ガス発生量自動計測システム

WSF-2000MH　ファーモグラフⅢ

食品
パン生地
日本酒・ワイン・ビール
ガス発生する食品

日用品
発泡剤・洗浄剤
Baking Powder
医薬品

無機化学
水素ガス発生
金属酸化物
鉱物等

SDGs
バイオマス発酵
コンポスト
排水処理

生命科学
植物・藻類
微生物
代謝・発酵

Fermograph III

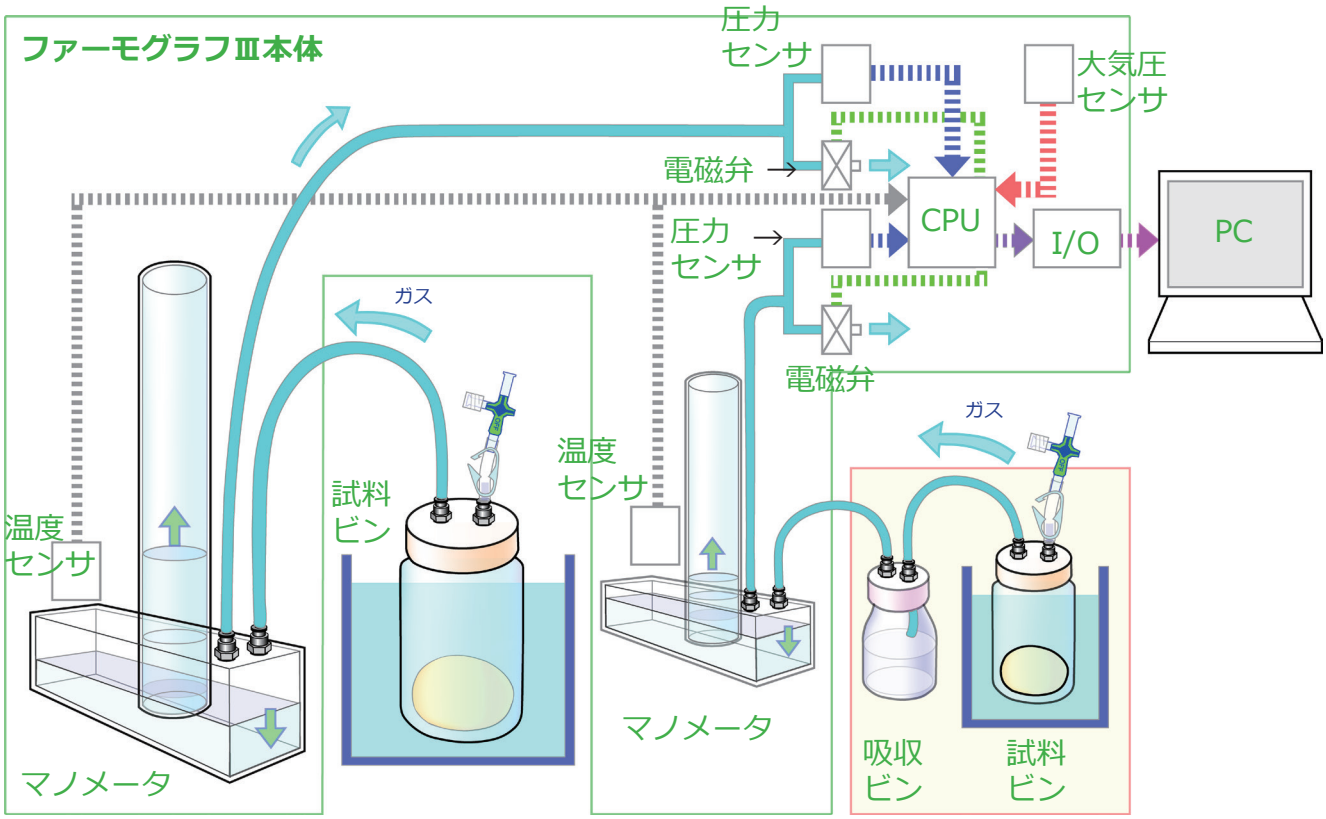
ファーモグラフⅢは微生物の発酵等により発生するガス量を一定時間ごとに自動計測する装置で、日本イースト工業会のパン用酵母試験法で採択されたファーモグラフの後継機種です。
微生物によるガス発生量の変化は、菌の代謝や活動の重要な指標となります。測定データは新規有用菌株の育種、酵母の生産や製パン、醸造等における品質管理、最適な培地組成や発酵条件の探索などにご利用いただけます。
また、最近ではベーキングパウダーや発泡剤等化学膨張剤によるガス発生測定やシリコンと水の反応による水素ガス発生測定にも応用を広げてきております。

