

泡盛醸造工程への太陽エネルギー利用の可能性に関する調査研究

化学室 照屋輝一
池間洋一郎
照屋比呂子

1 緒言

石油の枯渇化がすすみ、一方で多量の化石エネルギーの消費にもとづく熱汚染、大気汚染等の問題が顕現化しつつある中で、石油代替エネルギーの研究開発が、昭和49年7月に発足した「サンシャイン計画」を中心に積極的に推進されてきている。中でも、太陽エネルギー利用の太陽電池やソーラーシステムは実用段階に入りつつあり、その積極的利用を図るため、太陽エネルギーの豊かな沖縄地域をモデル地区とする利用システムに関する調査研究がすすめられている。^{1,2)}

沖縄における利用システムとして、離島用電源や農事用電源など多くのシステムが提案されている。その中で、産業用、特に製造業への太陽熱・光多目的利用システムが検討されることになり、そのモデルとして泡盛醸造が着目された。

泡盛は沖縄の主要な特産品で、県内に47工場、百近い銘柄があり、個々の工場規模は大きくないが県内の食品工業の中で占めるウエイトは大きく、その醸造工程において消費される電力及び熱エネルギーを太陽熱・光エネルギーでの代替について検討することは意義あるものと考えられる。

著者らは、著者らの一人が「太陽熱・光多目的利用モデル地区実情調査会科会（沖縄側）」の委員として参画しているところから、泡盛醸造工程における電力及び熱エネルギーに視点をおいた検討を行った。本報は、その調査結果とそれにもとづく「太陽熱・光多目的利用分科会（東京側）」の検討結果の概要について報告するものである。

2 泡盛の醸造工程と電力及び熱エネルギー

泡盛の代表的な醸造工程と消費されるエネルギーの形態は次のとおりである。

(1) 原料処理

泡盛の原料にはタイ砕米が用いられる。これを回転式ドラム製麴装置にとり、ドラムを回転させながら洗米し、さらに静置してしばらく浸せきし吸水せしめる。次にドラム軸部の送風口からの送風によりじゅうぶん水切りして、水蒸気により100～110℃で50分程度蒸煮する。したがって、この工程でのエネルギーは次のような形態になっている。

電力：ドラム回転用モーター及び送風機

熱：蒸気（現在：A重油だき貫流蒸気ボイラー）

(2) 製麴

製麴は2段に分けて行われる。すなわち、先ず回転式ドラム製麴装置により、蒸煮後送風により42～43℃に冷却し、種麴を接種してかきませ、送風及び回転により35→40℃に20時間程度保持する。次にこれを通風式製麴装置に移し、送風により冷却しながら33～36℃に20時間程度保持する。したがって、この工程では回転式ドラム製麴装置用の前記の電力に加えて、通風式製麴装

置用電力が必要とされる。

電力：通風式製麹装置用送風機

(3) もろみ

麹はタンクやかめなどの発酵槽にうつし、麹の160～180%の水を加え、酵母を入れて発酵させる。この際、冷水冷却ジャケットにより、発生する発酵熱を除去しつつ、もろみ発酵の最適温度25～28℃に10～14日間保持してもろみをつくる。したがって、この工程で消費されるエネルギーは次のようになる。

電力：冷却水循環ポンプ

熱：冷却水（現在：電動チラー）

(4) 蒸留

もろみは単式蒸留器に移され、蒸気ボイラーによりゲージ圧0.25～0.48 kg/cm²の蒸気をつくり、これを熱源として蒸留される。したがって、この工程でのエネルギーは次のようになる。

電力：冷却水循環ポンプ（井戸水）

熱：蒸留用蒸気（現在：前記蒸気ボイラー）

(5) 精製と貯蔵

蒸留後粉末ろ紙による粗ろ過を行うほか、和酒後、出荷前、貯蔵中の随所でろ過処理を行う。事業所によっては活性炭処理を行っているところもある。ろ過は過圧ろ過である。

貯蔵は、古酒では3年以上ねかされる。貯蔵には冷暗所が、少くとも室温25℃以下が望ましい。その目的は、原酒中の溶存酸素量を多くし、リノール酸などの高級脂肪酸の酸化分解を促進し、熟成効果を高めることなどにある。そのために、現状ではほとんど行われていないが、冷房設備化が望まれる。したがって、精製及び貯蔵の工程でのエネルギーは次のようになる。

