

# 日本におけるビール醸造設備発展の推移

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	藤沢, 英夫
発行元	日本醸造協会
巻/号	105巻10号
掲載ページ	p. 628-640
発行年月	2010年10月

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



# 日本におけるビール醸造設備発展の推移

本報告は、平成21年5月に独立行政法人国立科学博物館によって発行された「技術の系統化調査報告 第14集-ビール醸造設備発展の系統化調査」をもとに、要点を再編集して報告するものである。

藤 沢 英 夫

## 1. はじめに

明治2年(1869年)から3年(1870年)にかけて、横浜の外国人居留地に日本で初めてのビール醸造所が誕生した。以来、現在まで我国のビール産業は140年にわたる成長の歴史を刻んできた。本報告は、「ビール醸造設備」に焦点を当て、その技術的発展の過程を辿るものである。技術の進歩には社会的・経済的な背景が色濃く反映されており、その時代・時代によって特徴を有している。第1図は、「ビール醸造設備発展の推移」を時代背景や設備発展の特徴の面から筆者の視点で区分し整理したものである。本文では、この流れに従って設備発展の推移を解説していきたい。

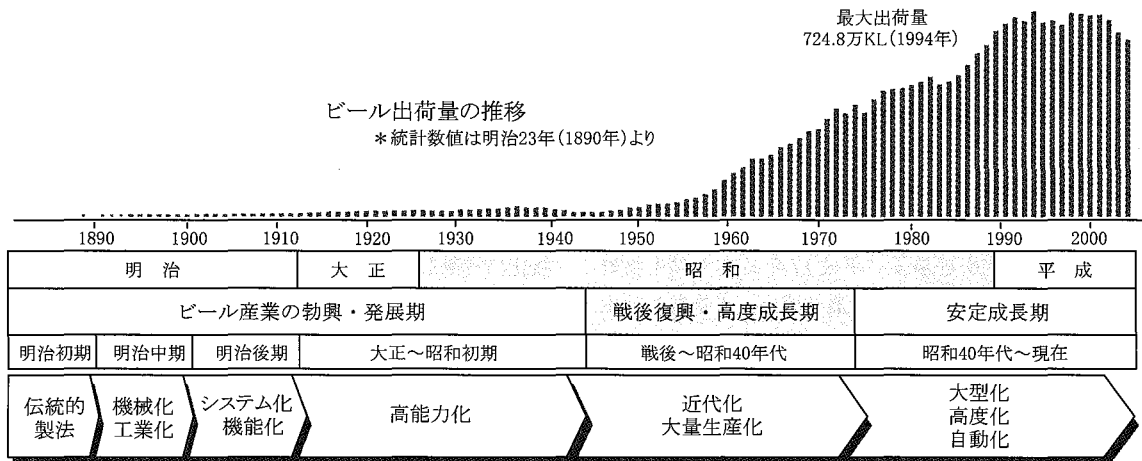
## 2. 明治初期のビール醸造設備

### — 伝統的製法 —

明治3年(1870年)、アメリカ人ウィリアム・コーランド(William Copeland)によって横浜山手に設立された醸造所「スプリング・バレー・ブルワリー」の記録に当時のビール醸造の様子が記されている(第1表)。

この記述から、当時日本に持ち込まれたビール醸造法や設備類は古来の伝統的な小規模醸造所のものであったことが推察される。ちなみに、18世紀のイギリスのビール醸造所を模式的にスケッチした第2図のビール醸造の様子は第1表の記述とほぼ一致する。

「スプリング・バレー・ブルワリー」の例では、当初の年間製造量は880石(約160kl)程度であり、醸造されたビールはイギリス風エールが主体で、低温発



第1図 ビール醸造設備発展の「時代区分とその特徴」

Historical Development of Brewing Equipment in Japan

Hideo FUJISAWA

第1表 「スプリング・バレー・ブルワリー」の記録(要約)

・・・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人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。・・・

酵・貯蔵が必要なドイツ風ラガービールは冬季の3ヶ月間程度しか製造できなかったという。

### 3. 明治中期のビール醸造設備 — 機械化・工業化 —

欧州では蒸気機関の普及、アンモニア冷凍機の発明・実用化（1870年代）、酵母純粋培養法の発明（1883年）などがあり、ビール醸造分野に「工業化」が進んできた時代である。日本ではジャパン・ブルワリー・カンパニー（明治18年）、日本麦酒醸造会社および札幌麦酒会社（明治20年）、大阪麦酒会社（明治22年）など大資本によるビール醸造会社が相次いで設立され、ドイツから醸造技師の招聘とともに機械化された最新の醸造設備が導入されるようになった。第3図にこの時期の主要な醸造設備の構成を工程順に示す。

#### 【原料処理設備】

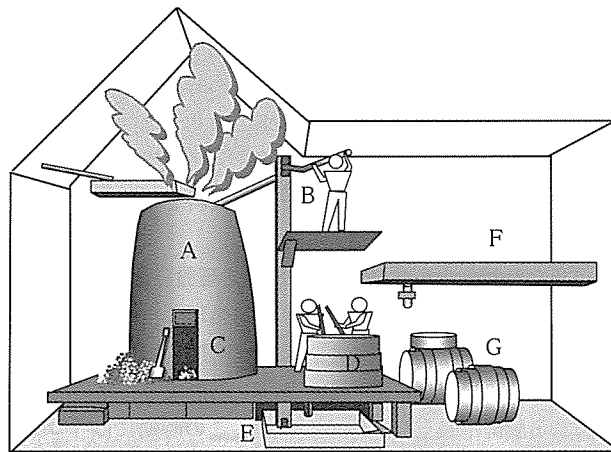
初期の「ひき臼」に替わって2本のロールを使った「麦芽粉碎機」が登場する。動力には蒸気エンジンが導入され、ベルト駆動で全工程の装置に伝達されるようになった。第3図の写真は設立当時の大阪麦酒吹田村醸造所に納入されたドイツ製（1890年製）の麦芽粉碎機である。

#### 【仕込設備】

仕込槽は濾過槽兼用式だが、金属製で自動攪拌装置が装備されている。麦汁煮沸釜（仕込釜兼用）も同様に金属製（当初は鉄製、後に銅製）となっている。加熱方式はまだ石炭などによる直焚きであった。第3図にあるのは吹田村醸造所仕込室の設計図である。

