

発酵水素生産のコスト試算と低減の試み

沖縄糖蜜の発酵水素生産パイロットプラント運転報告Ⅳ

谷生重晴*、宮平博通、林俊宏、長谷川幸教
バイオ水素株式会社

E-mail: tanisho-shigeharu-fx@ynu.ac.jp

Trial of Cost Estimation and Reduction on Fermentative Hydrogen Production – Fermentative Hydrogen Production from Molasses by a Pilot Plant Constructed in Okinawa, Report IV

Shigeharu Tanisho, Hiromiti Miyahira, Toshihiro Hayashi, Yukinori Hasegawa
BioHydrogen Technologies, Inc.

Abstract

Hydrogen production by a small pilot plant has been operated using molasses. To control the culture pH suitable, a lot of NaOH is consumed. Since our former estimation on hydrogen production cost did not include the chemical cost, the cost was estimated in this report. And also consumption reduction of NaOH was tried by a newly found micro flora. The flora could reduce the consumption amount by recomposing lactic acid to butyric acid. Gene composition of the flora was also analyzed by the metagenomic analysis of 16S rRNA.

Keywords: Hydrogen production, Power production, Fermentation, Molasses, Biogas

パイロットプラントによる廃糖蜜を使用した水素生産の運転報告を3度続けてきた^{1,2)}が、その経験から、発酵制御に使用する苛性ソーダ使用量が非常に多量であることが分かった。これまで筆者らの水素製造コスト計算では苛性ソーダのコストを組み入れていなかったが、使用量は代謝産物の酸生成量から計算により推定できるので、既知のバクテリアの水素製造コストを計算した。同時に、使用量を少なくできる新規菌叢を探索しその菌叢(マイクロフローラ)による運転と菌叢解析を行ったので、コスト低減に繋がる新しい知見について報告する。

1. 発酵制御に使用する NaOH の水素製造コストへの影響

培地を特定の pH に保つために必要な NaOH 量は、培地の代謝産物濃度を分析すればヘンダーソン-ハッセルバルハの式で計算できる。代謝酸量を a [mol/L]、特定 pH で乖離している酸量を x [mol/L]、解離定数を Ka とすると、解離酸量は次式であらわされる。

$$(1) \quad pKa = pH - \log(x/a) \quad \text{ヘンダーソン-ハッセルバルハの式}$$

$$(2) \quad x = a \times Ka / (Ka + 10^{-pH})$$

既発表の代謝産物データ^{3,4)}を基に水素 1 m³ 生産に必要な NaOH 量を計算すると、HN001 菌では pH5.5 の時 0.78kg/m³-H₂、*E. aerogenes* では pH5.0 の時 0.36kg/m³-H₂ 程度となり、40 円/kg 前後と思われる最も安価な中国産 NaOH を使用しても HN001 菌なら 30 円/m³-H₂、*E. aerogenes* なら 15 円程度のコストを加算しなければならない。

2. 新規菌叢 (micro flora) による苛性ソーダ使用量減量の試み

HN001 株を使用したプラント運転では、培地をガス発生に適した pH5.5 に保つために使用する苛性ソーダの量が多く、水素製造コスト⁵⁾を二倍以上に押し上げ 70~80 円/m³ になることが分かった。そのため、苛性ソーダ使用量を少なくする新しい菌を探索したところ、非常に有望な菌叢を発見した。

図 1 は、10 月 29 日にスタートしたパイロットプラントによる半回分操作の培地 pH とガス発生速

度を示したものである。この半回分発酵操作では、発酵サイクルの途中から培地の pH が自然に上昇し、10月30日から11月5日までの NaOH の消費量 1.83L/m³-gas に比べ、11月6日から11日までの消費量は 1.38 L/m³-gas と少なくなった。

