い酵母を指し、それ故醱酵性は高いが回収性が劣るのが特徴である。目的とするビール香味への合致性や工程での操作性などを含め、それぞれの酵母が持つ特徴を使い分けることが重要である。野生酵母はビールに不快臭味や混濁をもたらす好ましくない酵母であり、この排除には徹底した工程の洗浄・殺菌管理が必要となる。

次に酵母の純粋培養方法であるが、ビール会社では様々なビール酵母の菌株を保有している。それらは試験管の培地に無菌的に植え付けられた状態で低温保存され、定期的に植え替えされて管理されている。現場での使用に当たっては、保存培地から菌の塊りを探り出し、無菌麦汁培地に植え付けて増殖させ、例えば 10ml～1l～200l～2kl～100kl と段階的に容量をスケールアップしていく方法がとられる。雑菌汚染を完全に排除し、純粋な酵母菌株を培養・増殖させることが肝要である。図 3.14 にビール酵母の純粋培養の模式図を示す。

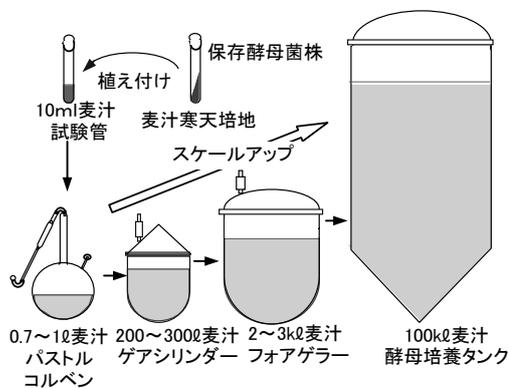


図 3.14 酵母の純粋培養の模式図

醱酵に使用され回収された酵母は低温で保存され、再度次の醱酵に使用することができる。活性が正常であれば数回は使用可能である。廃棄される酵母は、乾燥処理されて医薬や健康食品の原料、飼料などに利用されている。

#### 【醱酵・貯蔵工程】

冷却された麦汁には、醱酵タンクへの移送の過程で酵母増殖に必要な無菌空気が吹き込まれ、所定量の酵母液が添加される。添加酵母液は酵母保存室で準備され、酵母濃度計と流量計で連続的に計測制御されて冷却麦汁に均一に添加されるようになっている。図 3.15

に酵母添加の模式図を示す。

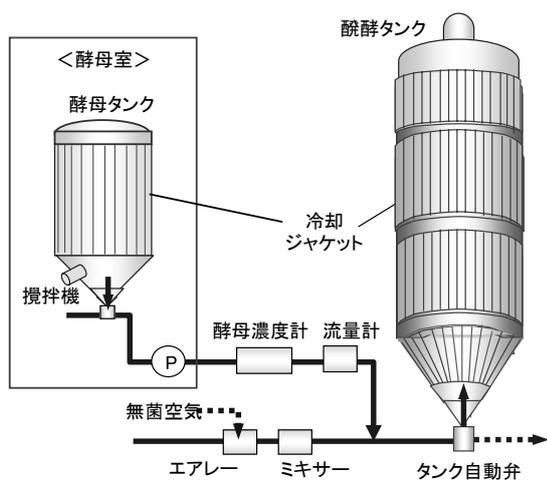


図 3.15 酵母添加系統の模式図

醱酵の進め方は、目的とするビールのタイプ、或いは使用する設備システムなどによって様々である。醱酵温度の高低、酵母添加量の多少、通気量の多少、それらによる醱酵速度の強弱などによって、酵母の代謝が大きく左右される。酵母の代謝産物である揮発性成分にはアルコール類、エステル類、アルデヒド類、ダイアセチル、硫黄化合物、フェノール類、有機酸などがあり、これらはビールの香味に直接関わる物質である。不快な臭味物質を抑制することは勿論、全体の香味バランスを最適にする醱酵制御が求められる。図 3.16 にピルスナータイプビールの醱酵経過パターンを一例として示す。

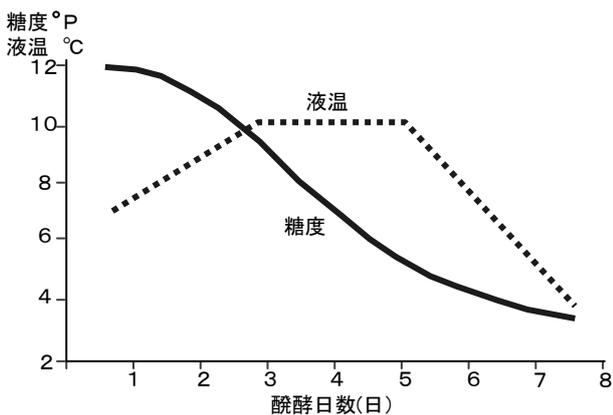


図 3.16 醱酵経過パターンの一例

醱酵を開始すると酵母の増殖とともに直ちにアルコール醱酵が始まり、熱が発生して液温が上昇する。通常 8～10℃を最高温度として冷却調整するので、これを見込んで醱酵開始温度は 5～7℃に設定される。酵母は出芽して 3～4 日間増殖を続け、その後凝集・沈降を始める。緩やかに冷却しながら液温を下げ、醱

酵を継続させながら酵母の沈降を促す。醱酵の進み具合は主に糖度（比重）の推移を計測することで把握し液温制御される。醱酵度（開始糖度から減少した糖度の割合）が 70%前後の所で醱酵終了となる。次に低温で保持しながら緩やかに醱酵を続けビールを熟成させる。熟成とは残存酵母の代謝による香味の安定化、ビールへの炭酸ガスの飽和、酵母ほか混濁物の沈降・清澄化を図ることである。この工程を一般には貯蔵工程と称している。通常、醱酵に 7～8 日、熟成に数週間～1 ヶ月を要す。熟成は醱酵タンクから沈降した酵母を引き抜いてそのまま行う方法（ワンタンク法）と、別のタンク（貯蔵タンク）へ移し変えて行う方法（伝統的方法）とがある。図 3.17 に熟成中の香味成分の挙動を示す。

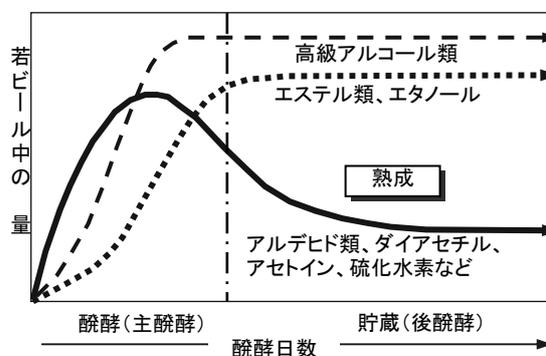


図 3.17 熟成中の香味成分の挙動

醱酵によるアルコールの生成は醱酵の全期間にわたって行われるが、アミノ酸代謝に関連して生成される香味成分の生成は酵母の増殖と関係し、アミノ酸代謝の盛んな酵母増殖期、すなわち醱酵前半（主醱酵という）に行われる。従って酵母増殖状態の管理はビールの香味の制御上重要である。一方、通常「未熟臭」と呼ばれているアルデヒド類や硫化水素、ダイアセチルなどは、醱酵後半（後醱酵という）の貯蔵期間中に、揮散したり酵母によって不活性化されたりして徐々に減少していく。この未熟臭が感じられなくなるまでの期間が熟成の一つの目安となる。香味成分の特定や熟成のメカニズムが明らかになってきた現代においては、醱酵制御の工夫によって熟成期間の短縮化が図られてきている。

### 3.2.5 ビール濾過工程

熟成が終ると醸造工程の最後となるビール濾過工程に移る。ビール濾過の目的は以下の通りである。

- ①液中の酵母や雑菌、固形物を除去し清澄化する
- ②ビールの濃度や炭酸ガス含量を調整する
- ③ビールの安定性を向上させる処理を行う

近年「生ビール」の普及とともに、特に①の酵母や他の微生物除去のためのビール濾過が注目され、ビール濾過技術や濾過設備が格段に進歩してきた。しかし、確率論からいっても濾過で完全に微生物を捕捉することは不可能なものである。ビール醸造工程全体の微生物管理（衛生管理）を徹底することによって「微生物がビール濾過装置を通過する確率を無視できる状態」にまで菌数を低下させることが重要なポイントである。図 3.18 にビール濾過工程の模式図を示す。

熟成終了時には貯蔵タンク下部円錐部には酵母が沈降・堆積しているため、最初にこれを排出して酵母室へ移送してからビールの部分を濾過工程に送る。ビール初流は酵母密度が高く濾過機に負荷をかけるので、初終流タンクに一定量を取り置いてから濾過を開始する。遠心分離機を用いて高濃度酵母を除去する方法もある。液温の上昇による寒冷混濁物の再溶解を抑制するためにビール冷却機も使用される。濾過されたビールはカーボネータ（炭酸ガス吹込装置）でビール中の

炭酸ガス濃度を調整され、濾過溜めビールタンク（ブライトビアタンク）に收容される。図 3.19 にキャンドル型珪藻土濾過機における珪藻土濾過の仕組みを模式図で示す。

このタイプは、内部に「キャンドル」と呼ばれる濾過筒が数 100 本ほど取り付けられたもので（キャンドルの長さは 1～1.5 m、直径 30 mm 位）、キャンドルにはスリット状にステンレスワイヤーが巻かれてある。使用される「濾過助剤」には珪藻土、パーライトなどがある。珪藻土は 1 μm～50 μm までの径があり、粗粒～細粒に分級されたものを組合わされて使用される。最初に水に懸濁させた粗粒の助材を濾過機に通し循環してキャンドルに濾過層を形成させる（1 次プリコーティング）。次に同様に中～細粒の助剤を用いてこれを行う（2 次プリコーティング）。確実な濾過のためには、プリコート層の形成が均一にしっかり行われることが重要である。その後、未濾過ビールに一定量の助剤を注入（ボディフィードという）しながら濾

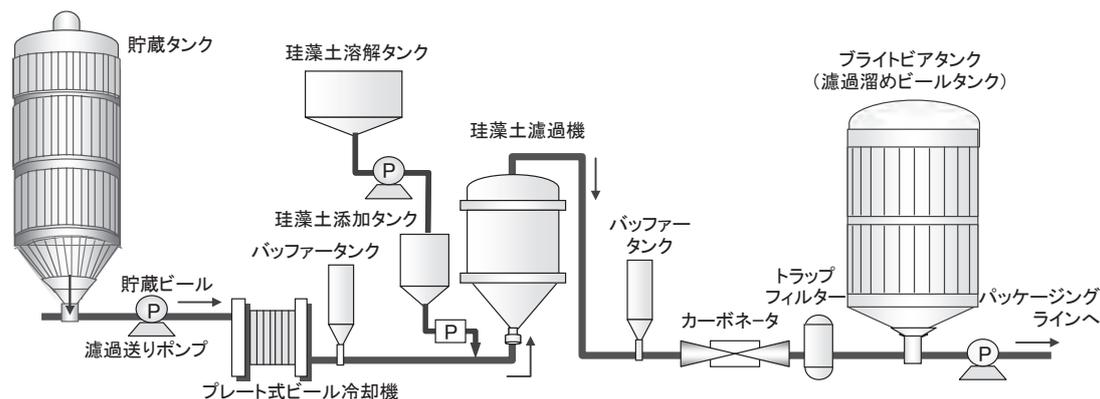


図 3.18 ビール濾過工程の模式図

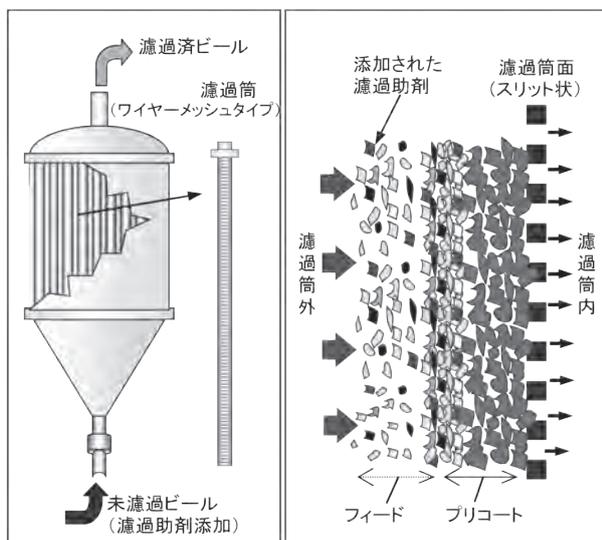


図 3.19 珪藻土濾過の模式図  
(キャンドル型珪藻土濾過機)

過を開始する。ボディフィードは濾過中において濾過層を常に形成させ、目詰まりによる濾過速度の低下を防ぐために行われる。

ビールが製品として市場に出ると、保管条件によっては混濁の発生する場合がある。高温保管の場合を酸化混濁、著しい低温保管の場合は寒冷混濁と呼ばれ、ビール中の成分である蛋白質とポリフェノールが結合することによって発生する。これを防止するために、蛋白質とポリフェノールをある程度除去するための安定化剤による処理が濾過工程で行われる。現在は蛋白吸着にシリカゲル（二酸化珪素ゲル）、ポリフェノール吸着に PVPP（ポリビニルポリピロリドン）等が一般的に使用される。いずれも濾過機の前で注入添加される方式と、PVPP においては再生使用のために専用濾過機を用いて使用される方式とがある。濾過を終え

たビールは濾過溜めビールタンク（ブライトビアタンク）へ収容され醸造工程を終える。

#### 図・表の引用資料

図 3.4 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料

図 3.5 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料

図 3.7 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料

図 3.9 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料

図 3.13 キリンビール（株）：キリンビール社技術資料

図 3.17 橋本直樹：ビールのはなし Part 2 おいしさの科学（1998）技報堂出版（株）P73（一部加筆修正）

#### 参考資料

(1) キリンビール（株）：キリンビール技術資料（2008）

(2) 橋本直樹：ビールのはなし Part 2 おいしさの科学（1998）技報堂出版（株）

(3) 井上 喬：やさしい醸造学（1997）株式会社工業調査会

(4) 松山茂助：麦酒醸造学（1970）東洋経済新報社

(5) 宮地秀夫：ビール醸造技術（1999）（株）食品産業新聞社

(6) ビール酒造組合・国際技術委員会：ビールの基本技術（2002）（財）日本醸造協会

# 4 | ビール醸造設備の発展推移

## 4.1 ビール産業の勃興・発展期における醸造設備 --- 欧米技術の導入・習得の時代 (明治・大正・昭和戦後まで)

第2章「日本におけるビール産業の発展推移」で述べた、ウィリアム・コーブランド (William Copeland) による横浜山手のビール醸造所「スプリング・バレー・ブルワリー (Spring Valley Brewery)」に関して、当時の設備の様子を示す資料が残されている。その概要を表4.1に示す。一方、その6年後の明治9年(1876年)に北海道(札幌)で設立された官営の「開拓使麦酒醸造所」においては、当時の備品明細表に表4.2のような記載が残されている。

表4.1 スプリング・バレー・ブルワリーの設備

<p>[麦芽製造設備]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大麦浸漬タンク 1台</li> <li>・発芽床 2面</li> <li>・キルン(麦芽乾燥装置) 1台</li> </ul> <p>[ビール醸造設備]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○麦芽粉碎設備           <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひき臼 2台(水力式1基、手動式1基)</li> </ul> </li> <li>○仕込設備           <ul style="list-style-type: none"> <li>・糖化槽(仕込槽) 1台(麦汁濾過兼用)</li> <li>・蒸煮釜 1台(水・麦汁煮沸兼用)</li> <li>・下桶(麦汁溜め槽) 1台</li> <li>・木製冷し箱(内面トタン張り)</li> <li>・手押しポンプ</li> </ul> </li> <li>○醗酵・貯蔵設備           <ul style="list-style-type: none"> <li>・木製醗酵桶(容量・数量不明)</li> <li>・木製貯蔵樽(同上)</li> </ul> </li> </ul>
--

表4.2 開拓使麦酒醸造所の設備

<ul style="list-style-type: none"> <li>・煎場器械 一式</li> <li>・銅丸釜 1ヶ</li> <li>・銅角釜 1ヶ</li> <li>・薬(もやし)取器械 1ヶ</li> <li>・酒冷桶用器械 一式</li> <li>・チャン器械 1ヶ</li> <li>・フランコ(びん)ロア(くちじめ)器械 3組 など</li> </ul>
---

年間の製造量は、開拓使麦酒醸造所が目標値として250石(約45kl)、スプリング・バレー・ブルワリーは明治9年の建て直し以前で880石(160kl)程度であり、現在の「地ビール」のような規模であった。コーブランドはノルウェー在住時代にビール醸造所でドイツ人醸造技師のもとで5年間の修業を積んでおり、また開拓使麦酒醸造所において「麦酒醸造人」という役職で醸造所の設計・建設・ビール醸造を任された中川清兵衛(図4.1)は、ドイツの「ベルリンビール醸造

会社」で2年2ヶ月間ビール醸造の修業を積み、修業証書を授与された人物である。従って両名とも当時の欧米の醸造技術の動向には明るかったはずであり、開設された醸造所の設備・装置も当時の欧米の小規模醸造所と比べてさほど劣るものではなかったであろう。当時の設備に関する図面や写真は残されていないが、スプリング・バレー・ブルワリーでの醸造の様子が記述された資料(表4.3)がある。これから類推すると、図4.2に描いた18世紀のイギリスの醸造所のような設備ではなかったかと推察される。



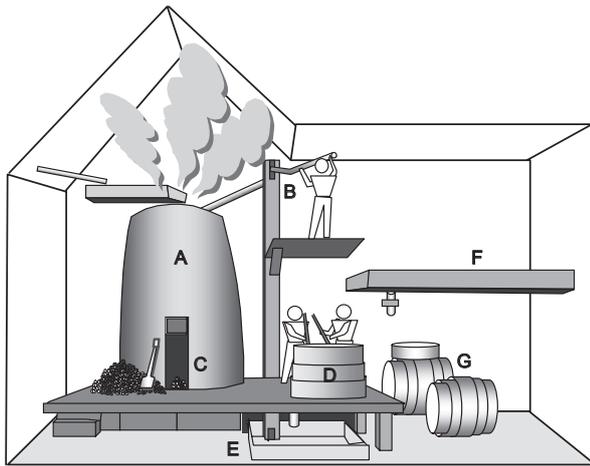
図4.1 中川清兵衛

表4.3「スプリング・バレー・ブルワリー」のビール醸造に関する記録(要旨)

・・・蒸煮釜に水を汲み上げて石炭または焚き木で焚き、適温の湯にして仕込槽に入れ、粉碎麦芽を投入して手で攪拌しながら糖化する。温度は温度計を使用して測った。仕込槽は麦汁濾過槽と兼用で底に細孔をもった中仕切りがあり、濾過された麦汁は仕込槽の下にある麦汁溜め槽にしたり落ちる。溜まった麦汁は手押しポンプで蒸煮釜に汲み上げられ、ホップが加えられて煮沸される。煮沸後、トタン張りの木製冷し箱に流し入れて熱を冷ます。その後、冷ました麦汁を醗酵桶に入れ酵母を添加して醗酵させる。酵母はサンフランシスコから生酵母の状態で購入した。醗酵後、ビールは貯蔵樽に入れられ、地下室の冷所で貯蔵される。貯蔵を終えると、樽内の上澄みビールを別の樽に移し替える「滓引き」を行って清澄化する。動力は、人力のほか高台にある貯水池からの水力を利用した(のちに馬力に替えている)。自然冷却のため、低温醸造を要するドイツタイプのラガービールは冬季(11月～3月)に造りだめした。年間醸造高の約半分はラガービールであった。・・・

札幌の開拓使麦酒醸造所においても同様にドイツタイプのラガービールを志向していた。ここでは北海道の特性を生かし、貯蔵中の低温保持の手段として、採取した「天然氷」を地下の貯蔵室に入れてビールの貯蔵を行っていた。この製造法に因んで、明治10年(1877年)から東京向けに発売された製品には冷製「札幌ビール」と命名されている。





A: 蒸煮釜 C: 釜の焚口 E: 麦汁溜め槽 G: 醱酵樽  
B: 手押しポンプ D: 仕込槽 F: 麦汁冷し箱

図 4.2 18 世紀のイギリスの醸造所

#### 4.1.2 明治中期の醸造設備

明治 18 年（1885 年）、廃業した「スプリング・バレー・ブルワリー」の跡地に「ジャパン・ブルワリー（株）」（以下 JBC 社と略す）が設立された。明治 20 年（1887 年）に日本麦酒醸造会社および札幌麦酒会社が、そして明治 22 年（1889 年）には大阪麦酒会社が相次いで設立された。これら 4 社はいずれも大資本の企業であり、醸造所の新設あるいは改築にあたっては共通してドイツから最新設備一式を輸入した。これによって醸造所の設備は規模も機能も一変した。表 4.4 に明治 20 年前後における各社の新しい醸造設備の概要を示す（資料によっては、その後数年間の増設設備も含

まれている可能性がある）。なお、表 4.4 には札幌麦酒社の設備概要は資料が少ないため記載していないが、ほぼ同等なレベルのものであったと思われる。何故なら、これら 4 社は共通してドイツの工業都市ケムニッツの「ゲルマニア機械製作所（Maschinenfabrik Germania）」から設備一式を購入しているからである。

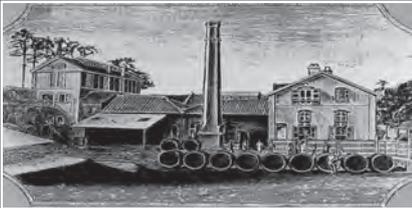
この当時、JBC および日本麦酒社はドイツ人醸造技師を主任醸造技師として雇用していた。札幌麦酒社も明治 24 年には中川清兵衛に代わってドイツ人醸造技師が招聘された。大阪麦酒社では、ドイツのバイエルン国立ハイヘンシュテハン中央農学校（現・ミュンヘン工科大学）でビール醸造技術を修得し、吹田村醸造所を造り上げた生田秀（図 4.3）が明治 24 年から支配人兼技術長を務めており、ドイツ人醸造技師も 2 名雇用されている。このようにドイツ風ラガービールの製造拡大に向けて、大企業を中心に「人」と「設備」の強化が進められていた。



図 4.3 生田秀

また 1800 年代後半という時期は、イギリスの産業革命以降の「工業化」の進行によって欧米のビール産業が近代化を遂げた転換期にあった。すなわち、1873 年ドイツ人のリンデによる「アンモニア冷凍機」、そして 1883 年デ

表 4.4 明治中期（18 年～24 年頃）のビール大手会社の醸造所と醸造設備の概要

ジャパン・ブルワリー（横浜山手）	大阪麦酒会社（大阪・吹田）	日本麦酒醸造会社（東京・目黒）
 <p>麦芽粉碎機 1基 仕込槽（金属製・濾過槽兼用）1基 蒸煮釜（金属製・炉台付）1基 1仕込容量 4kl 熱水用タンク 1基 冷水用タンク 1基 鉄製冷やし箱（キュールシッフ式冷却槽） パイプコイル式冷却器 （ペリーゼリング式冷却機） 醱酵樽木製（440ガロン≒1.7kl容）26基 貯蔵樽木製 総量40,000ガロン≒152kl ボイラー（ランカッシャー型）1基 リンデ式アンモニア冷凍機 1基 蒸気エンジン（60馬力）1基 ブラインポンプ、冷却タンク、ブライン管 はずみ車付主動軸・伝導軸・滑車・ベルト</p>	 <p>麦芽粉碎機 仕込槽（濾過槽兼用） 仕込釜（麦汁煮沸釜兼用）鉄製 6.6kl容  麦汁冷却舟 麦汁冷却器（シリンダー式）  醱酵樽木製 貯蔵樽木製 コーニッシュ・ボイラー リンデ式アンモニア冷凍機 2基 蒸気エンジン（30馬力） ハンゼン式酵母純粋培養装置 一式</p>	 <p>仕込槽 鉄製40石（約7.2kl）容 1基 仕込釜 鉄製40石（約7.2kl）容 1基 米蒸煮桶 （蒸気を直接桶に入れて米を煮る） 冷却舟 2基  醱酵樽木製 17石5斗（約3.2kl）容 8個 貯蔵樽 木製上樽 8石（約1.4kl）容 8個 木製下樽 12石（約2.2kl）容 10個 蒸気機関 1基 炭酸ガス式製氷機</p>

ンマークのハンゼンによる「酵母純粋培養法」など、ビール醸造にとっての基幹となる技術が相次いで開発され実用化された時期であった。日本のビール産業が勃興してわずか10数年、市場が急成長を見せ始めた時期にこれら最新の技術・設備が一挙にもたらされることになったのは、まさに僥倖であったというべきであろう。この中でも「アンモニア冷凍機」の導入は画期的なことであった。ビール醸造に冷却機能が付加されたことによって、生産面においても品質面においても格段の進歩がもたらされたからである。すなわち、

- 一年を通じた低温醗酵が可能となり、ドイツ風ラガービールの飛躍的な増産がもたらされた。
- 冷却時間や低温貯蔵期間の短縮化が図られ、製造数の増加が図られた。
- 全工程を通じて十分かつ最適な温度管理が可能となり、ラガービールの品質が著しく向上した。などである。

【仕込設備】

●蒸気エンジンの導入

表4.4の設備概要からわかるように、この時期からボイラーおよび蒸気エンジンが導入されている。これによって駆動動力は、従来的人力や馬力に替わってレシプロ式の蒸気エンジン駆動をベルトで麦芽粉碎や仕込の各装置に伝達する方式に変わっていった。大阪麦酒吹田村醸造所の基本設計図は現在もアサヒビール社に保存されているが、その中の仕込室の設計図（一部分）を図4.4に示す。左が仕込槽（麦汁濾過槽兼用）、右が仕込釜（麦汁煮沸釜兼用）である。加熱方式は直焚きであった（蒸気は主として駆動用のみ使用されていた）。仕込槽と仕込釜の中間にある槽は、麦汁煮沸後にホップ粕を分離するホップ分離槽である。これについては後述する。

【麦汁処理設備】

●冷凍機による麦汁冷却機の導入

冷凍機の導入によって麦汁冷却工程は次のように変わっていった。熱麦汁を自然冷却する麦汁冷やし箱は、冷却凝固物の除去を考慮した金属製で大型の「キュールシッフ式（独 Kühlschiff）麦汁冷却槽」に改良されると共に、冷却水を使用した麦汁冷却機が初めて導入された。これには、ビール会社によって「ベリーゼリング式（独 Berieselung）」と「シリンダー式（独 Zylinder）」の二つのタイプが使用されている。図4.5に「キュールシッフ式麦汁冷却槽」の構造図を、図4.6に実際の醸造所の設置例を示す。なお、ビール醸造設備は主としてドイツから輸入されてきた関係上、本章

での設備名はドイツ語名を優先して記載することとする。

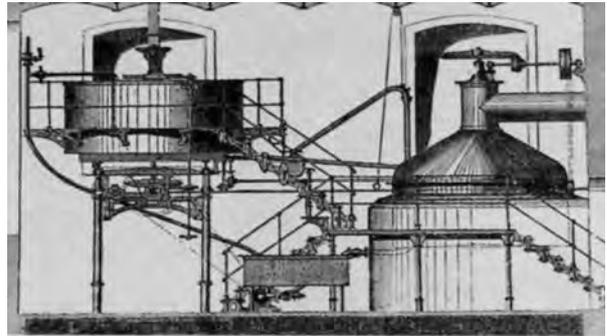
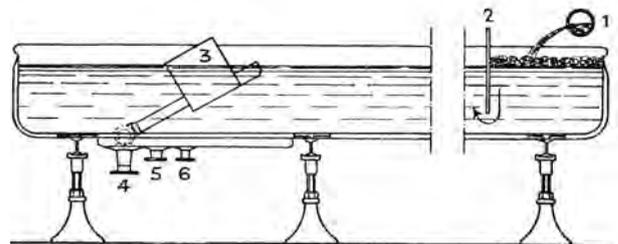


図4.4 大阪麦酒吹田醸造所の仕込室  
(明治24年設立時の設計図)



1 麦汁入口 3 傾斜浮子 5 凝固物流出口  
2 泡止め 4 麦汁出口 6 洗浄水流出口  
図4.5「キュールシッフ式麦汁冷却槽」の構造図



図4.6 キュールシッフ式麦汁冷却槽の設置例

キュールシッフ (Kühlschiff) とは直訳して「冷却舟」と称されるもので、自然冷却のために広く浅く麦汁を収容・静置させる容器である、図4.6の写真の例のように部屋全体を占める大きさのものなど、醸造規模によって大きさは多様である。熱麦汁はキュールシッフで自然冷却された後、麦汁冷却機にて醗酵開始温度まで冷却される。図4.7にベリーゼリング式麦汁冷却機の外観を、図4.8にその冷却模式図を示す。