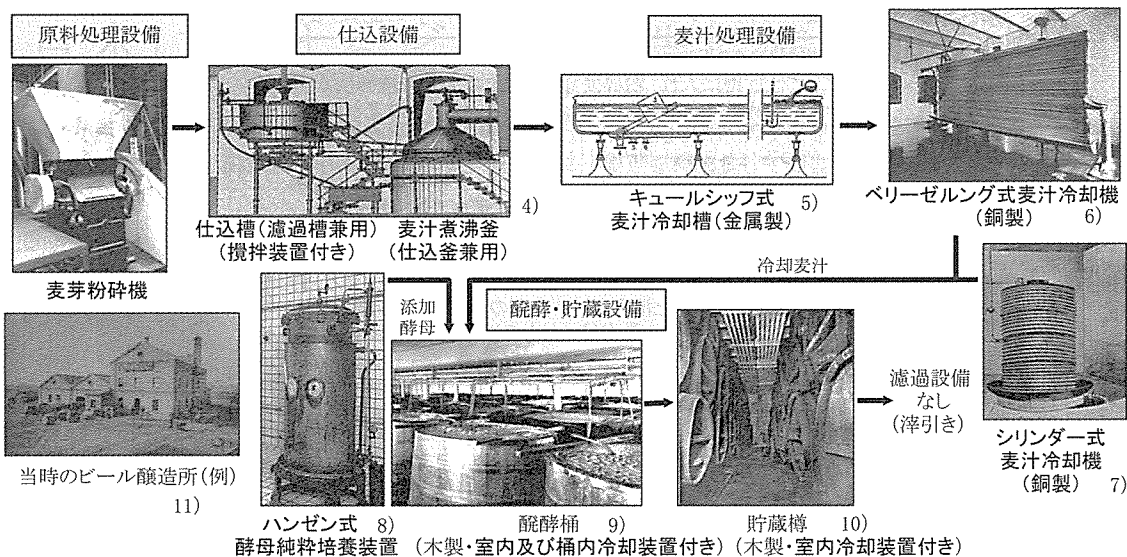
#### 【麦汁処理設備】

木製の麦汁冷し箱は金属製の「キュールシッフ式（独 Kühl Schiff）麦汁冷却槽」に替わり、その後段に



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

第2図 18世紀のイギリスのビール醸造の様子



第3図 明治中期のビール醸造設備

「麦汁冷却機」が導入されている。これは「ペリーゼリング式（独 Berieselung）麦汁冷却機」と呼ばれるもので、銅製の衝立状の装置の外面を伝って上から流れ落ちる熟麦汁を、装置内部を通る常温水と冷水によって2段で冷却する仕組みのものである（Berieselungとは「散水」という意味である）。他のタイプとして、これを筒状に丸めたような形状の「シリンダー式（独 Zylinder）」も使用されていた。

**【醗酵・貯蔵設備】**

醗酵桶、貯蔵樽はまだ木製で容量は1基2～3kl程度である。なお、桶や樽の内部はピッチ（天然アスファルト）による防水保護塗装が施されていた。設備上の大きな進展はこの工程にも冷却装置が付加されたことである。醗酵・貯蔵室内に冷却配管が配置され、個々の醗酵桶にも液温調節用の冷却管が装備されている。これによって、人気の高かったドイツ風ラガービールは通年製造が可能となり、その後国内の市場を圧倒的に占めていくことになる。また、ビール産業にとって画期的な発明であった「酵母純粋培養装置」がここで登場している。優良な種菌から随時純粋に培養されたビール酵母を使用することで、これまで悩まされてきた輸入酵母の汚染・劣化による醗酵不良トラブルが解消され、製品の品質に飛躍的な改善もたらされた。この時期に導入されたのはハンゼン式で、明治後期にはリンドナー式も使用されている。いずれも基本

的な機能は変わらない。

**【ビール濾過設備】**

ビール濾過設備は、明治中期の後半に工場の増設等に伴って導入されたとみられるが、中期における詳しい資料が見当たらないので、明治後期の項で解説する。

**4. 明治後期の醸造設備**

— システム化・機能化 —

工程が「機械化」された中期からさらに進歩して、設備は「システム化」され、個々の設備の機能も一段と向上が図られた。近代的なビール醸造設備システムの原型ができあがっていった時期といってよい。第3図にこの時期の主要な醸造設備構成を示す。なお、この項に関しては、比較的詳細に記述されている当時の大手ビール会社「ジャパン・ブルワリー・カンパニー」の資料を主体にして解説したい。

**【原料処理設備】**

原料処理工程では、主原料である麦芽の計量・粉碎に加え、原料の運搬、夾雑物や石・鉄片などの異物の除去、粉碎時の粉塵の除去など一連の機能が必要とされる。この時期には「コンベア類」、「麦芽精選機」、「磁石器」、「自動モルトスケール」など必要な諸設備が配置され、工程全体のシステム化がなされている。

麦芽粉碎機は第3図のように「多段ローラー式」の

ものが導入されている。上段のローラーで粉碎された麦芽が中間の篩で分級され、さらに下段のローラーで粉碎される仕組みのもので、よりきめ細かな粒度調節ができるものである。この機能は、仕込の収率向上や麦汁濾過の迅速化などに大きく貢献するものであった。

【仕込設備】

明治中期までの仕込容器は、「糖化と麦汁濾過工程」及び「もろみ煮沸と麦汁煮沸工程」を各々1つの容器で兼用して行うシステムであった。これは「単式仕込システム」と称されているが、後期になると上記4つの工程を独立した容器で行う「複式仕込システム」へと進化する。兼用による待ち時間ロスを解消することで仕込時間を大幅に短縮し、増産を図れる大きな利点があった。ちなみに当時のビール出荷量を見てみると、統計が始まった明治23年の年間2,566klに対し、後期の明治40年には35,615klと約14倍にも増加している。市場の要請に応えられるシステムの登場であったといえるだろう。

複式化によって、各容器の機能も大きく進歩し、きめ細かな操作・管理ができるようになった。特に「麦汁濾過槽（ロイター独Läuterbottich）」では濾過の濁度や流量を監視・調節するための「ロイターバッテリー」など充実した機能が装備されている。

