

第33回 水素エネルギー協会大会
2013/12/13

沖縄糖蜜の発酵水素生産 パイロットプラント運転報告 I

谷生重晴*^{1,2}、林俊宏¹、藤澤慎悟¹
長谷川幸教²、権谷(佐藤)さおり²
1.株式会社バイオ水素技術研究所
2.バイオ水素株式会社



沖縄県の平成24/25年期の製糖実績と 電力需要(平成21年度)

甜菜糖生産量:約70万トン

輸入粗糖:約130万トン

| | | 沖縄本島 | 伊是名島 | 久米島 | 南大東島 | 北大東島 | 宮古島 ⁷⁾ | 石垣島 | 合計 |
|------|-----------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|-------------------|---------|-----------|
| (1) | 甘蔗糖生産量 [ton] | 14,977 | 1,248 | 4,482 | 6,406 | 1,757 | 38,339 | 8,434 | 75,643 |
| (2) | 糖蜜産出量 [ton] | 4,609 | 386 | 1,256 | 2,094 | 567 | 8,332 | 2,123 | 19,367 |
| (3) | 平均糖度 ¹⁾ [%] | 34.5 | 33.0 | 31.8 | 36.8 | 35.5 | 32.6 | 25.6 | 32.9 |
| (4) | 推定糖濃度 ²⁾ [%] | 43.5 | 42.0 | 40.8 | 45.8 | 44.5 | 41.6 | 34.6 | 41.9 |
| (5) | 水素生産可能量 [Nm ³] | 623,034 | 50,437 | 159,428 | 298,372 | 78,498 | 1,077,482 | 228,529 | 2,524,596 |
| (6) | 水素発電可能量 [MWh] | 935 | 76 | 239 | 448 | 118 | 1,616 | 343 | 3,787 |
| (7) | 各島電力消費量 [MWh] | — | 8,032 | 49,831 | 8,873 | 4,381 | 255,130 | 265,489 | 591,736 |
| (8) | 電力代替可能率 [%] | — | 0.9 | 0.5 | 5.0 | 2.7 | 0.6 | 0.1 | 0.5 |
| (9) | 代替可能日数 [日] | — | 3.4 | 1.8 | 18.4 | 9.8 | 2.3 | 0.5 | 1.8 |
| (10) | CO ₂ 排出削減量 [ton] | 841 | 68 | 215 | 403 | 106 | 1,455 | 309 | 3,408 |

1)糖度はショ糖(スクロース)の濃度で、製糖期の平均値が平均糖度。

2)糖蜜にはグルコースとフラクトースが平均9%含まれているので、各社の平均糖度に9.0を加えた量を発酵可能糖濃度とした。

3)グルコース換算で計算した。水素収率2.5mol/mol-glucose。

4)1Nm³の水素で1.5kWhの電力が得られるとした。

5)沖縄県商工労働部産業政策課が発酵した「沖縄県エネルギービジョン」p.125から抜粋。平成21年度の消費量。

6)ディーゼル発電に対するCO₂削減量を0.90kg-CO₂/kWhとする。

7)宮古島の甘蔗糖、糖蜜の生産量は宮古島と伊良部島の合計である。

沖縄県の平成24/25年期の製糖実績と 電力需要(平成21年度)

甜菜糖生産量:約70万トン

輸入粗糖:約130万トン

糖生産量の
約30%

糖蜜中の
蔗糖の濃度

| | | 沖縄県 | 伊良部島 | 久米島 | 南大東島 | 北大東島 | 宮古島 ⁷⁾ | 石垣島 | 合計 |
|------|-----------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|-------------------|---------|-----------|
| (1) | 甘蔗糖生産量 [ton] | — | — | 4,482 | 6,406 | 1,757 | 38,339 | 8,434 | 75,643 |
| (2) | 糖蜜産出量 [ton] | — | 686 | 1,256 | 2,094 | 567 | 8,332 | 2,123 | 19,367 |
| (3) | 平均糖度 ¹⁾ [%] | — | 34.5 | 33.0 | 31.8 | 36.8 | 35.5 | 32.6 | 32.9 |
| (4) | 推定糖濃度 ²⁾ [%] | — | 43.5 | 42.0 | 40.8 | 45.8 | 44.5 | 41.6 | 41.9 |
| (5) | 水素生産可能量 [Nm ³] | 623,034 | 50,437 | 159,428 | 298,372 | 78,498 | 1,077,482 | 228,529 | 2,524,596 |
| (6) | 水素発電可能量 [MWh] | 935 | 76 | 239 | 448 | 118 | 1,616 | 343 | 3,787 |
| (7) | 各島電力消費量 [MWh] | — | 8,032 | 49,831 | 8,873 | 4,381 | 255,130 | 265,489 | 591,736 |
| (8) | 電力代替可能率 [%] | — | 0.9 | 0.5 | 5.0 | 2.7 | 0.6 | 0.1 | 0.5 |
| (9) | 代替可能日数 [日] | — | 3.4 | 1.8 | 18.4 | 9.8 | 2.3 | 0.5 | 1.8 |
| (10) | CO ₂ 排出削減量 [ton] | 841 | 68 | 215 | 403 | 106 | 1,455 | 309 | 3,408 |