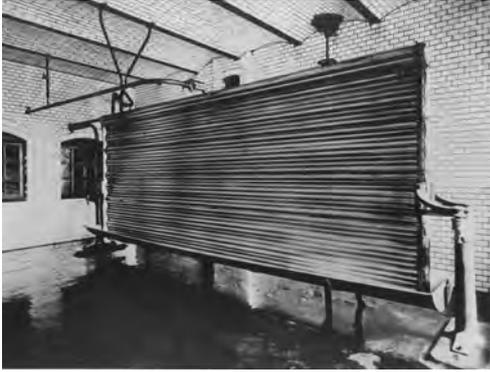


図 4.7 ベリーゼリング式麦汁冷却機  
(明治 44 年大日本麦酒札幌工場)



図 4.9 シリンダー式麦汁冷却機

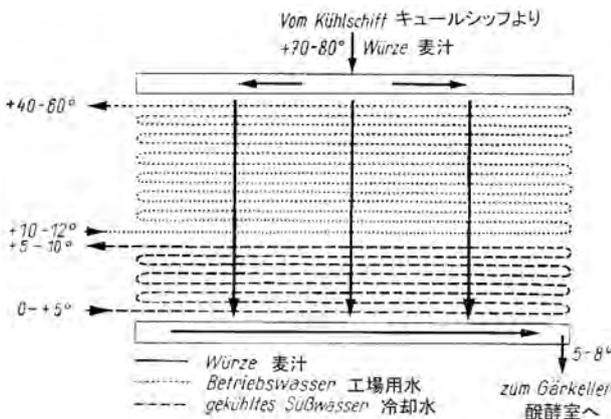


図 4.8 ベリーゼリング式冷却機の模式図

ベリーゼリング式麦汁冷却機は、すだれ状の衝立のような形をした熱交換機であり、現在のプレート式冷却機と違って開放型の冷却機である。ベリーゼリング (Berieselung) とは「散水」を意味する。衝立のような装置の表面 (両面) は、伝熱面積を大きくするため波板状になっており、内部に冷却管がコイル状に配置されている。麦汁は上方の樋から装置の両外面をすだれ状に流れ落ち、常温水セクションと冷却水セクションの 2 段で冷却される。麦汁が外気に触れる開放型のため、キュールシッフも含めて空気濾過機で空調された室内に設置される。

一方、大阪麦酒社が導入した麦汁冷却機は「シリンダー式 (Zylinder)」と呼ばれているように、形状は筒状になっている。原理はベリーゼリング式とほぼ同様で、衝立を丸めて円筒状にしたものと考えてもらえば良い。ベリーゼリング式と同様に上下 2 段による冷却方式である (図 4.9)。

### 【醱酵・貯蔵設備】

#### ●醱酵・貯蔵用冷却装置の導入

醱酵および貯蔵用の容器は依然として木製である。明治初期の頃は 1kl 容 / 基程度と推定されるので醱酵桶も貯蔵樽も徐々に大型化している (約 2 ~ 3kl 容 / 基)。大きく進歩したのは、温度調節用の冷却設備が装備されたことである。醱酵室内および貯蔵室内には冷却管が配置されて低温維持されると共に、醱酵桶内部にも冷却管が敷設され、個々の容器毎の温度調節が可能となった。図 4.10 は当時の醱酵室の様子で、天井から垂れ下がっている管は桶内用の冷却管である。



図 4.10 当時の冷却管のある醱酵室  
(明治 44 年大日本麦酒札幌工場)

貯蔵室の様子は図 4.11 に示す。天井に冷却管が配置されている。樽は 1 段ないし 2 段積みで、2 段積みの場合の上樽は下樽より若干容量が小さめに作られている。なお、桶や樽の内部はピッチ塗装、すなわち瀝青 (天然アスファルト) による防水保護塗装が施されている。貯蔵樽の場合は貯蔵中に発生する炭酸ガスの内部圧力によって漏れが生じることが多いために、専用のピッチ塗り装置で頻繁に補修がなされていたという。



図 4.11 昭和初期の貯蔵室  
(左：大日本麦酒札幌工場 右：同 目黒工場)



図 4.12 ハンゼン式純粋培養装置  
(大阪麦酒吹田醸造所)

●酵母純粋培養装置の導入

醱酵工程での大きな変革は、冷却装置の導入と並んで、「酵母純粋培養装置（図 4.12）」が導入されたことであろう。明治 24 年（1891 年）竣工の大阪麦酒吹田村醸造所において、酵母の純粋培養法を発見したハンゼン（Hansen）が開発した「ハンゼン式酵母純粋培養装置」が導入されている。これによって優良なビール酵母のみを種菌から随時純粋に培養することが可能となった。酵母の輸入取り寄せは不用となった上、活性の高い純粋な醸造用酵母が得られるようになり、醱酵の安定化とこれによる品質の向上への寄与は計り知れないものがあった（輸入していた時期は酵母の死滅や雑菌による汚染などのトラブルが多発したという）。

【ビール濾過】

明治 25 年の大阪麦酒吹田村醸造所に関する記事（工場見学記）には「最新式のビールろ過機」との記載がある。JBC（横浜山手）では明治 33 年に建て替えた新工場に関する資料に「ビールろ過機」の記載がある。いずれにしても、ビール濾過機については【明治後期】の項で記述したい。

4.1.3 明治後期の醸造設備

この時期の設備の移り変わりで比較的明確な資料は、明治 33 年（1900 年）に建て替えられた JBC の新しい醸造所に関する資料である。設備は大手各社共通の発注先であったドイツの「ゲルマニア機械製作

表 4.5 明治後期（33 年～39 年頃）における JBC 横浜山手の醸造設備の概要

原料処理・仕込設備	醱酵・貯蔵・濾過設備	動力関係ほか設備
<p>●原料処理設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・麦芽ホッパー</li> <li>・麦芽精選機</li> <li>・磁石器(鉄屑除去用)</li> <li>・自動モルトスケール(麦芽秤量器)</li> <li>・麦芽粉碎機 粗粉用・微粉用 各1基 能力2500kg/時間 (明治38年に新式麦芽粉碎機1基購入)</li> </ul> <p>●仕込設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1仕込容量 12.6kl</li> <li>・仕込槽 鉄製 16kl容 1基 (直径3.75×高さ1.45m) 底部ジャケット蒸気加熱方式 フォアマイシャー付き (粉碎麦芽・湯混合器)</li> <li>・仕込釜 鉄製 9kl容 1基 底部ジャケット蒸気加熱方式</li> <li>・麦汁濾過槽 鉄製 15kl容 1基 銅製散湯器、仕込排け出し装置、 銅製ロイターバッテリー(10本管) 散湯用加熱器</li> <li>・麦汁煮沸釜: 鉄製 19kl容 1基 底部・側部ジャケット蒸気加熱方式</li> <li>・ホップ分離器(ステライザー) 1基 処理能力 15kl/20分</li> <li>・キュールシッフ式冷却槽 1基</li> <li>・ペリーゼリング式麦汁冷却機: 1基 室内は除菌空気空調</li> </ul>	<p>●醱酵設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・酵母添加槽 鉄製 33.6kl容 1基 (スターチングタンク) 酵母添加と無菌空気の吹き込みによって 醱酵前の酵母増殖が行う装置</li> <li>・醱酵桶 木製 3.2~3.7kl容 54基 (数度にわたり増強しており、明治40 年頃には100基以上と推定)</li> <li>・酵母洗浄機 120 l容 (醱酵から回収した酵母の洗浄用)</li> <li>・酵母純粋培養装置(形式不明) 1式 その後明治39年にリンドナー式を VLB(ドイツビール醸造研究所) より購入し能力増強する</li> </ul> <p>●貯蔵設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・貯蔵樽 木製 2.5kl容(上段) 3 kl容(下段)2段積み 計384基 (明治40年頃には500基近くと推定)</li> </ul> <p>●濾過設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ビールポンプ 2基 濾過機送り用と思われる</li> <li>・ビール濾過機 2基 綿濾過方式 (1基は35年に増設)</li> <li>・濾過綿洗浄殺菌装置 1式</li> <li>・フォアラウフタンク 1基 (ビール濾過時の初流ビール採り用)</li> </ul>	<p>●動力設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ランカシャー型ボイラー 3基 (200馬力)</li> <li>・動力用蒸気エンジン 1基</li> <li>・冷却用アンモニア冷凍機 2基 (20万カロリー/hr/基)</li> <li>・製氷装置 一式 冷凍タンク、解氷タンク 水型注水装置、移動クレーン</li> <li>・電灯用発電機 1基 ランサム式高速エンジン駆動 (110ボルト、160アンペア) 一部モーター類にも使用</li> </ul> <p>●その他</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気濾過機 1式 (麦汁冷却室用・麦汁通気用)</li> <li>・水槽(仕込用) 15.2kl容 2基</li> <li>・熱水槽(仕込用) 11kl容 1基</li> </ul>

所」から購入された。その概要を表 4.5 に示す。ただし、この中にはその後明治 39 年までに増設された設備も含んでいる。以下この資料を中心に設備の進展を見ていきたい。なお、この時期には大手会社 4 社(JBC、日本、札幌、大阪)の他に丸三麦酒(株)(明治 20 年設立愛知県半田)並びに東京麦酒(株)もドイツの最新設備を装備し、ドイツ人醸造技師を雇用してラガービールの製造に注力するようになっていた。東京麦酒(株)は明治 11 年(1878 年)以来の老舗で、その前身の桜田麦酒社は当時のイギリス風エールの最大手であった。この事実からわかるように、イギリス風のエールは衰退し、市場でのドイツタイプのラガービールの圧倒的優位性が確立した時期であった。

#### ●今日のシステムの原型ができる

各設備の状況に触れる前に、表 4.5 から窺われるこの時期における「醸造設備進展の全般的な特徴」を以下にまとめてみた。

- ①「仕込釜」の導入により、仕込方式の主体がこれまでの「インフュージョン方式」から「デコクチオン方式」に切り替わった。これにより本格的なラガービールの仕込体制ができあがった。
- ②仕込容器が仕込槽(糖化用)、仕込釜(もろみおよび米煮沸用)、麦汁濾過槽(濾過用)、麦汁煮沸釜(麦汁煮沸用)と目的別に独立した。これによって工程待ち時間が短縮され、仕込回数の増加が可能となって生産能力の拡大が図られた。
- ③直火式であった釜の加熱方式が、釜の外周ジャケットに蒸気を通す間接加熱方式となった。各容器・装置の機能も向上し、①②を含め今日の仕込システムの原型が出来上がった。
- ④酵母純粋培養装置に加えて、酵母添加槽の導入、空気除菌装置と麦汁通気法の採用、酵母洗浄装置の導入など、近代的な醗酵管理の基盤が築かれた。
- ⑤貯蔵樽からの滓引きに替わり、清澄化のための「ビール濾過機」が導入された。

#### 【原料処理設備】

##### ●原料処理工程のシステム化

原料処理設備として、麦芽粉碎機の他に麦芽中に混入しているゴミ・鉄屑の除去のための「麦芽精選機」、磁石器、および麦芽秤量のための「自動モルトスケール」が設置されている。これらは現在の標準的な原料処理システムに近く、その原型がこの時期にできたとみてよい。当時のものに近いと推定される原料処理設

備の配置図等を図 4.13 に示す。

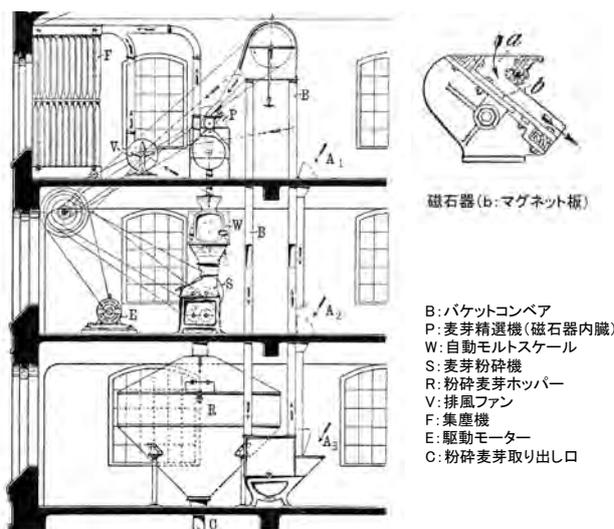


図 4.13 原料処理設備システム

精選機の上投入口に磁石器(マグネットの板)が設置されており、混入した鉄屑が除去される。精選機内では大きな夾雑物のほか、排風ファンによりゴミ・埃が吸引除去され、自動モルトスケール(W)で秤量された後、麦芽粉碎機(S)で粉碎される。粉碎麦芽は粉碎麦芽ホッパー(R)に収納され、仕込工程に供される。取り出し口(C)の下階に仕込槽がある。排風ファン(V)により排出されたゴミ・埃は集塵機(F)の布フィルターで捕集される。

##### ●機能アップした麦芽粉碎機

明治初期の碾臼(ひきうす)による粉碎から明治中期以降はローラー式の粉碎機に変わった。表 4.5 の資料で粗粉用・微粉用と分かれているのは 2 本ローラー式のもので、その後明治 38 年に購入されたものは能力・機能的に優れた多段ローラー式の麦芽粉碎機であったと推定される。新たに導入された粉碎機は、より高能力・高機能の 4 本ローラー方式のものか 6 本ローラー方式のものであったろう。これは内部に粒度を分画する篩を装備し、多段的に粉碎を行う方式のものである。その特徴は、

- ・第 1 段のローラーで粗く挽き、篩で細粉区分を分画した後に粗い区分のみを第 2 段で粉碎するので、時間当たりの粉碎能力が高められること
- ・1 段目および 2 段目のローラー間隙を調整することによって、濾過性と収率を両立させる適切な粒度分布の粉碎麦芽が得られること
- ・6 本ローラー方式はさらに 3 段目のローラーを有し、よりきめ細かな粒度調整が可能なことと、多

少質の劣る麦芽でも適切な粉碎が行えること等である。JBCが導入した粉碎機が4本式・6本式いずれのタイプかは定かでない。図4.14および図4.15に各々の粉碎機構図を示す。

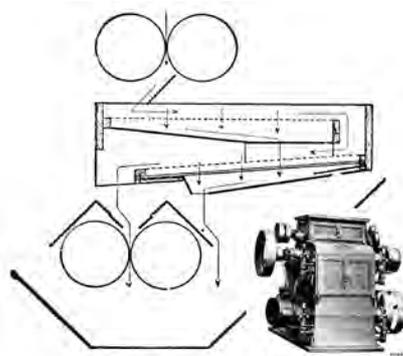


図4.14 本ローラー方式麦芽粉碎機とその粉碎機構図

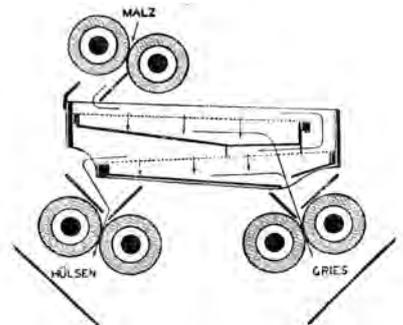


図4.15 本ローラー方式の粉碎機構図

【仕込設備】

表4.4（明治中期）と表4.5（明治後期）から「1仕込容量」を比較すると、後期では約3倍まで拡大している。麦汁煮沸釜の容量で比較しても約2.7倍とほぼ同様である。これにプラスして仕込回数も増加しているわけであるから、当時のビールの成長振りがいかに大きかったかを窺い知ることができる。

●「複式仕込システム」への発展

明治中期までのラガービールの仕込方法は、小規模醸造をベースとした容器兼用型の設備で行われていた。すなわち、糖化工程と麦汁濾過工程は「仕込槽」で、もろみ煮沸工程と麦汁煮沸工程は「麦汁煮沸釜」というように容器が兼用されていた。これは一般に「単式仕込システム（独 Einfaches Sudwerk）」と呼ばれている。“もろみ”を煮沸する必要があるラガービール用の「デコクチオン仕込法」はもともと仕込時間が長く、兼用型のシステムでは非常に長時間を要した。このような背景から、生産量の拡大を図るために開発されたのが「複式仕込システム（独 Doppeltes

Sudwerk）」であった。上記の各工程それぞれに専用の容器・設備が備えられ、仕込時間の短縮化が図られたのである。図4.16にそれぞれのシステムの模式図を示す。

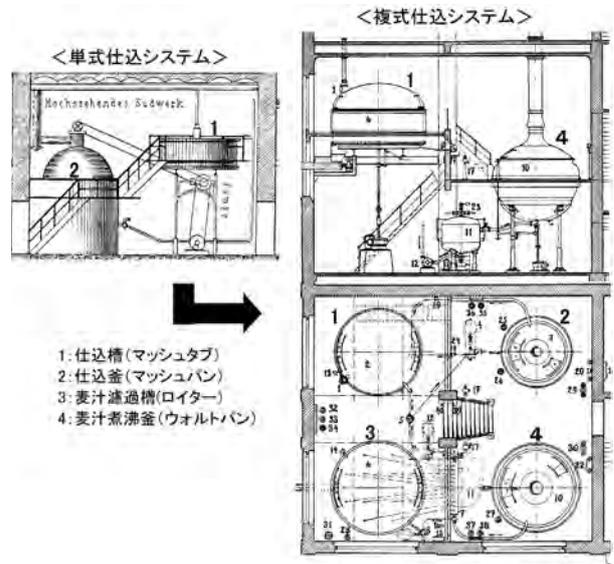


図4.16 仕込システムの発展

●ジャケット式加熱装置へ

仕込槽（独 Maischbottich）、麦汁濾過槽（独 Läuterbottich）、仕込釜（独 Maischpfanne）、麦汁煮沸釜（独 Würzepfanne）の4つの釜・槽から成る複式システムに変わったことで、システムの機能も各々の設備の目的に即して大幅な改善が図られた。共通しているのは釜の加熱方式である。釜の底面が2重壁の「ジャケット構造」となり、ここに蒸気を通すことで加熱を行う間接加熱方式になった。動力源として使われていた蒸気が加熱用にも使用されるようになったのである。図4.17に麦汁煮沸釜におけるジャケット構造図を示す。なお、直焚き方式は海外の小規模醸造所などでは現在でも使用されているが、熱源はオイルバーナーや電気に替わっている。

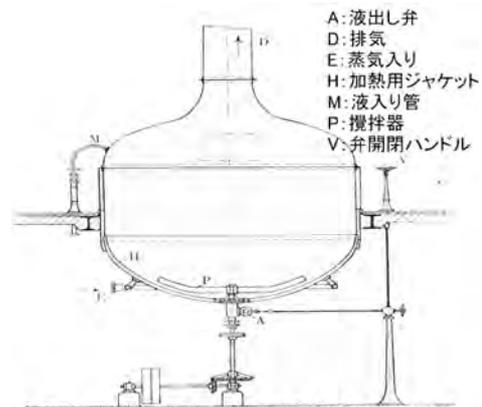


図4.17 ジャケット式麦汁煮沸釜の構造図

●釜の材質は鉄製から銅製へ

日本麦酒社が明治28年(1895年)にドイツ・ゲルマニア社から購入した麦汁蒸気煮沸釜は銅製であった。釜の加熱方式がジャケット式に変わったということと、釜の加工性や熱伝導性の優れた銅が使用されたということがほぼ一致している。銅製釜は、ステンレス製釜が導入された昭和50年代半ばまで長い間使用されていった。

●麦汁濾過槽(ロイター)の機能アップ

複式仕込システムになって新たに麦汁濾過専用として登場したのが「麦汁濾過槽(独 Läuterbottich)」である。通称「ロイター」と呼ばれている。専用装置となったことで、より効果的・効率的に麦汁濾過ができる機能が付加されている。図4.18にその構造模式図を示す。

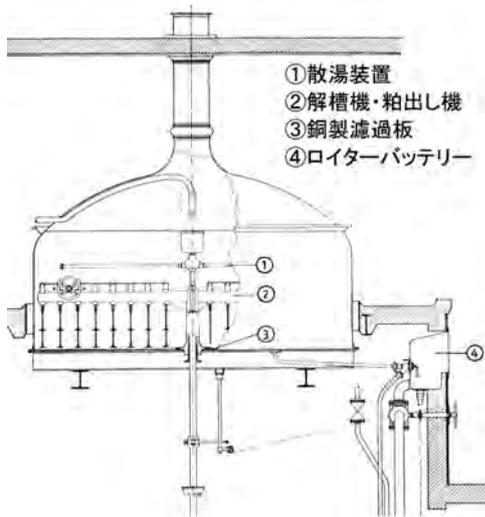


図 4.18 麦汁濾過槽の構造模式図

糖化の終了したもろみは仕込槽からロイターに送られ、槽の中央上部から散布される形で投入される。床は二重底で、槽底から1~2cm上にメッシュ状の濾過床がある。濾過床は10数枚の濾過板で構成されている。濾過板の細孔の形状には丸孔タイプやスリットタイプなどがある(麦汁濾過の詳細は「3.2.2項」を参照されたい)。濾過された麦汁は濾過板下の槽底部に取り付けられた導管から取り出される。導管は槽底部の一定面積毎に取り付けられている。図4.19に示した麦汁導管の配置例では12本の導管が取り付けられて集められている。導管により麦汁を集合させる装置は「ロイターバッテリー(独 Läuterbatterie)」と呼ばれ、各導管毎のコックと麦汁受け槽から成っている。各導管毎の濾過麦汁の出具合や清澄度が確認でき、麦汁濾過をより効果的に制御することができる。表4.5のJBCのロイターにおいては導管は10本と記

されている。図4.20にロイターバッテリーの外観例を示す。

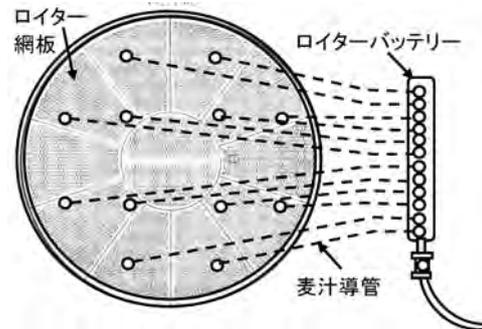


図 4.19 麦汁導管の配置図の例

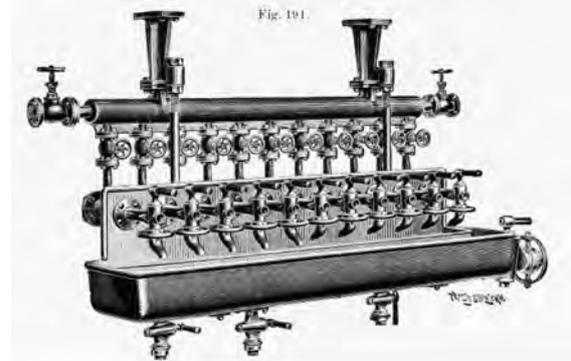
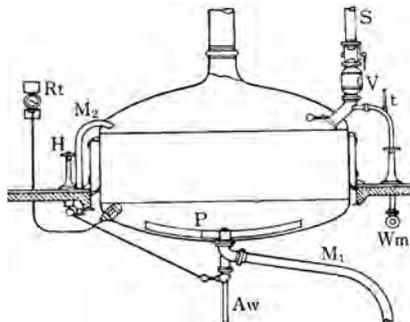


図 4.20 ロイターバッテリー

●「仕込釜」は、前述の加熱用ジャケットを備えた麦汁煮沸釜とほぼ同じ構造をしている。「もろみ」の一部を移し入れて煮沸するためのものなので、容量は他の槽・釜よりも小型である。

●「仕込槽」は濾過機能を持たない容器となった。ラガービール用のデコクチオン仕込方法の場合は基本的に加熱装置は必要としない。ただし、イギリス風エールの仕込(インフュージョン法)も行う場合は、JBCにおける仕込槽のようにジャケット式加熱装置を装備したものが使用される。形状も各槽・釜とも同じようなスタイルとなっており、仕込室全体が統一感のある近代的な雰囲気に変わっている。当時に近いと思われる仕込槽の構造図の例を図4.21に示す。底部に攪拌機を装備したシンプルな構造である。この時期における仕込槽のもう一つの特徴は「フォアマイシャー(独 Vormaischer)」が装備されていることである。フォアマイシャーとは粉碎麦芽を仕込槽に投入する前に、粉碎麦芽と湯を混合させる装置である。湯を張った仕込槽に直接粉碎麦芽を投入すると、混合が均一に行われず、いわゆる“団子”を形成してしまう。これを防ぐことと、投入時の微粉の飛散防止が目的である。当時の一例を図4.22に示す。図の全体が混合装置で、

外筒の中に湯の噴射する内筒が組み込まれている。落ちてきた粉碎麦芽は内筒上の傘状のものに当たって拡散し、これに内筒の細孔から湯が噴射されて混合される仕組みである。



- S: 粉碎麦芽導入管
- V: フォアマイシャー
- t: 温度計
- P: 攪拌機
- M2: もろみ導入管
- M1: もろみ移送管

図 4.21 仕込槽の構造図

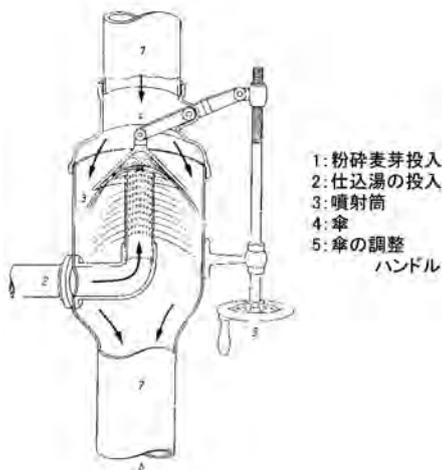


図 4.22 フォアマイシャーの構造図

● 「米蒸し器」と「ライスクッカー」

麦酒税法で米が副原料として正式に使用が認められたのは明治 37 年（1904 年）である。使用量は「麦芽の 10 分の 3」までとされた。実際にはそれ以前より使用されていたのであるが、正式に使用量の制限を含めて規定されたわけである。さらに明治 41 年（1908 年）には米・とうもろこし・砂糖を麦芽の 10 分の 5 まで使用が可能との改定がなされた。ドイツ・ピルスナータイプのビールが日本人の嗜好に合ったとはいえ、麦芽のみを原料とする当初のビールは濃厚で色も濃いものであった。米を加えることによって、淡色ですっきりした味の日本人の嗜好に合ったビールが生み出されるようになった。

米の使用に当たっては、当初は仕込釜にて煮沸処理が行われていたと思われるが、麦芽の 40% や 50% もの米を投入するとなると相当な時間を要したことが容易に想像できる。当時は米の粉碎機は一般に使われていた形跡がないので、丸の米粒のまま使用される場合もあったと推察されるからである。大阪麦酒吹田村醸造所の設計図資料によれば、明治 31 年（1898 年）に仕込室に「米蒸し器（独 Reisedämpfapparat）」が増設されている（図 4.23）。これはドイツ・ゲルマニア社に製作を依頼したもので、既存の仕込槽と仕込釜の間に増設されている。米の粥化を容易にするための前処理として「米蒸し器」にて蒸気で蒸した後に、仕込釜に移して煮沸を行なったと考えられる。

一方、ライスクッカー（Ricecooker）は米の蒸煮を短時間で効率良く行うための、米専用につけられた「加圧式」の煮沸釜であるが、どの時期に、どこから導入されたかの明確な記録は見当たらない。大正年代に、麒麟麦酒横浜山手工場に「ライスクッカーが設置されていた」という記録、および昭和 10 年（1935 年）に麒麟麦酒神崎（後に尼崎）工場で「ライスクッカーを国内設備メーカーから納入した」という記録、さらに国内では麒麟麦酒社のみがこれを使用してきたという事実から類推すると、ライスクッカーは多量の米を短時間処理するために「日本独自」の仕込設備として考案・開発されたものと考えられる。

当時のライスクッカーの写真や図面は見当たらないが、現在のライスクッカーの構造は縦型円筒形の圧力容器で底面に逆止弁付き蒸気ノズルが円周状に配置されているものであり、構造的には極めてシンプルな釜である。当時の装置も原理的には同様のものであっただろう。現在のライスクッカーの図面は 4.3.2 項で示す。