石炭による直焚きであった仕込容器の加熱方式も大きく変わった。釜の底部に設けられた2重壁構造のジ

ャケットに蒸気を通す「間接加熱方式」となり、材質も鉄製から加工が容易で熱伝導性の良い銅製が採用されていった。

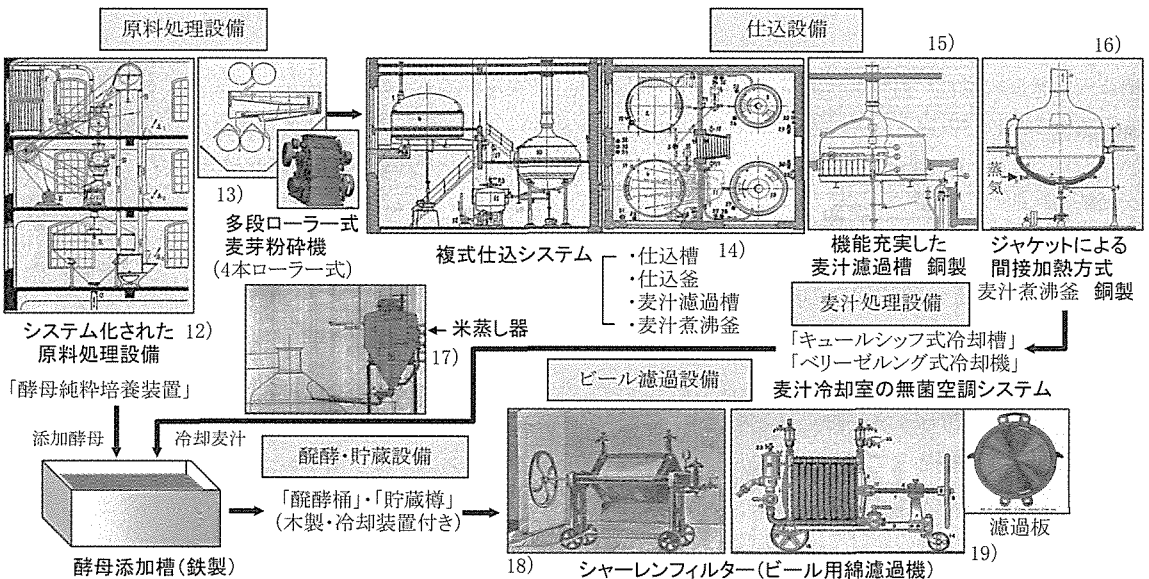
その他の設備としては、当時原料の一部として使用されていた米用の装置として「米蒸し器（独Reisedämpfapparat）」が設置されている。蒸気で前処理することで液化・糖化を補助し、仕込時間を短縮するために使用されたものであろう。

【麦汁処理設備】

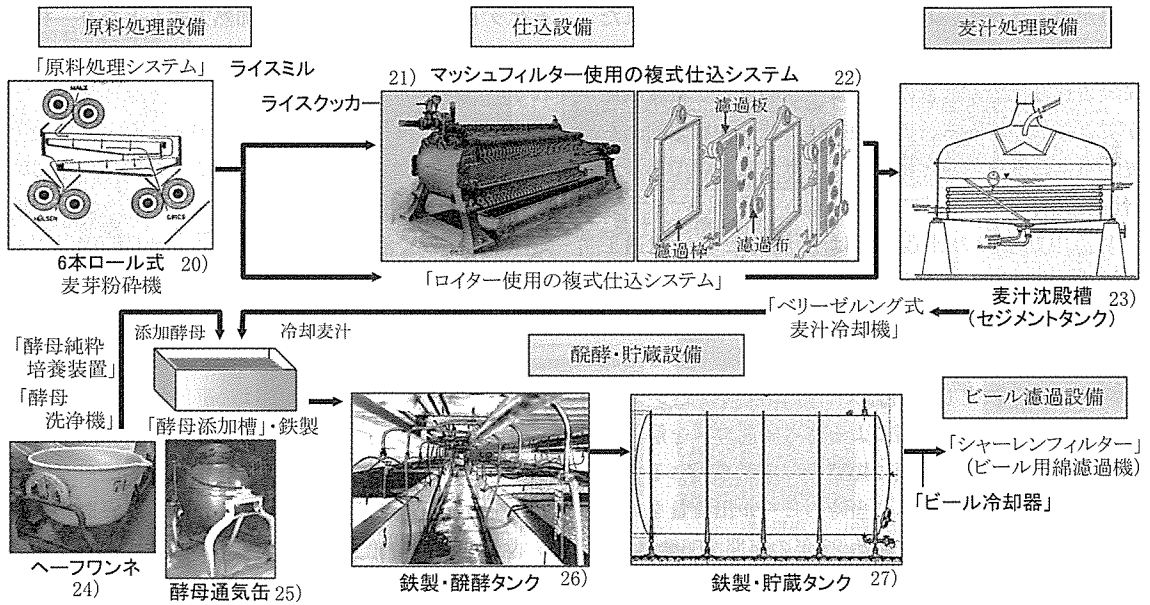
前項で登場した「キュールシッフ式冷却槽」および「ペリーゼリング式冷却機」は、室内設置とはいえ共に開放型であるため、冷却された麦汁は雑菌汚染の危険に曝される。この対策として「空気濾過機」が導入され、無菌空気で麦汁冷却室内が空調されるなど品質管理面でも改善が進んだ。

【醗酵・貯蔵設備】

酵母の添加・増殖のための装置として、「酵母添加槽（配入槽ともいう）」が醗酵桶の前段に導入されている。槽内に無菌空気を吹き込む通気管が装備され、酵母増殖を促して醗酵をスムーズに立ち上げることができる。当時は約2仕込分容の鉄製角型容器で、ここから醗酵桶に小分けされる方式になった。そのほか酵母関連では、醗酵後の回収酵母から夾雑物を除去し洗浄するための「酵母洗浄機」が設置されている。醗酵桶および貯蔵樽は、3～4kl/基に増容されているも



第4図 明治後期のビール醸造設備



第5図 大正・昭和初期のビール醸造設備

の未だ木製である。

【ビール濾過設備】

前項で明治中期には導入されていた「ビール濾過機」は、第4図に示した左側のビール濾過機である。濾過板が角型の初期のもので、明治25年(1892年)に大阪麦酒吹田村醸造所に設置された。後期以降は右側のような円型のタイプに替わっている。皿のような濾過板の形状から通称「シャーレンフィルター(独 Schalenfilter)」と呼ばれている。多数の濾過板の間に円盤状に成型した綿を組み込んで濾過する方式のものである。付帯設備として「濾過綿洗浄殺菌機」と「成型機」がある。ビール濾過機によって製品の品質安定性は飛躍的に向上し、ビールの普及に果たした貢献は計り知れないものがあつたであろう。