電力：加圧ろ過装置

熱：冷房（現在：行われていない）

3 泡盛醸造工場への太陽熱・光ハイブリッド利用

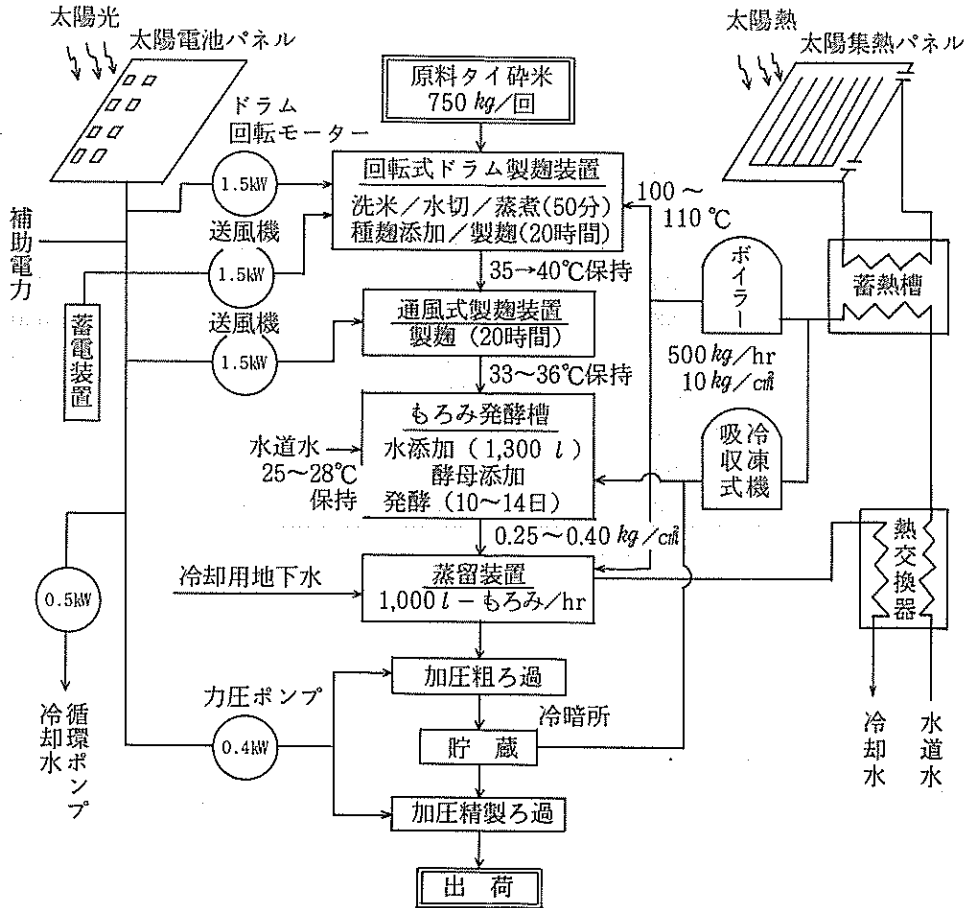
太陽エネルギーの利用システムとして実用段階に入っているもの、あるいは入りつつあるものとして、熱エネルギー利用のソーラーシステムと光エネルギー利用の太陽電池による太陽光発電システムがある。その両者を前述の泡盛醸造工程における電力及び熱エネルギーの代替エネルギーに利用する視点で整理すると次のようになる。

①太陽熱を「蒸気生成」のプロセスで、太陽熱集熱器により80～90℃程度まで予熱する熱源として用い、原料処理及び蒸留における重油消費量の低減を図る。また、ソーラーシステムにより現在電動チラーが用いられているもろみ発酵工程での冷却水の供給及び貯蔵室の冷房を行う。

②太陽電池を醸造工程中の「ドラム回転用モーター」、「送風機」、「冷却水循環ポンプ」、「加圧ろ過装置」等の電源や一般負荷電源として利用する。

図1は、月産100石（＝18,000 l）程度の中規模の泡盛醸造工場を実地調査し、同工場をモデルにして作成した太陽熱・光ハイブリッド利用の系統図を示したものである。図中のモーター、送風機、ポンプ等の電力やボイラー等の能力は同工場で現在使用されている機械装置の数値である。