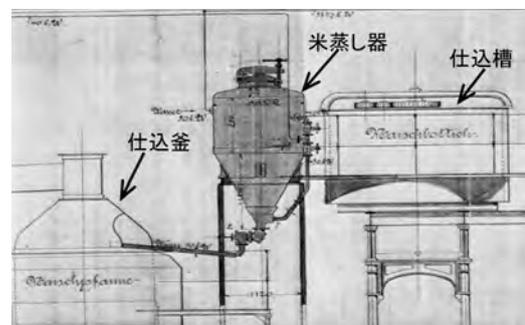


図 4.23 米蒸し器の設計図（中央の装置）

● 「ホップ分離槽」と「ホップ分離機」

表 4.5 に初めて「ホップ分離機」という装置の記述が見られる。麦汁煮沸後のホップ残渣を分離するため



のものである。「明治中期」の大阪麦酒吹田村醸造所の仕込室の設計図（図 4.4）にもホップを分離する装置（ホップ分離槽）が描かれている。内部に敷かれた濾過網によってホップ残渣が除去され、底から抜いた熱麦汁は槽の下のポンプで麦汁冷却工程へ送られている。

JBCに導入されている「ホップ分離機」は通称「ステライザー（Sterilizer）」と呼ばれており、キリンビール社の資料によれば次のように記載されている。『煮沸が終わると麦汁は隣接した建物にあるステライザー（殺菌機）にポンプで送られる。この装置はドイツの特許品でホップを分離するための孔の開いた上げ底があり、周囲は密閉され、濾過された除菌空気が器内に送風されている・・・』。これを見ると、ステライザーの名称の由来は、「殺菌」というよりも「無菌的に処理する装置」の意味であろうとも解釈される。なお、このステライザーはホップの分離と麦汁のリザーバー（溜め槽）を兼ねたもので、麦汁冷却室の上に設置してあったとの記録がある。その能力は約1仕込分 15kl を 20 分で処理できたという。残念ながら形状や構造がわかる資料は残されていない。この装置は大正 12 年（1923 年）の関東大震災で麒麟麦酒山手工場が被災するまで使用されていたという。参考までに、1967 年のドイツの専門書に記載されている「ホップ分離機（独 Hopfenseiher）」を図 4.24 に示す。内部が濾過網の 2 重構造で、熱麦汁からホップが分離される仕組みとなっている。

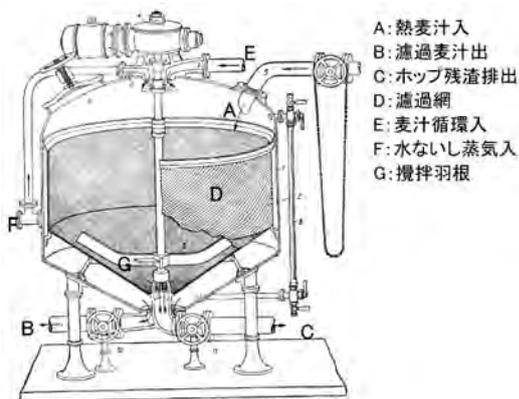


図 4.24 ホップ分離機の一例

#### 【麦汁処理設備】

##### ●麦汁冷却工程の空調システム

キュールシッフ式冷却槽とベリーゼング式麦汁冷却機の組み合わせによる冷却システムがまだ使用されている。容量や能力が増強されているほかは基本的に変わっていない。一方、表 4.5 には麦汁冷却室内は「除

菌空気」により空調されているとの記載があることから、開放型冷却システムでの雑菌による汚染を防ぐ設備が組みこまれたことが窺える。図 4.25 にドイツの専門書から引用した麦汁冷却室空調システムの一例を示す。除菌フィルターは金属製で、金属ないし陶製のリングが充填された構造をしている。オイルの入った浸漬槽内にフィルターを循環させ、オイルを染み込ませたリングに空気を通すことで雑菌を捕捉する方式となっている。

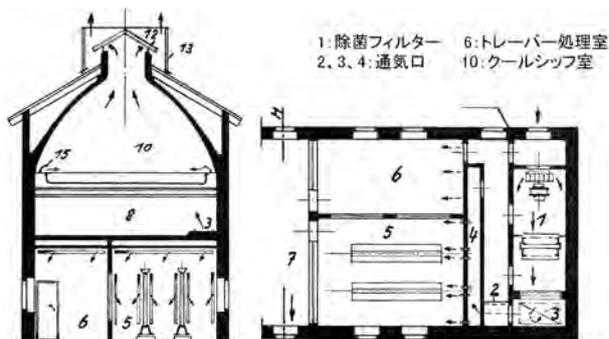


図 4.25 麦汁冷却室の空調システム例

#### 【醗酵・貯蔵設備】

##### ●酵母添加のための装置

表 4.4 に「スターチングタンク」という設備の記載がある。これは醗酵の準備段階として用いられる「酵母添加槽（独 Anstellbottich）」のことで、「醗（もと）入槽」ともいう。醗酵のスタート用という意味でスターチングタンクとも呼ばれたのであろう。麦汁に酵母を添加し、無菌空気を吹き込んで酵母の増殖を促して醗酵をスムーズに立ち上げるための装置である。更に酵母と麦汁の均一な混合や冷トリーブの沈降・除去の役割も果たしている。表 4.5 におけるスターチングタンクの容量は 33.6kl であるので、ほぼ 2 仕込分の麦汁が収容されたものと思われる。酵母添加後の液温は徐々に上昇していくが、この段階では冷却（温度調節）は行わないので冷却装置は装備されていない。12～24 時間後に醗酵タンクへ移され醗酵が継続される。当時のタンク材質は鉄製であった。

##### ●酵母活性化のための装置

酵母添加槽に酵母を添加する前に、酵母保存室にて予め酵母を活性化させる作業も行われた。醗酵終了後に醗酵室から回収された酵母は、酵母保存室にて洗浄（攪拌・水替え）され、泥状（スラリー）の状態低温下で一旦保存される。保存日数が長くなった酵母を醗酵に使用する場合は酵母の活性が弱い傾向になる。そこで大柄杓（おおひしゃく）を用いて酵母を何度も容器の間を移し替え、酵母に空気を巻きこませる

作業が行われた。スラリー状の酵母がほぐれて分散し易くなり、さらに蓄積している二酸化炭素が除かれ酸素が供給されることで酵母の順調な増殖が促されるのである。当時はまだこのような手間のかかる方法であったと思われるが、その後これを簡便化する装置が使用されるようになった。大正4年(1915年)に大阪麦酒吹田村醸造所に導入された「酵母通気缶(独 Hefeaufziehapparat)」と呼ばれるものである。図4.26にその写真を示す。容器内に入れられた保存酵母に少量の麦汁が加えられ、無菌圧縮空気が吹き込まれるようになっている。十分通気・混合された後、圧縮空気によって酵母添加槽ないし醗酵桶へ送られ冷却麦汁に添加される。ドイツ・チーマン(Ziemann)社製のこの装置はアサヒビール(株)吹田工場に現在も保存されている。



図4.26 酵母通気缶

●「酵母純粋培養装置」については明治中期の項すでに記述した。この時期にJBCの導入した装置は「リンドナー式」のものであるが、構造・機能に大きな違いはない。

●醗酵・貯蔵用の容器はこの時期もほとんど木桶と木樽である。貯蔵樽は2倍近く増容されている。

●「酵母洗浄機」の使用

初めて「酵母洗浄機(120 l容)」なる装置が記載されている。醗酵終了後、醗酵槽の底に沈んだ酵母は回収され次の醗酵に再使用される。この際、酵母回収液に混じっているビールや種々の凝集物、酵母の死細胞などを除去しておく必要がある。酵母洗浄機はそのためのものであるが、この当時の装置がどのようなものかは詳細不明である。後年において一般的な装置は、上部に「振動篩」がついた角型槽である。振動篩によって夾雑する凝集固形物を除去した後、角型槽に落ちた酵母スラリーを酵母保存容器に移し、冷水で繰り返し水替え・洗浄されるものである。「酵母洗浄機(120 l容)」という記述からみて、この時期に導入さ

れていた可能性もある。

【ビール濾過設備】

●「ビール濾過機」の登場

明治25年から33年にかけて明確に導入されたと確認されるのが「ビール濾過機」である。貯蔵後のビールを「滓引き」するだけでは十分でなかった酵母や凝集沈殿物の除去が大幅に改善され、清澄度や市場での品質安定性に優れた製品が供給できるようになった。ビールの品質改善に大きく寄与した新設備である。図4.27に大阪麦酒吹田村醸造所で使用されたビール濾過機の写真を示す。これは綿を濾材としてビールを濾過するもので、「綿濾過機(独 Massefilter)」と呼ばれているタイプのものである。

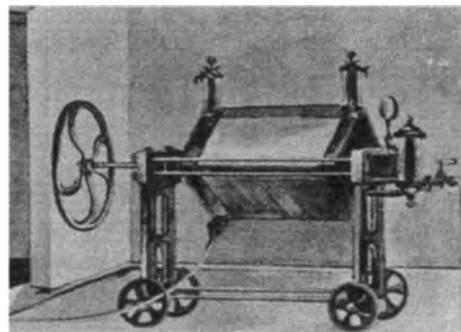


図4.27 明治後期のビール濾過機

濾過板(図4.28)は平たい皿状のもので主として砲金製である。濾過板の内部面は円周状に無数の溝が切ってある。濾過板の上下にある円筒孔が未濾過ビールと濾過済ビール



図4.28 濾過板

が通る導管である。湯に解きほぐされた綿が濾過板状に圧搾成型されて各濾過板に組み込まれ、濾過板全体がハンドルで締め付けられる。貯蔵後のビールは貯蔵樽からビールポンプによって濾過機に移送され注入される。濾過機の全体構造図を図4.29に示す。濾過方法を簡単に説明する。濾過綿がセットされ準備が終わると、濾過機および貯蔵樽までの配管内に冷水が満たされる。内部に空気が残らないよう、濾過機上部の空気抜きコックから空気が完全に排出される。その後貯蔵樽からビールが送られ、水を押し出す形で濾過機を含め経路がビールで置換され濾過が進められる。表4.5に記載の「フォアラウフタンク(独 Vorlauf tank)」とは、濾過開始の初流のビールを取り置くための容器である。このビール濾過機は、濾過板の形状が皿形であることから「シャーレンフィルター

(独 Schalenfilter)」と通称されている。Schale はドイツ語で「皿状の」という意味である。図 4.27 に示した濾過機の写真では、濾過板の形状は円形ではなく角形状になっており、初期の型式によるものと考えられる。この濾過方式は、新たな「珪藻土濾過方式」が登場する昭和中期まで長期間使用されていった。

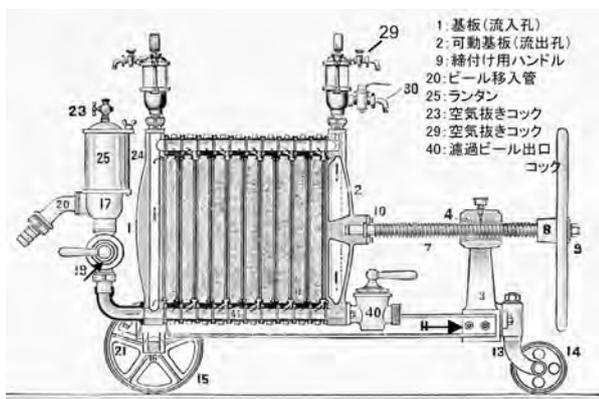


図 4.29 綿濾過機 (Schalenfilter) の構造図

#### ●シャーレンフィルターの付帯装置

表 4.5 に記載の「濾過綿洗浄殺菌装置」は、濾過用の綿 (濾過綿) を繰り返し使用するための洗浄並びに殺菌を行う装置である。シャーレンフィルター使用の場合に必須の付帯設備である。これには綿を洗浄・殺菌するための「綿洗い機 (独 Filtermasse-Waschmaschine)」と成型するための「綿締め機 (独 Filtermasse-Press)」から構成されている。図 4.30 に綿洗い機の構造図を示す。綿洗い機は鉄製で、底部が球形の円筒型をした容器である。底部に加温のための蒸気ジャケットが装備され、内部には二重構造の円筒管が付いている。ポンプは槽内での綿の循環洗浄と排出のためのものである。ビール濾過終了後、濾過機は冷水で逆洗され、濾過綿に堆積した滓が洗い出されてから綿が外され、綿洗い機に投入される。上部の注水 (湯) 管から冷水を注入しながら綿をポンプで循環し洗浄する。槽内の汚れた水はオーバーフローにより円筒管の上部にある金網を通り、二重管の間から排出される。洗浄が終わると熱湯が注入され殺菌が行われる。その後冷水で冷却し、綿締め機へと送られ圧搾成型される。綿締め機は図 4.31 のような円筒型の装置である。上部蓋板を開け濾過綿液を流し込む。上部胴面は金網状で水が排出されるようになって



図 4.31 綿締め機

いる。最下部の管から圧搾空気を送ると、内部底板が押し上げられ脱水・成型される仕組みになっている。

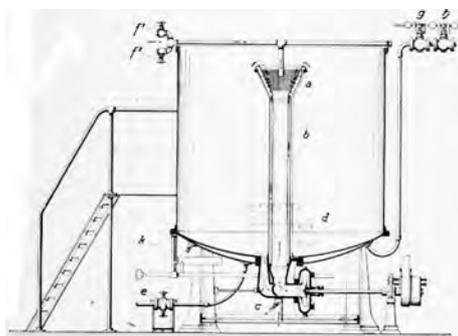


図 4.30 綿洗い機の構造図

#### 4.1.4 大正時代の醸造設備

第 2 章で触れたように、明治末期から大正にかけてのビール業界においては企業の再編と淘汰が進んだ。小規模醸造所の消滅の一方で、大手の札幌麦酒社と日本麦酒社および大阪麦酒社の 3 社大合同や、さらには新たなビール会社の設立もあって、工場の新設や設備の更新・増設が盛んに行われた。従ってこの時期には、醸造設備にも大きな進展が見られた。

##### 【原料処理設備】

#### ●ライスマル (米粉砕機)

大正 12 年 (1923 年) 5 月、東洋醸造社が麒麟麦酒社と合併した際の東洋醸造仙台工場の仕込設備に「ライスマル (Rice mill)」が装備されていた。製造設備一式が大正 8 年 (1919 年) にアメリカから購入・移設されたものであるため、アメリカでも副原料として米が使用されていたことがわかる。米の粉碎は、米の糊化・液化をより容易にするために行われたと思われる。麦芽の粉碎と違って米粒を細かく砕くだけの簡単な粉碎機であったと推察される。

#### ●6 本ローラー式麦芽粉碎機

関東大震災後の大正 14 年 (1925 年)、麒麟麦酒仙台工場に設備能力の増強のために導入されている。6 本ローラー式麦芽粉碎機の構造については前項「4.1.3」を参照されたい。

##### 【仕込設備】

#### ●欧米の設備状況との比較

ドイツの最新設備が導入され、設備の拡充と近代化が進められたこの当時の日本であるが、欧米の醸造設備と比較してどのようなレベルにあったのであろうか。

これにはアメリカのニューベツレヘム麦酒醸造会社の最新式設備をそのまま一式譲り受けた前記の東洋醸造社の設備が参考になる。移設後の仕込室の写真を図 4.32 に示す。移設された仕込システムは、仕込槽（麦汁濾過槽兼用）、米糖化槽（仕込釜のこと）、麦汁煮沸釜となっている。麦汁煮沸釜は銅製 20kl 容である。ほぼ同時期の大正 10 年に大日本麦酒札幌工場に新設された仕込室を図 4.33 に示す。こちらは最新の複式システムである。麦汁煮沸釜（130 石≒ 23.4kl 容）はほぼ同規模である。写真を見る限り仕込設備だけを比較してみても、日本のビール醸造設備は欧米に劣らないレベルにあったことが窺える。



図 4.32 大正期の東洋醸造の仕込設備



図 4.33 大正期の仕込室  
(大正 10 年大日本麦酒札幌工場)

#### ●醸造設備の初めての国産化

大正 3 年（1914 年）第一次世界大戦が勃発した。麒麟麦酒神崎工場（大正 7 年竣工）はこの影響をともに受け、ドイツからの設備輸入が不可能となった。パッケージング設備は従来通りアメリカから購入できたが、醸造設備は国産で賄うしかなく、横浜山手工場の設備をスケッチして国内設備メーカーで製作された。急場を打開するための国産化であったため、結果的には多くの工程トラブルが発生した。仕込の麦汁濾過槽（ロイター）などはその解消ができず、大戦後に

ドイツからの新設備に更新されたとキリン社の資料に記されている。設備の本格的な国産化は昭和の戦後復興を経て昭和 30 年代になってからのことである。

#### ●「マッシュフィルター」の登場

大戦後の大正 12 年（1923 年）、麒麟麦酒神崎工場に新方式の麦汁濾過機が採用された。上述の国産品ロイターの不調に伴う設備更新によって導入されたのである。それが新方式の「マッシュフィルター（Mashfilter、独 Maischefilter）」であった。メーカーはドイツのワイゲルベルク（Weigelwerk）社である。図 4.34 に Weigelwerk 社製のマッシュフィルターの写真と図 4.35 に濾過板の構造図を示す。

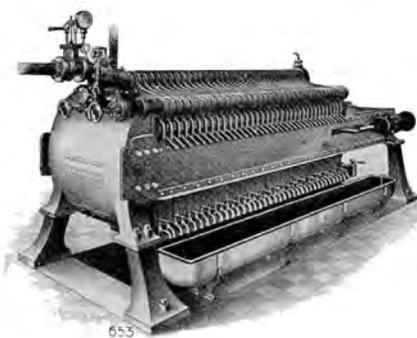


図 4.34 マッシュフィルター  
(ドイツ・Weigelwerk 社製)



図 4.35 マッシュフィルターの構造図

このマッシュフィルターは濾過布を用いて“もろみ”を濾過する方式である。ポンプで押し込む濾過方式なのでロイターよりも短時間で濾過ができ仕込回数が増やせること、すなわち増産に寄与することが大きな利点である。ただし設備コストが高く、濾過機の開閉や濾過布の脱着に手間を要する短所もあった。装置は濾過枠と溝板、およびそれらを載せる架台から成っている。1 枚の濾過枠と溝板で“組”になっており、数 10 組の枠・板で構成されている。溝板の両面を覆うように濾過布が取り付けられる。漏れのないように全体を締め付けてからポンプで“もろみ”を装置に注入し濾過を行う（一番搾り）。“もろみ”を全量濾過し終えたら、枠内に溜まったトレーバー層（仕込粕）に残って

いる麦汁を湯で洗い出す（二番搾り）仕組みになっている。濾過が終わると濾過枠を緩めて開放し、トレーバーを下に排出する。布は洗濯・乾燥され再使用される。材質は木綿で、後に丈夫な合成繊維が使用された。

#### ●二つのスタイルの複式仕込システム

マッシュフィルターの登場により、日本のビール工場では大正末期以降、麦汁濾過装置が「ロイター」のシステムと「マッシュフィルター」のシステムの、二つのシステムが並立した形で使用されていった。いずれを採用するかは、両方式の特性やその時の時代背景、各社の技術思想などにより判断されていったものと思われる。ちなみに麒麟麦酒社では神崎工場に続き、仙台工場（大正13年）、横浜工場（関東大震災で壊滅した山手工場に代わって大正15年に横浜市に隣接する鶴見町生麦に新設された）の全ての工場がマッシュフィルターに統一されている。

#### 【麦汁処理設備】

##### ●トリューブフィルター

麦汁冷却中に不溶化して沈降する凝固物をトリューブと呼ぶ。キュールシッフ（冷却槽）の底から回収したトリューブ中には麦汁が含まれており、これを分離・回収する装置が「トリューブフィルター（独 Trubpresse）」であった。トリューブフィルターがいつ頃から日本で使用されていたのかは定かではないが、大正時代には使用されていたというキリンビール社の記録がある。昭和13年に新設された麒麟麦酒広島工場のトリューブフィルターの写真を図4.36にその模式図を図4.36に示す。キュールシッフ（冷却槽）から回収されたトリューブはトリューブタンクに収容され、次にタンク内への加圧によりトリューブフィルターに送られてマッシュフィルターと同じように布濾過され、麦汁が回収される仕組みになっている。

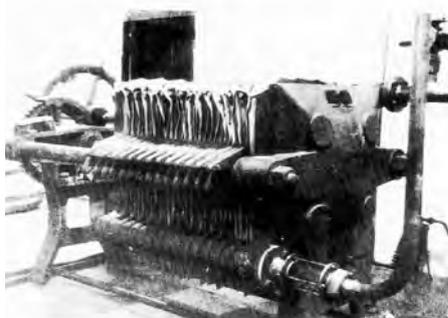


図4.36 トリューブフィルター  
（昭和13年麒麟麦酒広島工場）

##### ●麦汁沈殿槽（セジメントタンク）の登場

大正2年（1913年）大日本麦酒目黒工場に新築された醸造場にドイツ・ゲルマニア社の仕込設備一式（能力約100石≒18kl規模）が導入された。その際、従来の「キュールシッフ式麦汁冷却槽」に替わって「麦汁沈殿槽（独 Setzbottich）」が初めて採用された。別名「セジメントタンク」とも呼ばれたこの装置は、冷却装置も装備されており、従来の開放型の冷却槽から大きく進歩したものとなっている。その構造図の一例を図4.37に示す。

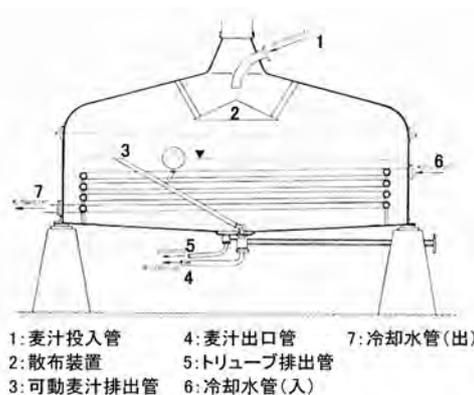


図4.37 麦汁沈殿槽の一例  
（Steinecker社コイル冷却式）

この麦汁沈殿槽は、タンクの内部に冷却用のコイルが装備されているものである。熱麦汁は散布される形で投入され、通常1～2mの液位でタンク内に溜められる。コイルに冷却水を通すことで、その後の麦汁冷却を補完する効果がある。所定時間の滞留後、麦汁は浮き子の付いた可動排出管により液面上部から取り出される。沈降したチューブが混じることなく、常に澄んだ麦汁が取り出せるようになっている。タンク底部は緩やかなV字形になっており、沈降した熱トリューブの排出が容易なように工夫されている。このほか冷却方式がジャケット式になっているものもある。目黒工場の麦汁沈殿槽がいずれのタイプものか定かではないが、後年、プレート式熱交換器など麦汁冷却機能が充実してくると、セジメントタンクの冷却装置は不要となった。

麦汁沈殿槽の導入によって麦汁の濃度管理も容易となった。1仕込分の麦汁全量を収容できるリザーブタンクでもあるので、収容後にタンク内の麦汁濃度を調整でき、各仕込の濃度を常に一定に管理することができるようになった。なお麒麟麦酒社においても、大正15年（1926年）新設の横浜工場に初めて麦汁沈殿槽が導入されており、以降全ての工場がこの方式に切り替えられている。キュールシッフ式麦汁冷却槽は麦汁沈殿槽に替わったが、ペリーゼリング式麦汁冷却機の

方は昭和 20 年代前半まで使用されていった。

### 【醱酵・貯蔵設備】

#### ●木製から鉄製の醱酵・貯蔵タンクへ

大正 12 年（1923 年）に増設された麒麟麦酒仙台工場の醱酵室および貯蔵室に、関東大震災で壊滅した横浜山手工場から 35kl 容鉄製醱酵タンクと 17kl 容及び 18.5kl 容鉄製貯蔵タンクが移設されたとの記録がある。大日本麦酒社札幌工場においても大正 11 年に 100 石（18kl）容鉄製貯蔵タンクが設置されている。従ってこの辺りの時期から木製の桶・樽と鉄製タンクの併用が始まり、次第に鉄製タンクに更新されていったものと思われる。なお、鉄製に移行する過程でコンクリート製の醱酵タンクも作られたようであるが、鉄製に移行する間の過渡的なものだったようである。

鉄製醱酵タンクは開放型の角型の容器で、内部に冷却水を通す冷却管が配置されている構造になっている。冷却水配管のコック開度によりタンク内醱酵液の温度が調整される。内部はピッチ塗装されており、床面は酵母を排出し易いよう緩やかな傾斜がつけられている。図 4.38 に大日本麦酒目黒工場の醱酵室の写真を示す。これは昭和 7 年撮影のもので、冷却水配管の取り付け状況からみて鉄製醱酵タンクに移行した当時の醱酵室の様子を表していると思われる。図 4.39、および図 4.40 は、その後冷却管配置がシステム化された醱酵タンクの断面図および醱酵室の一例である。



図 4.40 角型・開放型醱酵タンク室

鉄製貯蔵タンクの形状は、ドイツの文献では円筒型と円筒横置型のものが見られるが、仙台工場の記録では「鉄製樽」と記載されていることから、図 4.41 に示すような円筒横置型のタンクであったと考えられる。この形は昭和期以降も基本的に変わっていない。酒出入管、マンホール、泡排出口、及び内圧調整用のノズル孔が付いている。内部はピッチで塗装されている。

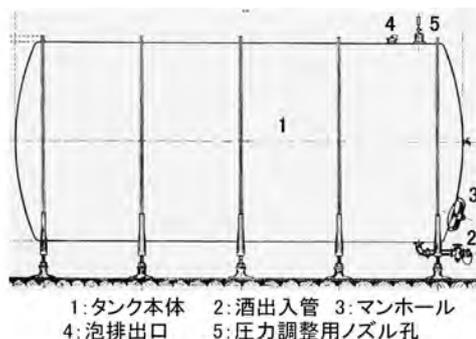


図 4.41 円筒横置型鉄製貯蔵タンク

図 4.42 に鉄製タンクの置かれた貯蔵室の写真を示す。写真は昭和 30 年代撮影のもので、タンクは木樽の場合と同様、「俵積み」の形で上下 2 段積み配置されている。移行当初は 1 段のみであったと思われる。室内天井等にブライン冷却管が配置され、室内は 0 ~ -2℃に保たれるので、タンク内部には冷却装置はない。



図 4.38 醱酵タンク室と冷却配管  
(昭和 7 年大日本麦酒目黒工場)

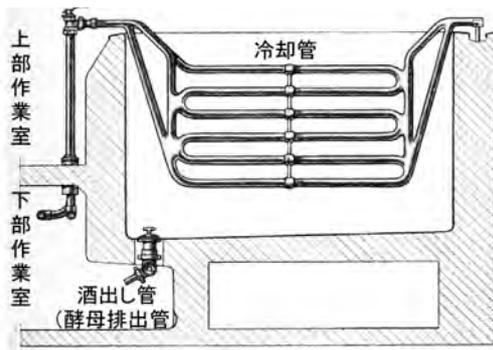


図 4.39 角型醱酵タンクの断面図



図 4.42 貯蔵室

●改良型シャーレンフィルター

ビール濾過機は明治後期に導入された「シャーレンフィルター」が継続して使用されている。この時期には角型から円形型の濾過板に変わっており、明治後期の項で記述したように機能的にも細かい点で改良されている。図 4.43 は濾過機が 2 台結合したダブルタイプのものであり、濾過能力の増強に対応した機種である。

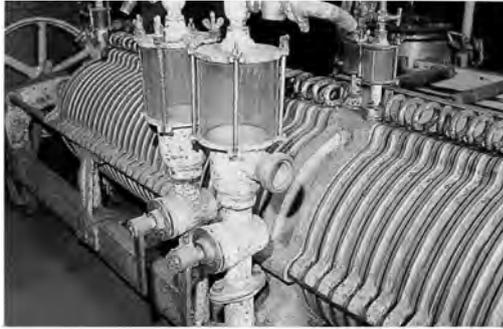


図 4.43 シャーレンフィルター（ダブル型）

●ビール冷却機の使用

ビール濾過工程で「ビール冷却機（独 Bierkühler）」が使用されている記録が、明治 42 年（1909 年）麒麟麦酒横浜工場と大正 12 年（1923 年）同神崎工場に見られる。濾過中のビールの昇温を防止するためのものであるが、「水雷型ビール冷却機」との記載のみで形状等詳細は不明である。昭和 30 年前後にかけて「プレート式」の最新冷却機が各社に導入されているので、これは後の 4.2「戦後復興・高度成長期における醸造設備」の項で記述したい。

●「濾過溜めタンク」の登場

これはビール濾過を終えた濾過済ビールのリザーブタンクである。濾過工程から樽詰ないし壺詰工程に直接送る方法では工程中の圧力や流量の変動が相互に影響を与えるため、一旦タンクにリザーブした後に一定圧力で詰機にビールを送るものである。相互の時間差調整の目的もある。ビール中の炭酸ガスの放散を防ぐため、タンク内は常に加圧状態に保たれることから「プレッシャータンク」とも呼ばれた。現在は「ブライトビアタンク（Bright beer tank、通称 BBT）」という呼び方が一般的である。