1)糖度はショ糖(スクロース)の濃度で、製糖期の平均値が平均糖度。

2)糖蜜にはグルコースとフラクトースが平均9%含まれているので、各社の平均糖度に9.0を加えた量を発酵可能糖濃度とした。

3)グルコース換算で計算した。水素収率2.5mol/mol-glucose。

4)1Nm³の水素で1.5kWhの電力が得られるとした。

5)沖縄県商工労働部産業政策課が発酵した「沖縄県エネルギービジョン」p.125から抜粋。平成21年度の消費量。

6)ディーゼル発電に対するCO₂削減量を0.90kg-CO₂/kWhとする。

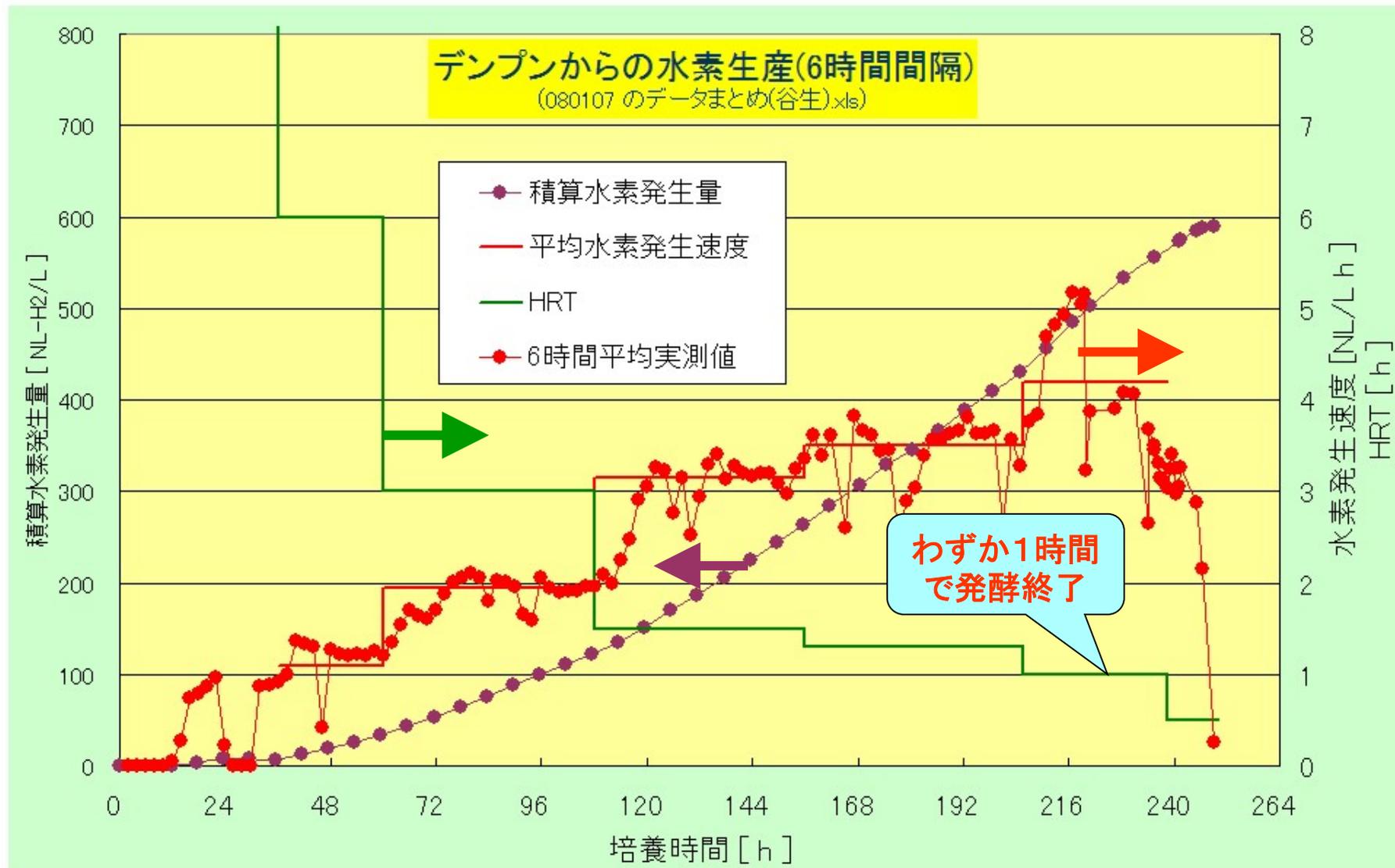
7)宮古島の甘蔗糖、糖蜜の生産量は宮古島と伊良部島の合計である。

発酵エネルギー生産の優劣

1. バイオマスから発酵でエタノール、メタン、水素を生産する方法のエネルギー変換効率は、ほぼ同率である。
2. エタノール生産は蒸留装置が必要で、コストがかさむ。
3. メタン生産は変換速度が遅いので、水素生産より装置が巨大になる。
4. 水素生産は変換速度が速いので、コンパクトな装置で生産可能である。

このように水素生産に優位性があるので、廃糖蜜を利用した発酵水素生産のパイロットプラントを、沖縄県産業振興公社の補助金を得て糸満市に建設した。

HN001株の水素発生とHRTの関係



パイロットプラントの規模と水素生産目標量

| | | |
|-------------|------|------------------------------------|
| 平均滞留時間 | 2 | hr |
| 糖蜜1日処理量 | 200 | kg/d |
| 糖度 | 26 | % |
| 還元糖 | 13 | % |
| 希釈後糖濃度 | 4 | % |
| 発酵液体積 | 1.9 | m ³ /d |
| 1時間当たり処理量 | 81 | L/h |
| 発酵液体積 | 162 | L |
| 発酵槽体積 | 200 | L |
| 水素収率(グルコース) | 2.5 | mol/mol |
| 燃料電池出力 | 1.5 | kWh/m ³ -H ₂ |
| 水素生産量 | 24.1 | m ³ /d |
| 水素生産速度 | 1.0 | m ³ /h |
| 利用可能量(80%) | 19.2 | m ³ /d |
| 発電量 | 28.9 | kWh/d |