また、表1は昭和56年9月から昭和57年8月までの同規模工場における月別生産高と電力及びA重油使用量の一例を示したものである。



生産規模：100石 (= 18,000 l) / 月、工場：600 m²

図1 泡盛醸造工程への太陽熱・光ハイブリッド利用系統図

表1 泡盛製造工場の月別生産高と電力及び重油使用量

(T工場：100石 (= 18,000 l) / 月規模)

月 別	生産高 ※ (l)	電力使用量 (kWh)		A重油仲用量 (l)
		200 V	100 V	
昭和56年 9月	22,446	1,051	191	1,855
10	11,317	1,647	226	1,310
11	11,276	1,175	152	2,170
12	22,804	1,082	137	1,990
昭和57年 1月	22,870	1,108	123	1,573
2	11,539	888	111	1,530
3	23,121	1,045	109	2,145
4	11,426	1,231	144	○ 2,373
5	○ 25,058	1,092	136	2,050
6	11,262	1,115	156	1,620
7	22,329	1,334	181	2,160
8	△ 10,717	1,532	205	△ 1,200
合 計	206,165	14,300	1,871	21,976
月 平 均	17,180	1,192	156	1,831

※ 30%乙種焼酎としての生産高

(注) 生産高、電力検針、重油精算の日がそれぞれ異なるために生産高と電力及び重油使用量は月別で直接相関できない。

4 太陽エネルギー利用システム

以下は、前記の著者らの調査結果にもとずいて、「太陽熱・光多目的利用分科会」の検討結果の概要である。

4・1 太陽熱利用システム

太陽熱を、図2のシステムフローに示すように、蒸気ボイラーの給水予熱と貯蔵室の冷房へ利用する。

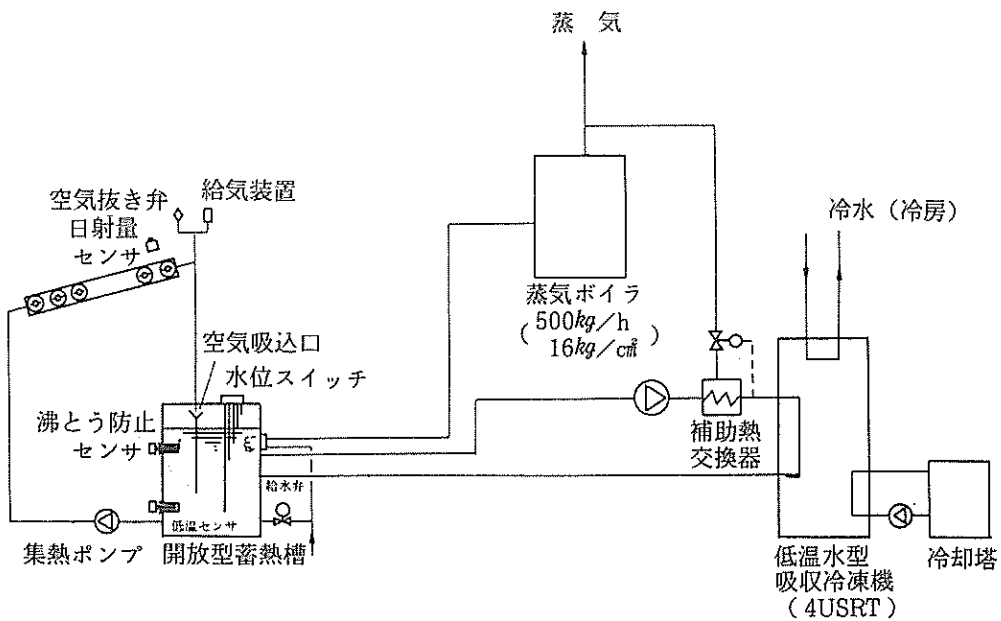


図2 太陽熱利用システムフロー²⁾

(1) 蒸気ボイラーの給水予熱条件

表1の月平均A重油使用量1,831 lから、A重油発熱量8,400 kcal/l、ボイラー効率0.75、市水温度25℃、1か月の使用日数25日として、1日の平均給水量を750 lと推定し、毎日750 lの給水を市水温度から85℃まで太陽熱で予熱する。