大正 9 年に大日本麦酒目黒工場に鉄製のものが 2 基新設された。さらに大正 15 年（1926 年）新設の麒麟麦酒横浜工場には 25 石（4.5kl）容の「堅型タンク」が導入されている。その後の昭和 13 年新設の麒麟麦酒広島工場では 15.9kl のタンク 3 基が設置されたとの記録があり、これは貯蔵タンクと同型の「円筒横置

型」と推定される（構造は貯蔵タンクとほぼ同じである）。加圧には当初はエアーが使用されたが、ビール中への酸素の混入がビールの品質劣化（酸化）をもたらすことから、後には炭酸ガスが一般に用いられるようになった。

4.1.5 昭和初期（終戦まで）の醸造設備

大正末期から昭和に入った時期は、金融恐慌とそれに続く世界恐慌により深刻な不況に見舞われた。ビール需要は減退し設備過剰の状態となった。昭和 8 年頃までは、国内では目立った設備投資は行われず、従って設備的な進展はあまり見られてない。むしろ韓国併合に続く満州国建国（昭和 7 年）に伴って、韓国・満州へのビール各社の進出が相次ぎ、外地でのビール工場の建設ラッシュとなった。昭和に入ってから太平洋戦争の終決した昭和 20 年（1945 年）までに国内で新設されたビール工場は、昭和 2 年（1927 年）の日本麦酒鉱泉大阪工場と昭和 13 年（1938 年）の麒麟麦酒広島工場のみであった。この時期の設備能力（容量）を広島工場を例に見てみると表 4.6 の通りである。明治後期における JBC の能力と比較すると、約 20 年間で仕込容器は約 2 倍、醗酵・貯蔵容器は約 10 倍の容量アップになっている。

表 4.6 設備能力の比較

設 備	明治39年 (JBC)	昭和13年 (麒麟広島)
仕込槽	16 kl容	30 kl容
仕込釜	9	18
米煮沸釜	-	12
麦汁濾過槽	15	36.5
麦汁煮沸釜	19	36.5
麦汁沈殿槽	-	46
酵母添加槽	33.6	66.5
醗酵タンク	3.7	56.5
貯蔵タンク	3	25.5

【主な設備動向】

●「酵母ワanne」

醗酵から回収した酵母を水替え洗浄して保存する小型容器である。昭和 2 年（1927 年）麒麟麦酒仙台工場に「ヘーフワanne（独 Hefewanne）」が 10 基新設されたとの記録が見られる。材質はアルミ製で軽く、中央部の支持軸受けを中心に回転傾注できるようになっている（図 4.44）。今日の酵母タンクに相当するものである。



図 4.44 酵母ワンネ

●「ビール集合器」

複数の貯蔵タンクから同時にビール濾過機へビールを送る際などに使用される、上部にエア抜ランタンの付いたシンプルな装置である。個々のタンクからビールを集合させ、ブレンドすることによって品質の均一化を図るための装置である。醗酵タンクから貯蔵タンクへ移す際もこれによってブレンドが行われる。1本のタンクから複数のタンクに移す場合は逆の機能を持つ「ビール分配器」が使用される。大正末期～昭和にかけての鉄製貯蔵タンクの普及と並行して導入されていったものと思われる。4本立ての「ビール集合器」の外観を図 4.45 に示す。



図 4.45 ビール集合器

●ビールの2段濾過へ

ビール濾過には「シャーレンフィルター」が広く用いられるようになり、さらに濾過精度を上げるためシャーレンフィルターを2段で使用する方式も採られるようになった。例えば麒麟麦酒神崎工場、同広島工場（昭和13年）では1次濾過用に濾過綿の厚みが約38mm、2次濾過用に同じく約50mmの濾過機の2段方式が使用されている。

●設備の国産化が試みられる

徐々にではあるが、醸造設備の「国産化」がこの時期から行われている。麒麟麦酒社の例では大正末期から戦前まで、数工場以下のような設備が国内メーカーで作られたとの記録がある。いずれも輸入設備をスケッチして製作されたものと思われる。

- ・麦汁煮沸釜 ・仕込釜 ・ライスクッカー
- ・麦汁沈殿槽 ・酵母培養タンク
- ・酵母ワンネ ・自動酵母洗浄機 ・貯蔵タンク
- ・シャーレンフィルター
- ・綿洗機 ・綿締機 ・ビールポンプ など

## 4.2 戦後復興・高度成長期における醸造設備 --- 設備の近代化・大量生産化の時代 (昭和戦後～昭和40年代まで)

戦時生産統制を強いられたビール産業は、操業停止の一手手前であらうじて踏み留まり終戦を迎えた。まずは戦災を受けた製造設備の修理・復旧からのスタートとなったが、戦時中に拮がった海外との技術格差をいかに埋めるかが最大の関心事であった。国内ビール各社はこぞって技術者をドイツを始めとする欧州諸国やアメリカに視察派遣し、最新技術情報の収集に努めた。これを契機に、昭和20年代末より醸造設備の新たな変革が始まった。

【ビール工場の大型化】

この時期の醸造設備の変遷を述べる前に、昭和30年代における日本のビール工場の様子を見てみたい。高度経済成長とビールの大衆化によってビール需要が急増し、これを背景にビール各社による「設備拡張競争」が展開された時期である。「工場の大型化」を図ることで、「大量生産」と「品質の均一化」並びに「コストダウン」を同時に達成しようと進められたのが特徴であった。昭和32年～37年までに建設されたビール各社の工場と建設時の製造能力を表 4.7 に示す。表から明らかなように、短期間に急激な工場能力の拡充が行われている。個々の機械設備の大型化が図られたことは勿論であるが、同時に「効率性」や「品質の向上」を兼ね備えたより高度な設備システムの追求が行われていった。

表 4.7 新設ビール工場の生産能力

建設工場	出荷年	完成時年間公称能力
麒麟麦酒東京工場	32年	18,000 KL/年
宝酒造木崎工場	32年	18,000
日本麦酒大阪工場	36年	39,000
麒麟麦酒横浜第2工場	36年	72,000
麒麟麦酒名古屋工場	37年	54,000
宝酒造京都工場	37年	38,000
朝日麦酒大森工場	37年	110,000

【原料処理設備】

●湿式粉碎法の登場

麦芽の粉碎には、エキス分の高収率と麦汁濾過



の効率性をバランス良く両立させる粒度構成が求められる。特に穀皮部分は濾過性を良くするためにできるだけ粗く砕くことが望ましい。このために開発されたのが「湿式粉碎法（独 Naßschrotung）」である（これまで紹介した方式は乾式粉碎法（独 Trockenschrotung）と呼ばれる）。当時の方式の例を図 4.46 に示す。

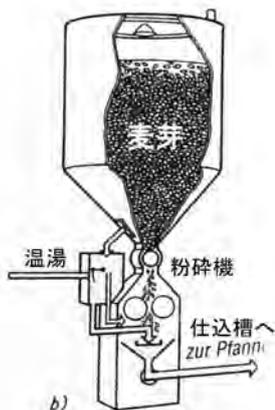


図 4.46 湿式粉碎機

上部ホッパー内の麦芽に温湯（30～50℃）が注入され、15～30 分間浸漬されると麦芽水分は 30%ほどになる。その後、粉碎機を回しながら粉碎麦芽を温湯で仕込槽へ送り込むものである。粉碎機は 2 本ローラー式で麦芽は水を含んでいるため押しつぶされた形で碎かれ、穀皮はほとんど粉碎されない。従って後工程の麦汁濾過がスムーズになり、濾過時間の短縮が図られるというものである。この湿式粉碎システムは、次に紹介する「新しい仕込システム」に付帯するものとして導入された。従来の仕込システムにおいてはこれまで通り乾式の粉碎機が使用されている。

#### 【仕込設備】

##### ●大型化・自動化が進む

昭和 30 年代に入ると、高度経済成長を背景としたビール消費の急増に対応して生産能力の拡充のための工場増設ないし工場新設が盛んに行われた。仕込規模を見てみると、1 仕込の容量は昭和 30 年初頭に 50kl 規模、昭和 30 年後半には 100kl 規模にまで拡大した。図 4.47 は、昭和 35 年（1960 年）竣工の日本麦酒大阪工場の仕込室である。仕込工程にシーケンサーによる自動制御システムが導入され、仕込室の様相もさらに近代的なものに変わっている。この工場では 170℃の高压熱水による加熱システムや麦汁煮沸釜の廃熱利用コンデンサーなど、世界的にも最先端をいく技術が採り入れられている。



図 4.47 日本麦酒大阪工場の仕込室  
（昭和 35 年竣工）

##### ●「新仕込システム」の登場

合理性を追求した新しい仕込システムが登場している。例えば昭和 38 年（1963 年）麒麟麦酒名古屋工場の第 2 期増設において「ブロック式仕込システム（独 Blocksudwerk）」が導入されている。また、昭和 44 年にはサッポロビール門司工場に、46 年には同・仙台工場に「 hidroオートマチック仕込システム（独 Hydroautomatic sudwerk）」が導入されている（注）。

注：「大日本麦酒（株）」は戦後「日本麦酒（株）」と「朝日麦酒（株）」に分割され、日本麦酒（株）は昭和 39 年に「サッポロビール（株）」に社名変更している。

図 4.48 は西ドイツ・Ziemann 社のブロック式仕込システム、図 4.49 は同・Steinecker 社の hidroオートマチック仕込システムの模式図である。

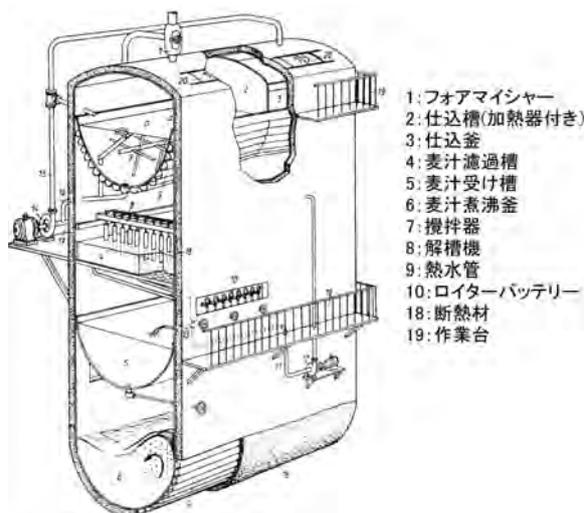
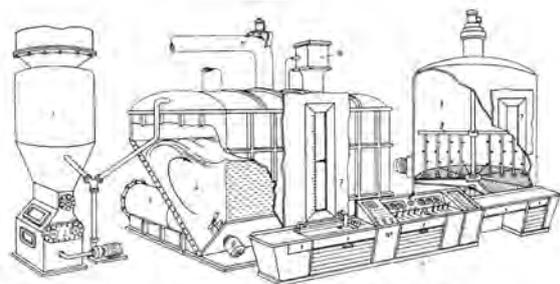


図 4.48 ブロック仕込システム  
（ドイツ・Ziemann 社）



- |                  |             |
|------------------|-------------|
| 1: 麦芽浸漬槽         | 6: 仕込制御盤    |
| 2: 湿式2本ローラー麦芽粉砕機 | 7: 液面計兼のぞき窓 |
| 3: 仕込槽兼麦芽濾過槽     | 8: 解槽機      |
| 4: 仕込釜兼麦芽煮沸釜     | 9: フロベラ     |
| 5: ホップ分離機        | 10: ホップ添加装置 |

図 4.49 ハイδροオートマチックシステム  
(ドイツ・Steinecker 社)

このような新仕込システムが開発された目的は、

- 各設備をコンパクトにまとめることによって設置スペースを最小化すること
- ブロック化により熱効率を最大化すること
- 合わせて仕込工程を遠隔自動制御化することであった。

麒麟麦酒名古屋工場における導入理由は、ビール市場拡大の中で将来の増設スペースをできるだけ残しておきたいというものであり、立体重層構造のZiemann社の「ブロック式仕込システム」が採用された。但し麦芽濾過装置にはマッシュフィルターが採用されている。逆流鋸型麦芽煮沸釜の容量は70kl容であった。より正確な温度制御と最大の熱効率性を追求するために、熱源は従来の蒸気に代わってドレイン発生が無駄がない「加圧熱水ボイラー」が用いられた。工場内すべての熱源を熱水化した名古屋工場の熱水システムは規模としては世界でも例を見ないものであった。

コンパクトなこれらの新仕込システムは当時としては非常に注目されたが、独特のシステム・形状に伴う問題点（設備のフレキシビリティや麦芽煮沸強度の不足など）も明らかになり、更なる日本での普及には至らなかった。

#### ●仕込容器の本格的な国産化が始まる

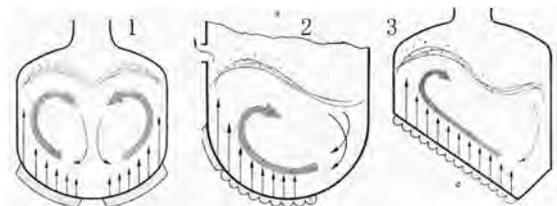
旺盛な設備増強に伴い、醸造設備の国産化が本格的に行われ始めた。仕込容器は、(株)三宅製作所が西ドイツの設備メーカーZiemann社の国内でのライセンス生産を始めたほか、醸造設備全般にわたって国産化が拡大していった。これによって、日本のビール各社も製造技術の蓄積のもとに設備仕様の改善を設備メーカーに求め易くなり、様々な改良が容易に加えられるようになった。新規な設備開発は歴史的にも、開発力的にも欧米メーカーに譲らざるを得ないが、きめ細かな操作性や品質・収率等に関わる機能改善など「使

い易くする技術、使いこなす技術」は日本のユーザーメーカーの最も得意とする分野であった。仕込設備の国産化は仕込容器の他に、マッシュフィルター（榊原製作所）、麦芽沈殿槽（株三宅製作所）、原料処理設備（明治機械株）、醗酵タンク（東北大江工業株など）など多岐にわたって行われていった。

#### ●「麦芽煮沸釜」の加熱システムの変遷

仕込規模の拡大とともに麦芽煮沸釜の容量は拡大の一途を辿った。従来は「ホップ成分の抽出と凝固性蛋白質の除去ができる程度に煮沸が確保できれば良い」というのが麦芽煮沸の一般的な概念であった。ところが、容量が大型化するに従って十分な煮沸が行えない事態が生じてきた。従来の延長線による設計では体積当たりの加熱ジャケット面積が確保できなくなったことによる。この頃から麦芽煮沸において「煮沸の強さがホップ苦味成分の異性化率にどう関係するか」、「釜内の液の対流・循環はどのようになっているか」等に関する知見が徐々に認識され、釜の形状や加熱装置に関する改善が進められるようになった。

図 4.50 は、各種の麦芽煮沸釜の形状と煮沸中の麦芽液の対流の様子を表したものである。新仕込システムの釜も、形状と加熱ジャケットの位置を工夫し、釜内対流を考慮した設計がとられている。



- 1: 一般的な煮沸釜
- 2: ブロックシステム(Ziemann社)の煮沸釜
- 3: ハイδροオートマチックシステム(Steinecker社)の煮沸釜

図 4.50 各種麦芽煮沸釜の釜内対流の比較

麦芽煮沸釜の大型化への対応として改良されたのが通称「ベル型」と呼ばれた高効率煮沸釜である。これは釜底部を凹型に窪ませ、底部ジャケットの加熱面積を最大化したものである。さらに窪み部（中心部）のジャケットには高圧の蒸気を使用することで中央から上昇する液流を強め、釜内の対流の促進を図っている。図 4.51 にベル型煮沸釜の模式図と(株)三宅製作所の設計図を示す。設計図の釜は銅製で容量は60kl容のものであった。

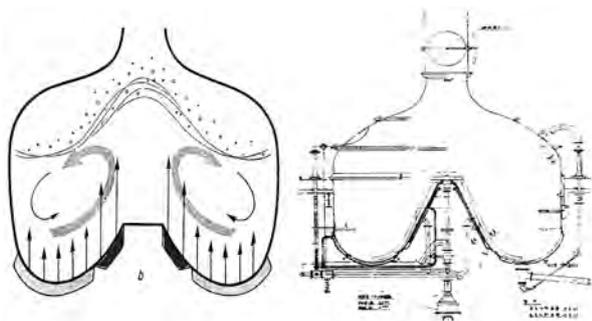


図 4.51 ベル型煮沸釜およびその設計図  
(昭和 39 年三宅製作所製)

大型化のために開発された「ベル型煮沸釜」も煮沸強度確保には限界があり、さらに底部湾曲部の熱収縮によるクラック発生など構造的な問題点も明らかになった。それでも、日本のユーザーからの大型化への要求は留まらなかった。この当時、欧州では1系列最大60～70kl規模の仕込設備を各列増設していくのが一般的であったが、日本においては100kl規模の麦汁煮沸釜の設計が試みられていたのである。特徴的であったのは、既存の煮沸釜の嵩上げ改造による「増容」であった。加熱能力増強には「コイル式加熱装置」を釜の内部に増設する手法が用いられた(図 4.52)。このコイル式加熱装置は「ベル型」煮沸釜の煮沸不足を補う方法としても使用された。コイルの配置も対流強化の観点から釜の中央部へ、さらにはコイル外周を円筒板で覆い中央噴出を強くするなど、次々と改良が加えられていった(図 4.53)。

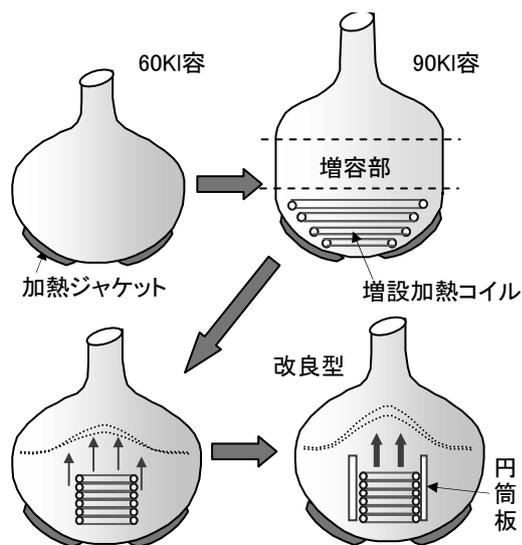


図 4.52 麦汁煮沸釜の改造の推移

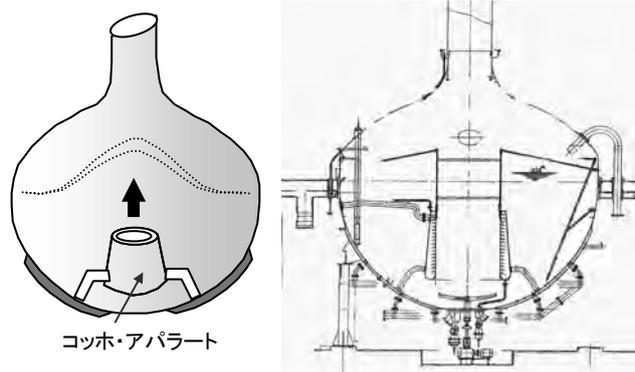


図 4.53 コッホ・アパラートの模式図と実際の設計図  
(昭和 44 年三宅製作所製)

釜内中央に加熱コイルを設置し中央部の噴出による釜内の対流を強化する試みは、その後「中空の筒状」の形態をもつ「コッホ・アパラート(独 Kochapparat)」と呼ばれる加熱装置に発展した。この方式は高圧蒸気を使用することにより加熱効率の向上を図るとともに、円筒にすることでコイル式の欠点である洗浄性の問題を改善したものであった。昭和36年(1961年)麒麟麦酒尼崎(旧称神崎)工場に、欧米にも例がない100kl容の麦汁煮沸釜が設置された。この時の加熱装置がコッホ・アパラートであった。図 4.53 にコッホ・アパラートの模式図と(株)三宅製作所の設計図(昭和44年当時のもの)を示す。コッホ・アパラートは、その後現在の加熱方式の世界的な主流となっている「レーレン・コッファー(独 Röhrenkocher)」へと発展していった(後述)。日本のユーザーによる「大型化」の追求が設備メーカーの改良・開発を促していった一例ともいえる。

#### ●省エネルギーのための「排熱利用コンデンサー」

麦汁煮沸中に煮沸釜から排出される排蒸気は莫大な熱エネルギーの損失であり、またその臭気が工場近隣の住民との間に臭気問題を引き起こす要因ともなっていた。この二つの問題を解決するために設置されたのが、「排熱利用コンデンサー」と呼ばれている熱交換器である。昭和36年新設された日本麦酒大阪工場に導入されている。図 4.54 にプレート式熱交換器を使用した装置の模式図を示す。排蒸気との熱交換は市水で行われ、熱交換された水は80℃の湯となって回収される。これはビール工場内で洗浄・殺菌用の湯など多目的に利用されることになり、大きな省エネ効果を得る設備として広く採用されていった。

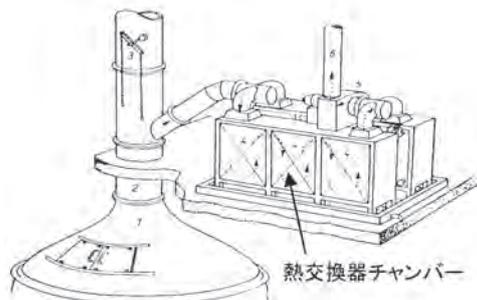


図 4.54 麦汁煮沸釜排熱コンデンサー

●「麦汁待ちタンク」設置による仕込回数アップ

仕込工程は各槽や釜を順次移動する方式のバッチ式工程であり、次の容器が空かないと先には進めない。「複式仕込システム」の導入によりこの問題はかなり改善されたが、さらに空白時間をなくし、できるだけ連続的・効率的な仕込ができるにはどうするか？そこで考案されたのが「中間タンク」あるいは「待ちタンク」と呼ばれているタンクであった。昭和28年(1953年)麒麟麦酒社広島工場で、昭和34年には日本麦酒社札幌工場と門司工場でそれぞれ独自に考案され多くの工場に設置されていったとの記録がある。麦汁濾過工程において、次工程の麦汁煮沸釜が稼動中であっても中間タンクに濾過麦汁を一時収容することで麦汁濾過工程が進められる利点がある。単純な発想ではあるが、この中間タンク1本の増設で、仕込回数が4~5回/日から6~7回/日に増え、5割もの能力アップが図られた。少しでも生産能力を上げたいという現場からの発想がもたらした改善の特徴的な事例であった。なお、「麦汁煮沸釜」を1系列に2基設けることによってさらに仕込増を図るという試みも一部で行われていた。この時代はとにかく増産体制づくりに邁進し続けた時代であった。

【麦汁処理設備】

●密閉型の「プレート式麦汁冷却機」

麦汁冷却工程にも昭和20年代末になって最新鋭機が導入された。これまでの開放型ペリーゼリング冷却機は密閉型の「プレート式麦汁冷却機 (Platecooler)」に切り替わった。図4.55は、昭和29年に日本麦酒目黒工場に設置されたプレート式麦汁冷却機である(産業用として汎用的な装置であるので説明は省略する)。これによって、冷却効率やメンテナンス性の改善が図れるとともに、開放型による雑菌汚染や空気接触(酸化)の懸念が解消され、品質向上への寄与も大きかった。

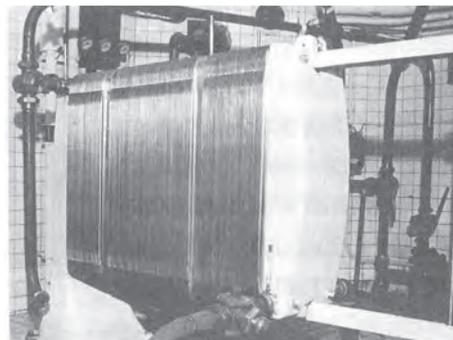


図 4.55 プレートクーラー  
(昭和29年日本麦酒目黒工場)

●「遠心分離機」の登場

これも「プレートクーラー」とほぼ時を同じくして導入された、熱トリュブ分離除去用の装置である。スウェーデン・ $\alpha$ ラバル社製のもので、プレートクーラーと共に麦汁処理工程における新システムとして採用されたものである。麦汁沈殿槽から麦汁冷却機へ麦汁を移送する工程で、遠心分離機によって連続的に熱トリュブが分離・除去できるようになり、麦汁処理工程での時間短縮とそれに伴う品質改善(色度増加や酸化の抑制など)が図られた。当時の遠心分離機の構造図(図4.56)と昭和28年に麒麟麦酒広島工場に導入された同型の写真(図4.57)を示す。

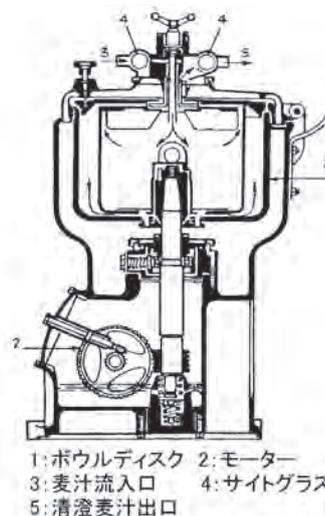


図 4.56 初期の遠心分離機の構造図



図 4.57 麦汁用遠心分離機  
(昭和28年麒麟麦酒広島工場)

装置内に装着された SUS 製の同心円筒状のボウルディスク数枚を高速回転（3,000r.p.m 程度）させ、遠心力によってディスクに付着したトリューブを除去するものである。ただし、数枚の円筒状ディスク間の空間にトリューブが満杯になると運転は中断され、手でトリューブを除去しなければならなかった。その後、この作業が自動化された「自動排出型遠心分離機」が開発された。円筒状ディスクは陣笠状ディスクに改良され、タイマーによる自動排出機構が装備された。遠心分離機とプレートクーラーの組み合わせによる新たな麦汁処理システムは、前述の工程時間の短縮による製造能力増加や品質改善のみならず、省力化にも大きく寄与するものであった。図 4.58 は昭和 33 年麒麟麦酒広島工場に導入された新型遠心分離機の写真、図 4.59 は自動排出型遠心分離機の構造図である。汎用的な装置なので機構の説明は省略する。



図 4.58 自動排出型遠心分離機  
(昭和 33 年麒麟麦酒広島工場)

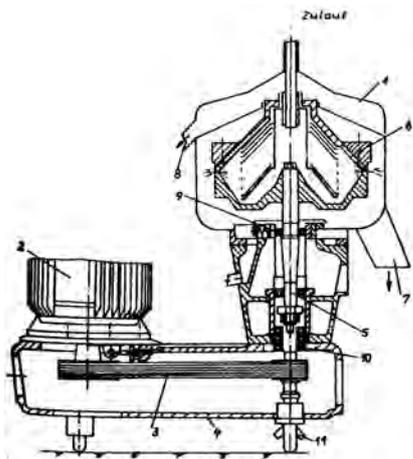


図 4.59 自動排出型の構造図

●麦汁の「珪藻土濾過機」

遠心分離機の導入後間もなく、昭和 33 年日本麦酒目黒工場に遠心分離機に代わる麦汁濾過用の「珪藻土濾過機」が導入された（図 4.60）。珪藻土濾過機とは濾過助剤として珪藻土を用い、これを濾過機内の支

持体に保持させ、珪藻土の層を通して濾過する方式の濾過機である。導入された濾過機は「クラインフィルター（独 Kleinfilter）」と呼ばれており、「垂直リーフ型」の珪藻土濾過機であった（珪藻土濾過機のタイプについては後の 4.3.1 項で詳しく記述する）。従って、この時期の麦汁処理工程にはビール各社によって「遠心分離機方式」と「珪藻土濾過方式」の二つの方式が採用されていたことになる。

