

ビール工場の排水処理設備で発生するバイオガスを利用したコージェネレーション設備

真下尚男・関靖仁

キリンビール(株)神戸工場では、ビール類製造工程から生じる排水を嫌気排水処理設備により処理することで、副生成物としてバイオガスを回収している。回収したバイオガスを余すことなく利用する方法として、バイオガス式コージェネレーション設備を導入することにより、主に電力にてエネルギー回収・利用する方式が最適であった。本稿では、バイオガス式コージェネレーション設備を導入するに至った経緯や設備稼働状況について紹介する。

キーワード：コージェネレーション、バイオガス、嫌気排水処理、バイオマス燃料、地球温暖化防止

1. はじめに

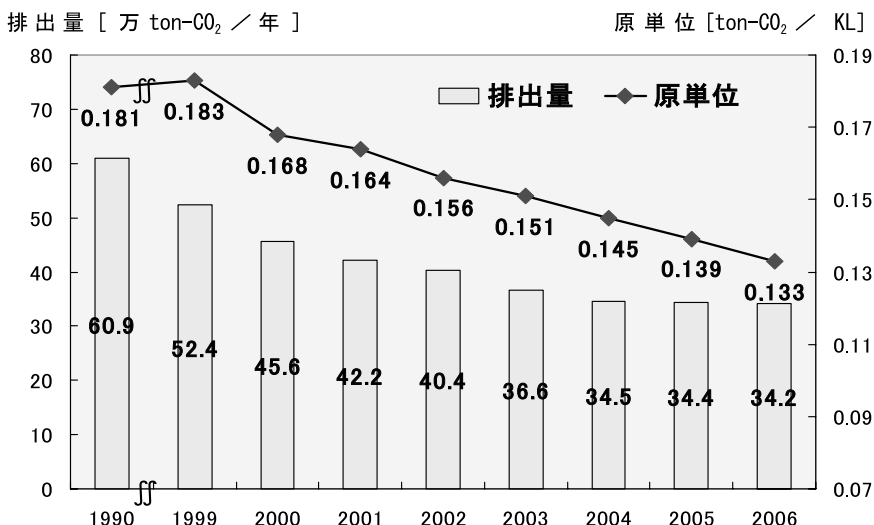
キリングroupでは、炭酸ガスなどの温室効果ガスの排出量削減を、環境における重要な行動目標と定めて事業活動を行っている。特に炭酸ガス排出量の多いビール工場では、2010年までに総排出量・原単位ともに1990年比で25%以上削減という目標を掲げ、「省エネルギーの推進」、「燃料転換」、「バイオガスの有効活用」などの主要施策に取り組み、2006年末には目標を前倒して達成した(図-1)。さらに、2007年からの3カ年中期経営計画では、2009年までに総排出量、原単位ともに1990年比35%削減を目標として掲げて活動している。

前述の主要施策は次のとおりである。

(1) 省エネルギーの推進

ビール類製造に使用するユーティリティ(電力・熱源としての蒸気・用水)そのものを削減することで、炭酸ガス排出を抑制する取り組みである。ビール類製造工程中に潜むあらゆる無駄の抽出と改善の継続的実行、高効率機器への機器更新・導入、ビール製造方法のあり方にまで踏み込んだエネルギー使用方法の見直しなどを行っている。

用水を削減すること(節水)は、用水移送用電力の削減や、昇温に必要な熱量の削減が可能となるため、省エネルギーにつながる。それゆえ電力・蒸気の削減同様、積極的に取り組んでいる。



※化石燃料系 CO₂ 排出量：化石燃料と購入電力由来の炭酸ガスを合算したもの
 ※購入電力由来の炭酸ガス排出量は各電力事業者から提供された排出係数を使用し算出

図-1 年間炭酸ガス排出量と排出原単位の推移(ビール工場全体)

(2) 燃料転換

従来、多くのビール工場の燃料は A・C 重油を使用してきた。これを炭酸ガス排出量のより少ない天然ガスへの燃料転換（燃料の炭酸ガス排出係数で約 30% 減）を積極的に進めている。ビール工場では、付近にガス導管のない 2 工場を除き 9 工場が天然ガスへの燃料転換を完了した。

(3) バイオガスの有効活用

ビール類製造工程から生じる排水を処理するために嫌気排水処理設備を積極導入している。この嫌気処理は、好気処理と比べ電力使用が少なくて済むことや、発生する汚泥が少ないのが特長である。加えて最大の特長として、副生成物としてバイオガス（主成分：メタン約 80%）を回収可能であることが挙げられる。これを燃料として再利用できることから化石燃料消費を節約することができ、環境負荷はより低減される。