ATTO
SupportingLifeResearch

【製品の特長】

●マノメータによりガスの水柱圧を取得し体積変換（注：水に溶けるガスについては計測データに注意が必要）
●ガス発生量を最大 20 試料 (20 チャンネル）まで同時計測可能
●トータルガス発生量、計測間隔当たりガス発生量（＝ガス発生速度)、パン生地の内蔵ガス量等を測定
●計測間隔は 1、5、10、15、30、60、120 分、または 1、5、10、15、30、60 秒
●計測時間は分単位の場合 1 時間～ 90 日／秒単位の場合 1 分～ 7 日
●分単位の計測ではパン生地以外に、日本酒等のもろみ、酵母培養液、バイオエタノール生産等、数日以上にわたる連続計測にも対応。
●秒単位の計測ではベーキングパウダー、発泡剤・洗浄剤等、短時間にガス発生する試料を計測可能（計測可能なガス量の上限あり）
●測定データは CSV 形式に変換可能

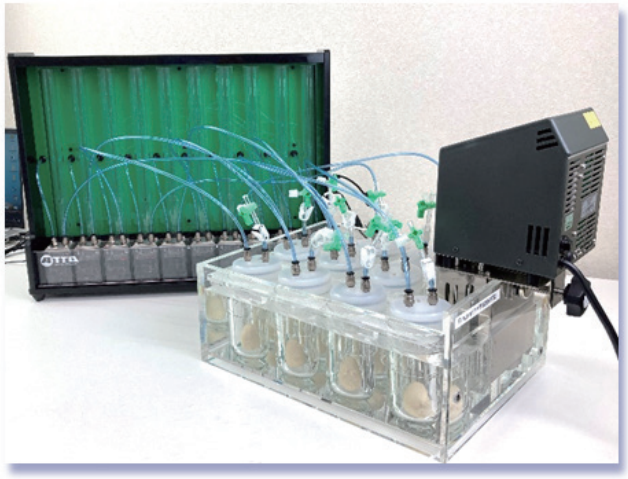
【測定原理・概要】



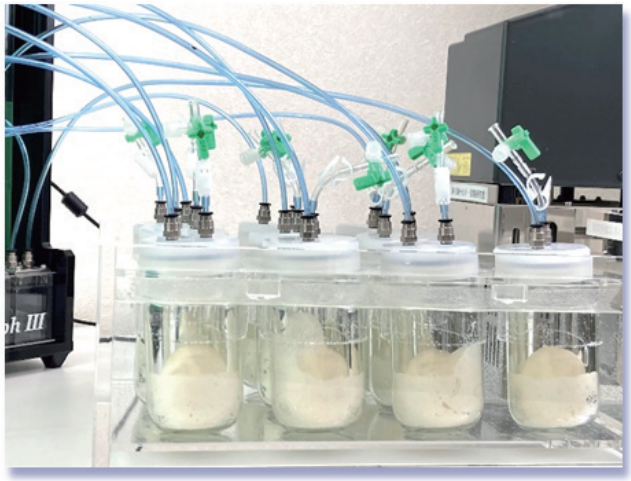
ファーモグラフによる測定では、試料瓶に試料を入れてフタを閉め、ビンを密閉状態にしてから計測開始します。 サンプルから発生したガスは、試料瓶からチューブを通ってファーモグラフのマノメータに入り、その中の水を押し下げます。 すると、マノメータの水柱が上昇し、その上昇分に相当する圧力をセンサーが検出し、その値を PC に送り、そこで体積に変換します。