この時期までの麦汁処理工程の変遷を整理してまとめた模式図を図 4.61 に示す。

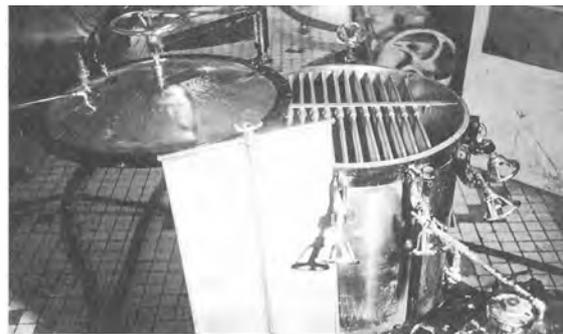


図 4.60 麦汁用珪藻土濾過機  
「クラインフィルター」

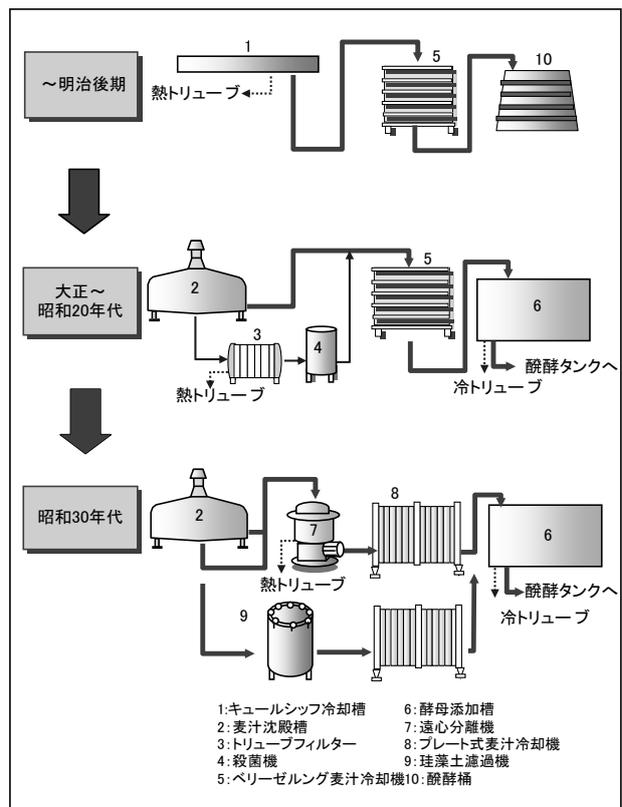


図 4.61 麦汁処理工程の変遷

【醱酵・貯蔵設備】

●ステンレス製密閉型醱酵タンクへ

鉄製の醱酵タンクの内面は、これまでピッチ塗装がなされてきたが、このメンテナンス作業（補修・再

塗装)は大変な労力を要し悩みの種であった。ピッチに替わるものとして、昭和34年からイギリス・プロドライト社が開発したポリウレタン樹脂塗料「プロドフィルム」がビール業界にも導入されメンテナンスの改善がなされた。また 塗装の代わりにステンレス製の薄い板をタンク内面に溶接張りする施工なども試みられた。いずれの試みも高価なステンレス製タンクの代替法として採用されたものであった。ステンレス製の醱酵タンクが本格的に導入されたのは昭和30年代のこの時期からである。一方、醱酵タンクの「密閉化」は、醱酵によって発生する炭酸ガスの回収再利用や醱酵室の環境改善(酸欠防止)に有効であり、昭和の早い時期から採用され始めたが、ステンレス製タンクへの移行とともにすべて密閉型となっていった。タンク容量は50kl 規模が一般的であったが、30年代末には100kl 規模へと大型化が進んでいった。なお、この時期に醱酵タンクや貯蔵タンクにアルミニウム製のものが使用された例もある(例えば宝酒造木崎工場など)。図4.62にステンレス製密閉型醱酵タンクの写真を示す。



図 4.62 密閉型ステンレス製醱酵タンク  
(昭和38年麒麟麦酒仙台工場)

一方、従来の屋内設置型に替わる、屋外設置型の新たな大型醱酵・貯蔵タンクの開発が昭和30年代後半から日本で行われていた。この内容については、その成果が実現した「4.3.1 昭和40年代～50年代」の項で記述したい。

#### ●グラスライニング製貯蔵タンク

貯蔵タンクの内面塗装も醱酵タンクと同様の問題を抱えていた。鉄製タンクにグラスライニングを施したビール用タンクは、アメリカにおいてすでに実用化されておりその優越性が認められていたが、日本には大容量のビールタンクのグラスライニングを施工できるメーカーはなかった。昭和29年(1954年)、グラスライニング技術を持つ米国ファウドラ社が(株)神

戸製鋼所と技術提携し、神鋼ファウドラ(株)が設立された。これにより、グラスライニング施工の国産化が可能となり、昭和30年からグラスライニング貯蔵タンクの本格的な導入が始まった。グラスライニングは800～900℃の高温で鉄にガラスを焼き付けるものであるが、そのためには施工する容器全体を装入できる焼成炉が必要であった。タンクの大型化の要求に応じて、神鋼ファウドラ社においても新たな大型焼成炉や焼成制御技術の開発が行われ、最大160kl 容までの大型貯蔵タンクが製作された。図4.63に100kl 容大型貯蔵タンクが焼成炉から出る写真を、図4.64に貯蔵タンク搬入時の写真および据付図を示す。



図 4.63 100kl 容グラスライニング貯蔵タンク  
(焼成炉から出るところ)

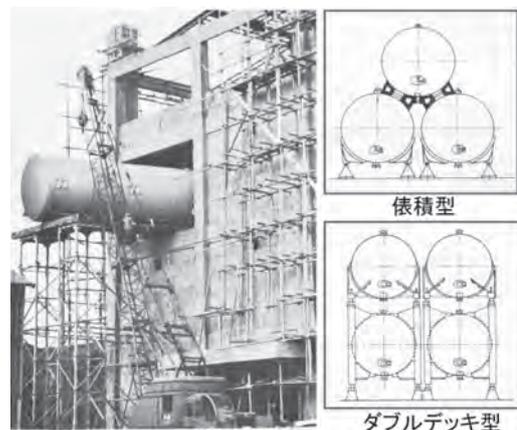


図 4.64 円筒横置型貯蔵タンクの搬入と据付

#### 【ビール濾過設備】

ビール濾過機としてシャーレンフィルター(綿濾過機)が戦後も継続して使われてきたが、昭和20年代後半になって新たな濾過システムが採り入れられた。昭和29年(1954年)日本麦酒川口工場、目黒工場に前述の珪藻土濾過機「クラインフィルター」が導入されたのである。これはシャーレンフィルターの前濾過用として用いられたが、その後昭和30年代入ると濾

過精度の高い新たな珪藻土濾過機が登場し、この時期からビール各社によって濾過システムは次の二つの方向に分かれた。

①シャーレンフィルター（1次濾過）+ シートフィルター（2次濾過）

②珪藻土濾過機のみ

①のシステムは従来からのシャーレンフィルターを継続して使用し、後段に精密濾過用のシートフィルターを組み合わせ、濾過精度を向上させたものである。

②はスイスのFiltrox社が開発した新タイプのビール用珪藻土濾過機を使用して単独でビール濾過を行うものである。この濾過機は濾過精度や濾過能力が高く、濾過材のランニングコストも安いといった特徴を持つものであった。

#### ●新方式の珪藻土濾過機（独 Kieselgurfilter）

新タイプの珪藻土濾過機はFiltrox社の平板枠型（フィルタープレス型）と呼ばれる濾過機である。図4.65にその外観図を示す。図の右下に示す濾過枠と濾過板の間に布ないしシート（濾紙）を挿み、全体を締め付けてから、珪藻土を注入したビールを通して濾過するものである。図4.66に当時の朝日麦酒社で使用されていた平板枠型濾過機の写真を示す。開閉枠作業や濾過後の珪藻土の取り出し作業はまだ手作業であった。

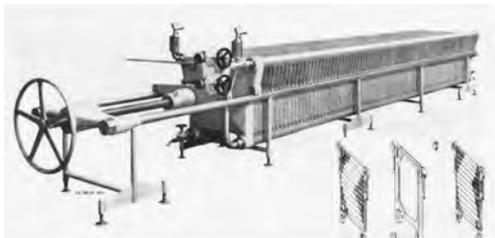


図 4.65 平板枠型珪藻土濾過機  
(Filtrox-Filter80/80型)



図 4.66 当時の平板枠型珪藻土濾過機  
(昭和30年代朝日麦酒社)

使用される珪藻土は、当初海外からの輸入に頼って

いたが、国産化の努力により昭和30年代後半からは国産珪藻土の使用も開始された。当時、珪藻土濾過機を採用しなかった側の理由として、珪藻土の長期的確保が可能かという懸念が大きかったからという。

#### ●安定した濾過をもたらした「シートフィルター」

昭和32年（1957年）新設の麒麟麦酒東京工場において、「シートフィルター（Sheet filter、独 Schichtenfilter）」が初めて採用されたとの記録がある。メーカーは西ドイツ・ザイツ（Saitz）社である。構造は、平板枠型珪藻土濾過機とよく似ており、濾過板の間に厚手のセルローズ濾過紙を挿入して濾過するもので、現在の「デプスフィルター」に相当するものである。「遠心分離機」→「シャーレンフィルター」→「シートフィルター」による多段濾過は、精密で安定したビール濾過を可能とするものであった。反面、シャーレンフィルターやシートフィルターにおける綿・紙の脱着作業などに人手と時間を要するという難点は如何ともし難かった。このシステムは昭和50年代初めまで使用されたが、珪藻土濾過システムの性能が進歩するにつれて珪藻土濾過方式に切り替えられていった。

#### ●充実したビール濾過システム

ビール濾過機への負荷の軽減を目的として、酵母をできるだけ除去するための「ビール用遠心分離機」がビール濾過機の前段に設置されるようになった。さらに「炭酸ガス吹き込み装置（カーボネーター）」や「ビール濁度測定器」など、ビール濾過工程を充実させる装置が昭和30年前後にかけて装備されている。カーボネーターは製品の炭酸ガス含量の調整・均一化を、濁度測定器は濾過精度の向上をもたらすのに大きく貢献した。

## 4.3 安定成長期における醸造設備 --- 設備の大型化・高度化・自動化の時代（昭和40年代～現在まで）

### 4.3.1 昭和40年～50年代

高度経済成長を背景としたビール需要の急増に対処すべく増産体制の構築に邁進してきたビール産業は、その過程で設備の「近代化・大型化・高速化」を着々と進めてきた。昭和40年代に入り、その方向は生産設備（特に醸造容器）のさらなる「大型化」、設備機能の「高度化」、そして省力化のための「自動制御化」へと向かっていった。ビール各社の研究開発体制も強化され、原料・製造方法・ビール品質等に関わる基礎研究の進展によって、醸造諸現象のメカニズムの解明が進んだ時期でもあった。

【原料処理設備】

●原料処理系統の遠隔自動・集中管理化（昭和50年前後）

原料処理各設備の機能や信頼性の改善が図られ、省力化のための集中管理（遠隔自動制御化）が可能となった。新たな設備としては、麦芽中に混入する小石を除去するための「ドライデストー」の設置、原料搬送ラインでの秤計量に替わる「ひずみゲージ式ロードセル」による計量など、工程の安定化への改善が行われている。麦芽粉碎機は5本ないし6本ロール式が主流で、コンパクト化され操作性も改善された。

●ホップの自動計量・自動添加システム（昭和50年代）

これまでのホップの荷姿は、乾燥された穂花をそのままの状態で圧縮し麻袋に梱包したものであった。計量する際には人手で圧縮ホップを割り崩し、釜に投入するのも人手という手間のかかるものであった。この時期になって、粉碎され粒状に加工された「ペレットホップ」の使用が広がり、これによって計量・添加作業の自動化が可能となった。当時はペレットホップの荷捌、開梱および移送用ホッパーへの投入にはまだ人手を要したが、後には自動ラック～自動開梱～空気輸送～自動計量・投入と完全に自動化されていった。

【仕込設備】

●銅製からステンレス製へ

仕込の各槽や釜の材質は、加工性や熱伝導性の面から銅が使用されていたが、釜類の加熱方式がジャケット方式から内部加熱器方式に移行するに従って、昭和50年代半ばからステンレス製へと替わっていった。銅の加工職人の減少や銅製釜のメンテナンス難（リベット部からの漏れなど）といった要因も背景にあった。

●麦汁濾過槽（ロイター）の自動制御化

基本的な機能は変わらないが、集液管で濾過麦汁を集めるロイターバッテリーはなくなり、集合された麦汁はインライン濁度計で自動管理されるようになった。解槽機作動も自動制御化され、刃の構造もより効果的な形状に改良された。図4.67に新旧のロイターの設計図を比較して示す。

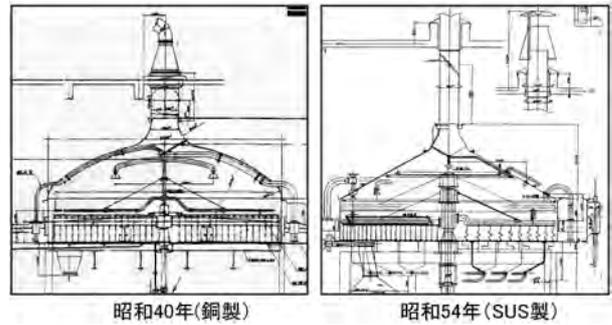


図 4.67 新旧ロイターの比較（三宅製作所設計図）

●マッシュフィルターの改良と限界

一方、マッシュフィルターも機能の改善が図られた。国内では荏原製作所が製作する「エバラフィルタープレス」がビール用に使用されていたが、人力による作業で問題となっていた濾過枠の開閉を自動化する機構が開発された。これは濾過枠（フレーム）を一枚ずつ移動させる爪を持った「フレーム移動金具」をチェーンに取り付け、これをモーター駆動させる機構のものである。マッシュフィルターの自動開閉枠が可能となったため、さらにこれに連動した「自動洗浄機」も開発された。図4.68はその構造模式図である。これらの開発によって、濾過枠の開閉は勿論、高温のマッシュフィルター上に人が乗って濾過布についた仕込粕を振るい落とすという過酷な作業はなくなり、労力上も安全上も大きな改善が図られた。しかし、仕込工程の自動制御化という最終目的に対しては制約が大きく、昭和50年代末には自動化されたロイターへの転換が進められていった。

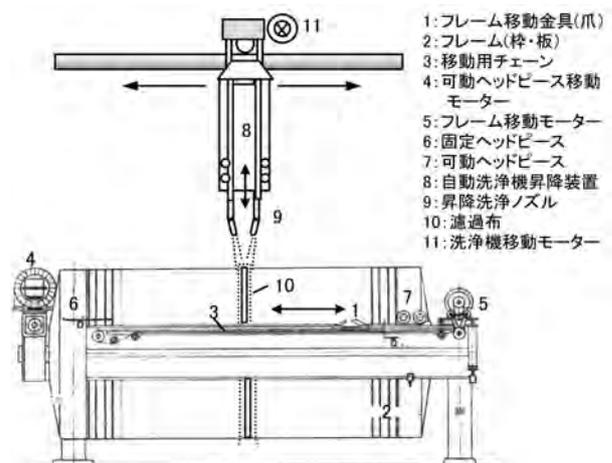


図 4.68 荏原製作所製マッシュフィルター自動開閉枠・洗浄装置の模式図

●新たな内部加熱装置の開発（麦汁煮沸釜）

昭和30年代に「コッホ・アパレート」という内部加熱器が開発されたことは前項で述べた。もともと



ジャケット式加熱装置の補助として設置されたものであったが、この内部加熱器はさらに西ドイツ・チーマン (Ziemann) 社によって改良が加えられ、新たな内部加熱器「レーレン・コッファー (独 Röhrenkocher)」として登場した。レーレン (röhren) とはドイツ語で「管状の」という意味である。図 4.69 の模式図に示すように、円筒状の加熱装置の中に麦汁の通る管が蜂の巣状に設けられた多管構造の加熱器である。麦汁と加熱器との接触面積を高める多管構造にして麦汁の噴出力を強め、麦汁煮沸中の液の対流・循環を強化した装置であった。従来の穂花ホップを使用している場合は、目詰まりの発生をもたらすこのような構造の採用は難しかったが、「ホップの粉末ペレット化」によって初めて可能となったものである。加熱力の強化された本装置の開発により、施工に手間のかかる従来のジャケット式加熱装置は不要となった。世界で初めてのレーレン・コッファー第 1 号機は昭和 54 年 (1979 年) 竣工の麒麟麦酒栃木工場に導入された。その翌年に国産化された同型装置の設計図を図 4.70 に示す。

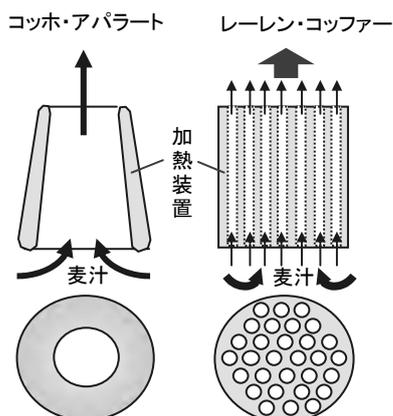


図 4.69 レーレンコッファーの模式図

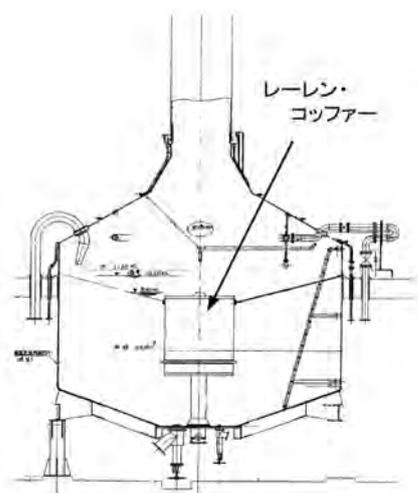


図 4.70 レーレンコッファー式麦汁煮沸釜 (昭和 54 年三宅製作所設計図)

### ●「系外加熱システム」の開発 (麦汁煮沸釜)

レーレン・コッファーが使用されていった過程で、釜の最低部に循環せずに滞留する部分 (コールドスポット) があることが指摘された。このため、「全ての麦汁を熱面に接触させる」ことを目的に煮沸釜の外に加熱器を設置する「系外加熱器」が西ドイツ・チーマン社およびフップマン (Huppmann) 社において開発された。図 4.71 にその模式図を示す。

この加熱器は、図のように多管式の加熱装置が外部に設置され、麦汁はポンプによって釜と加熱装置の間を循環される方式のものである。加熱器が「外置き型」なので、加熱器の設計に際して釜本体のディメンジョンの制約を受けないのが利点であった。日本には 50 年代末に導入され、レーレン・コッファーと比較される形で使用されていったが、最終的にはコストや煮沸制御性などの面で有利なレーレン・コッファーが主に採用されていった。

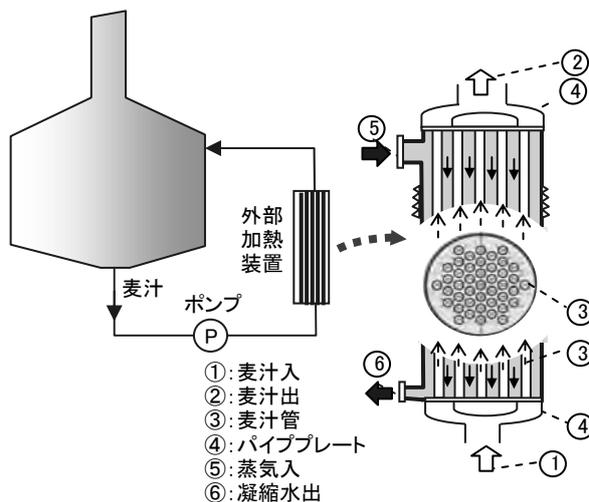


図 4.71 系外加熱システムの模式図

これらの新たな加熱装置の開発によってさらなる釜の大型化が可能となり、昭和 50 年代末には「135kl 容」の麦汁煮沸釜も出現した。

### 【麦汁処理工程】

#### ●「ワールプールタンク」の登場

麦汁沈殿槽および遠心分離機によって熱トリューブが分離、除去されていた従来の方式が昭和 40 年代に一変した。Ziemann 社が開発した「ワールプールタンク (Whirlpool tank)」が導入されたのである。これは「第 3 章、図 3.11」で示した通り、タンク側壁から接線方向に麦汁を投入することによってタンク内に渦流を生じさせ、固形物を底部中央に集積させるものである。集積した熱トリューブは、麦汁が冷却工程へ

払い出された後にタンク底部より排出される。この方式は従来の麦汁沈殿槽でも円形のタンクであれば容易に改造できるものであった。

昭和48年(1973年)秋に第一次石油危機が勃発し、省エネルギーへの真剣な取り組みが求められた時期であっただけに、遠心分離機の不要な麦汁処理システムの導入はタイミングの良いものであった。さらに、その後ホップの使用形態が穂花ホップから粉末ペレットホップへと切替わっていく流れの中で、これにも対応できるものであった。遠心分離機では粉末ホップの分離は困難であったので、粉末ペレットホップの使用拡大にもワールプールタンクの寄与は大きかった。

### 【醱酵・貯蔵設備】

#### ●大型「アサヒタンク」の開発

これまでにない大型の発酵・貯蔵用タンクが朝日麦酒社によって開発された。通称「アサヒタンク」と呼ばれる屋外型大型醱酵貯酒タンクである。これはブタノール醱酵用の大型タンクから発想を得て開発されたもので、直立円筒型、液深8～10m、タンク直径と液深の比が1.1～1.2というディメンジョンをもつ、容量150～500kl規模のタンクであった。その模式図を図4.72に示す。

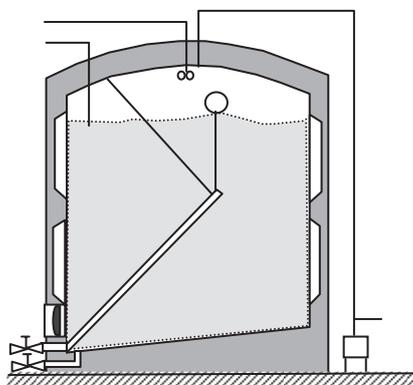


図4.72 アサヒタンクの模式図

タンク外面には冷却用ジャケットが取り付けられ、屋外設置が可能なようにタンク外部は断熱構造になっている。タンク底面は緩やかな傾斜が設けられており、醱酵・貯蔵後の酵母の排出がし易い構造になっている。この第1号のタンクは昭和40年(1965年)3月に朝日麦酒西宮工場に設置された。このタンクは翌年、西ドイツのビール醸造技術雑誌「Brauwelt」に掲載されるとともに、翌昭和42年にはスペインのマドリッドで開催された欧州醸造会議でも発表された。図4.73に西ドイツの「Brauwissenschaft」誌掲載の写真を示す。

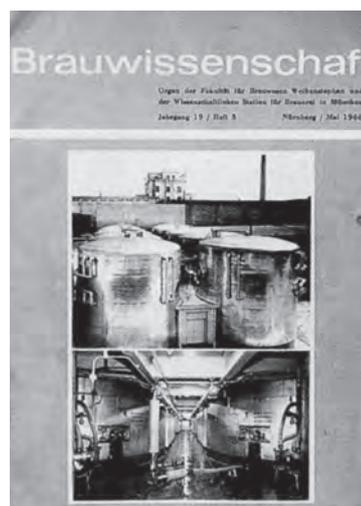


図4.73 西ドイツの醸造技術誌に掲載されたアサヒタンク

屋外型の利点は、省スペースであること、醱酵室・貯蔵室の建物が不要のため建設コストが安価なこと、ジャケット冷却方式によりエネルギーが大幅に節減されること、等である。「醱酵タンクの液深は、正常な醱酵を得るには2～2.5mを超えてはならない」というのが従来の常識であったが、これを覆す大型アサヒタンクの出現は、その後の醱酵制御技術発展の契機にもなった。ただ、アサヒタンクにも一点だけ未解決の問題があった。それは液出し後の人手による「酵母排出作業」である。従来型タンクが大型化するに従い、常に醸造技術者を悩ませてきた問題であった。可搬式の酵母掻き出し装置による自動化などが試みられたが本質的な解決には至らなかった。

#### ●画期的な「シリンδρο・コニカル醱酵・貯蔵タンク」の出現

1960年代の欧州において新たな大型醱酵・貯蔵タンクが開発された。「シリンδροコニカルタンク(独Zylindrokonischer Tank)」である(以下「コニカルタンク」と略称する)。このタンクも屋外型・円筒型であるが、円筒部が長く、タンク底部が逆円錐(コニカル)形になっているのが特徴である。当時、大型タンクにおける液深(圧力)と酵母増殖との関係など醱酵への影響に関する研究が盛んに行われ、その結果としてのコニカルタンクの登場であった。タンク底部をコニカル状にすることにより、タンク内の対流が活発になって酵母への圧力負荷が軽減されるということ、さらに液圧を利用してコーン部より自動的に酵母を排出できるということ、これらはこれまでの問題を大きくに解決するものであった。

図4.74はコニカルタンクの構造図である。非常に長い直胴部に3段の冷却ジャケットとコーン部にも同

様にジャケットが装備されている。醗酵タンクとして使用する場合は醗酵中の泡の発生を見込んで上部に空積をとるので、液面下の胴部 6, 8 の冷却ジャケットが使用される。貯蔵タンクとして使用する場合は、泡の発生はないので胴部の最上部までビールを収容することができ、5 の冷却ジャケットも使用される。同一タンクで醗酵・貯蔵を続けて行う場合（ワンタンクシステムという）は、上部の空積を残したまま使用されるのでタンクの利用効率は悪くなる。ただし、液の移し替えの工程が不要になるのでビールの欠減が生じないなどのメリットがある。

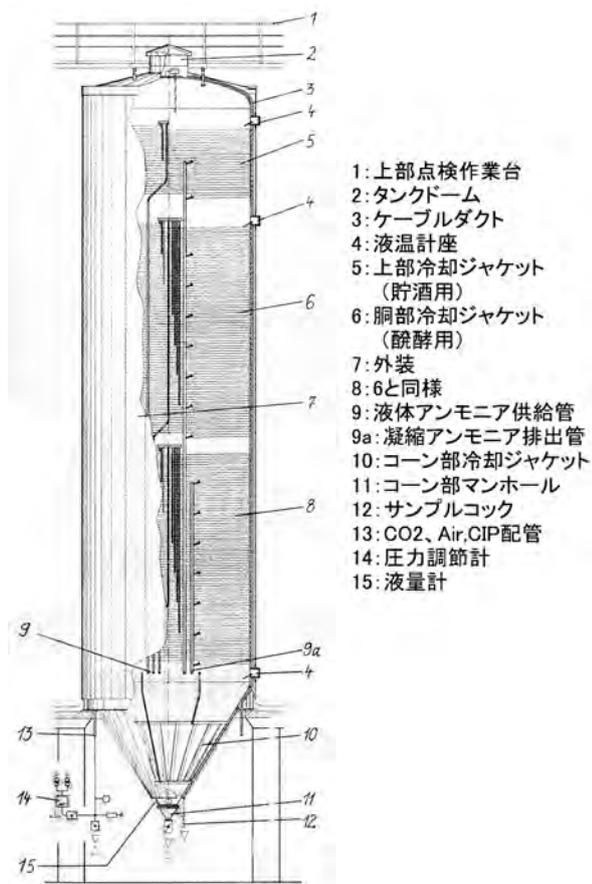


図 4.74 コニカルタンク構造図

#### ●日本でのコニカルタンクの導入

従来にない大型で、かつ液深の深いコニカルタンクは、醗酵における諸条件が従来と大きく異なる。そのような条件のもとで従来と同じビール品質が得られるかどうか、導入前に十分な見極めが必要であった。昭和 40 年代末～50 年代初めにかけて、ビール各社はテストタンクを導入して醸造法の検討を重ねた。その結果、本格的な導入に動き出したのは昭和 50 年代半ばからであった。当初のタンクの容量は 200～300kl / 基規模のものであった。一方、コニカルタンク

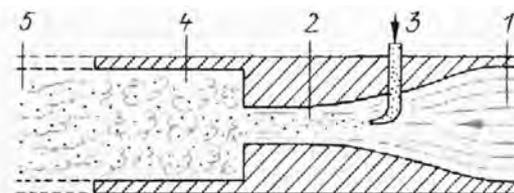
の動きと並行して従来型タンクの大型化も進み、例えば従来型貯蔵タンクとしては最大の 160kl 容のタンクも製作された。大型コニカルタンク採用を巡っての当時のビール各社の技術的葛藤がいかに大きかったかを物語るものといえる。醗酵制御と品質に関する研究はその後も続けられ、コニカルタンクのディメンジョンや醸造法の改良が行われていった（後述）。図 4.75 は昭和 55 年（1980 年）竣工のサッポロビール静岡工場における 300kl 容のコニカルタンクの建設中の写真である。



図 4.75 建設中のシリンδροコニカル貯酒タンク  
(昭和 55 年サッポロビール静岡工場)

#### ●新たな「麦汁通気装置」の導入

コニカルタンクの導入に伴い、麦汁への通気方法や酵母の添加方法も変わった。従来の酵母添加槽は廃止され、コニカルタンクへ送る冷却麦汁配管内において直接「通気」と「酵母添加」が行われる方式となった。図 4.76 は、ベンチュリ管を応用した麦汁通気装置の模式図である。管内を一定圧力に維持しながら無菌空気（酸素）を麦汁に溶解させるものである。さらに麦汁と空気を効果的に、均一に混合させる装置として「スタティックミキサー（Static mixer）」が通気装置のあとに設置された（図 4.77）。これによって、麦汁処理工程から醗酵貯蔵工程まですべてが密閉系で行われるようになり、また工程の自動化も可能となった（図 4.78）。