5. 大正～昭和初期の醸造設備

— 高能力化 —

関東大震災(大正12年)や世界恐慌(昭和4年～)による一時的な低迷の時期があつたものの、ビール需要の上昇傾向は変わらず、昭和14年(1939年)には31万klを超える戦前での最高出荷量を記録した。従つてこの時期も工場の新設や増設が盛んに行われ、能力増強のための新たな設備が導入されていった。第5図にこの時期の主要な醸造設備構成を示す。

【原料処理設備】

明治後期に導入されていた可能性も否定できないが、この時期には明確に「6本ロール式麦芽粉碎機」が設置されている。これは4本ロール・2段粉碎式よりもさらに高機能の「3段粉碎方式」のものである。よりきめ細かな粒度調整が可能で、多少質の劣る麦芽でも適切な粉碎を行える利点がある。品質改善に加え、粉碎時間や麦汁濾過時間の短縮など仕込能力の増強に寄与するものであつた。

副原料である米の粉碎用に「ライスミル」が使用されている。粉碎機としては単純な構造のものであつたと思われるが、これも糖化を容易にして仕込時間を短縮するための装置であつた。

【仕込設備】

大正12年(1923年)に新たな麦汁濾過装置として「マッシュフィルター(独 Maischefilter)」が導入されている(第5図)。従来の麦汁濾過槽(ロイター)とは異なり、図のように多数の濾過板と濾過枠で構成された麦汁濾過機である。ポンプで濾過枠に押し込まれた「もろみ」は、濾過板に取り付けた濾過布(木綿製のちに合成繊維製)で濾過される。利点としては、加圧濾過方式なので短時間で濾過ができ、1日当たりの仕込回数が増加できることであつた。反面、布の脱着・洗浄など人手作業を要する短所も伴つた。いずれ

にしても大正末期以降、日本のビール工場では麦汁濾過装置が「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た。

仕込時間短縮の装置としては、副原料として使用されていた米専用の蒸煮釜も大正年代から使用されている。ライスクッカー（英 Ricecooker）と呼ばれているもので、釜内に蒸気を吹き込む多数のノズルと攪拌機を装備した構造の容器である。加圧蒸煮式であるため短時間で米を粥状に処理できるのが特徴である。

**【麦汁処理設備】**

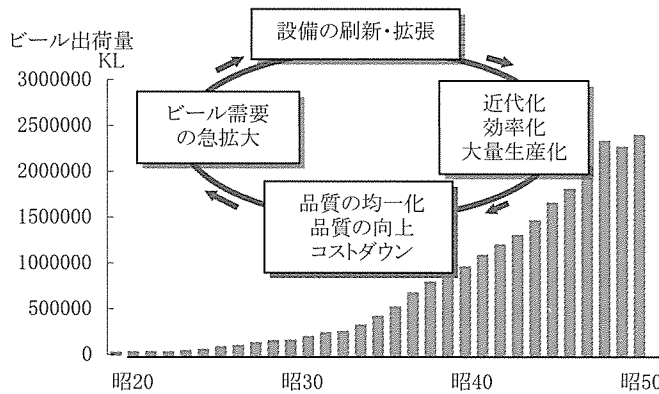
「キュールシッフ式麦汁冷却槽」に替わり、半密閉型の「麦汁沈殿槽（独 Setzbottich）」が大正2年（1913年）に大日本麦酒目黒工場に導入されている。英語読みで「セジメントタンク」とも呼ばれ、第5図に示したものはその一例である。図ではタンク内に冷却用コイルが装備されているが、実際のものがどうだったかは不明である。プレート式熱交換器など麦汁冷却機能

が充実してきた後年にはタンク内冷却装置は見られない。麦汁冷却にはまだ「ペリーゼリング式麦汁冷却機」がこの時期も使用されている。

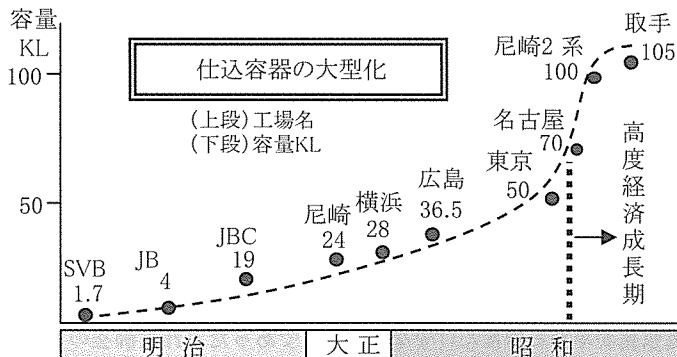
**【醱酵・貯蔵設備】**

大正期後半頃に「鉄製」の醱酵タンク・貯蔵タンクが導入されている。醱酵タンクは開放型・角形で、醱酵桶の場合と同様に冷却水を通す冷却管がタンク内に装備されている。内部はピッチで塗装され、底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。第5図の写真は昭和7年撮影の大日本麦酒目黒工場の醱酵室である。貯蔵タンクは円筒横置型の形状で、室内冷却方式のみである点は変わらない。