【測定操作（パン生地）】

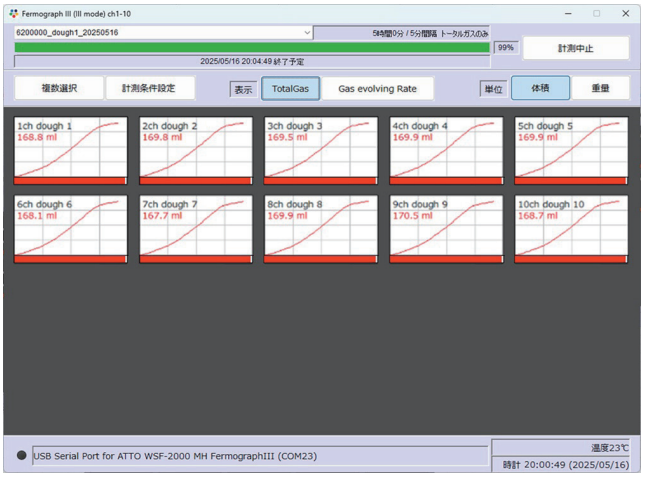
試料をセットして計測をスタートしたら、後は設定した終了時間まで自動で計測されます。計測中は余計な手間はかかりません。



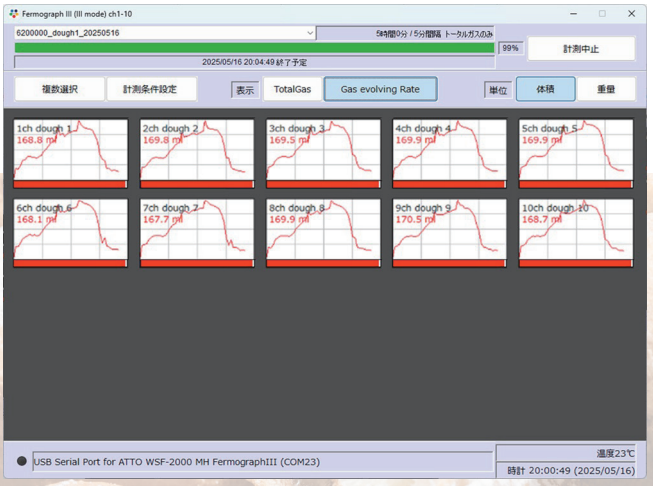
計測画面で測定するチャンネルのスタートボタンをクリックして開始します。
複数のチャンネルを同時に開始することも可能です。



計測中のデータはチャンネル毎に表示されます。
(下図はトータルガス表示)



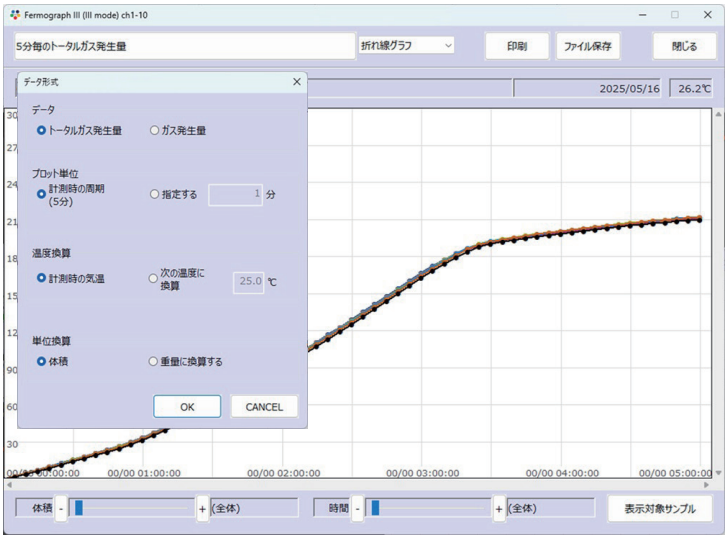
計測中のデータ表示
(下図は計測間隔毎のガス発生量＝発生速度)