日産リーフの蓄電料24kWhで200km走行

I-MiEVの蓄電量16kWhで130km走行

完成したパイロットプラントの発酵装置

希釈水貯留槽：
160L

発酵排液槽：
120L

発酵槽：200L
発酵液：160L
又は 80L

24m³/dの水素生産を
目指す

2013/8/14 9:29



パイロットプラント全体写真

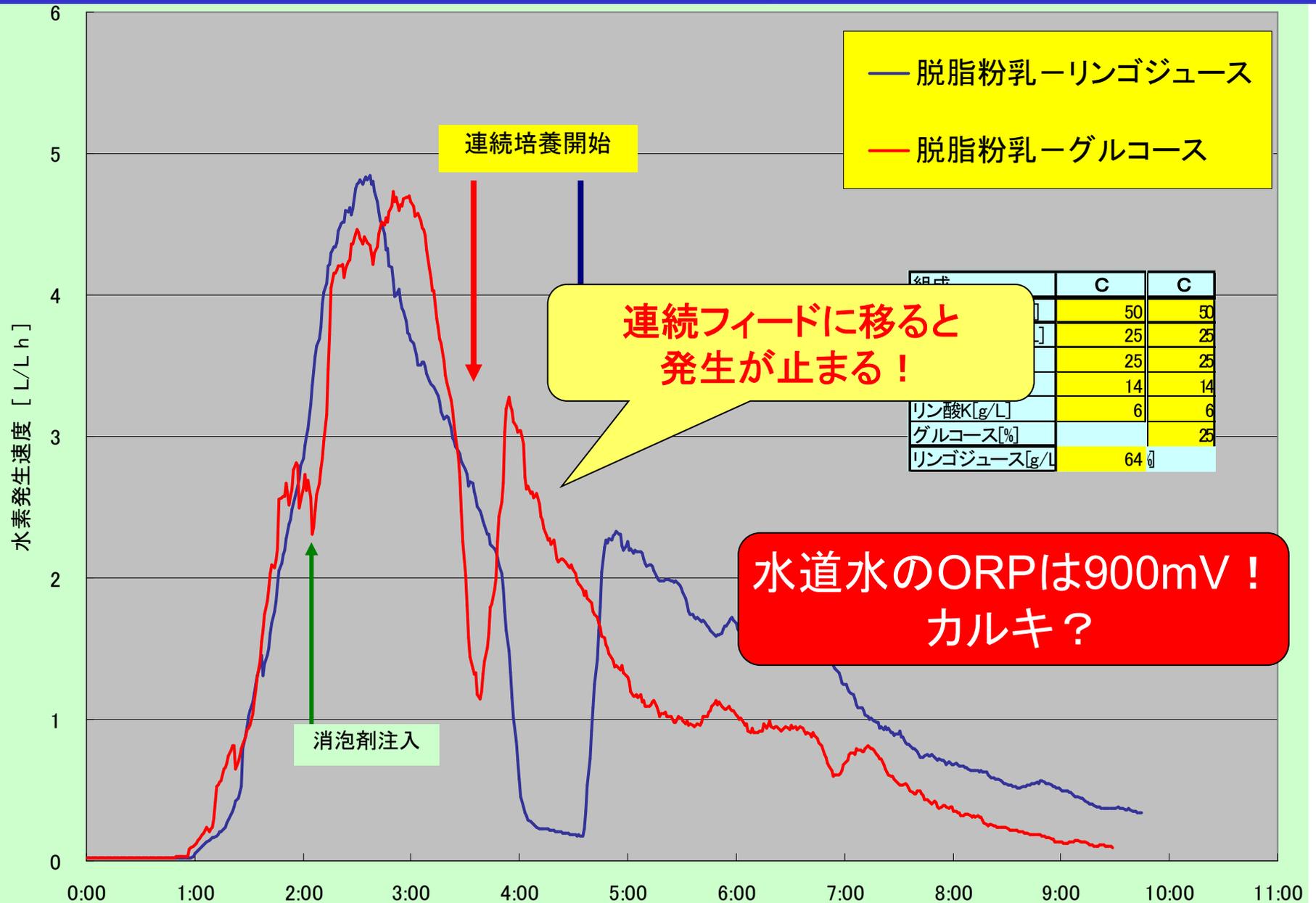
エッカ石油株式会社
糸満営業所の倉庫

2013/8/14 9:30



JSTプロジェクトで明らかになった克服すべき課題