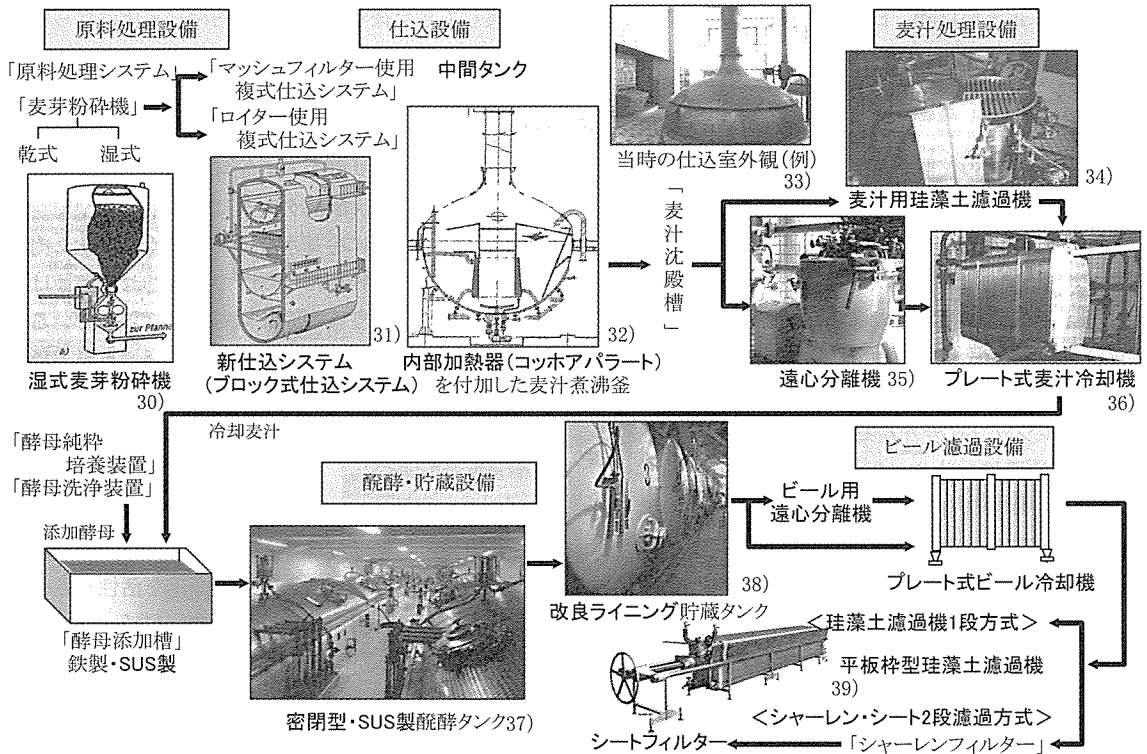
酵母関連設備では、大正4年（1915年）に「酵母通気缶（独 Hefeaufziehapparat）」と呼ばれる装置が導入されている。保存酵母を入れた缶内に少量の麦汁を加え、無菌圧縮空気を吹き込んで酵母を活性化させる装置である。また昭和2年（1927年）に「ヘーフワンネ（独 Hefewanne）」が設置されたとの記録がある。



第6図 戦後～昭和40年代のビール需要と設備の特徴



第7図 ビール工場の「麦汁煮沸釜」容量の推移 (キリンビール社関係における例)



第8図 戦後～昭和40年代のビール醸造設備

これはアルミ製で容器の回転が容易な構造になっており、酵母の洗浄・水替え作業に便利な装置であった。

【ビール濾過設備】

シャーレンフィルターで濾過されたビールをパッケージング工程へ送るラインの中間に「濾過溜めタンク（プレッシャータンクともいう）」が大正後期から設置されている。工程間の変動を吸収するクッション的な役割を果たすことで、稼動安定化に大きく寄与するものであった。なお、詳細は不明だがビール濾過工程での液温上昇を防ぐための「ビール用冷却機」もこの時期から使用され始めている。

6. 戦後～昭和40年代の醸造設備  
— 近代化・大量生産化 —

戦後の復興を経て、昭和30年代・40年代と、高度経済成長を背景にビール醸造設備は新たな発展を遂げていった。第6図に当時のビール出荷量の推移と諸要因の相関を示す。設備の近代化が単なる増産だけでなく品質の大幅な改善をもたらしたことも需要を押し上げた大きな要因と考えられる。第8図に近代化されたこの時

期の主要な醸造設備構成を示す。

【原料処理設備】

麦芽の穀皮部分は麦汁濾過の際の濾過層を形成する重要な役割をもつ。麦芽の粉碎工程で出来るだけ穀皮を粉碎しないようにするため、粉碎前の麦芽に加湿処理を行う方法が考案された。これを「湿式粉碎法」といい、従来法を「乾式粉碎法」と呼ぶ。当初の方法は、粉碎機上に備えられた浸漬ホッパー内で麦芽を温湯に浸漬させ加湿させる方式であった（第8図）。これは後に述べる「新仕込システム」に付帯する設備として導入されたものである。後年になるとより効果的な加湿方法が考案され、様々な湿式麦芽粉碎機が導入されている。

【仕込設備】

工場新設が盛んに行われた中で、設備は「大量生産型指向」を強め、例えば海外で60kl規模までが一般的であった麦汁煮沸釜の容量は、昭和30年代後半には100kl規模にまで巨大化した（第7図）。一方、将来の生産規模拡大を見越して、限られた工場スペース



を有効に使うためのコンパクト化された「新仕込システム」も登場した。西ドイツ・Ziemann社が開発した立体重層構造の「ブロック式仕込システム」や同・Steinecker社が開発した「ハイドロオートマティック仕込システム」などである。但し、様々な面でコンパクト化ゆえの欠点も多く、それほど普及することはなかった。

前述した麦汁煮沸釜の大型化に伴って、必要な釜の加熱ジャケット面積を確保することが設計上難しくなってきた。この問題の解決策として、釜内にも加熱装置を設置する方式が考案された。第8図に示す内部加熱器「コッホ・アパラート（独 Kochapparat）」である。これは釜内の中央部に設置された中空の筒型のもので、筒内に高圧蒸気を通す装置である。これを契機にして、麦汁煮沸の方式はその後「内部加熱方式」に大きく転換していくことになる（後述）。

容器の大型化の他に、1日あたりの仕込回数を増やす工夫も行われた。麦汁煮沸工程の前に濾過の終わった麦汁を溜めおく「中間タンク」が考案されたのである。前の仕込が麦汁煮沸中でも「中間タンク」に濾過麦汁を移すことで次の麦汁濾過工程を開始できるため、待ち時間が省かれ仕込時間の短縮化が図られたのである。タンク1基の増設で仕込回数が4～5回/日から6～7回/日に増加する効果をもたらしたという。中間タンクの発想は、昭和30年前後にかけて各ビール会社の数工場それぞれ独自に考案されたものであった。当時の生産現場がいかに増産に向けて知恵を絞っていたかを物語る事例といえよう。

ビール工場での省エネルギーの取り組みとして、麦汁煮沸釜の排蒸気から熱を回収する「排熱利用コンデンサー」が昭和36年に導入されている。熱回収された80℃の湯は、製造ラインの洗浄・殺菌用などに効果的に利用された。