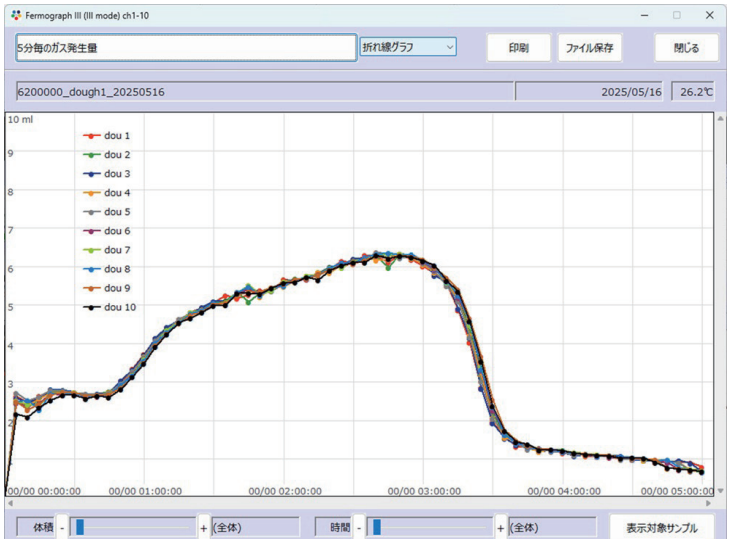


【データ表示（パン生地）】

測定データは、測定開始からガス発生量の積算値である「トータルガス発生量」と計測間隔毎の「ガス発生量（ガス発生速度）」で表示されます。
計測間隔は、計測終了後にデータ表示画面でプロットする間隔を変更することも可能です。
また、温度換算は計測時の本体内温度センサーによる値を使いますが（デフォルト）、計測終了後に指定した温度への換算も可能です。

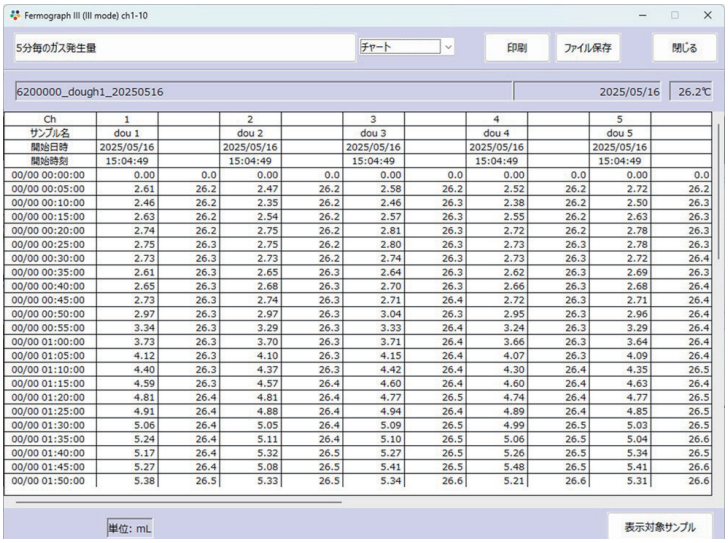
右図はパン生地の計測データをトータルガス発生量（積算値）で表示しています。
計測終了後「データ形式」ダイアログで、データ表示形式やプロットの間隔、換算温度等を変更することが可能です。





左図はパン生地の計測データを計測間隔毎のガス発生量（発生速度）で表示しています。
ガス発生速度は、発酵や化学反応が経時的にどのように変動するかを示しています。
これにより発酵や化学反応のカイネティクス解析につなげることも可能です。