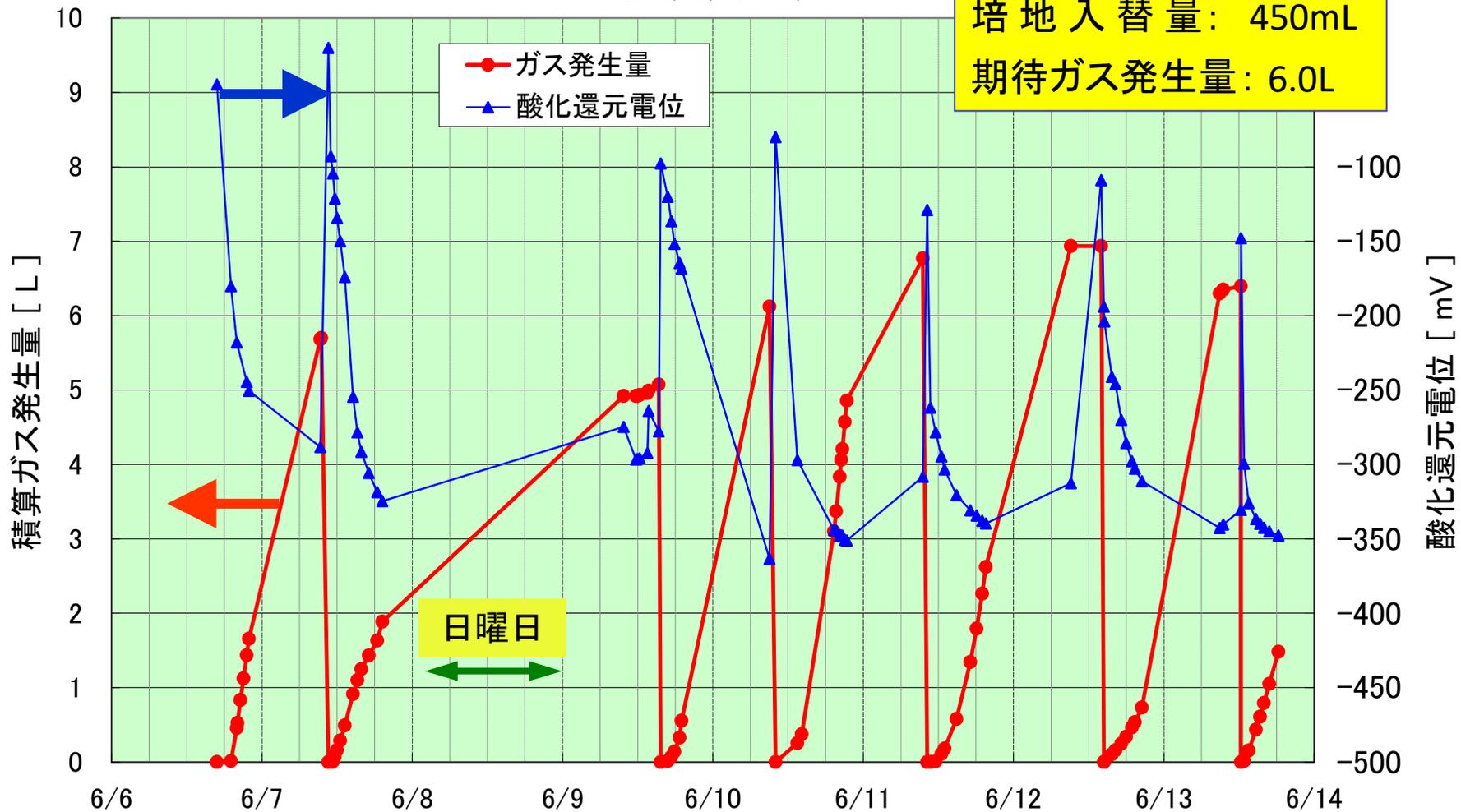
リンゴ酸とグルコース HN001, 2009/08/12



半回分連続発酵による水素生産の予備実験

糖蜜－イワシ煮汁培地
2013/06/06 - 6/14

培地総量: 750mL
培地入替量: 450mL
期待ガス発生量: 6.0L



培地の酸化還元電位を低く抑えることで、連続培養が可能になることが確かめられた。

パイロットプラントの試験運転結果

2013/08/06 ~ 8/12

80L/dの新鮮培養液から発生したガス量



5L/REV.