(2) 貯蔵室の冷房条件

貯蔵室の床面積を70 m²、冷房負荷150 kcal/m²h、冷房温度25℃、冷房期間4月～11月とし、冷房時間は冷房期間中毎日午前9時から6時までの9時間とする。

(3) 太陽集熱器の必要台数

蒸気ボイラーの給水予熱には、太陽集熱器の集熱面積当りの給湯量を80 l/m²として、750 / 80 = 9.4 m²の集熱面積が必要とされる。

貯蔵室の冷房には、冷房条件より吸収式冷凍機の能力は、70 × 150 = 10,500 kcal/hrで、4 USRTあれば十分で、冷凍能力あたりの集熱面積を10 m²/USRTとすると、4 × 10 = 40 m²の集熱面積が必要とされる。したがって太陽集熱器の総必要面積は、49.4 m²となる。

そこで、太陽集熱器として高温集熱時の集熱効率のすぐれた真空緩型のSTC-BH 250(太陽光線吸収率0.91以上、放射率0.12以下、集熱面積1.75 m²)を採用すると、必要集熱器台数は、49.4 / 1.75 = 28.3で、30台とする。

(4) 集熱シュミレーション

集熱器30台を集熱板傾斜角20°、方位角0°(真南)で設置し、前記の給水予熱及び冷房条件での集熱シュミレーションを行う。その詳細は略するが、その結果は次のようになる。

- ① 給水予熱については市水温度から85℃まで年間負荷のうち84%が太陽熱でまかなえる。その量は12,200,000 kcal/年で、前出の重油発熱量及びボイラー効率で換算すると年間で約

2,000 l の A 重油（現在使用量の約 8.8 %）が節約できる。

② 冷房については年間冷房負荷のうち約 59 % が太陽熱でまかなえる。

4・2 太陽光利用システム

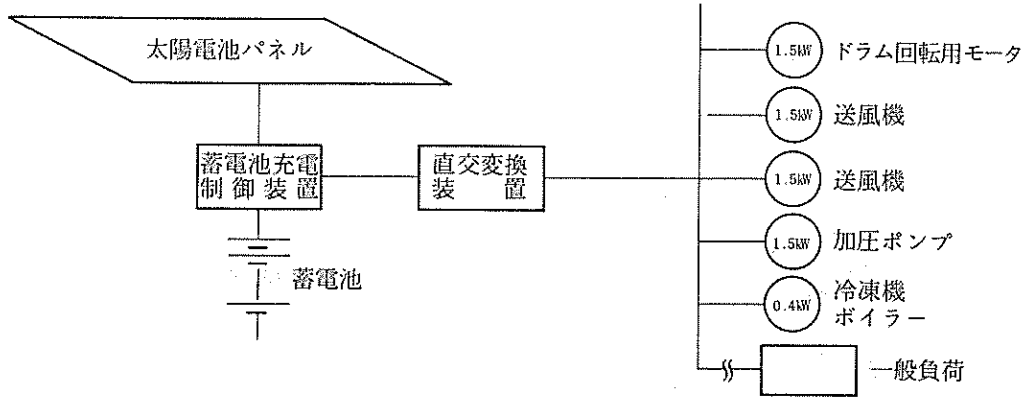


図3 太陽光利用泡盛醸造システム電源構成²⁾

図3は、泡盛醸造工程への太陽光利用による電気系統図である。表1から、月産18kl程度の泡盛醸造工場の年間使用電力量は約16,000kWhである。この電力を全て太陽電池から得ようすると、その所要容量は次のようになる。すなわち、

- ① 沖縄の平均傾斜受光エネルギー：3,630 kcal/m²/日
- ② 回路損失、光透過率低下などの補償係数：1.4
- ③ 蓄電池の充放電損失補償係数：1.2
- ④ 直交変換装置の変換効率：85%
- ⑤ 太陽電池パネルの仕様：表2
- ⑥ 直流電圧：300V、配線による電圧降下：3%