右図はガス発生量（発生速度）を時間毎のテーブルで表示しています。
計測データはファーモグラフ形式での保存や CSV 形式にて保存することが可能です。



Ch	1		2		3		4		5	
サンプル名	dou 1		dou 2		dou 3		dou 4		dou 5	
開始日時	2025/05/16		2025/05/16		2025/05/16		2025/05/16		2025/05/16	
開始時刻	15:04:49		15:04:49		15:04:49		15:04:49		15:04:49	
00/00 00:00:00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
00/00 00:05:00	2.61	26.2	2.47	26.2	2.58	26.2	2.52	26.2	2.72	26.2
00/00 00:10:00	2.46	26.2	2.35	26.2	2.46	26.3	2.38	26.2	2.50	26.3
00/00 00:15:00	2.63	26.2	2.54	26.2	2.57	26.3	2.55	26.2	2.63	26.3
00/00 00:20:00	2.74	26.2	2.75	26.2	2.81	26.3	2.72	26.2	2.78	26.3
00/00 00:25:00	2.75	26.3	2.75	26.2	2.80	26.3	2.73	26.3	2.78	26.3
00/00 00:30:00	2.73	26.3	2.73	26.2	2.74	26.3	2.73	26.3	2.72	26.4
00/00 00:35:00	2.61	26.3	2.65	26.3	2.64	26.3	2.62	26.3	2.69	26.3
00/00 00:40:00	2.65	26.3	2.68	26.3	2.70	26.3	2.66	26.3	2.68	26.4
00/00 00:45:00	2.73	26.3	2.74	26.3	2.71	26.4	2.72	26.3	2.71	26.4
00/00 00:50:00	2.97	26.3	2.97	26.3	3.04	26.3	2.95	26.3	2.96	26.4
00/00 00:55:00	3.34	26.3	3.29	26.3	3.33	26.4	3.24	26.3	3.29	26.4
00/00 01:00:00	3.73	26.3	3.70	26.3	3.71	26.4	3.66	26.3	3.64	26.4
00/00 01:05:00	4.12	26.3	4.10	26.3	4.15	26.4	4.07	26.3	4.09	26.4
00/00 01:10:00	4.40	26.3	4.37	26.3	4.42	26.4	4.30	26.4	4.35	26.5
00/00 01:15:00	4.59	26.3	4.57	26.4	4.60	26.4	4.60	26.4	4.63	26.4
00/00 01:20:00	4.81	26.4	4.81	26.4	4.77	26.5	4.74	26.4	4.77	26.5
00/00 01:25:00	4.91	26.4	4.88	26.4	4.94	26.4	4.89	26.4	4.85	26.5
00/00 01:30:00	5.06	26.4	5.05	26.4	5.09	26.5	4.99	26.5	5.03	26.5
00/00 01:35:00	5.24	26.4	5.11	26.4	5.10	26.5	5.06	26.5	5.04	26.6
00/00 01:40:00	5.17	26.4	5.32	26.5	5.27	26.5	5.26	26.5	5.34	26.5
00/00 01:45:00	5.27	26.4	5.08	26.5	5.41	26.5	5.48	26.5	5.41	26.6
00/00 01:50:00	5.38	26.5	5.33	26.5	5.34	26.6	5.21	26.6	5.31	26.6

【ファーモグラフⅡからの改善点】

ファーモグラフⅢは、より正確なガス発生量を計測するため以下の点を改善しました。

	ファーモグラフⅢ	ファーモグラフⅡ
体積と圧力の関係	体積が圧力の 2 次関数になることを使い、10mL から 90mL まで 10mL 間隔で測定した圧力に最小二乗法でフィッティングした 2 次式を使って、圧力から体積を計算。	体積が 20mL、40mL、60mL のときの圧力を測定し、最小二乗法でフィッティングした直線近似式を使って、圧力から体積を計算。
計測中の補正	計測間隔ごとに測定した大気圧とマノメータ温度は変動する可能性があるので、計測間隔毎に得られたガス発生速度（体積）は、計測開始時の大気圧とマノメータ温度での体積に変換する。	計測中に大気圧やマノメータ温度が変化しても、ガス発生速度の補正はおこなわない。