0000000000

m³ L

MACOR
High Performance

DRUM CAPACITY 5 LITER
MEASUREMENT RANGE 0 TO 5 L
MIN. VOL. 0.05 L
MAXIMUM WORKING PRESSURE 10 MPa

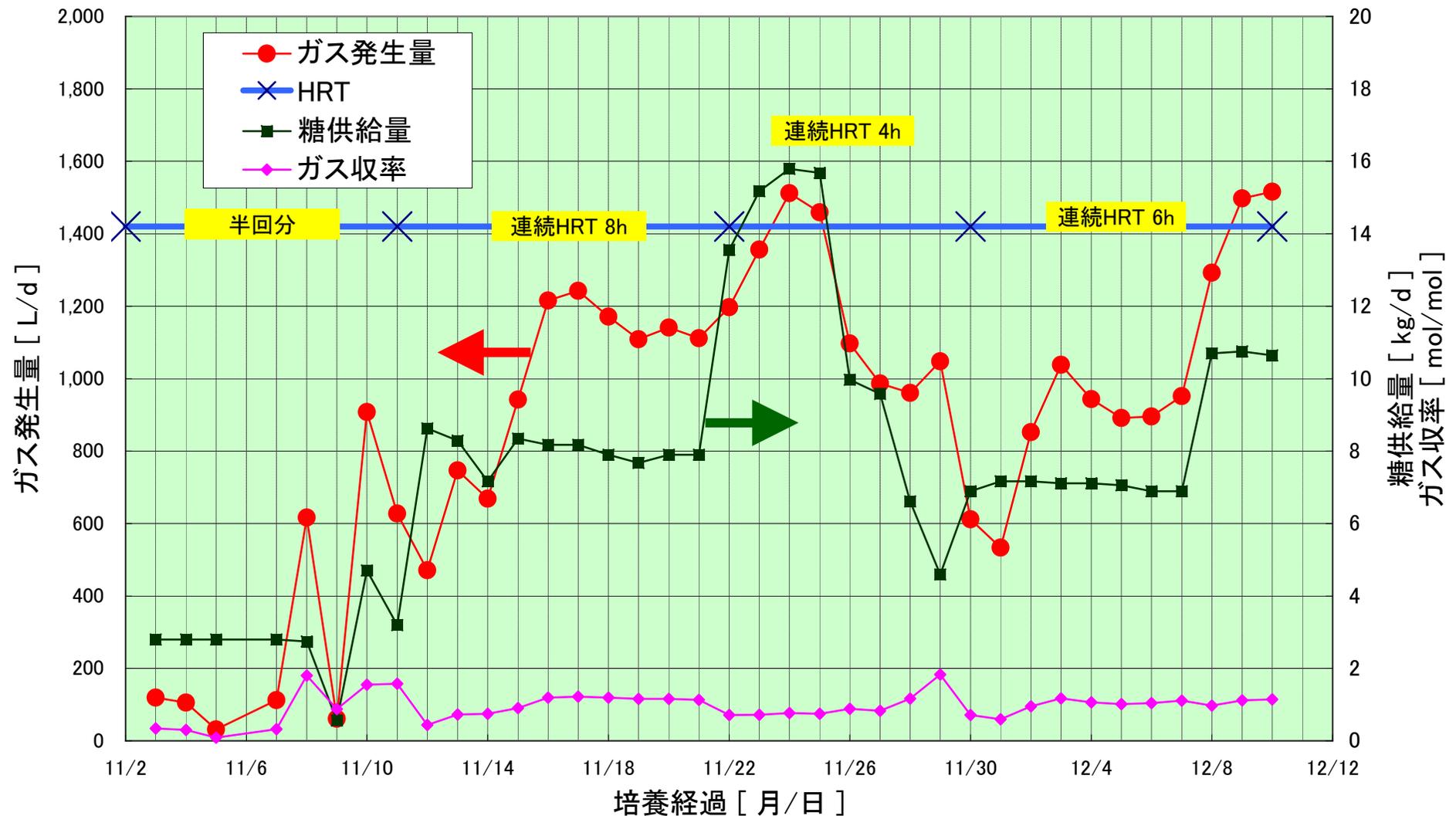
MACOR



糖蜜パイロットプラントのガス発生試験

2013/11/02 – 12/10