の条件で容量を算定すると太陽電池パネル容量は約21kWとなり、パネル総数は150枚となり、設置面積効率を0.9として、所要面積は280m²となる。

次に蓄電池を、当面の実用性から鉛蓄電池とし、補正係数1.23、無日照時間を1週間とし、太陽電池パネルの算出条件とあわせて算出すると、蓄電池は1,800Ahのセルが直列に150個必要となる。そのために、長さ約4m、高さ約1m、奥行約1.2mの架台が6組必要となる。

以上の結果と図3の構成要素からシステムコストを算出したのが表3である。設置面積としては

表2 太陽電池パネルの仕様と諸元²⁾

No.	項 目		
1	公称出力電力 (Pmax)		41.2 W
2	最適動作電圧 (Voc)		20.6 V
3	最適動作電流 (Iop)		2.0 A
4	耐電圧 (AC、1分間)		2,000 V
5	寸 法 (mm)	長さ	1,216
6		巾	406
7		厚さ	50
8	重 量		8 kg

泡盛醸造工場の屋根上に十分設置可能であるが、蓄電池及びその関連コストが将来コストでも約60%を占め実用化は極めて困難と考えられる。したがって、実用化のためには蓄電池を用いず商用電力、あるいは自家用ディーゼル発電との並列運転をすることがより实际的と考えられる。

表3 太陽熱・光利用泡盛醸造システム電源部コスト予想²⁾

(単位：千円)

No.	品 名	仕 様	現 状 コ ス ト		将 来 コ ス ト	
			単 価	コスト	単 価	コスト
1	太陽電池パネル	21 kW	2.5千円/W	52,500	0.4千円/W	8,400
2	同上設置費	280 m ²	10千円/m ²	2,800	5.0千円/W	1,400
3	蓄電池	1,800AH×150セル	200千円/kWh	108,000	20千円/kWh	10,800
4	同上用建屋及び設置費	100 m ²	100千円/m ²	10,000	100千円/m ²	10,000
5	直交変換装置他	20 KVA	400千円/KVA	8,000	200千円/KVA	4,000
6	合 計	—	—	181,300	—	34,600

5 結 言

本報告は、泡盛醸造工程で消費される電力及び熱エネルギーを、実用段階に入りつつある太陽電池やソーラーシステムによる太陽エネルギー利用での代替の可能性について調査検討したものである。

泡盛醸造工程には随所に電力及び熱エネルギーが関与しており、太陽熱・光ハイブリッド利用のモデルシステムとして好個のものであることがわかった。しかしながら、これまでエネルギーの視点からの検討はほとんどなく、エネルギーバランスについての資料が無いため、工場現場に設置された機械装置の能力をそのまま利用した。そのため、シミュレーションの結果は若干過大なものになっていると考えられる。

太陽熱利用で、蒸気ボイラーのA重油使用量の約8.8%が節約でき、冷房もその負荷の約59%がまかなえることがわかった。さらに、もろみ発酵槽の冷却水製造用に1.65 USRT能力の電動チラーが設置されているが、これも吸収式冷凍機により太陽熱利用が可能と考えられる。また蒸留の廃熱の併用も考えられる。泡盛醸造工程のより正確な熱バランスを検討し、高効率低コストのシステム構成を図ることによって実用化の可能性は大きいと考えられる。

太陽電池による電源部の代替は、現在のところ蓄電部分の占めるコストがネックとなって実用化は困難と考えられる。最低限の蓄電容量を有する太陽光発電システムと自家用ディーゼル発電とのハイブリッド利用が実用化のための実際的方針として考えられる。

謝 辞

本調査研究では、津波古充康氏ほか太平酒造場の方々に多大の御協力をいただきました。また、関係各位の御好意により下記の参考文献より多くを引用させていただきました。記して、深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) (財)新エネルギー財団、(財)地域産業技術振興協会：昭和56年度サンシャイン計画委託調査研究成果報告書「太陽エネルギーシステムの研究（利用システムの研究）」(昭和57年3月)
- 2) (財)新エネルギー財団、(財)地域産業技術振興協会：昭和57年度サンシャイン計画委託調査研究成果報告書「太陽エネルギーシステムの研究（利用システムの研究）」(昭和58年3月)

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。