1: 整流 2: 加速された噴流層 3: 無菌空気供給  
4: 乱流層 5: サイトグラス

図 4.76 ベンチュリー管方式による麦汁通気装置



図 4.77 スタティックミキサー

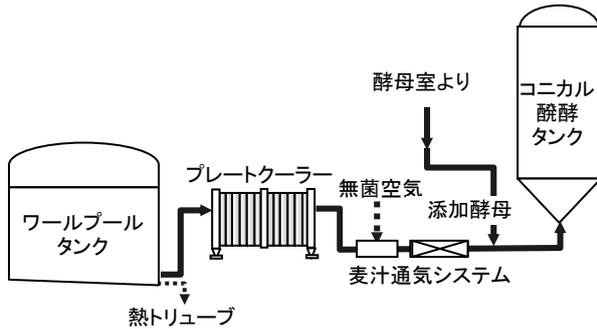


図 4.78 新しい麦汁処理・酵母添加方式

●タンク内ライニング施工の変遷

すでに述べたとおり、醗酵タンクや貯蔵タンクにステンレス材が採用される以前は、鉄製タンク内面へのライニング施工が行われていた。昭和 30 年代にポリウレタン樹脂塗料による「プロドフィルムライニング」が登場し、昭和 40 年代にはエポキシ樹脂による無溶剤塗装の「ムンカドールライニング」が開発された。いずれもピッチ塗装に替わるものとして普及していったが、経年劣化によるメンテナンスは必要であった。貯蔵タンクにおいては、4.2 項で述べたように昭和 30 年代にガラスライニング技術が導入されてガラスライニング施工も普及していた。昭和 50 年代になって新たなエポキシ樹脂 (NE508) による無溶剤ライニングシステムが日本で開発された。これは日本容器工業 (株) によるもので、可塑剤や溶剤を使用しないでライニングするため、耐酸性・耐アルカリ性に優れたものであった。ライニングタンクはステンレス製タンクに比して安価に施工できるため、このライニング方式は大型コニカルタンクに移行してもステンレス製タンクと並行して使用されていった。

●従来型醗酵タンクの改良

コニカルタンクへの移行過程の中で、従来型醗酵タンクにおいても難題の酵母排出作業の軽減化を目的とした改良が行われている。図 4.79 に示す醗酵タンクの模式図はその一例である。容量 105kl のタンク側面の勾配が 1/2 ~ 1/3、タンク底部前後の勾配が 1/20

~ 1/30 と「舟底型」に設計され、沈降した酵母が前面の排出孔へ自然流下するよう工夫されている。このタイプの醗酵タンクは、底部がコニカルタンクと似たような形状をしているため対流が激しく、コニカルタンクと同様に醗酵が活発になる傾向を持つものであった。冷却装置はタンク内部にコイル型ないしプレート型のものが設置されていた。

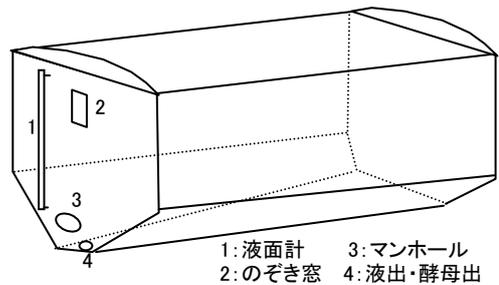
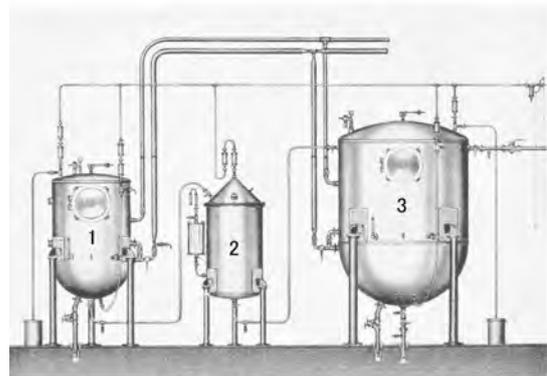


図 4.79 舟底型醗酵タンク

●システム化が進んだ「酵母純粋培養装置」

酵母純粋培養装置も同様に装置の大型化や高機能化が進んだ。図 4.80 は、この時期の酵母純粋培養装置の一例である。酵母培養に使用する麦汁を加熱殺菌して調製するステリライザー (0.5kl 規模)、酵母を植え付け培養するゲアシリンダー (0.3kl 規模)、さらにスケールアップして培養するフォアゲラー (5kl 規模) から成っている。容器はステンレス製でいずれも加熱 (蒸気)・冷却 (冷水)・通気 (無菌空気) 機能を装備し、無菌下での大量培養が可能な装置となっている。ゲアシリンダーで培養した後、酵母液をゲアシリンダー内に若干残し、再度麦汁を投入することで連続した培養も行える。フォアゲラーで培養され増殖された酵母は実用に供されるが、大型コニカルタンクなど醗酵タンクの容量が大きい場合は、その中間的な容量をもつ「培養タンク」でさらに増殖させてから実使用される。



1: 麦汁ステリライザー (独 Würsterilisier)  
2: ゲアシリンダー (独 Gärzylinder)  
3: フォアゲラー (独 Vorgärapparat)

図 4.80 酵母純粋培養装置

●酵母の洗浄・保存設備の変遷

醗酵終了後に回収された酵母は、洗浄処理されて再使用される。従来型醗酵タンクでは、ビールを排出した後に酵母回収を行うため、液面に浮いていたホップ樹脂などの凝集物が酵母に混じって回収される。これらはスクリーンフィーダー（振動篩）などを通すことで分離される。コニカルタンクでは、タンク底に沈んだ酵母を最初に回収するので、その初流と終流部を若干除去すればきれいな酵母が回収できる。図 4.81 は近年の酵母保存タンクの外観と、これまでの酵母回収・洗浄設備の変遷を示す模式図である。

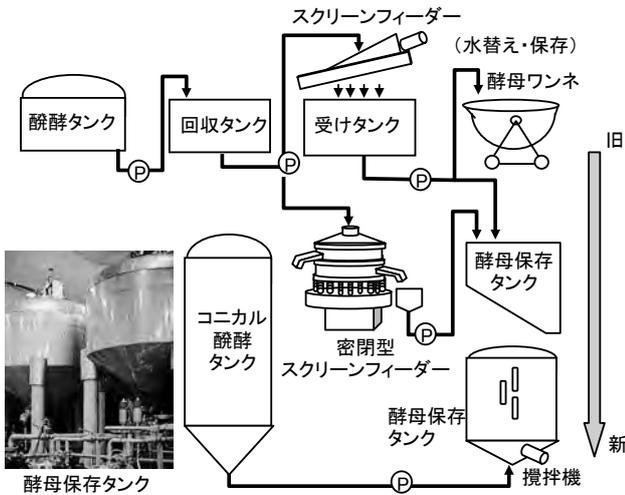


図 4.81 近年の酵母タンクと酵母回収・洗浄設備の変遷

【ビール濾過設備】

昭和 42 年（1967 年）、サントリー社が「壘詰生ビール・純生」を発売した。これは日本で初めての“非加熱”による生ビールで、その主役となった「マイクロフィルターによるビール濾過方式」が注目された。非加熱による生ビール製造のための試験・検討は昭和 30 年代半ば頃から他のビール各社においても水面下で行われていたのであるが、「純生」の発売はこの動きを一気に加速させる起爆剤となった。これを契機に生ビール製造を目的とした多種多様なビール濾過方式が検討され導入されて、今日の日本における壘詰・缶詰生ビールの発展に繋がっていった。当然ながら、生ビールの製造がビール濾過機による除菌のみで可能なわけではない。ビール製造工程全体の微生物管理を徹底することで初めて成し得るものである。サントリー社はデンマークにおいてこの徹底した微生物管理技術を学び、設備を整え、満を持して新たなビール事業に進出したのである。一方、旧来からの古い設備を抱える既存ビール各社においては、工程の微生物管理を一挙に改善することは容易なことではなかった。今日確立されている各社の「生ビー

ル製造技術」は、設備的にも技術的にもこの時期から綿々と続いた「製造工程無菌化へのたゆまぬ努力」によってもたらされたものといってよい。

●様々な「珪藻土濾過機」の開発・導入

珪藻土濾過機が昭和 20 年代後半から導入されたことは 4.2 項で述べた。前述の「マイクロフィルター」はビール濾過工程の最終段階に使用されたもので（後述）、ビール濾過の主体はあくまでも珪藻土濾過機であった。導入当初の平板枠型珪藻土濾過機は、この時期には以下の形式のものに代わっていった。

- ・垂直リーフ型珪藻土濾過機（US Filter 社等）
- ・水平リーフ型珪藻土濾過機（Schenk 社、Filtrox 社等）
- ・キャンドル型珪藻土濾過機（Filtrox 社、H&K 社、東京特殊電線社等）
- ・セラミック型珪藻土濾過機（日本シューマツハ社等）

各濾過機について主な特徴を以下に述べる。

<垂直リーフ型珪藻土濾過機（円筒横型）>

図 4.82 に示すように、円筒横型の缶体内に両面が金網状の円盤（リーフ）が垂直方向に多重に取り付けられた構造している。リーフの中心を貫くパイプを中心にリーフが回転できるようになっている。濾過始めに缶体内は「ビール」で充満され、プリコーティングも珪藻土を懸濁させたビールで行なわれる。缶体横からビールが入れられ、濾過されたビールは中央パイプ内を通って鏡面中心から出される。濾過後にリーフが回転されて珪藻土の排出と缶体内の洗浄が行なわれる。リーフ両面で濾過されるため濾過面積が大きく、長時間の濾過が可能な点が長所である。短所は、ビールを使ってプリコーティングする関係上ビールの欠減が非常に大きいこと、回転する駆動部などのメンテナンスが大変であることなどである。日本ではアメリカの U.S Filter 社製のものが多く使用され、通称「US フィルター」と呼ばれていた。昭和 46 年（1971 年）サッポロビール仙台工場に採用されたのが日本では最初と思われる。主として 1 次用濾過機として使用された。

なお、垂直リーフ型として円筒縦型のものもあり、昭和 29 年日本麦酒川口工場および目黒工場に導入された「クラインフィルター」はこのタイプのものであった。

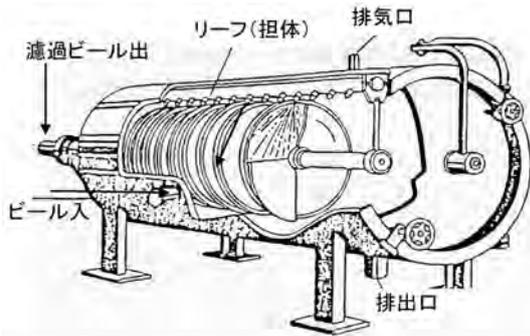


図 4.82 垂直リーフ型珪藻土濾過機の構造図

<水平リーフ型珪藻土濾過機>

垂直リーフ型珪藻土濾過機を縦にしたような、リーフを水平に備えた珪藻土濾過機である(図 4.83)。水平リーフの上に濾過層を形成するので濾過面は上部片面のみである。反面、中の液体を抜いても濾過層が維持されることから、最少のビール欠減で液種の切替えができる利点がある。但し高速回転でリーフを回し珪藻土を排出するので、垂直リーフ型と同様駆動部のメンテナンスに弱点がある。日本では垂直リーフ型と同時に導入されたが、用途としてはむしろビールの安定化処理用(安定化剤再生使用)が主体でビール濾過用としてはそれほど普及はしていない。

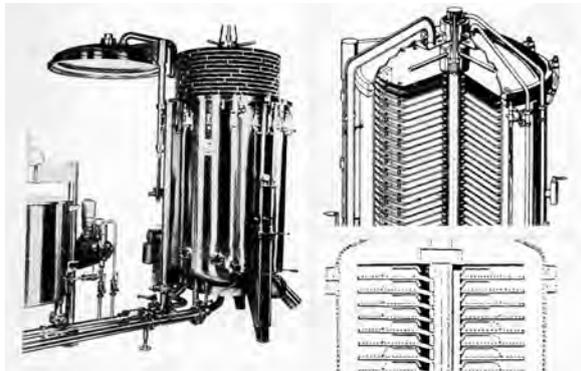


図 4.83 水平リーフ型珪藻土濾過機

<キャンドル型珪藻土濾過機>

図 4.84-a のように、シンドロコニカル型の外観をしたもので、缶体内の上部天板に「キャンドル」と呼ばれるエレメント(珪藻土を保持する支持体)が多数垂直に取り付けられていることからこの名称が付けられている。詳細は「第 3 章ビール製造工程の概要」に記述されているので改めて参照されたい。図 4.84-b はキャンドルの構造の一例(Filtrox 社製)である。多数の孔の開いた長さ 1~2 m、径 25~35 mm の円筒にステンレスワイヤーがスパイラル状に巻いてある。ワイヤー間の間隙は 50~80 μ 程度である。エレメントの形式は、メーカーによって異なり、円筒にワッシャ

を重ねて組み込んだタイプや焼結金属タイプのもなど多彩であった。現在はワイヤータイプが一般的である。昭和 50 年代末には国産によるキャンドル型濾過機も登場するなど、今日まで、ワイヤーエレメントのスリット間隙の均一性や躯体強度、逆洗浄性(目詰まり防止)などの改良が行われてきた。構造が簡単で操作性が良く、濾過も安定していて濾過精度が高いことから、このタイプは現在も広く使用されている。

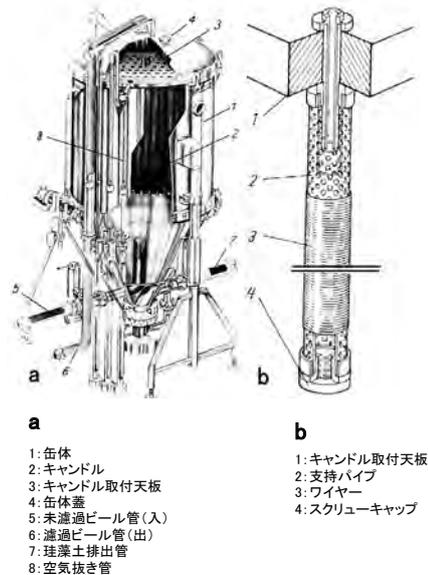


図 4.84 キャンドル型珪藻土濾過機 (Filtrox 社製)

<セラミック型珪藻土濾過機>

形状的にはキャンドル型と似た形式のものであり、ワイヤー巻きキャンドルの代わりにセラミック製の支持体を使用するものである。従って使用法はキャンドル型とほぼ同様である。この濾過機の利点は、厚さ 20~25 mm のセラミック材の持つ「堅牢さ」と「複雑な微細孔」によって珪藻土層が安定して保持されることであり、濾過変動があっても常に安定した濾過精度が得られる。図 4.85 にその構造概念図を示す。

セラミック型濾過機はサッポロビール社大阪工場において昭和 44 年(1969 年)に初めて導入され、2 次濾過機として使用されたもので、このシステムにより製造された製品は「びん詰サッポロ生ビール」として同年 5 月に新発売されている。同社の「セラミック濾過システム」、及びこれを使用した「無菌びん詰システム」は、昭和 59 年(1984 年)、世界第 2 位の生産量を誇るアメリカ・ミラー社と技術供与契約が結ばれたほか、西ドイツの醸造機械メーカーであるシュタイネッカー社ともセラミックフィルターに関する技術提携契約が結ばれている。

以上の新型珪藻土濾過機はすべて自動化された設備

であり、これらの導入によってビール濾過工程もすべて自動制御化されることになった。

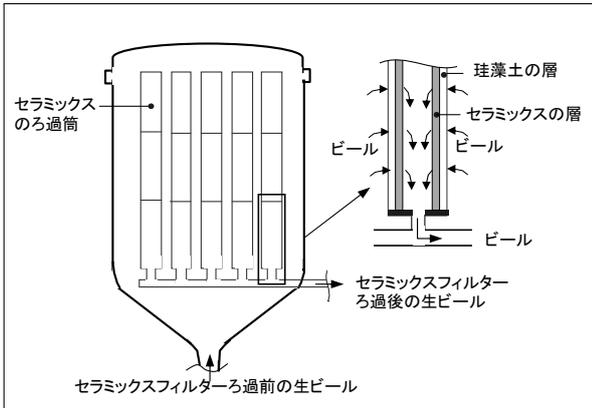


図 4.85 セラミック型珪藻土濾過機

● 「マイクロフィルター」について

最終濾過用に使用したサントリー社によれば、「アメリカのNASA（航空宇宙局）が開発したもので、ロケット燃料に混入する微細な微生物を取り除く濾紙である」としている。現在では一般に「メンブランフィルター（Membrane filter）」ないし「スクリーンフィルター（Screen filter）」と称されているもので、絶対孔径（ポアサイズ）を有する薄膜状のフィルターである。素材は樹脂ポリマーで、粒状の樹脂を熱溶着した後、延伸して孔を形成させるものである。最大の特徴は、一定孔径以上の微粒子や微生物は100%除去できるという点にあり、それ故「トラップフィルター（Trap filter）」とも呼ばれている。当時のフィルターは直径300mm程度の「ディスクタイプ」と呼ばれる円盤形のもので、これをハウジング内に多層に組み込んで使用される。サントリー社で使用されたディスクタイプのメンブランフィルターは、逆洗できるように薄膜（ディスク）の上下をプレートで挟みながら組み付けるもので、この作業には労力を要するものであった。図4.86にサントリー社の濾過機全体の外観写真を、図4.87にその組み付け作業の写真を示す。



図 4.86 サントリー社の濾過室（マイクロフィルター）



図 4.87 ミクロフィルターの組付け作業

● 「カートリッジフィルター」の開発

ディスクタイプの上記の問題を解決するために考案されたのが、「カートリッジフィルター」である。昭和58年（1983年）、日本ミリポア社から提供されたビール用カートリッジフィルターがキリンビール取手工場でテストされた。カートリッジフィルターは、ポリプロピレンの濾過膜を扇のようにプリーツ状に折り込み、小円筒のカートリッジの中に広い濾過面積の膜を収納させるようにしたものである。膜はメッシュ状のプラスチック筒によって内外面を保護されている（図4.88）。



図 4.88 カートリッジフィルター

カートリッジ化のもう一つの目的は、毎時40～60klといった多大なビール濾過量に対応するための「コンパクトで且つ濾過面積を最大化できる」フィルターを得ることであった。一方、1次ろ過機からリークした珪藻土による目詰まりがフィルターライフを縮める要因となっていることも明らかになり、この対応としてカートリッジ化された「ディプスフィルター」も開発された。これは体積（フィルタの厚み）で濾過するタイプのフィルターで、前に述べた「シートフィルター」もこのタイプのものである。ポリプロピレンなどの不織布を巻いて数10mmの厚さに加工したものである。比較的安価なディプスフィルターをメンブランフィルターの前に設置することにより、高価なメンブランフィルターの寿命を伸ばすことが可能となっ

た。当時のメンブランのポアサイズ（孔径）は酵母捕捉のための  $1.2 \mu$  程度のサイズが主体であったが、近年はビール混濁細菌である微細な乳酸菌を完全に捕捉できる  $0.3 \mu$  のものが使用されている。図 4.89 にデプスタイプおよびメンブラントイプの構造の比較を示す。

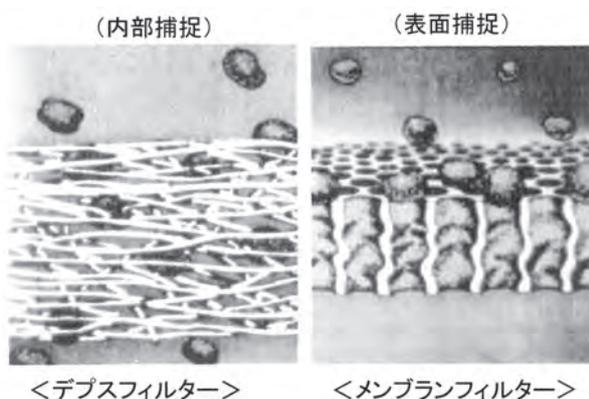


図 4.89 フィルター構造と粒子捕捉の比較

#### ●コンピュータによる醸造工程の集中管理システム

自動化を妨げていた醗酵・貯蔵タンクの酵母関連作業がコニカルタンクの導入によって無人化されたことは、醸造工程の全自動制御化を一気に進めることになった。ビール濾過工程も珪藻土濾過機の導入で自動化され、昭和 50 年代半ばから新設されたビール工場（昭和 55 年サッポロビール静岡工場、昭和 58 年キリンビール新仙台工場など）には、コンピュータによる醸造全工程の「集中管理システム」が導入され、各工程ごとに分かれていた管理方式は「中央集中制御室」による集中管理方式に変わっていった（図 4.90）。



図 4.90 醸造工程中央集中制御室  
（昭和 58 年キリンビール新仙台工場）

#### 4.3.2 昭和 60 年代～現在まで

日本経済は安定成長期に入り、ビールの需要も平成の初頭からほぼ横ばいの状況となった。消費者の嗜好も多様化し、これに対応するためビールの生産現場ではこれまでの「量」から「質」への転換が求められる

ようになった。具体的には「単品大量生産」から「多品種生産」へ、そして工程の FA 化と情報化による「より高度な生産システムの構築」へと向かっていった。加えて、地球環境問題が国際的にクローズアップされるに伴い、醸造設備においても省エネルギー化のための改良・開発が盛んに行われるようになった。

#### 【原料処理・仕込・麦汁処理設備】

##### ●「レーレンコッファー」の改良

麦汁煮沸釜（ウォルトパン）の内部加熱装置である「レーレンコッファー」の煮沸効果をさらに改善する試みがこの時期も続けられた。底部のコールドスポット（液が循環しにくい部分）を解消するために、コッファーの位置を底部側に下げ、さらにコッファーの上部に液面への噴出を補助する「マントル」を、液面の上には噴出麦汁を液面へ散らす「陣笠」を設置したものが考案された。その後、(株)三宅製作所によってレーレンコッファーの伝熱解析ソフトが開発され、蒸気温度・麦汁最高温度・伝熱面積比 ( $\text{kl}/\text{m}^2$ )・麦汁循環回数などの要素を総合的に捉えた設計が可能となった。平成年度に入り、レーレンコッファーの形状は図 4.91 のような形状のものに改良され現在に至っている。コッファーはより細長いものになり、マントルの上部は液面の上に出されて加熱麦汁の噴出をスムーズにしている。

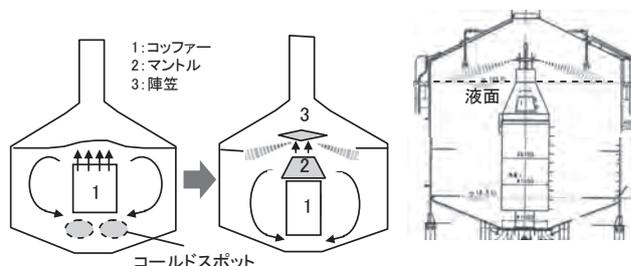


図 4.91 レーレンコッファーの改良（左）と現在のコッファー形状（右）

##### ●蒸気再圧縮法（VRC）による省エネルギー

麦汁煮沸における排蒸気はコンデンサーで熱交換され、回収湯として利用されていることは 4.2 項で述べた。80°C 以上の回収湯はビール工場各工程の洗浄・殺菌用としての利用価値が大きかったが、その後サニタリー化された設備への更新や湯の効率的使用が図られるようになり、回収湯の余剰化が目立つようになった。そこで登場したのが蒸気再圧縮法（Vapor Re-Compression）による再利用法であった。1970 年代の第一次オイルショックを契機に開発されたこの技術は、欧州のビール工場で最初に導入されたが、排蒸



気中の汚れ（ホップ由来）によるターボ式蒸気圧縮機の脆弱性に弱点があった。一方日本においては、この蒸気圧縮機の問題の解決策としてオイルフリータイプの「スクリー式蒸気圧縮機」が開発された（株式会社前川製作所とサントリー社との共同開発）。これを使用した「ビール煮沸蒸気VRCシステム」が昭和63年（1988年）ビール工場への1号機としてサントリー武蔵野工場に導入された。このシステムは、ガスタービンによって蒸気圧縮機を駆動し、加圧・昇温された排蒸気を再度麦汁煮沸の加熱源として利用する一方、ガスタービンの排熱を利用した「コジェネレーション」と組み合わせ、トータルとして省エネルギーを図ろうというものであった。このシステムは日本のビール会社6工場に導入された。その後、さらに省エネ効果の進んだ形式として「コンバインドVRCシステム」（図4.92）が株式会社前川製作所によって新たに開発され、国内および海外のビール工場に導入されている。電気駆動の機械式圧縮機（MVR）と蒸気駆動式圧縮機（TVR）とを組み合わせることで駆動用動力の軽減を図ったものである。コンバインドVRCシステムの直近の事例では、成績係数（COP: Coefficient of performance. 出力エネルギー/入力エネルギー）10から15という産業用ヒートポンプとしてはかなりの高効率を発揮している。

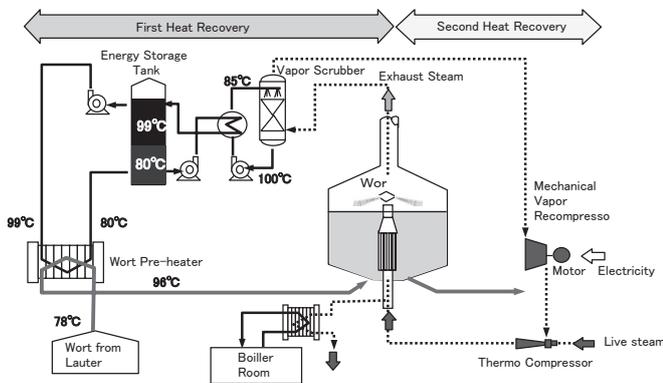


図 4.92 コンバインドVRCシステム

● ライスクッカー（米煮沸釜）

ライスクッカーの発祥等に関しては「4.1.4 大正時代」の項で触れた通りである。近年のライスクッカーの図面を図4.93に示す。

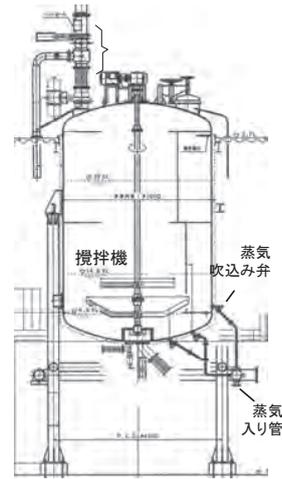


図 4.93 近年のライスクッカー（設計図）

● ほぼ完成された仕込関連設備

平成になって、原料処理設備、仕込設備および麦汁処理設備においては構造的・機能的に大きな変化は見られていない。改良の方向は、より品質面に比重が移り、例えば酸化などに由来する劣化臭防止のために仕込工程で酸素を巻き込ませないための設備的改良や仕込法の工夫などが行われている。明治時代から今まで紹介してきた設備の変遷の最後として、平成18年（2006年）に麒麟ビール福岡工場に設置された最新の仕込主要設備の簡易図面を図4.94に示す。ちなみに麦汁煮沸釜の容量は約150kl弱である。

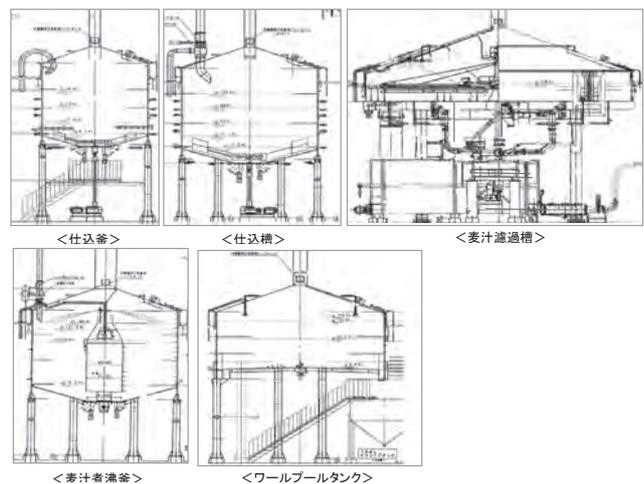


図 4.94 近年の仕込設備の形状（設計図面）

ステンレス製・全自動の最新大型仕込設備を備えた近年の仕込室の景観の一例として、アサヒビール博多工場の仕込室の写真を図 4.95 に示す。



図 4.95 近年の仕込室の景観  
(アサヒビール博多工場)