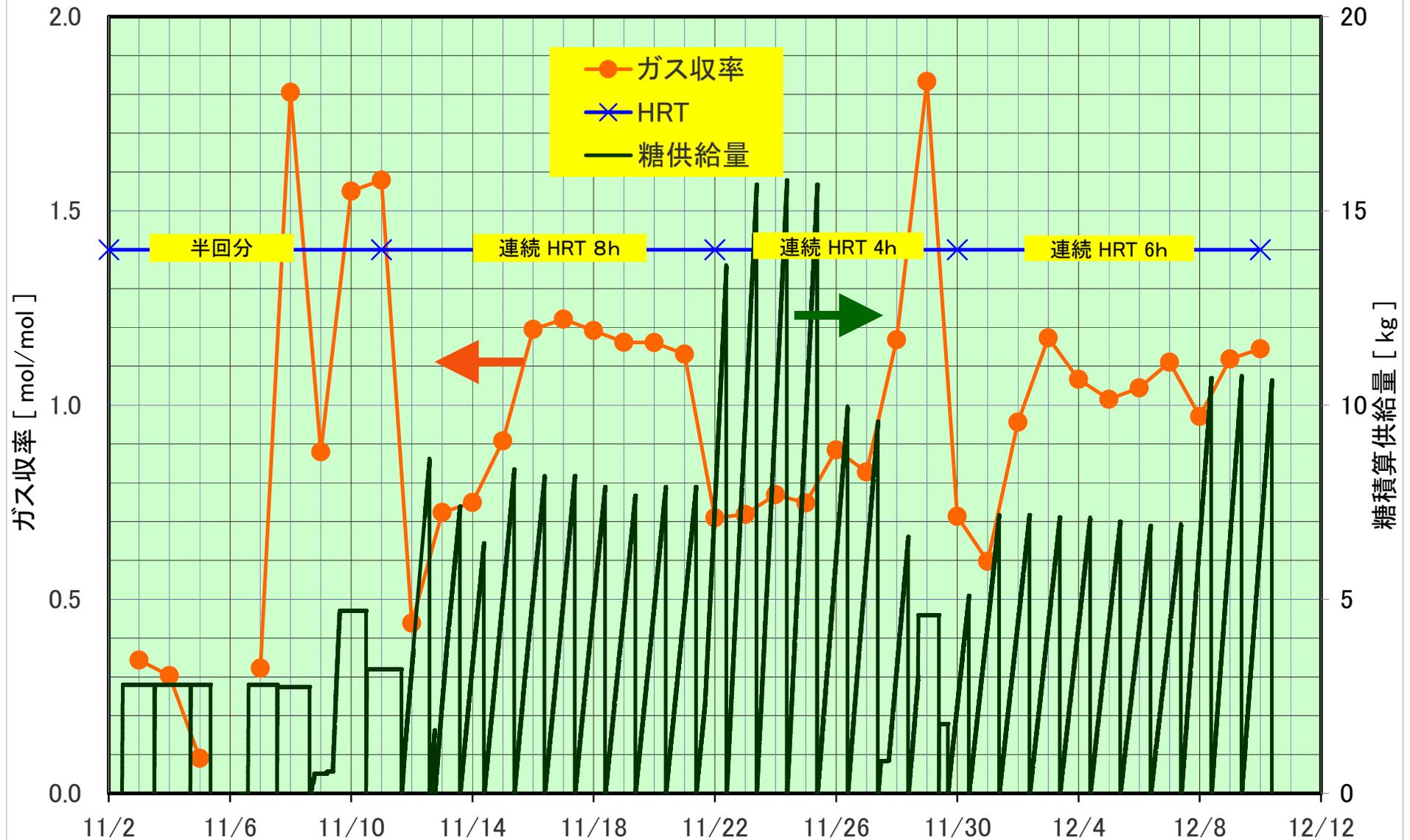
ガス発生量と糖供給量の推移



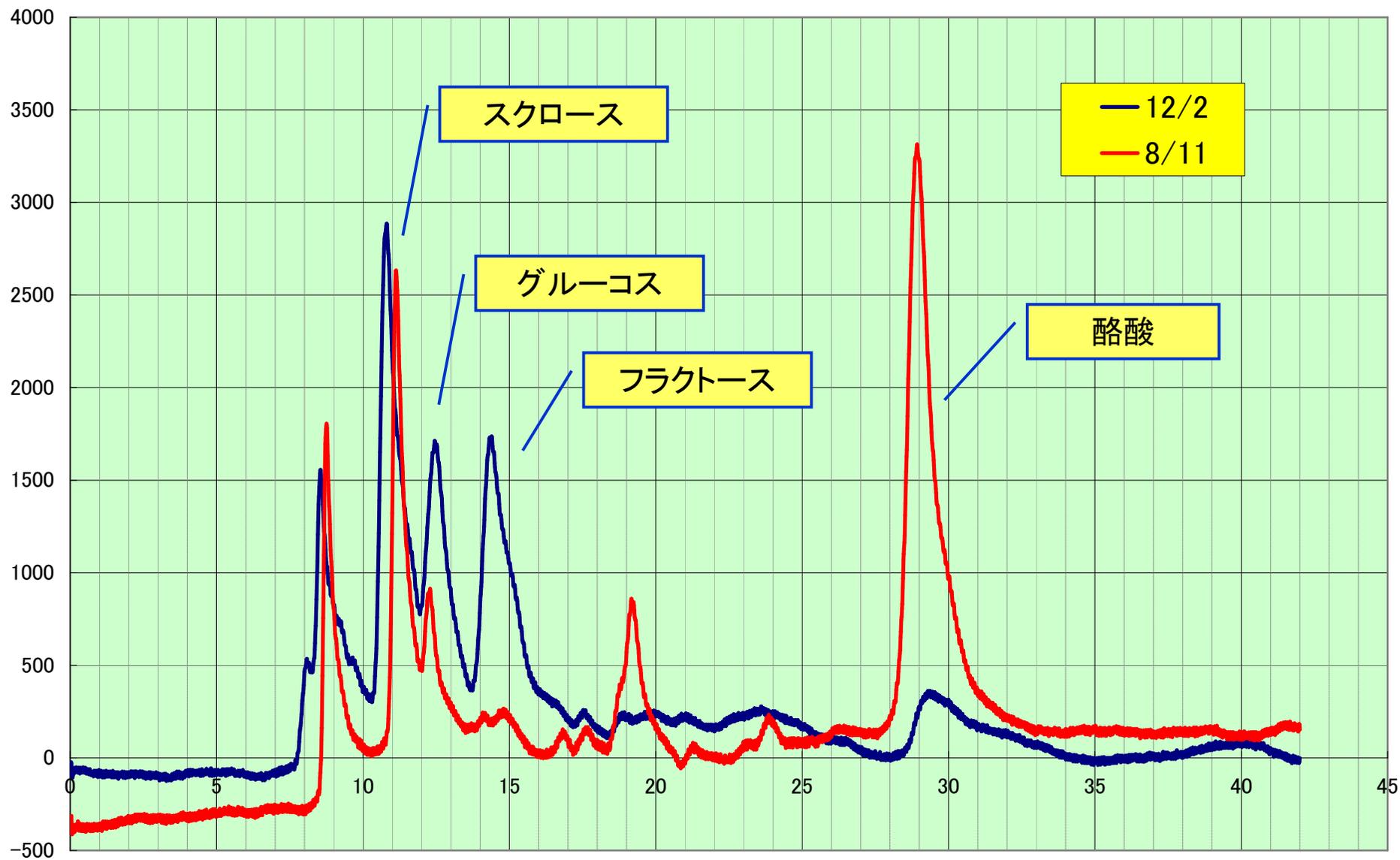
糖蜜パイロットプラントのガス収率と糖供給の関係

2013/11/02 – 12/10

ガス収率と糖供給状況



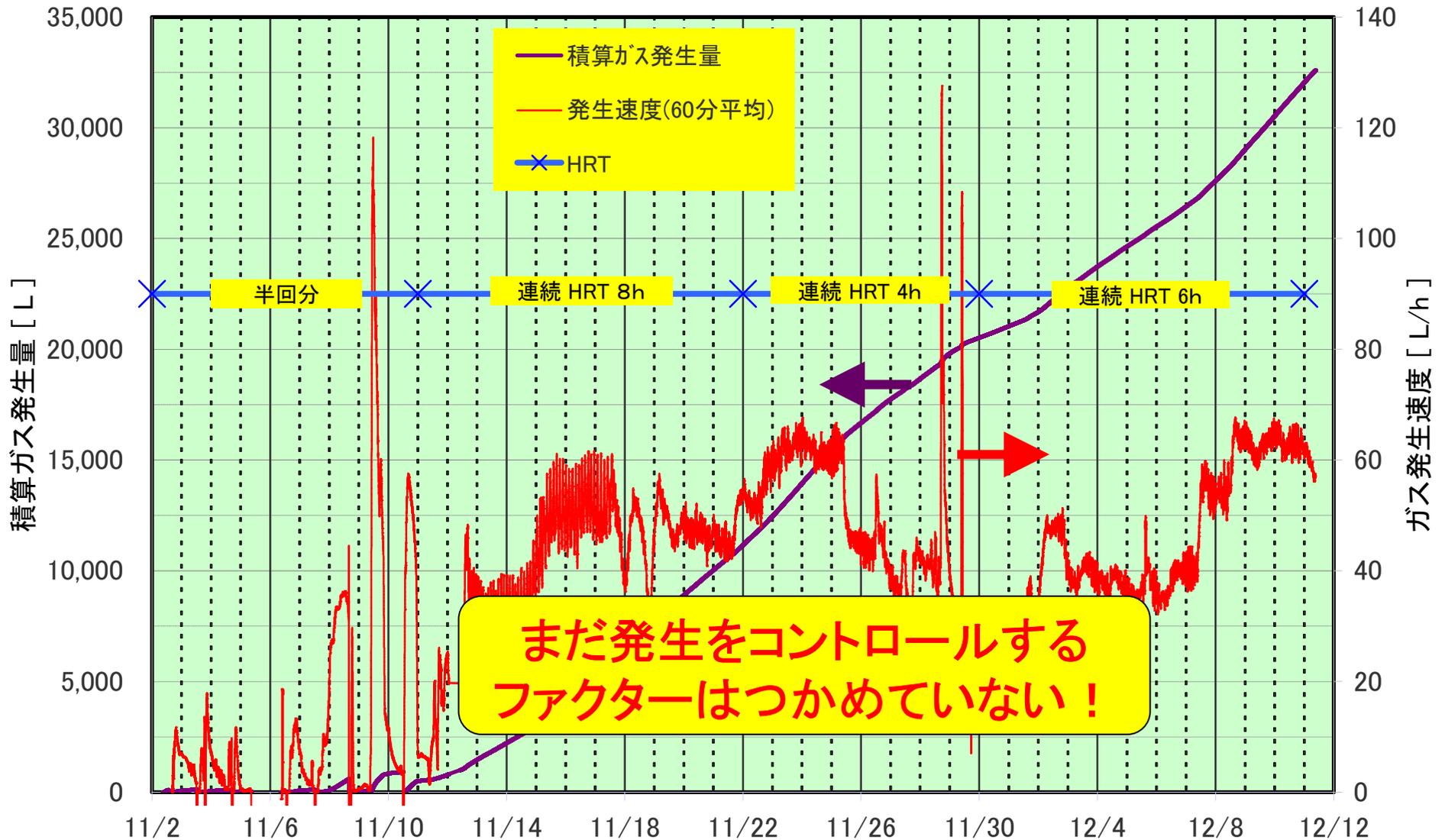
試運転時と長期運転時の液クロデータ比較



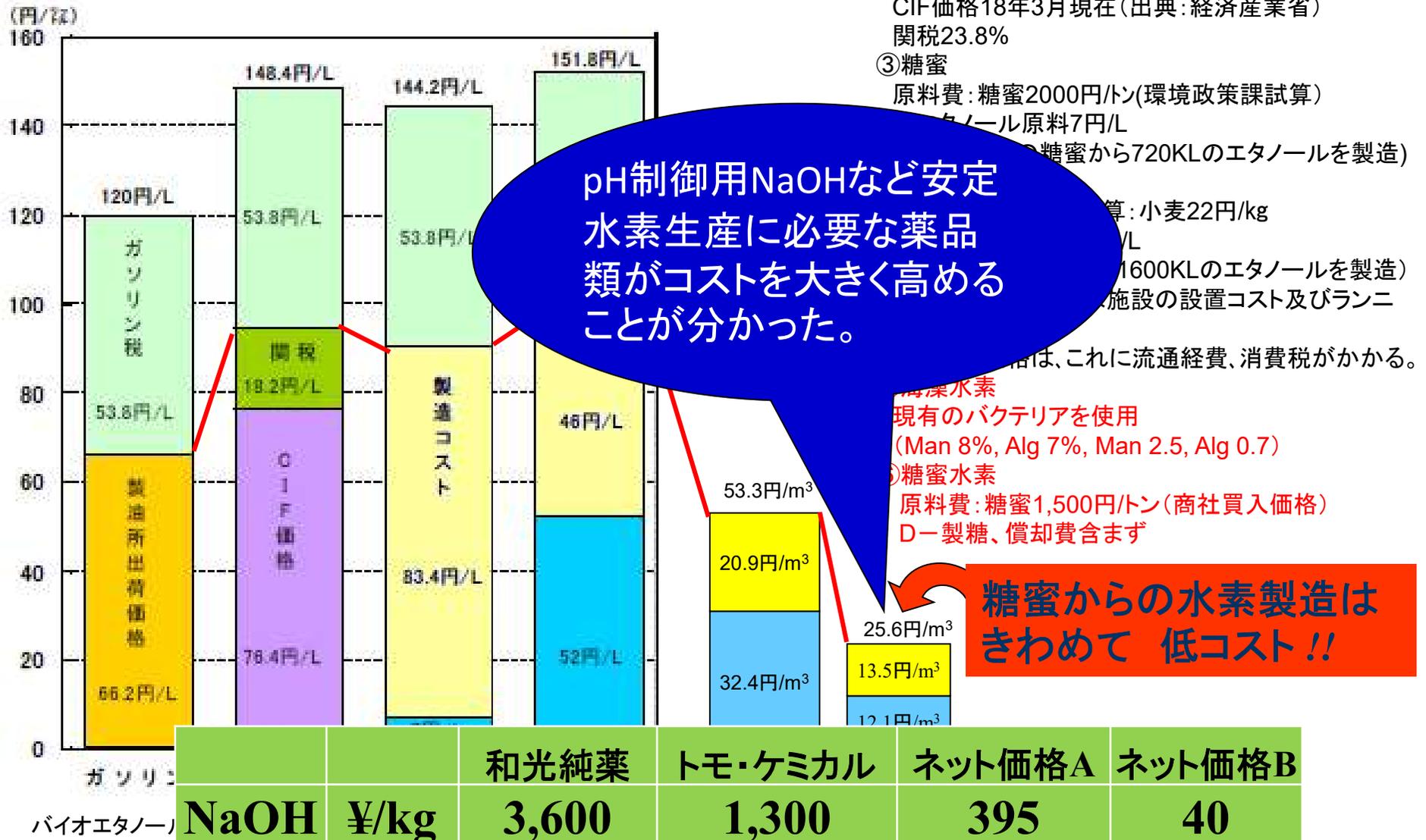