#### 【麦汁処理設備】

熱凝固物を確実・迅速に除去するための「遠心分離機」が麦汁沈殿槽の後に導入された。第8図の写真は昭和28年に麒麟麦酒広島工場に導入された初期タイプのものである。一方、これとは別に「珪藻土濾過機」を使う方式が昭和33年日本麦酒目黒工場に導入されている。「垂直リーフ型」と呼ばれるタイプで、垂直に並んだ濾過板に珪藻土をコーティングして濾過する方式のものであった。麦汁処理法も二通りの方式

が存在したことになる。

麦汁処理工程での大きな変化は、ベリーゼリング式などの開放型麦汁冷却機から密閉型の「プレート式麦汁冷却機（英 Platecooler）」へ切り替わったことである。冷却効率やメンテナンス性の改善とともに、開放型におけ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。第8図に掲載の写真は、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。

#### 【醗酵・貯蔵設備】

鉄製醗酵タンクの内部塗装は昭和30年代に入ってからプロドフィルムなどの樹脂塗料へと改良が進み、さらには塗装不要な「ステンレス製醗酵タンク」へと切り替わっていった。またステンレス製への移行とともに、醗酵によって発生する炭酸ガスの回収再利用や醗酵室の環境改善（酸欠防止）を目的とした「醗酵タンクの密閉化」も全面的に進められていった。

貯蔵タンクもまた内部塗装の改良が進んだ。800～900℃の高温で鉄にガラスを焼き付ける「ガラスライニング」の技術が、昭和29年の神鋼ファウドラ（株）の設立によって日本に導入されたのである。洗浄性やメンテナンス性に優れた「ガラスライニング貯蔵タンク」はその後広く普及していった。

#### 【ビール濾過設備】

昭和29年（1954年）、日本麦酒川口工場および目黒工場において前述の麦汁用と同じ「垂直リーフ型珪藻土濾過機」がシャーレンフィルターの前段に導入された。その後30年代に入ると濾過精度のより高い「平板枠型（フィルタープレス型）珪藻土濾過機」が導入され、シャーレンフィルターに替わる濾過機として使用されるようになった（第8図）。他方、ほぼ同時期に従来のシャーレンフィルターの後段に「シートフィルター（独 Schichtenfilter）」を設置する濾過方式も登場した。いずれの新型濾過機も多数の濾過板の間に濾過紙を挿入する構造は良く似たものであるが、シートフィルターの場合は珪藻土は使用せずに厚手の濾過紙で直接濾過する方式であった。ビール会社によって二通りのビール濾過方式が採用されていったことになる。なお、ビール濾過機の前処理用に「遠心分離機」が、さらに「ビール濁度計」や炭酸ガス含量調整用の「カーボネーター」など、濾過工程を充実させる設備が昭和30年前後から設置されている。

## 7. 昭和40年代～現在の醸造設備 — 大型化・高度化・自動化 —

昭和40年代に入っても旺盛なビール需要は続き、醸造設備の方向は更なる「大型化」や設備機能の「高度化」、さらには厳しいコスト競争に対応するための「自動制御化（省力化）」へと向かっていった。また、この時期の特徴は、国内ビール各社の研究開発体制の整備・強化が図られ、工程における諸現象のメカニズムや香味成分などの解明が急速に進んでいったことである。このことは、新たに登場する「麦汁煮沸釜の加熱システム」や「大型シリンδροコニカルタンク」などの導入およびその後のハード・ソフトの改良を促進する大きな原動力となった。この時期の主要な醸造設備構成を第9図に示す。