#### 【醗酵・貯蔵設備】

昭和 50 年代半ばから導入が始まったコニカル醗酵・貯蔵タンクは、この時代になって容量 500kl/基～600kl/基とさらに巨大化が進んだ。新設工場のみならず、既存工場の設備もコニカルタンクへの切替えが順次行われていった。その過程でコニカルタンクの構造や建設方法についての開発・改良も進められた。日本におけるコニカルタンクの建設メーカーは、主として三菱重工業（株）、千代田化工建設（株）、（株）サノヤス・ヒシノ明昌など造船やプラント建設に優れた会社であった。直径 5～8 m にもなるタンク本体は日本では法規上道路輸送はできないため、現地での組立て施工にならざるを得なかった。切り割りの板材を一枚ずつ溶接して組み上げていく作業、特にジャケット構造部の溶接などは大変手間のかかる作業であり、造船やプラント建設における優れた溶接技術が必要であった。

#### ●スカート式自立型コニカルタンクの開発

当初のコニカルタンクは、タンク本体を支えるための鉄骨ないし鉄筋コンクリート架台が必要であった。架台内部にタンク底部（円錐部）が入るため架台内は作業場や通路となるが、このためのタンクと架台との間の雨仕舞いなど施工上も面倒であった。これらの問題を解決したのが、昭和 58 年～59 年にかけて開発された三菱重工業社による「スカート方式」の構造であった（図 4.96）。これはコニカルタンクの円筒部をそのまま地上に延ばしたような形のもので、円筒の鋼板（スカート）でタンクを支える構造のものである。コスト面からも施工面からも画期的な改良であり、以降のコニカルタンクはほとんどスカート方式になっていった。

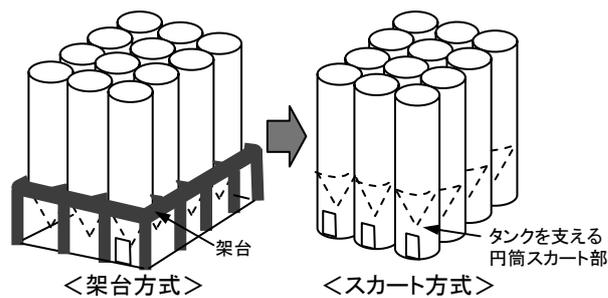


図 4.96 コニカルタンク支持構造

#### ●コニカルタンクジャケット構造の改良

前述の通り、道路交通法による積載・運搬上の制限がある日本では、コニカルタンクは建設メーカーで製作された部材を運び、現地で溶接・組み立て施工しなければならなかった。最も難しいのはジャケット部の溶接であった。コニカルタンクの冷却ジャケットは、タンク外面のほぼ全周にわたって多段に取り付けられる。冷却液を下から上へ通すために、各段とも円筒を半割りした形の管がスパイラル状にタンクを巻いて上にあがっていく構造となっている。これは管内に空気溜まりの生じないようにするためである。従って、縦に数分割されて搬入されたジャケット部材の溶接面は図 4.97（従来式）のようになり、この溶接作業は技術的にも時間的にも大変な作業であった。この解決も三菱重工業社によるもので、図 4.97（改良方式）のように、ジャケット構造を従来のスパイラル式ではなく、「縦樋式」に変更することで、ジャケットの溶接を容易にしたのである。

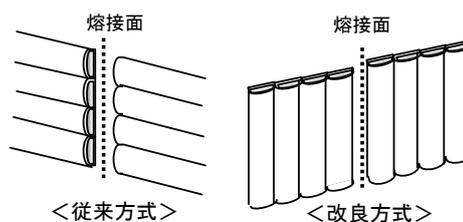


図 4.97 ジャケット部の溶接模式図

この改良は単に溶接作業の面に留まらず、ジャケット内での冷却液の下から上への移動を容易にし、冷却液の交換の際の液の充填とエア抜きが迅速に行えるようにもなった（図 4.98）。改良は昭和 62 年（1987 年）に行われたが、日本と違って道路交通法の規制が緩い欧米では未だにスパイラル方式によっている。なお冷却液はプロピレングリコール 20～30% 溶液が日本では一般に使用されている。改良型コニカルタンクの全体構造図を図 4.99 に示す。

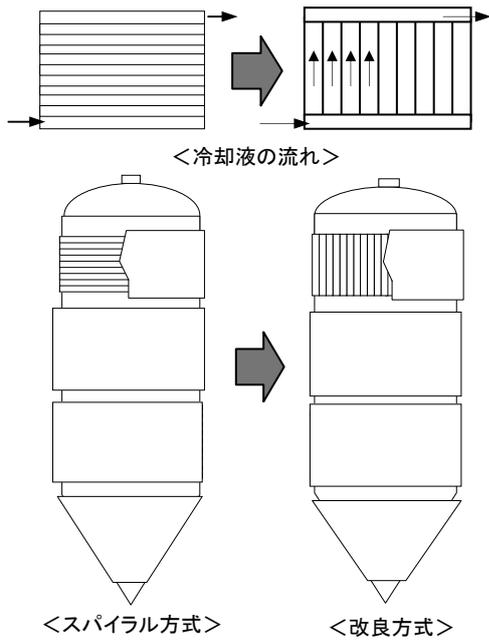


図 4.98 ジャケット構造の比較

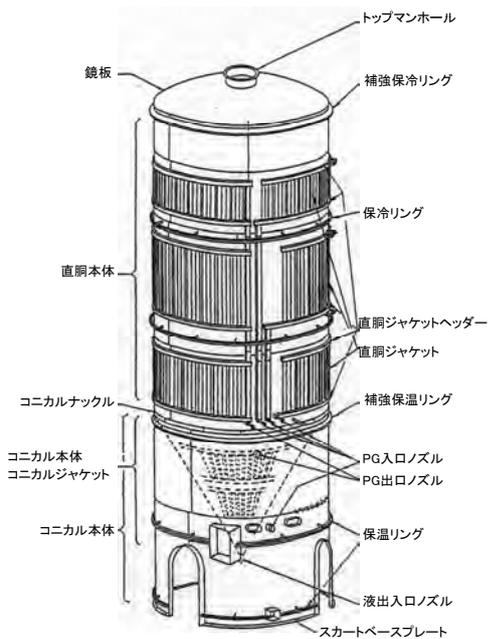


図 4.99 改良型コニカルタンク全体構成図

●コニカルタンクディメンジョンの変遷

コニカル状の底部がタンク内の対流を活発にすることで酵母への圧力負荷が軽減されるとはいえ、液深による酵母の代謝への影響は避けられず、ビール香味にも少なからず質的な変化をもたらした。コニカルタンク化を進めていく過程の中で、醗酵・貯蔵中の冷却方法によるタンク内温度分布（対流）の変化や香味成分に關与する酵母代謝の変化など様々な調査・解析が行われ、望ましいタンクディメンジョンが検討されて

いった。その結果、コニカルタンク設計の最も重要なディメンジョンは、

- ・「タンク直径と液深の比 (L/D)」
- ・「液深の最大値」
- ・「コーン部（円錐部）の角度」

であることが明らかとなった。現在ではL/D比は2以下、最大液深は15m以下、コーン部角度は60～70度が適当とされている。図4.100に、圧力による酵母の活性への影響を表したグラフを、図4.101にコニカルタンクディメンジョンの推移の一例を示す。

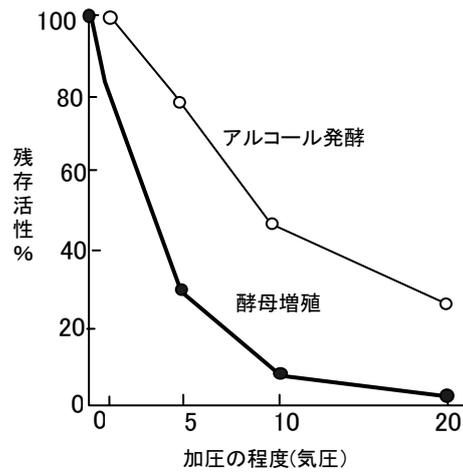


図 4.100 圧力による酵母の活性への影響

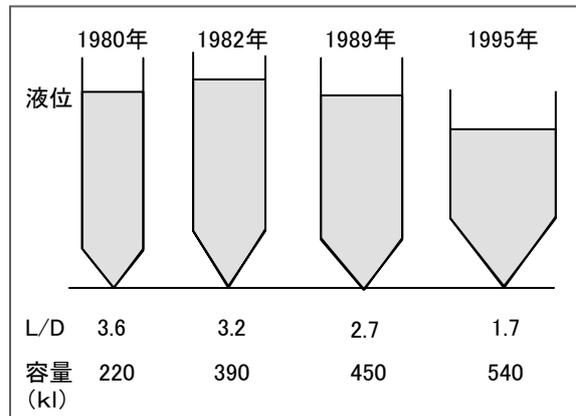


図 4.101 コニカルタンクディメンジョンの推移例

●「バイオリアクター」による連続醗酵への挑戦

大型化されたコニカルタンクに象徴されるように、ビール産業は多大な設備投資を要する装置産業である。しかも回分式（バッチ式）の製造で1～2ヶ月もの醸造期間が必要とされる。これに対して「連続的に、短期間に、省設備的にビールをつくれぬか」との発想が起きるのは当然のことであった。このチャレンジが1970年代初めから海外で行われるようになった。最初の試みは、珪藻土と酵母を混合・固定化して

多孔性で高濃度の酵母菌体層をつくり、これに麦汁を連続的に通して醗酵を行わせるものであった。その結果、酵母濃度は従来法の10倍、醗酵速度も5～10倍になることが明らかになった。その後、酵母を固定化保持する担体の研究がなされ、アルギン酸カルシウムゲルビーズ、多孔質の泡ガラス、セラミック素材などが開発された。最も大きな課題はビールの香味であった。固定化された酵母の栄養代謝は従来法とは違ってしまつたため、従来とは異なる香味となるのである。酵母の栄養代謝をいかに従来法のそれに近づけ、従来と変わらぬビール香味を得るか、この研究を国内で進めていたキリンビール社はこれを解決するために「三槽式バイオリアクター」を開発した(図4.102)。

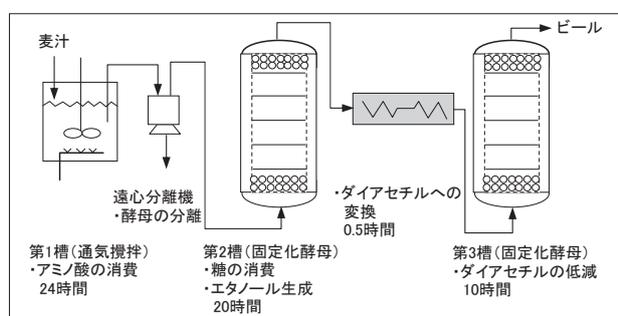


図4.102 三槽式バイオリアクターによるビール醸造法

図のように第1槽で「酵母のアミノ酸消費と増殖」を通常の工程と同じように行わせる。その後酵母は遠心分離機で除去しておいて第2槽に固定化された高濃度酵母で「アルコール醗酵」を行わせる。続いて第3槽にて貯蔵工程と同じように「酵母によるダイアセチル(不快な未熟臭の原因物質)の低減」を行わせるようにしたものである。開発されたシステム(“スーパーブリューシステム”と呼ばれた)は、醗酵2日間、熟成0.5日で1日当たり400ℓ(120kl/年間)の製造ができるものであった。このシステムは平成4年(1992年)に北マリアナ連邦サイパン島のパブルワリーに設置された。小規模ながら商業生産に供することができたバイオリアクターの試みであったが、工業規模での使用にはクリアすべき問題点が大きかった。製造変動や多品種製造に柔軟に対応し難いこと、微生物汚染のリスクが恒常にあること、定期的にメンテナンスを要する(半年毎に3週間程度)ことなどであった。工業的にバイオリアクターが利用された例としては、1990年から実用化されたフィンランドのシネプリコフ社による「長期熟成期間の短縮」を目的とした第3槽のみのリアクターなど限定的なものに留まっている。

【ビール濾過設備】

●新たなビール濾過方式の模索

現在のビール濾過方式は「珪藻土濾過方式」が主流となっている。安価なランニングコスト、大きな濾過能力、ビール性状に対応した濾過助剤配合の柔軟性、更に容易な自動化などが大きな利点となっている。反面、多量の廃棄珪藻土とその処理コストの発生が近年西欧を中心に問題視され、廃棄珪藻土を再生化する試みが行われている。日本においては、使用済み珪藻土は主に土壤改良剤として利用されている一方、多品種製造に伴って液種の切替え毎に濾過工程で発生するビール欠減の増加の問題が無視できないレベルになっている。これらの解決のために現在試みられているビール濾過方式の開発・改良例についていくつか紹介する。

<ダブルインレット式珪藻土濾過機>

キャンドル型珪藻土濾過機の改良タイプである。ビール濾過の始めに珪藻土をプリコーティングした後、ビールを注入して缶内の水を押し出してビールに置換する工程がある。この際、完全にビールに置換するまでに水とビールの混じった多量の液が発生する。これを改良するために開発された機種が、Filtrox社の「ダブルインレット式」の濾過機である。図4.103にその模式図を示す。

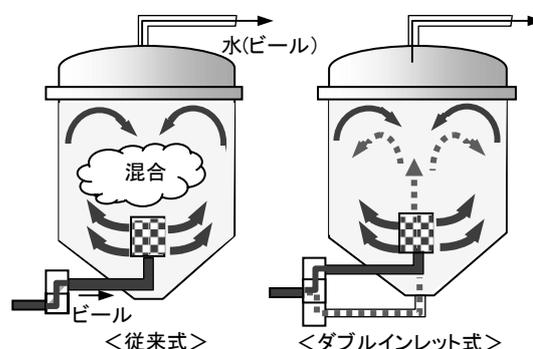


図4.103 ダブルインレットシステムの模式図

プリコートを終了した後に水が充満した缶体にビールを通して水を押し出すのであるが、従来はビールを通すと図のように缶内部に外から中央部への液流が生じていた。この液流によって缶内で水とビールが混ざり合い、完全なビールへの置換に時間を要すると共に水と混合した多量のビールを廃棄せざるを得なくなっていた。ダブルインレット式では、缶内へのビールの導入管を下部にも設け、ビール置換の際には二つの導入管からビールを入れるようにしたものである。下部から入ったビールが中央から外側への液流をつくることにより、外から中央への液流と相殺され、缶内の乱流の発生をなくしてスムーズに水とビールとの置換が行えるようにしたものである。このタイプの濾過機は

現在国内で導入が進みつつある。

<ツインフロー式珪藻土濾過機>

これもキャンドル型珪藻土濾過機の改良タイプで、Steinecker 社が開発した「ツインフローシステム」と呼ばれているものである(図 4.104)。従来の濾過機でキャンドルが取り付けられている天板(図中の6)が缶内の均一な液の流れを阻害し、水からビールへの置換を困難にしていたとして、これを「集液管式」に替えたものである。また、未濾過ビールをバイパスさせる循環ラインも新たに設けられている。ビール置換時はバイパスラインを主経路にして水を抜くので、水とビールの混合が少なく速やかに置換ができる。珪藻土プリコーティング時も天板の撤去により液の流れが均一なので、より少ない珪藻土で均一にプリコーティングできるというものである。

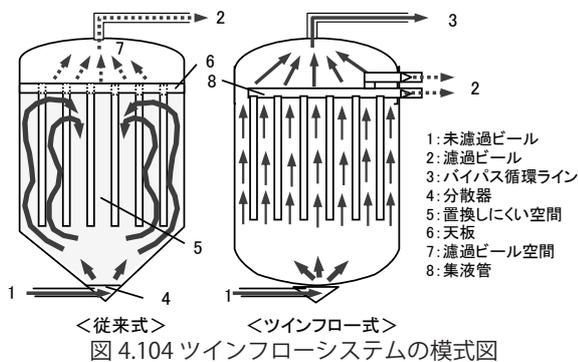


図 4.104 ツインフローシステムの模式図

<再生可能な濾過助剤を使用した濾過機>

ドイツ KHS 社の「Innopro Kometronic Filter」と称する水平リーフ型の濾過機である。従来の水平リーフ型珪藻土濾過機とよく似た構造であるが、リーフ(濾過板)の構造を工夫し逆洗が可能ないようにしている。再生可能なセルロースペースの濾過助剤のみを使用するので助剤の廃棄が生じない。反面、ビールの液種に応じて濾過助剤の配合の変更・調整ができないのが難点といわれている。

<クロスフローメンブラン濾過システム>

濾過助剤を使用しないビール濾過方法である。このシステムは以前にビール醸造工程で使用された例があった。それは醗酵後にタンクから取り出された酵母に混じっているビールを回収するためのものである。この方式は、筒状の濾過膜の内部に濾過しようとする液を高速で流し、循環させながら「膜濾過」を行うものであったが、膜内の目詰まりを防ぐための高流速が酵母にダメージを与え、それによってビール香味に悪影響を及ぼす懸念があった。従って上記のような例にのみ使用が限られていたのである。近年、海外においてノリット社(オ

ランダ)、アルファラバル社(スウェーデン)、ポール社(アメリカ)などが新たな素材のメンブランフィルターを使用したシステムを開発し、再び注目を集めるようになってきた。特にノリット社のシステムは、オランダのビール会社・ハイネケン社との共同開発であり、すでにハイネケン社ほかのビール工場への導入実績を持つものである。図 4.105 にシステムのフロー原理図を、図 4.106 に濾過機モジュールの写真を示す。

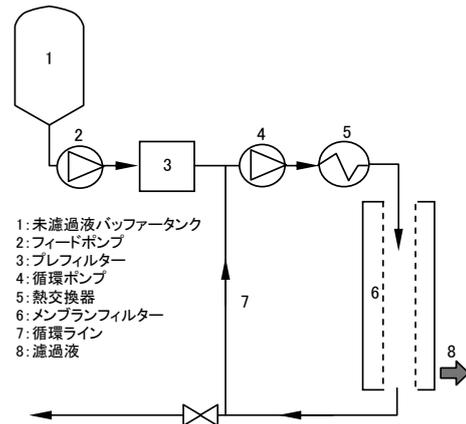


図 4.105 クロスフロー濾過のフロー原理図

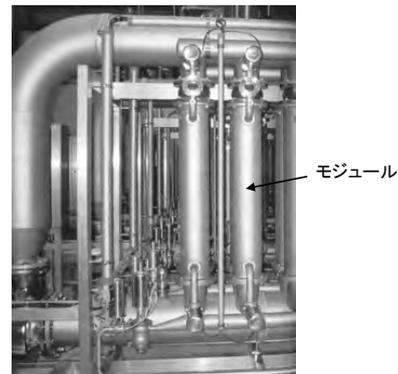


図 4.106 ノリット社 BMF システムのモジュール

濾過開始前に装置内部は炭酸ガスで置換されてからビールが導入されるので水とビールの混合によるビール欠減は発生せず、液種の切り替えが容易に行える。未濾過ビールはフィードポンプでラインに送られ循環ポンプによって循環される。なお、濾過中にはメンブランの閉塞を解除するための逆洗工程や濾過後にメンブランの洗浄・再生工程がある。廃棄珪藻土処理コストの高い欧州では、本システムのトータルコストは珪藻土濾過方式とほぼ同等とされている。

●多品種製造に活躍する「ブライトビータンク」

平成にはいると、消費の多様化といった市場環境の変化はさらに進み、大型化・高速化・自動化を追い求めてきたビール工場も大きな転機に立たされた。すなわち、「ジャスト・イン・タイム」に代表されるように、

市場の動きにきめ細く対応できる柔軟な生産体制への転換を求められるようになったのである。計画面では直近の市場情報に基づく受注生産に近づけるような情報システムが、製造面では「売れ筋商品はいつでも確実に製造・出荷できる生産システム」が必要であった。すでに多品種生産におけるラインの切替頻度の増加とそれによるビールロスが増大など、非効率性の問題は顕在化していた。これらの解決策となったのが「ブライトビアタンク」を利用した生産システムであった。

従来から、濾過工程を終えたビールは濾過溜めタンク（プレッシャータンク）に收容され、それからパッケージングラインへ供される。この場合の濾過溜めタンクの役割は、主として濾過ラインとパッケージングライン間のクッションタンク的な意味合いが強かった。「ブライトビアタンク」の機能は、それに加えて、直近の生産計画に応じていつでもパッケージングが可能のように、「濾過ビールの貯酒タンク」的な機能をも持たせたものである。「売れ筋の主力商品はブライトビアタンクに常時計画的に確保しておき、少量品は市場要請に応じて都度きめ細かく製造する」、これによって効率的で且つ市場要求に即応できる多品種生産が可能となった。以上の役割からブライトビアタンクの容量は、現在では500～600kl/基と大型化している。構造は冷却ジャケット付き円筒型タンクで、屋外設置型である（図4.107）。



図4.107 ブライトビアタンクの外観

#### 4.3.3 まとめ（ビール醸造設備の変遷を振り返って）

前項まで日本におけるビール醸造設備の変遷を時代毎に追って記述してきた。全体を通して振り返れば、ビール醸造設備に関する限り日本の生み出した開発事例は極めて少ない。その背景を、繰り返しの部分もあるが改めて整理してみたい。

同じ醸造生産物で古い歴史をもつ日本酒や醤油・味噌などの場合と違って、ビールの醸造技術はわずかに約140年前の文明開化の時代に海外からもたらされた

ものである。当時、欧米のビール醸造技術は近代化へのまさに転換期にあり、蒸気機関の普及、ビールの低温殺菌法（パストリゼーション）や冷凍機、酵母純粋培養法など基幹技術が相次いで開発された時期であった。従って勃興期の日本のビール産業には、最初からドイツを中心とするビール先進国の最新技術・最新設備を導入できるという、確約されたともいべき道が開かれていた。

大資本によって設立されたビール会社は、巨大な資本力を背景として最新の技術・設備を競って導入することにより瞬く間に近代的設備を装備し、数社による市場の寡占化を果たした。当時の醸造技術の中心は、招聘されたドイツ人醸造技師達ないしはドイツ留学によって醸造技術を学んだ日本人技師達であった。日本のビール市場がドイツ・ピルスナータイプのビールを中心に急成長し生産能力を拡大していく過程において、設備の製作を開発力のあるドイツの設備メーカーに求め続けたのは必然的な流れであったといえよう。

戦時など輸入が途絶えた時期は別として、日本の設備メーカーが主要設備の製作に本格的に登場するのは昭和30年代以降である。ただし、その中心は既存設備の製作ないし海外メーカーのライセンス製作であり、新規な開発設備が海外メーカーから発信される構図は変わってはいない。日本におけるビールの技術開発・改良の特徴は以下の2点にあるのではないかと考えられる。

①大規模ビール会社数社による市場競争が早い時期から激化した結果、「容器戦争」や「ドライ戦争」そして「生ビール戦争」に代表されるように、技術開発の主体は市場を開拓しシェアを上げるための「商品開発」など製造技術（ソフト）を中心に進められていった。例えば、「壺詰・缶詰生ビール」や「発泡酒」、「第3のビール」など、時代の動きに合わせて新たな「商品軸」を創り上げた開発技術は日本独特のものであったといえる。

②新規に開発・導入された設備は実地使用において機能や操作性の不具合が少なくなかった。これをきめ細かく改良して「使い易くする技術」そして「使いこなしていく技術」は日本の得意とする分野であり、むしろ国内ビール会社や設備メーカーが活躍した場はここにあったといえる。設備の大型化や機能の向上などへの日本のユーザーからの改善要求が、海外設備メーカーの新たな開発を促し実現に結びつけられた事例も少なくなかった。

ただ以上の日本的特異性は、設備面については海外設備メーカーの開発技術という確かな基盤に支えられてきたからこそ発揮できたという面も否めない。

今後、ビール醸造設備はどのような展開を見せるの

か？この点については「あとがき」で触れることとする。

#### 図・表の引用資料

- 図 4.1 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P18
- 図 4.3 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P186
- 図 4.4 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P278
- 図 4.5 Jean De Cleack: “A Text Book of Brewing Vol.1” (1957) P341
- 図 4.6 Dr.F.Schönfeld: “Handbuch der Brauerei und Mälzerei” (1935) P246
- 図 4.7 サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 図 4.8 Dipl.-Ing.Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P296
- 図 4.9 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P279
- 図 4.10 サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 図 4.11 サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 図 4.12 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P127
- 図 4.13 Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: “Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier” (1915) P270 (一部加筆修正)
- 図 4.14 George.W.A.Brischke,Dipl.Ing.Karl Kröger,A.J.Olberg,Dr.Ing.W.Schmid und Walter Wetzig: “Brauerei-Taschenbuch (1937) P90,P91 (一部加筆修正)
- 図 4.15 Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: “Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier” (1915) P272
- 図 4.16 Dr.C.J.Lintner: “Grundriß der Bierbrauerei”(1928) P67(一部加筆修正)Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P97 (一部加筆修正)
- 図 4.17 Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: “Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier” (1915) P274 (一部加筆修正)
- 図 4.18 H.Leberle und K.Schuster: “Die Technologie des Sudhauses” (1956) P250 (一部加筆修正)
- 図 4.19 Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: “Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier” (1915) P276 (一部加筆修正)  
Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P97 (一部加筆修正)
- 図 4.20 Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: “Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier” (1915) P277
- 図 4.21 松山茂助: 麦酒醸造学 (1970) 東洋経済新報社 P288 (一部加筆修正)
- 図 4.22 Dipl.-Ing.Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P204 (一部加筆修正)
- 図 4.23 アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.24 Dipl.-Ing.Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P276 (一部加筆修正)
- 図 4.25 H.Leberle und K.Schuster: “Die Technologie des Sudhauses” (1956) P349 (一部加筆修正)
- 図 4.26 アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料
- 図 4.27 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P281
- 図 4.28 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P236
- 図 4.29 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P237 (一部加筆修正)
- 図 4.30 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P241
- 図 4.31 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P238
- 図 4.32 麒麟麦酒 (株) 仙台工場: 麒麟麦酒株式会社仙台工場六十年史 (1984) 巻内写真
- 図 4.33 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P225
- 図 4.34 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage” (1931) P119
- 図 4.35 Dipl.-Ing.Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P230 (一部加筆修正)
- 図 4.36 キリンビール (株) 広島工場: 琥珀の証言 醸造 57 年の歴史と発展 (1996) P31

- 図 4.37 H. Leberle und K. Schuster : “Die Technologie des Sudhauses” (1956) P350 (一部加筆修正)
- 図 4.38 サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 図 4.39 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis, 4 Auflage” (1931) P197 (一部加筆修正)
- 図 4.40 Dr.-Ing. Karl Hennies und Ing. Robert Spanner: “Die Brauerei Im Bild” (1964) P152
- 図 4.41 Dr. phil. W. Rommel, Dr.-Ing. K. Fehrmann: “Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe, Nhrungs und Genussmittel, Bier” (1915) P311 (一部加筆修正)
- 図 4.42 麒麟麦酒 (株) : 麒麟麦酒株式会社五十年史 (1957) 巻内写真
- 図 4.43 キリンビール (株) : キリンビールの歴史 新戦後編 (1999) P25
- 図 4.44 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料
- 図 4.45 Karl Lense: “Katechismus der Brauerei-Praxis, 4 Auflage” (1931) P229
- 図 4.46 Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P208 (一部加筆修正)
- 図 4.47 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P436
- 図 4.48 Dipl.-Ing. Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P263 (一部加筆修正)
- 図 4.49 Dipl.-Ing. Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P265 (一部加筆修正)
- 図 4.50 Dipl.-Ing. Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P254 (一部加筆修正)
- 図 4.51 Dipl.-Ing. Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P254 (一部加筆修正)  
(株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.52 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.53 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.54 Dipl.-Ing. Wolfgang Kunze: “Technologie Brauer und Mälzer” (1967) P257 (一部加筆修正)
- 図 4.55 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P438
- 図 4.56 Jean De Cleack: “A Text Book of Brewing Vol.1” (1957) P353 (一部加筆修正)
- 図 4.57 キリンビール (株) 広島工場 : 琥珀の証言 醸造 57 年の歴史と発展 (1996) P32
- 図 4.58 キリンビール (株) 広島工場 : 琥珀の証言 醸造 57 年の歴史と発展 (1996) P32
- 図 4.59 Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P343
- 図 4.60 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P439
- 図 4.62 麒麟麦酒 (株) 仙台工場 : 麒麟麦酒株式会社仙台工場六十年史 (1984) 巻内写真
- 図 4.63 (株) 神鋼環境ソリューション : タンクガラスライニング技術に関する資料
- 図 4.64 (株) 神鋼環境ソリューション : タンクガラスライニング技術に関する資料 (一部加筆修正)
- 図 4.65 伊藤忠産機 (株) : Filtrox 社珪藻土濾過機に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.66 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P281
- 図 4.67 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.68 (株) 荏原製作所 : マッシュフィルターに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.69 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.70 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.71 Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P296 (一部加筆修正)
- 図 4.72 ビール造酒組合・国際技術委員会 : ビールの基本技術 (2002) (財) 日本醸造協会 P65 (一部加筆修正)
- 図 4.73 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P280
- 図 4.74 Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P421 (一部加筆修正)
- 図 4.75 サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 図 4.76 Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P353 (一部加筆修正)
- 図 4.77 Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P354