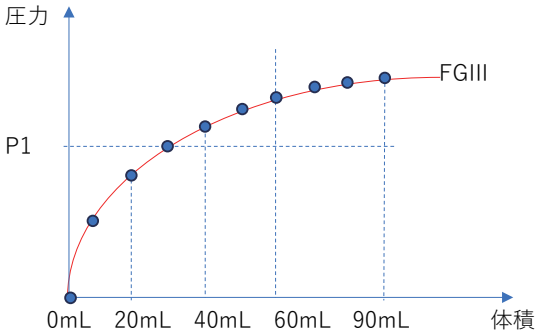
●圧力－体積変換式の改善

圧力から体積を計算する式を 1 次式から 2 次式に拡張

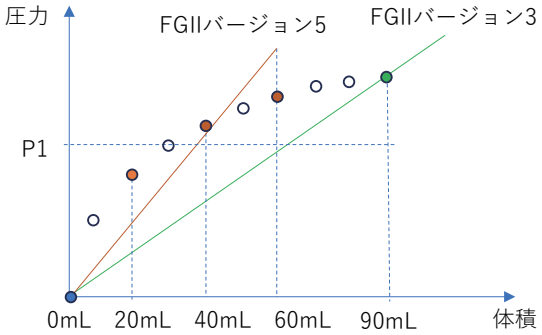
発生したガス量をモル数で扱い、ボイル = シャルルの法則と、マノメータ水柱圧の関係から導出した 2 次式にて計算

$$V_s(t) = \frac{1}{k}\cdot\frac{T(s)}{T(t)}\cdot\frac{1}{P_{atm}(s)}\cdot\Delta P(t)^2 + \frac{T(s)}{T(t)}\left\{\frac{V(0)}{P_{atm}(s)} + \frac{P_{atm}(t)}{P_{atm}(s)}\cdot\frac{1}{k}\right\}\cdot\Delta P(t) + \left\{\frac{T(s)}{T(t)}\cdot\frac{P_{atm}(t)}{P_{atm}(s)} - \frac{T(s)}{T(0)}\cdot\frac{P_{atm}(0)}{P_{atm}(s)}\right\}\cdot V(0)$$

Vs(t): 時刻 t のガス体積 (計測開始時刻 s での温度、大気圧に換算したもの)
T(t): 時刻 t のマノメータ絶対温度
Patm(t): 時刻 t の大気圧
Δ P(t): 時刻 t でのマノメータ内圧増加分
時刻 s: 計測開始時刻、0: 電磁弁を閉じる直前の時刻、t: 計測時刻



ファーモグラフ III 法（2 次式）



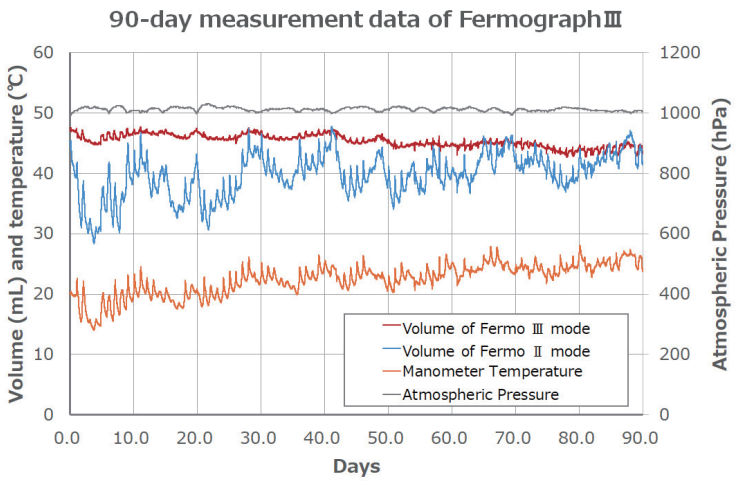
従来法（1 次式）

注入量 [mL]	実測圧力 [hPa]	ファーモグラフⅢ法		ファーモグラフⅡ法	
		計測値［mL］	誤差［mL］	計測値［mL］	誤差［mL］
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	3.3	10.2	0.2	10.4	0.4
20	6.5	20.1	0.1	20.3	0.3
30	9.6	30.1	0.1	30.3	0.3
40	12.8	40.1	0.1	40.2	0.2
50	15.9	50.1	0.1	50.0	0.0
60	19.1	60.0	0.0	59.8	-0.2
70	22.2	70.0	0.0	69.5	-0.5
80	25.2	79.9	-0.1	79.2	-0.8
90	28.3	89.9	-0.1	88.8	-1.2

恒温槽 (25℃) に配置したシリンジポンプから空気をファーモグラフ III に注入し、圧力・温度・大気圧を実測しました。
左図はファーモグラフⅢ法、ファーモグラフⅡ法で体積を計算したときの誤差の比較です。
ファーモグラフⅢ法で計算した体積は 0mL から 90mL にわたり、誤差は小さくなりました。