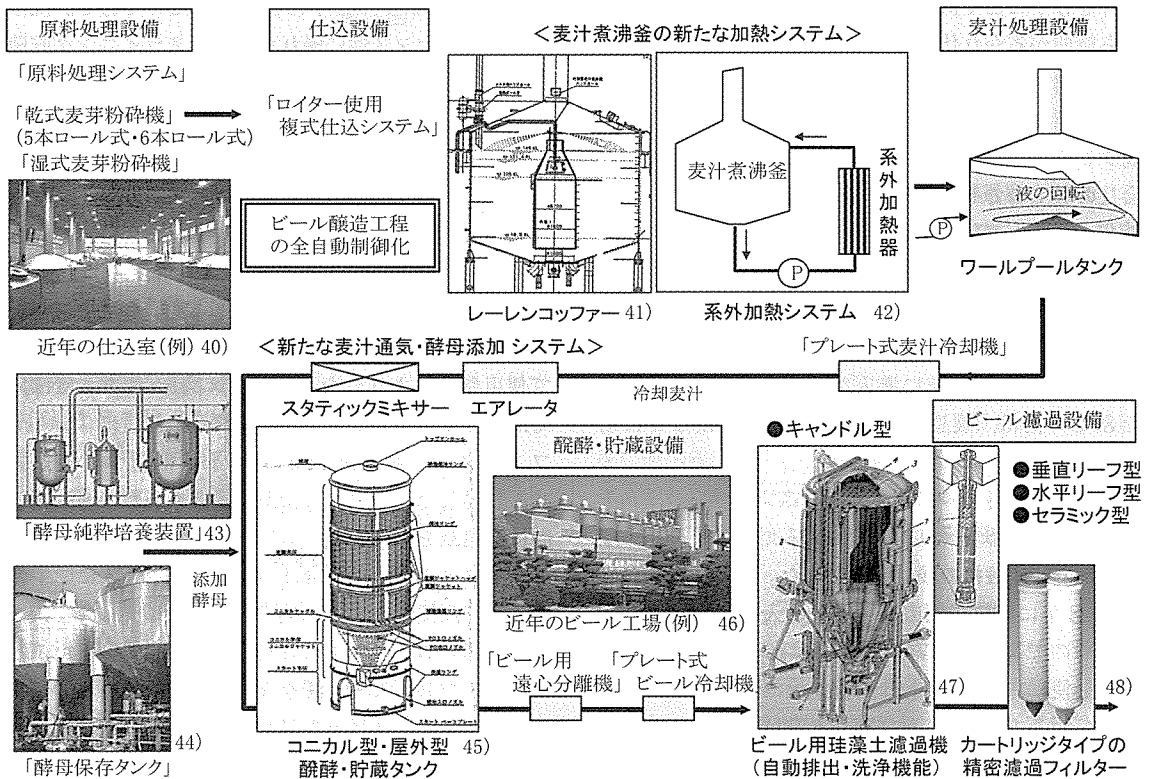
### 【原料処理設備】

原料の計量は「ひずみゲージ式ロードセル」による方式となり、その他の設備も機能や信頼性の改善によって自動化が進み、原料処理全工程の自動制御・集中

管理化へと発展していった。原料ホップの形態が、扱いやすい粒状に加工された「ペレット」タイプに改良されたことも工程の完全自動化を可能とした要因の一つであった。

### 【仕込設備】

仕込容器も昭和50年代になると「ステンレス製」へと切り替わっていった。銅の加工職人の減少や漏れなどのメンテナンス上の問題のほかに、加熱方式がジャケット構造を不要とする「内部加熱器による方式」に変わっていったことが大きな要因であった。内部加熱器自体も改良が進み、円筒状の加熱器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「レーレン・コッファー（独 Röhrenkocher 管状の煮沸器の意）」が導入された。この方式は現在も麦汁煮沸のメインシステムとなっている。このほか煮沸釜の外に同様の加熱器を設置して麦汁を循環させる「系外加熱システム」も導入されたが、国内ではそれほど普及していない。加熱方式の進歩により仕込容器の大型化がさらに進み、麦汁煮沸釜で140klを超えるまでになった。



第9図 昭和40年代～現在のビール醸造設備

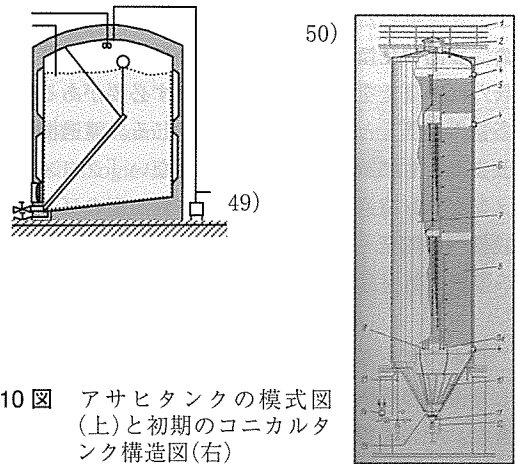
なお、近年は、麦汁煮沸の排蒸気を「蒸気」として再使用する「蒸気再圧縮法（VRC）」による省エネルギーシステムが仕込工程に導入され、大きな省エネ効果を挙げている。

#### 【麦汁処理設備】

麦汁処理工程を一変させた「ワールプールタンク（英 Whirlpool tank）」が昭和40年代に導入されている。第9図の絵のように、円形の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、いわゆる”Teacup effect”の原理を応用して固形物を底部中央に集積させる方式である。遠心分離機も珪藻土濾過機も不要な省エネ・省資源型設備であり現在もこの方式が使用されている。

#### 【醗酵・貯蔵設備】

昭和40年に、大型の発酵・貯蔵用タンクが国内で開発・設置された。通称「アサヒタンク」と称された容量150～500kl規模のタンクである（第10図）。他方、欧州においても同様に大型の「シンドロコニカルタンク（独 Zylindrokoniischer Tank）」が開発された。いずれのタンクもこれまでにない屋外設置型であり、円筒・堅型の形状でタンク外面に冷却用ジャケットが装備されている。シンドロコニカルタンクの利点は、その名の通り底部が逆円錐形になっていることからタンク内の対流が促され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ことであった。いずれにしても醗酵・貯蔵容器についても大型化の時代が到来したことになり、上記の利点を持つ「シンドロコニカルタンク」が昭和50年代半ばから国内で本格的に導入されていった。当時は200～300kl規模であったが、現在では600kl規模まで大型化が進んでいる。形状も第10図のようなペンシル型から、径が大きく高さもより低めの形状（第9図）へと改良されてきている。なお、コニカルタンクの導入に伴い、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」が行われるシンプルな方式に替わった。同様に酵母の回収・洗浄作業も簡素化された。コニカルタンクの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のである。酵母洗浄機は不要となり、酵母保存タンクのみとなった。コニカルタンクの洗浄はCIP装置の設置で自動化さ



第10図 アサヒタンクの模式図（上）と初期のコニカルタンク構造図（右）

れ、後述する自動化されたビール濾過機の登場によって「醸造工程の全自動制御化」が可能となった。酵母純粋培養装置もステンレス製容器となり、培養室内で5kl規模の培養が行えるまで大型化している。

#### 【ビール濾過設備】

様々なビール用珪藻土濾過機の開発・改良が行われ、自動化された多彩な機種が登場している。これらは珪藻土を保持する担体の形態によって、キャンドル型、垂直リーフ型、水平リーフ型、セラミック型などに類別される。第9図に構造図を示した「キャンドル型珪藻土濾過機」は、ステンレスワイヤーがスパイラル状に巻いてある長さ1～2m、径25～35mmの円筒状の担体（キャンドル）が数100本缶内に装着されているものである。構造が簡単で操作性が良く濾過精度が高いため、現在の濾過機の主流となっている。

サントリー社が昭和42年（1967年）に発売した「壇詰生ビール・純生」のビール濾過システムには、珪藻土濾過機の後段にマイクロフィルターと称された「メンブランフィルター」が設置されていた。絶対孔径（ポアサイズ）を有する樹脂ポリマー製の薄膜状の精密濾過フィルターで、一定孔径以上の微粒子や微生物は100%除去できる特性をもつ。当時はディスクタイプのものを多数取り付ける方式で手数が掛かったが、壇詰・缶詰生ビールが一般化した現在は濾過面積が大きく装着が簡便なカートリッジ式のフィルターに改良されている（第9図）。メンブランタイプのほかにディスタタイプのフィルターもあり、各々の特性を生かしながら組み合わせて使用されている。

近年はビールの多品種化が進み、生産現場では「単

品大量生産」から「少量多品種生産」へと転換している。多品種生産に伴うビール濾過の液種切り替えには新たに珪藻土をコーティングし直す必要があるため、多量の珪藻土とビールのロスが生じる。濾過機構の改良とともに、濾過助剤を使用しない「クロスフローメンブラン濾過システム」など省資源型のビール濾過設備への開発・改良も進められている。