- 図 4.79 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.80 Dr.-Ing.Karl Hennies und Ing.Robert Spanner: “Die Brauerei Im Bild” (1964) P168 (一部加筆修正)
- 図 4.81 キリンビール (株) : キリンビールの歴史 新戦後編 (1999) P155 (写真のみ)
- 図 4.82 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.83 伊藤忠産機 (株) : Filtrox 社珪藻土濾過機に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.84 Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P464 ~ 465 (一部加筆修正)
- 図 4.85 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P600 (書き写し)
- 図 4.86 サントリー (株) : 日々に新たに サントリー百年誌 (1999) P159
- 図 4.87 サントリー (株) : 日々に新たに サントリー百年誌 (1999) P159
- 図 4.88 日本ミリポア (株) : カートリッジフィルターに関する技術資料
- 図 4.89 日本ミリポア (株) : カートリッジフィルターに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.90 キリンビール (株) : キリンビールの歴史 新戦後編 (1999) P153
- 図 4.91 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.92 (株) 前川製作所 : VRCに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.93 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.94 (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.95 アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P278
- 図 4.96 三菱重工鉄工エンジニアリング (株) : コニカルタンクに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.97 三菱重工鉄工エンジニアリング (株) : コニカルタンクに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.98 三菱重工鉄工エンジニアリング (株) : コニカルタンクに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.99 三菱重工鉄工エンジニアリング (株) : コニカルタンクに関する技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.100 井上 喬 : やさしい醸造学 (1997) 株式会社工業調査会 P164 (一部加筆修正)
- 図 4.101 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.102 橋本直樹 : ビールのはなし Part2 おいしさの科学 (1998) 技報堂出版 (株) P86 (書き写し)
- 図 4.103 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 図 4.104 Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P470 (一部加筆修正)
- 図 4.105 Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P478 (一部加筆修正)
- 図 4.106 Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: “Technology Brewing and Malting” (2004) P482 (一部加筆修正)
- 図 4.107 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料
- 表 4.1 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 表 4.2 サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P44 (一部加筆修正)
- 表 4.3 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- 表 4.4 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料 (一部加筆修正)
- アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料 (一部加筆修正)
- キリンビール (株) : キリンビールの歴史 新戦後編 (1999) P8 (一部加筆修正)
- アサヒビール (株) : A s a h i 100 (1990) P93 (一部加筆修正)
- サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P129、P144、P145 (一部加筆修正)
- 表 4.5 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料
- 表 4.6 キリンビール (株) : キリンビール社技術資料
- 表 4.7 麒麟麦酒 (株) : 麒麟麦酒の歴史 戦後編 (1969) P222 (一部加筆修正)

## 参考資料

- (1) ビール酒造組合・国際技術委員会：ビールの基本技術（2002）（財）日本醸造協会
- (2) 松山茂助：麦酒醸造学（1970）東洋経済新報社
- (3) 宮地秀夫：ビール醸造技術（1999）（株）食品産業新聞社
- (4) 井上 喬：やさしい醸造学（1997）株式会社工業調査会
- (5) 橋本直樹：ビールのはなし Part2 おいしさの科学（1998）技報堂出版（株）
- (6) 遠藤一夫：日本の技術 ビールの100年（1989）第一法規出版（株）
- (7) 吉田重厚：英独和ビール用語辞典（2004）（財）日本醸造協会
- (8) （株）醸造産業新聞社：酒類産業50年 1953～2003（2004）
- (9) 大日本麦酒（株）：大日本麦酒株式会社三十年史（1936）
- (10) アサヒビール（株）：Asahi 100（1990）
- (11) 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒株式会社五十年史（1957）
- (12) 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 戦後編（1969）
- (13) 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 続戦後編（1985）
- (14) 麒麟麦酒（株）仙台工場：麒麟麦酒株式会社仙台工場六十年史（1984）
- (15) キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）
- (16) キリンビール（株）広島工場：琥珀の証言 醸造57年の歴史と発展（1996）
- (17) キリンビール（株）：ビールと文明開化の横浜 コーブランド生誕150年記念（1984）山桃舎
- (18) サッポロビール（株）：サッポロビール120年史（1996）
- (19) サントリー（株）：日々に新たに サントリー百年誌（1999）
- (20) アルファラバル（株）：遠心分離機に関する技術資料
- (21) 伊藤忠産機（株）：Filtrox社珪藻土濾過機に関する技術資料
- (22) （株）エヌ・ワイ・ケイ：タンクライニング技術に関する資料
- (23) （株）荏原製作所：マッシュフィルターに関する技術資料
- (24) （株）神鋼環境ソリューション：タンクガラスライニング技術に関する資料
- (25) 日本ミリポア（株）：カートリッジフィルターに関する技術資料
- (26) （株）前川製作所：VRCに関する技術資料
- (27) 三菱重工鉄工エンジニアリング（株）：コニカルタンクに関する技術資料
- (28) （株）三宅製作所：仕込設備に関する技術資料
- (29) 明治機械（株）：原料処理設備に関する技術資料
- (30) Dr. phil. W. Rommel, Dr.-Ing. K. Fehrmann: "Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe, Nahrungs und Genussmittel, Bier" (1915)
- (31) Dr. C. J. Lintner: "Grundriß der Bierbrauerei" (1928)
- (32) Karl Lense: "Katechismus der Brauerei-Praxis, 4 Auflage" (1931)
- (33) Dr. F. Schönfeld: "Handbuch der Brauerei und Mälzerei, Das Brauen" (1935)
- (34) George. W. A. Brischke, Dipl. Ing. Karl Kröger, A. J. Olberg, Dr. Ing. W. Schmid und Walter Wetzig: "Brauerei-Taschenbuch(1937)
- (35) H. Leberle und K. Schuster: "Die Technologie des Sudhauses" (1956)
- (36) Jean De Cleack: "A Text Book of Brewing Vol. 1" (1957)
- (37) Dr.-Ing. Karl Hennies und Ing. Robert Spanner: "Die Brauerei Im Bild" (1964)
- (38) Dipl.-Ing. Wolfgang Kunze: "Technologie Brauer und Mälzer" (1967)
- (39) Karl Hennies, Robert Spanner und George Zentgraf: "Die Brauerei Im Bild" (1977)
- (40) Dr.-Ing. Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: "Technology Brewing and Malting" (2004)
- (41) アサヒビール（株）：アサヒビール社技術資料
- (42) キリンビール（株）：キリンビール社技術資料
- (43) サッポロビール（株）：サッポロビール社技術資料
- (44) サントリー（株）：サントリー社技術資料

## 5 | ビール醸造設備発展の系統化

ビール醸造設備がどのような技術進歩のもとで発展を遂げてきたか、ここで改めて整理したい。

本章の最初(4.1.1)に、明治初期に日本で開設されたビール醸造所の一つ「スプリング・バレー・ブルワリー」の醸造設備が18世紀のイギリスの醸造所とほぼ同じようなものではなかったかと述べた。もっと遡れば、ベルギーの歴史博物館を初めとしてヨーロッパの醸造博物館などに残されている「中世ヨーロッパ」のビール醸造設備などとそれほど変わってはいない。また、すべて手作業による酒造りという面から見れば、4,500年前のエジプトビール時代の延長線上にあるとさえ言える。

ビール醸造設備にとって最初で最大の変革は、1760年代以降にイギリスをはじめ欧州で展開された「工業化」によってもたらされた。加熱や冷却操作を基本とするビール醸造にとって、特に「蒸気機関」や「冷凍機」といった機械の出現は、それまでの伝統的醸造設備や技術を革新させた。同時期に開発された「酵母純粋培養法(培養装置)」もまた、酵母という微生物の代謝産物を利用する醸造産業にとって画期的なものであった。冷凍機および酵母純粋培養法が、パッケージング工程におけるビールの低温殺菌法(パストリゼーション)も含めて「ビール製造の3大発明」と呼ばれている所以である。この恩恵を受けて、日本においては明治中期から大正時代に、今日のビール醸造設備システムの原型といえるものが形成されていった。そしてこれ以降も、第4章において記述の通り、主としてドイツを中心とした海外の最新技術の恩恵を受けながら日本のビール醸造設備技術は発展を遂げていった。その過程の中で、日本における醸造設備の技術発展の特徴はどこにあったのであろうか。

ビール醸造における主要な設備・装置は、基本的には以下のような構成になっている。すなわち、

- ① 醱酵に必要な有効成分を原料から抽出するための「容器」と「加熱・蒸煮装置」及び「固液分離装置」
- ② 醱酵・熟成を行うための「容器」と「冷却装置」
- ③ 製品化のための「固液分離装置」

である。これらのビール醸造設備の発展を振り返って見た場合、その最大の特徴が「容器」の発展にあることが第4章において理解されることと思う。「容器の大型化」は、ビール産業勃興期から戦後の高度経済成長期へと綿々と続いたビール市場の拡大に対応して、ビールの生産能力を支え続ける大きな役割を果た

した。日本におけるビール醸造設備の発展の歴史は「容器の大型化への飽くなき追求の歴史」であったといっても過言ではない。また、仕込容器や醱酵容器の大型化に伴って展開された醸造技術(ソフト)の目覚ましい発展は、今日の「ビール醸造技術の深耕と確立」をもたらした。

一方、加熱・冷却用の「熱交換器」や固液分離用の「濾過機」等の装置類は、どちらかといえば汎用的な産業機械・装置から応用されたものである。主要設備の中でビール醸造用として特殊なものは比較的少ない。ビールづくりが日常の生活の営みの中から生まれてきた如く、この分野についてはいろいろな産業の設備・技術の日々の発展と密接に連動しながら近代化を遂げてきたといえるだろう。ビール醸造設備の発展を系統的にまとめたものを図5.1に示す。



## 6 | あとがき（今後の醸造設備の展望を含めて）

今回の「ビール醸造設備技術の系統化調査」を行ってみて新たに認識された点があったので、3点ほど以下に列記する。

① 明治20年前後に相次いで設立された大手ビール会社4社（JBC、日本麦酒、大阪麦酒、札幌麦酒）が、その新設設備一式をドイツ・ケムニッツの「ゲルマニア機械製作所」から共通して購入している。各社の社史によれば、設備輸入にあたっての仲介商社はカールローデ商会（JBC）、高田商会（大阪麦酒）、ラスペ商会（日本麦酒）等と各々異なっており、この点に共通性は見出せない。他に必然的な理由があったのか不明ではあるが、ライバル各社がほぼ足並みを揃えて設備の近代化を遂げていったその後の経緯から振り返ってみると、極めて興味深い事実である。

② 日本のビール醸造設備発展の特徴として「容器の大型化」を指摘したが、ビールの生産量と容器の大型化はほぼ比例する形で推移していった。例えば醗酵容器の場合は以下の通りである。

明治33年（1900年）醗酵桶	2kl容
ビール生産量	2万kl
平成12年（2000年）醗酵タンク	500kl容
ビール生産量	約710万kl

100年間で容器は250倍、ビール生産量は350倍である。単純な比較ではあるがビールの需要拡大を容器の大型化がいかに支えたかを示す一例といえるだろう。

③ ビール各社の醸造設備の推移の中で、特徴的に異なる点が「麦汁濾過装置」である。大正期の大手ビール会社であった大日本麦酒社と麒麟麦酒社で比較すると、前者は従来のロイター方式、後者は人手はかかるが高速濾過できるマッシュフィルター方式が主体であった。麒麟麦酒社のマッシュフィルター採用の背景には、国産化したロイターの不調による苦い経験があるのだが、戦後大日本麦酒社が分割され麒麟麦酒社がシェアトップに躍り出た際の大増産を支える役割を担ったのがマッシュフィルターであった。一方、昭和後期の低成長期に入り「自動化・省力化」が求められる時代に入ると、自動化の容易なロイター方式が逆に優位に立つことになるのである。

さて、日本の酒類生産量（100%アルコール換算量）は、高齢化と人口減、そして近年のアルコール離れ現

象も加わって平成6年（1994年）をピークに緩やかな減少が続いている。酒類別で見れば、清酒は昭和48年（1973年）をピークに、ウイスキーは昭和58年（1983年）をピークに減少に転じている。ビールも例外ではなく、平成6年（1994年）をピークに減少の一途にある。このようにほぼ10年毎に市場での主役が入れ替わってきており、現在のビール市場では発泡酒や第3のビール類が主役になりつつある。いずれにしても、今後総需要の伸びが期待できない中で、これまでの大型化・自動化による大量生産志向ではなく、新しい時代に適合した技術が求められているのは確かである。

発泡酒や第3のビール類（以後合わせて“ビール”と称す）は、日本の酒税法を背景として開発された日本独特の商品である。その大きな特徴は麦芽の使用比率が極めて少ないこと、或いは全く使用されていないことである。言い換えれば、従来のビールと違って「原料の制約がない“ビール”づくり」が行われ始めたのである。このため、ビール各社では麦芽に代わる炭素源、窒素源としての新たな原料の開発が活発に行われており、この分野では世界に抜きん出た研究開発が進められている。

このような変化は当然ながら醸造設備にも大きく関わってくるものである。欧米と全く異なる原料配合による“ビール”づくりのための技術・設備は、従来のように欧米に求めることでは解決できない問題であり、モノ造りの本質にまで遡った日本独自のR&Dが求められることになる。麦芽の少ない、あるいは麦芽によらない“ビール”の醸造では、麦汁煮沸など工程での使用エネルギーが必然的に節減され、省エネルギー・省資源のさらに進んだものづくりが可能となる。そのための全く新たな醸造システムが登場することを大いに期待するものである。

一方、欧米ではビールメーカーのM&Aが進んで、いまや世界のトップ3で世界の半分弱の市場を独占している。このような巨大なメガビール会社の戦略は主要ブランドの大量生産という「規模の経済」による市場支配である。大量生産主義から脱皮した日本のビール産業がこれに対抗し生き残るには、健康志向という流れの中でアルコール飲料の存在価値を消費者にどのように提示できるのか、市場の動きに対応した「きめ細かな商品づくり」と共に「自前の技術開発」が益々重要となろう。

## 謝辞

「ビール醸造設備発展の系統化調査」を実施するにあたり、下記の方々に資料や写真・図面などのご提供やご面談をいただいた。厚く御礼申し上げる次第である。

アサヒビール（株）	山口一郎氏 三谷昌氏 品部保正氏
キリンビール（株）	多和田悦嗣氏 北原公美子氏 高橋俊彦氏 吉田麻里氏 長谷川清氏 川崎秀人氏 田中賢氏
サッポロビール（株）	横田研二氏 仲本滋哉氏
サントリー（株）	角戸洋一氏
ビール酒造組合	森永誠之氏
アルファラバル（株）	池田浩一氏
伊藤忠産機（株）	中島直生氏
（株）エヌ・ワイ・ケイ	清水清氏 高知三千男氏
（株）荏原製作所	山本保行氏
（株）神鋼環境ソリューション	桂広明氏
東北大江工業（株）	太田久男氏
日本ミリポア（株）	岸田勇氏
（株）前川製作所	高橋健彦氏 大治かな子氏 小野元司氏
三菱商事テクノス	有馬文雄氏
三菱重工鉄工	
エンジニアリング（株）	福田勇治氏 阿部千代治氏
三菱重工食品包装機械（株）	恒川拓爾氏
（株）三宅製作所	三富元博氏
明治機械（株）	北沢真左留氏

## 付表の引用資料

ビール銘柄一覧 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒株式会社五十年史（1957）P244~P247（一部加筆修正）

主要なビール醸造設備の発展推移（本文以外の引用写真）

- ・昭和40年代の仕込室麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 戦後編（1968）巻頭写真
- ・シリンδροコニカルタンク キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）P148

## 登録候補一覧

No.	名称	資料形態	所在地	製作者	製作年	選定理由
1	大阪麦酒吹田醸造所 基本設計図	保存	アサヒビール 吹田工場	ゲルマニア 機械製作所 (ドイツ)	1890	日本のビール産業勃興期におけるビール醸造所の基本設計図(原図)であり、当時の建物、設備などの全体像を知る貴重な資料である。
2	麦芽粉碎機	保存	アサヒビール 吹田工場	ゲルマニア 機械製作所 (ドイツ)	1890	ビール醸造用の2本ローラー式麦芽粉碎機である。ローラー式麦芽粉碎機としては最も初期の型式である。
3	貯蔵樽	保存	アサヒビール 吹田工場	D.BOENHEIM FASS FABRIK (ドイツ)	1890	明治23年大阪麦酒吹田醸造所開設時に輸入されたビール貯蔵用の樽(木製・容量は177l)である。現存する最も初期の貯蔵樽である。
4	麦汁煮沸釜	展示 公開	サッポロビール 博物館	三宅製作所	1965	昭和40年に製作され、サッポロビール札幌第2工場で使用された。銅製(一部鉄製)で容量85klである。仕込容器として完全な形で保存されている唯一のものである。
5	ハンゼン式 酵母純粋培養装置	展示 公開	サッポロビール 博物館	W.E.Jensen社 (コペンハーゲン)	1911	明治44年にサッポロビール札幌工場に導入された酵母を純粋培養するための大型培養(醗酵)缶である。ビール産業勃興期に輸入されたもので、貴重な品である。

ビール銘柄一覧表

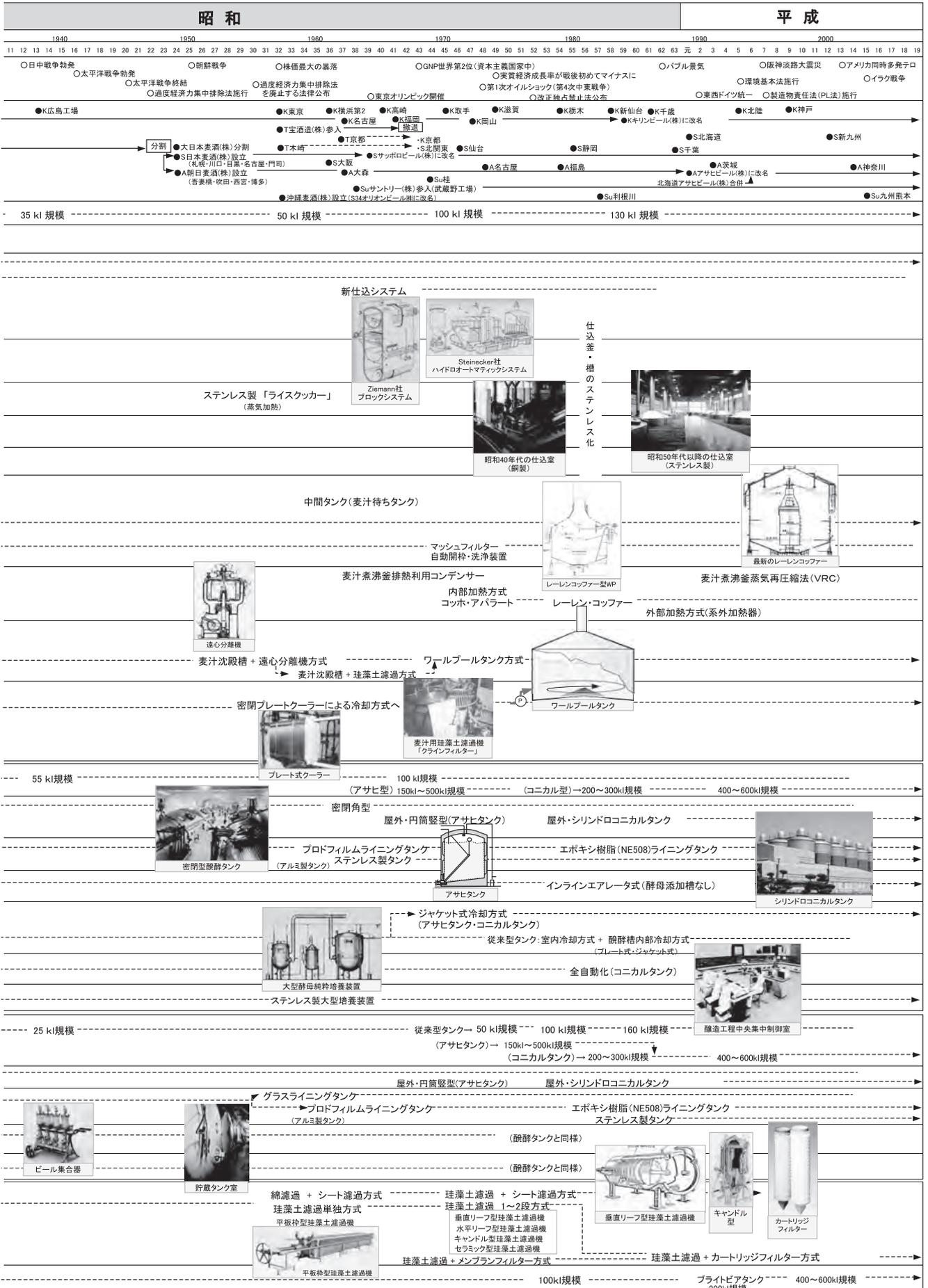
麒麟麦酒株式会社五十年史(1957)より(一部加筆修正)

	銘柄	経営者	所在地		銘柄	経営者	所在地
1	天沼ビール(通称)	コーブランド、ウィーガン	横浜	62	アヅマビール	東 商会	東京四谷
2	三ツ鱒ビール	野口正章	甲府	63	日本麦酒	石川醸造所	西多摩郡熊川
2	〃	野口忠蔵	〃	64	マルコビール	マルコ商会	武蔵
3	渋谷ビール	渋谷庄三郎	大阪	65	東陽ビール	東陽麦酒醸造所	東京日暮里
4	札幌ビール	開拓史	札幌	66	孔雀ビール	天満醸造	大阪
5	桜田ビール	金沢三右衛門等	東京	67	大阪ビール	橋本醸造	大阪
6	手形ビール	宮内福三	東京	68	ライオンビール	Lion Beer Brewery	大阪
7	浪華ビール	荒木 某	大阪	69	山名ビール	G.ヤマナ	大阪
8	鱒印ペールエール	橋本清三郎	大阪	70	孔雀ビール	大橋	大阪
9	エビスビール	柴谷善三郎、大村助次郎	大阪	71	ナミハナビール	不明	大阪安土町
10	朝日ビール	小西儀助	大阪	72	コックビール	不明	大阪
11	三ツ星ビール	盛田久左衛門	愛知	73	菊ビール	不明	大阪川口
12	半田ビール	竹本久三郎	愛知(半田)	74	千歳ビール	S横山	大阪
13	鷺ビール	不明	愛知(鷺塚)	75	葵ビール	折田商店	大阪
14	浅田ビール	浅田甚右衛門	東京	76	明治ビール	不明	大阪天満
15	キリンビール	ジャパンブルワリー	横浜	77	東陽ビール	エスエナ商会	大阪
16	大倉ビール	大倉蔵太郎	東京	78	富士ビール	矢島	大阪
17	札幌ビール	大倉組	札幌	79	菊水ビール	南 商店	河内
18	エビスビール	日本麦酒醸造会社	東京	80	九重ビール	イソハタブルワリー	京都
19	アサヒビール	大阪麦酒株式会社	大阪	81	ラガービール	不明	京都
20	丸三ビール	盛田善平	愛知	82	九重ビール	太田弦造	京都
21	札幌ビール	札幌麦酒株式会社	札幌	83	井筒ビール	S井口	京都木屋町
22	大黒ビール	大黒舎(安藤外)	東京	84	日の丸ビール	日菰社	京都
23	帝国ビール(カイゼルビール)	帝国麦酒株式会社	大阪	85	キマルビール	キマル会社	摂津灘
24	東京ビール	東京麦酒株式会社	神奈川	86	布引ビール	布引社	摂津灘
25	カフトビール	丸三麦酒株式会社	愛知	87	キツネビール	大海堂日下部兵蔵	摂津兵庫
26	サクラビール	帝国麦酒株式会社	門司	88	四ツ目ビール	四方常吉	神戸
27	カスケードビール	日英醸造株式会社	鶴見	89	軍艦ビール	池田伊三郎	和歌山県
28	フジビール	東洋醸造株式会社	仙台	90	ポックビール	函館麦酒醸造所	函館
29	高砂ビール	高砂麦酒株式会社	愛知	91	函館ビール	渡辺健四郎	函館
30	ユニオンビール	日本麦酒鉱泉株式会社	愛知	92	鯨ビール	不明	愛知県
31	新カスケードビール オラガビール	株式会社寿屋麦酒部	鶴見	93	白山ビール	マキノ	金沢
32	エビスビール、サッポロビール アサヒビール	大日本麦酒株式会社	東京	94	富士ビール	北陸麦酒醸造所	新潟
33	キリンビール	麒麟麦酒株式会社	横浜	95	キラクビール	信陽麦酒株式会社	長野
34	ニッポンビール	日本麦酒株式会社	東京	96	信濃麦酒	山岸朝次郎	長野
35	アサヒビール	朝日麦酒株式会社	東京	97	大和麦酒	折井栄太郎	長野
36	保坂ビール(通称)	保坂 某	横浜	98	桜麦酒	中村寛平	長野
37	横浜ビール	渋谷留三郎	横浜本牧	99	上菱ビール	関口八兵衛	茨城鳩崎
38	大黒ビール	渋谷留吉	横浜前田橋通り	100	野田ビール	マルマル&Co.	千葉
39	光輝ビール	不明	横浜	101	チカリビール	芳賀雄助	山形
40	中谷ビール	不明	横浜本牧	102	鶴岡麦酒	佐藤七郎	山形
41	テーブルビール	磯貝善兵衛	東京湯島	103	大和ビール	宇野	滋賀豊国村
42	富貴ビール	富貴麦酒株式会社	東京品川	104	神都ビール	西田	伊勢山田
43	日進ビール	畑 吉五郎	東京淀橋	105	チキリビール	伴島	岐阜
44	アラガネマビール	不明	東京新橋	106	竜ビール	久野	長門
45	小石川ビール	不明	東京小石川	107	テングビール	不明	広島
46	蛇の目ビール	不明	東京京橋八官町	108	日本ビール	不明	広島
47	カトービール	加東組	東京	109	イロホビール	斜森保兵衛	福山市
48	ダルマビール	達磨麦酒醸造	東京	110	姫松ビール	姫松商会 富田	愛媛
49	三菱ビール	三菱醸造所	東京	111	四ツ星ビール	宮内 四ツ星館	宇和島
50	日の丸ビール	不明	東京	112	フクビール	福久組醸造	徳島
51	ミヤコビール	発売元 不破商店	東京本町3丁目	113	本田ビール	本田	長崎
52	ニシキビール	錦織	東京	114	LAGER-BEER	ナカトミ醸造	不明
53	旭ビール	大倉商店	東京	115	亀ビール	島原	不明
54	荒馬ビール	平野商店	東京日本橋	116	輸出ビール	南海堂	不明
55	布袋ビール	東京醸造所	東京	117	山口ビール	山口商会	不明
56	金鷄ビール	日比野発売	東京	118	野田ビール	野田商会	不明
57	紅葉ビール	葡萄酒会社	東京有楽町3/1	119	東海ビール	東海麦酒醸造所	不明
58	盛ビール	鮫島盛吉醸造所	東京	120	金水ビール	金水社	不明
59	蜻蛉ビール	蜻蛉麦酒醸造所	東京日暮里	121	加藤ビール	加藤組	不明
60	桜麦酒	近藤醸造所	東京	122	ポタンビール	中富	不明
61	利根川ビール	流芳社	東京本郷根津	123	タマビール	玉島	不明
				124	不明	京都舎密局醸造所	京都





注)本資料は、あくまでも設備発展の「流れ」を主眼に編集したものであり、個々の設備の年代については大よそのものである。



## 国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第14集

---

平成21(2009)年5月29日

- 編集 独立行政法人 国立科学博物館  
産業技術史資料情報センター  
(担当：コーディネイト・エディット 永田宇征、エディット 大倉敏彦・久保田稔男)
- 発行 独立行政法人 国立科学博物館  
〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20  
TEL：03-3822-0111
- デザイン・印刷 株式会社ジェイ・スパーク