糖蜜パイロットプラントのガス発生速度

2013/11/02 – 12/10

積算ガス発生量とガス発生速度



ガソリン・エタノール・発酵水素の製造コスト比較



まとめ

- 酸化還元電位を低くすることで連続発酵が可能になった。
- 生産をコントロールする要素の把握はまだできていない。
- 薬品類が生産コストに大きく影響することが分かった。
- この発酵水素生産プロジェクトは沖縄県産業振興公社の補助金で行っている。

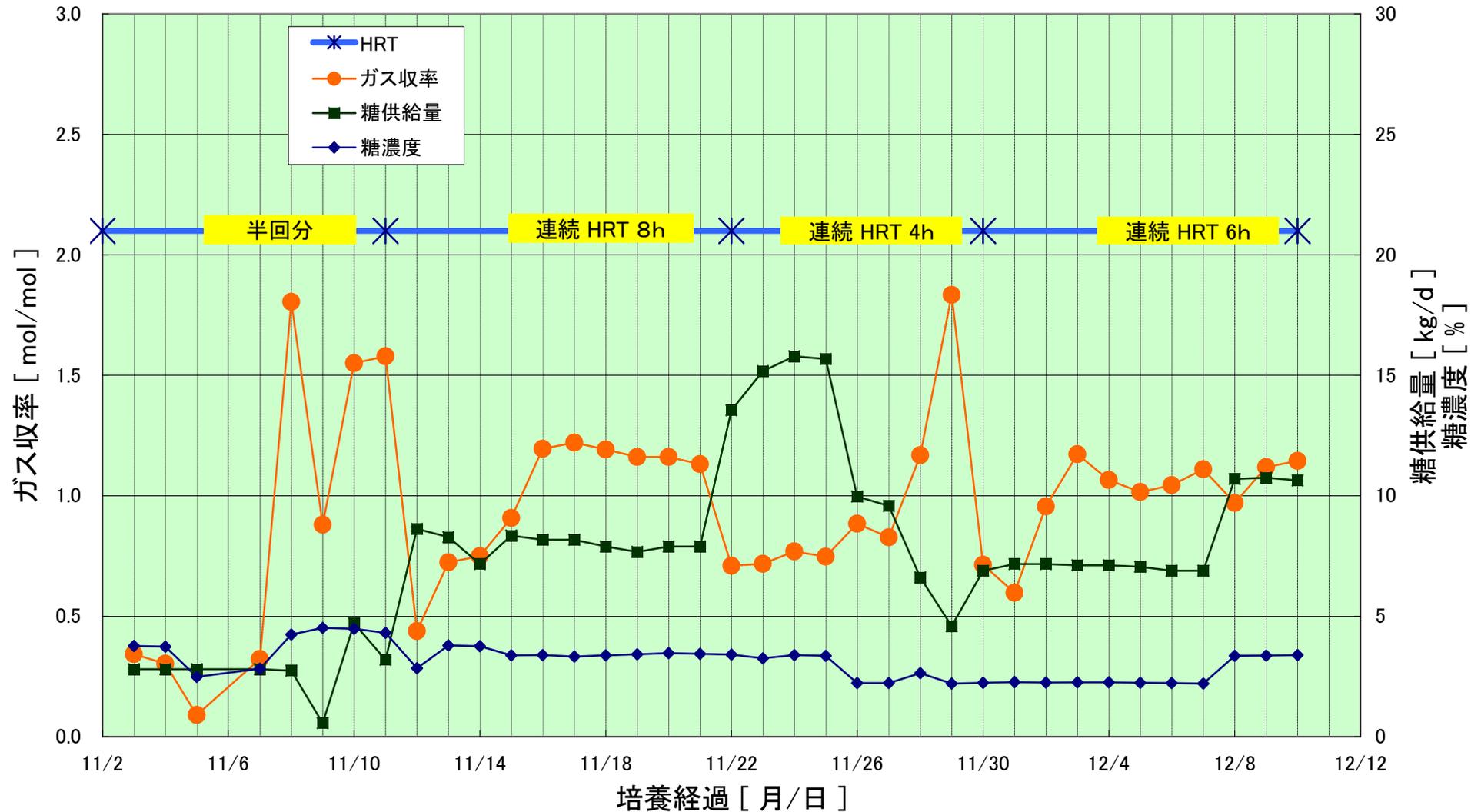
ご静聴ありがとうございました



糖蜜パイロットプラントのガス収率

2013/11/02 – 12/10

ガス収率と糖供給量の推移



HESS2013年大会目次

1. サトウキビ・収穫量・糖蜜の出来るまで
2. 成分
3. JSTの結果紹介・失敗も
4. 原因の究明、ORP
5. 沖縄の規模と運転
6. 第1回運転とビデオ
7. 連続
8. 今後、可能量、コスト
糖分解状況の比較、半回分と連続