## 8. おわりに

日本のビール醸造設備は、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発展を遂げてきた。その過程を振り返って、日本におけるビール醸造設備発展の特徴を挙げるとすれば、それは「容器の大型化の追求」であったといえよう。仕込容器や醗酵容器の大型化にチャレンジする度に、香味の変化など新たに生じる諸現象の解明とこれを克服するための分析技術・醸造技術の開発・改良が常に求められてきた。このような醸造設備（ハード）と醸造技術（ソフト）のたゆまぬ「改善のサイクル」が、今日の世界に誇れる日本のビール醸造産業を確立させてきた原動力の一つであったと確信するものである。

この10数年、「発泡酒」や「第3のビール」へのソフトと合わせて全ビール系飲料の消費は毎年減少の傾向にある。このような中で今後のビール醸造設備はどのように展開していくのであろうか。完成度が高い現在のシステムから大きく変革していくことはないと思われるが、今後の重要なテーマとして挙げられている「省エネルギー・省資源」を中心とした新たなシステムの登場は今後さらに期待できるものといえよう。

### 本文の参考資料

- 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
- 吉田重厚：英独和ビール用語辞典（2004）（財）日本醸造協会
- （株）醸造産業新聞社：酒類産業50年 1953～2003（2004）
- 大日本麦酒（株）：大日本麦酒株式会社三十年史（1936）
- アサヒビール（株）：Asahi 100（1990）
- サッポロビール（株）：サッポロビール120年史（1996）

- サントリー（株）：日々に新たに サントリー百年誌（1999）
- 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒株式会社五十年史（1957）
- 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 戦後編（1969）
- 麒麟麦酒（株）：麒麟麦酒の歴史 続戦後編（1985）
- キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）
- 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）
- 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）
- 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
- アルファラバル（株）：遠心分離機に関する技術資料
- 伊藤忠産機（株）：Filtrox 珪藻土濾過機に関する技術資料
- （株）エヌ・ワイ・ケイ：タンクライニング技術に関する資料
- （株）荏原製作所：マッシュフィルターに関する技術資料
- （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
- 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
- （株）前川製作所：VRCに関する技術資料
- 三菱重工鉄構エンジニアリング（株）：コニカルタンクに関する技術資料
- （株）三宅製作所：仕込設備に関する技術資料
- 明治機械（株）：原料処理設備に関する技術資料
- アサヒビール（株）：アサヒビール社技術資料
- キリンビール（株）：キリンビール社技術資料
- サッポロビール（株）：サッポロビール社技術資料
- サントリー（株）：サントリー社技術資料

### 図・表の引用資料

#### 第1図

- 1) ビール酒造組合：ビール製造量・課税移出数量の推移（2008）（数値のみ）

#### 第2図

- 2) 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（書き

写し)

第3図

- 3) アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料
- 4) アサヒビール (株) : Asahi 100 (1990) P278
- 5) Jean De Cleack: "A Text Book of Brewing Vol.1" (1957) P341
- 6) サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 7) アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料
- 8) アサヒビール (株) : Asahi 100 (1990) P127
- 9) サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 10) キリンビール (株) : キリンビール社技術資料
- 11) サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P129

第4図

- 12) Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: "Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier" (1915) P270
- 13) George.W.A.Brischke,Dipl.Ing.Karl Kröger,A. J.Olberg,Dr.Ing.W.Schmid und Walter Wetzig: "Brauerei-Taschenbuch (1937) P90,P91
- 14) Karl Lense: "Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage" (1931) P97
- 15) H.Leberle und K.Schuster : " Die Technologie des Sudhauses" (1956) P250
- 16) Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: "Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier" (1915) P274
- 17) アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料
- 18) アサヒビール (株) : Asahi 100 (1990) P281
- 19) Karl Lense: "Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage" (1931) P236,P237

第5図

- 20) Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: "Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier" (1915) P272
- 21) Karl Lense: "Katechismus der Brauerei-Praxis,4 Auflage" (1931) P119
- 22) Dipl.-Ing.Wolfgang Kunze: " Technologie Brauer und Mälzer" (1967) P230
- 23) H.Leberle und K.Schuster : " Die Technologie des Sudhauses" (1956) P350
- 24) キリンビール (株) : キリンビール社技術資料

- 25) アサヒビール (株) : アサヒビール社技術資料
- 26) サッポロビール (株) : サッポロビール社技術資料
- 27) Dr.phil.W.Rommel,Dr-Ing.K.Fehrmann: "Chemische Technologie Der Gärungsgewerbe,Nhrungs und Genussmittel,Bier" (1915) P311

第6図

- 28) ビール酒造組合 : ビール製造量・課税移出数量の推移 (2008) (数値のみ)

第7図

- 29) キリンビール (株) : キリンビール社技術資料

第8図

- 30) Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: " Technology Brewing and Malting" (2004) P208
- 31) Dipl.-Ing.Wolfgang Kunze: " Technologie Brauer und Mälzer" (1967) P263
- 32) (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料
- 33) サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P436
- 34) サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P439
- 35) 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
- 36) サッポロビール (株) : サッポロビール 120 年史 (1996) P438
- 37) 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
- 38) 麒麟麦酒 (株) : 麒麟麦酒株式会社五十年史 (1957) 巻内写真
- 39) 伊藤忠産機 (株) : Filtrox 社珪藻土濾過機に関する技術資料

第9図

- 40) アサヒビール (株) : Asahi 100 (1990) P278
- 41) (株) 三宅製作所 : 仕込設備に関する技術資料
- 42) Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger: " Technology Brewing and Malting" (2004) P296 (書き写し)
- 43) Dr.-Ing.Karl Hennies und Ing.Robert Spanner: " Die Brauerei Im Bild" (1964) P168
- 44) キリンビール (株) : キリンビールの歴史 新戦後編 (1999) P155
- 45) 三菱重工鉄構エンジニアリング (株) : コニカル

タンクに関する技術資料

- 46) キリンビール（株）：キリンビールの歴史 新戦後編（1999）P148
- 47) Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger:”Technology Brewing and Malting”（2004）P464～465
- 48) 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

第10図

- 49) 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 P65（書き写し）
- 50) Dr.-Ing.Wolfgang Kunze und Dr. HJ Manger:”Technology Brewing and Malting”（2004）P421第1表
- 51) キリンビール（株）：キリンビール社技術資料