なお、ビール工場の排水は、穀物原料由来の高濃度

有機物が含まれ、ここから取り出すバイオガスはバイオマス燃料ということになり、カーボンニュートラルである（図-2）。よって、嫌気排水処理設備は、環境負荷低減の点でビール工場に最適の排水処理方式であると考えられる。

このバイオガスは、ボイラ設備燃料として蒸気で回収したり、コージェネレーション設備燃料として電力・蒸気・温水で回収してビール類製造工程で利用している。

2. 神戸工場コージェネレーション導入経緯

キリンビール(株)神戸工場は、「環境に配慮したビールづくり」を目指して建設され、1997年5月に竣工した。工場建設の計画においては、徹底的にビール類製造に必要なユーティリティー（電力・蒸気・用水）を削減可能なように設計され、その結果、化石燃料消費量の削減を実現でき、地球温暖化防止に貢献してい

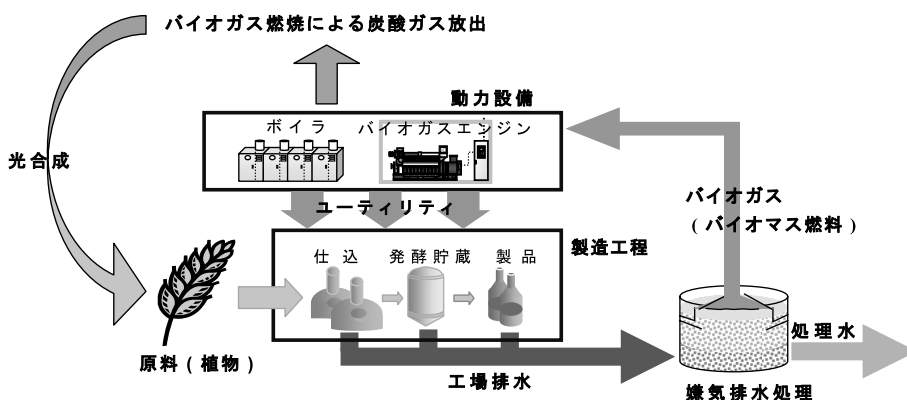


図-2 バイオマス燃料の有効利用

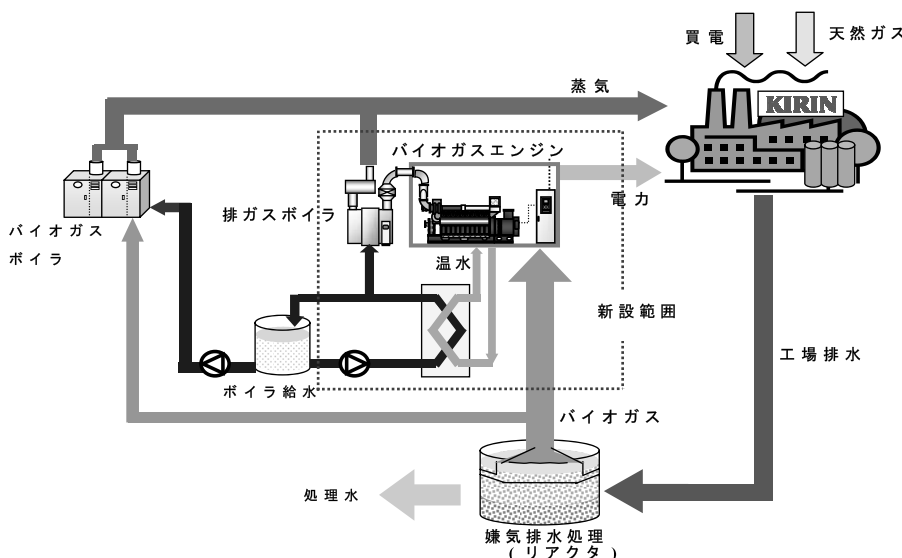


図-3 バイオガス利用設備フロー（点線枠内が増設したバイオガス式コージェネレーション設備）

る。

本稿では、神戸工場に導入したバイオガス式コージェネレーション設備について紹介するが、神戸工場での実績を踏まえて、キリングroup内の多くの工場にも展開され、炭酸ガス排出削減の大きな原動力になっている。なお、神戸工場にはバイオガス専焼タイプのガスエンジンを選定し、その設備規模はバイオガス発生量に応じ比較的小型のコージェネレーション設備（発電電力が730 kW）を導入しているが、最近では天然ガスとバイオガスが混焼可能なタイプのガスエンジンを導入して設備規模を大型化（発電電力が約5,000 kW 級）している工場もある。

神戸工場に導入したコージェネレーション設備の概略フローは、図-3のとおりである。工場建設当時ではコージェネレーション部分はなく、嫌気排水処理設備（写真-1）で発生したバイオガスを全てバイオガスボイラにて燃焼させ、蒸気として回収していた。これにより、化石燃料（天然ガス）を燃料とする工場の主ボイラで製造する蒸気量を削減でき、化石燃料消費を低減させていた。ところが、次の環境変化や問題が発生したため、回収した全てのバイオガスが利用できなくなった。