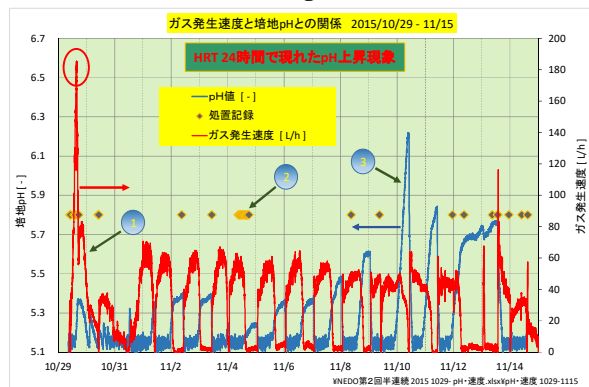


図 1. ガス発生速度と培地 pH の変化

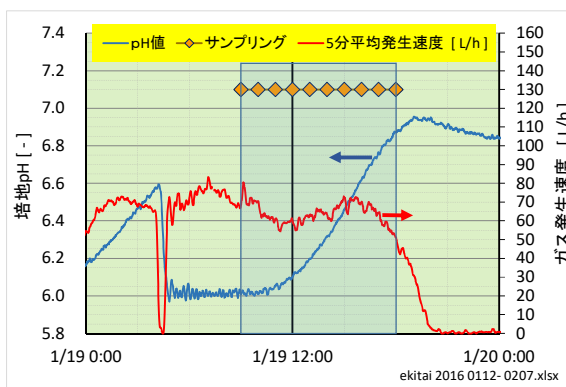


図 2. 液クロサンプリング記録と発酵状況

3. 培地 pH の変化と代謝産物および菌叢の変化の関係

1月19日の新規菌叢発酵状況と液クロ分析のために採取した時間および代謝産物の分析結果を図2、図3に示した。図3から、pH の上昇は乳酸濃度が減少し酪酸濃度が上昇したためであることが分かった。乳酸と酪酸の濃度変化は量論的に次の式であらわされることも分かった。



このことから、pH の上昇は、乳酸 (pK=3.86) の中和に使用された NaOH が乳酸の消化によって不要になり、生成した酪酸 (pK=4.82) を中和しても NaOH が余るので、培地 pH が上昇し中和に必要な NaOH 量が少なくなったと考えられる。

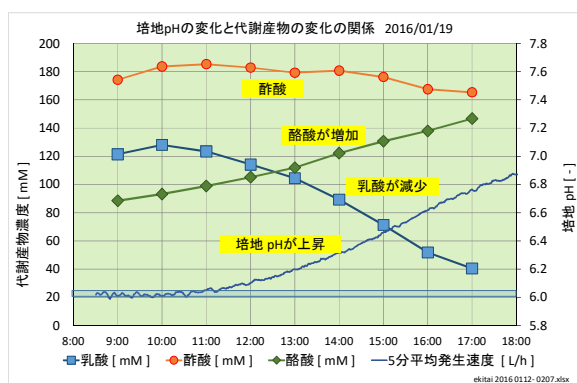


図 3. 代謝産物濃度変化と培地 pH の変化

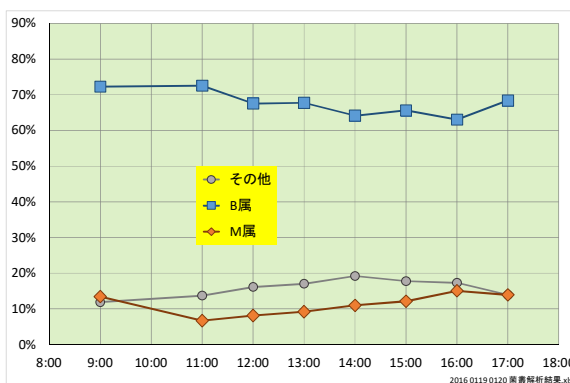


図 4. 培地 pH 変化時の菌叢変化

このような代謝変化は菌叢の変化が原因と考えられるので、沖縄工業高等専門学校田邊俊朗研究室で 16S-rRNA のメタゲノム解析を行ったところ、図4に見られるように、M 属が増え B 属が減少していることが分かった。

以上のことから、苛性ソーダ使用量の減量化でコストを下げる方法として、既知の細菌の代謝産物検討と菌叢制御の二方法があることが明らかになった。

参考文献

- 1, 2) 谷生重晴ら、第33回、第34回水素エネルギー協会大会予稿集、2013, 2014
- 3) 西山弘樹、谷生重晴、第2回 国際水素燃料電池展 (FC EXPO 2006) 2006/1/25配布資料
- 4) H. Nishiyama and S. Tanisho, 16th World Hydrogen Energy Conference, Lyon, France, in CD ROM, (2006).
- 5) 谷生重晴、第140回水素エネルギー協会定例研究会 広島予稿集、tanisyou(2013)