写真-1 嫌気排水処理設備（リアクタ）

- ・ビール工場の生産量が増え、バイオガス発生量が増えたためにバイオガスボイラで燃焼しきれなくなった。
- ・工場操業開始以降取り組んできた数々の省エネルギー施策により、蒸気使用量が減ってきたため、蒸気が余剰気味になった。
- ・製造休日等、蒸気使用量が少ない時間帯には蒸気は余剰となった。

このため、年間バイオガス発生量に対して約20%の

バイオガスが余剰となり、余剰ガス燃焼塔にて燃焼させる結果となり、折角回収したバイオマスエネルギーの一部を放散せざるを得ないこととなった。

そこで、この余剰エネルギーを全て利用することを目的として、バイオガス式コージェネレーション設備を導入することとした。電力ならば蒸気よりも比較的安定した需要が見込めることから、主として電力でエネルギー回収する方式に変更した。

3. 神戸工場コージェネレーション設備詳細

神戸工場に導入したコージェネレーション設備は図-3のように既設バイオガスボイラに並列に接続した。通常は、ほぼ全てのバイオガスをコージェネレーションに投入している。バイオガス発生量がコージェネレーション設備の必要量を上回っても、バイオガスボイラで余剰分を燃焼させ蒸気回収することができる。

コージェネレーション設備主要仕様は表-1を参

表-1 コージェネレーション設備主要仕様

エンジンメーカー	JENBACHER 社（オーストリア）
発電機型式	JMS320GS-NL
発電定格出力	730 kW（6,600 V, 60 Hz）
エンジン定格回転数	1200 rpm
発電効率	バイオガスモード時 37.2 % 天然ガスモード時 38.0 %
燃料ガス	消化ガス（0.06～0.45 MPa） 13 A（中圧 0.1～0.2 MPa）
排熱回収量	蒸気回収 1,850 MJ/h 温水回収 1,170 MJ/h
排ガス窒素酸化物	120 ppm 以下
付帯設備	排ガスボイラ、排熱回収ユニット、冷却塔、バイオガス脱硫塔他



写真-2 バイオガス式ガスエンジンユニット外観（エンクロージャ収納）

照されたい。発電電力が730 kWのバイオガス専焼エンジン（写真—2）を導入したが、これを選定した理由は次のとおりである。

- ・年間を通して、季節別・時間帯別の電力負荷パターン、蒸気使用パターン、バイオガス発生量パターンを分析した結果、730 kWのバイオガス専焼エンジンであれば、年末年始等ごく一部の期間を除き通年定格出力で連続運転が可能で、バイオガス発生量のほとんどを消費できる。
- ・定格出力付近で運転することで、高い発電効率を維持できる。
- ・天然ガス専焼と比べ、バイオガス専焼時の発電効率は、それほど低下しない。

また、付帯設備の排ガスボイラ（写真—3）は0.5 ton/hの能力を持ち、バイオガスエンジンの高温排気（約500℃以上）の熱により蒸気を製造している。またエンジン冷却水は約90℃で出力され、この熱をボイラ給水の予熱に利用している。



写真—3 排ガスボイラ・冷却塔等付帯設備

なお、当コージェネレーション設備では、万一バイオガスが供給されない状況になったときのために天然ガス専焼運転も可能である。

4. コージェネレーション設備稼働状況

2002年10月から神戸工場コージェネレーション設備は本稼働開始し、現在に至るまで順調に稼働している。

コージェネレーション設備による発電は、ベースロードとして安定運転を継続しており、年間発電電力量は、工場総使用電力量の約20%を賅っている。また排ガスボイラで発生する年間回収蒸気量については、工場総使用蒸気量の約10%を賅っている。

バイオガスは、全量をコージェネレーション設備およびバイオガスボイラで燃焼できるようになり、余剰ガス燃焼塔での無駄な放散はなくなった。バイオガスの有効利用により、工場の年間化石燃料（天然ガス）使用量を約35%削減できている。

5. おわりに

ビール工場排水から発生するバイオガスの利用方法として、バイオガス式コージェネレーション設備により、主として電力での回収が有効であった。これにより、全てのバイオガス燃料の有効利用が可能となった。

カーボンニュートラルのバイオマス燃料の最大限の有効利用が普及し、地球温暖化防止が伸展することを期待する。

JCMA

【筆者紹介】

真下 尚男（ました ひさお）
キリンエンジニアリング㈱
神戸プラント部
エンジニアリング担当



関 靖仁（せき やすひと）
キリンエンジニアリング㈱
神戸プラント部
エンジニアリング担当