	ファーモグラフⅢ	ファーモグラフⅡ
計測時間	分単位：1 時間～ 90 日 秒単位：1 分～ 7 日間	分単位：最長 90 日 秒単位：23 時間 59 分
計測間隔	分単位：1、5、10、15、30、60、120 分 秒単位：1、5、10、15、30、60、120 秒	分単位：5、10、15、30、60、120 分 秒単位：5、10、15、30、60、120 秒
温度センサ	マノメータごとに温度センサ設置	筐体に 1 個の温度センサ　環境温度のみの測定
圧力センサ	16 ビット相当圧力値	８ビット相当圧力値
大気圧センサ	大気圧センサ設置、測定タイミングで大気圧測定	なし
圧力 - 体積換算	二次計算式	直線近似式
パージ条件	測定に同期してデータへの影響を抑えるパージ制御	強制パージ方式
測定条件	複数のマノメータのグループ化機能	なし

●測定の安定性



ファーモグラフⅢを空調を働かせた部屋に設置、恒温槽 (25℃) に配置したシリンジポンプから一定流速の空気をファーモグラフ III に注入し、そのときのガス発生量 (単位時間当たりのガス量) を 90 日間計測しました。
急激な大気圧の変化や室温の変化に対して、測定したガス発生量は安定していました。

【仕様】

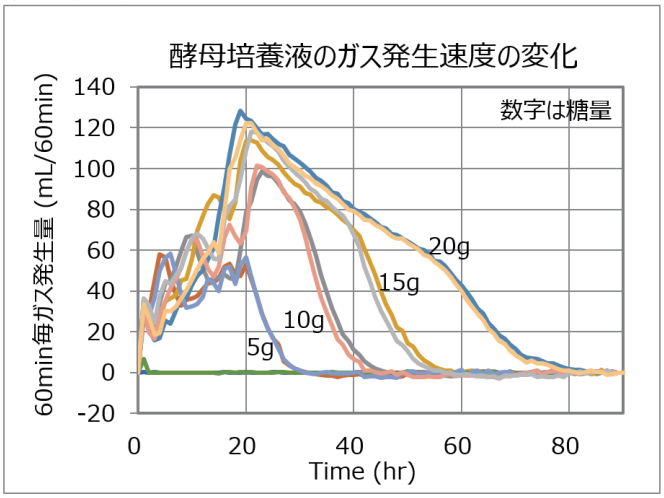
	WSF-2000MH-10W	WSF-2000MH-20W
方式	気液置換型、圧力検知方式（マノメータ・圧力センサ方式）/ 温度補償タイプ圧力センサ・温度センサ使用	
信号方式	シリアル出力（USB）	
計測時間	分単位：1 時間～ 90 日　秒単位：1 分～ 7 日間	
計測間隔	分単位：1、5、10、15、30、60、120 分　秒単位：1、5、10、15、30、60、120 秒	
チャンネル数	1 ～ 10 チャンネル (内蔵ガス測定時 1 ～ 5）＊1	1 ～ 20 チャンネル (内蔵ガス測定時 1 ～ 10）＊1
最低検出ガス量	0.2mL/ 計測間隔あたり	
分解能	約 0.2mL（CO_2 重量として 0.4mg）	
精度	± 2%（フルスケール 90mL に対して）	
標準試料量	20 g （小麦粉量換算 / 生地としては 30 ～ 40 g 前後）＊2	
試料ビン容量	225mL（20g 用）	
電源	AC100V ± 10V、50/60Hz、36VA（AC アダプタ）	AC100V ± 10V、50/60Hz、72VA（AC アダプタ× 2）
寸法	503mm（W）× 152mm（D）× 396mm（H）	503mm（W）× 152mm（D）× 396mm（H）　× 2 台
質量	10kg	20kg

*1 内蔵ガス測定時は奇数チャンネル（通常測定）と偶数チャンネル（CO_2吸収測定）の2チャンネルを一組として使用します。
*2 生地量は加水や配合により異なります。目安として生地として30～40g前後。液体培地の場合別途条件検討が必要です。

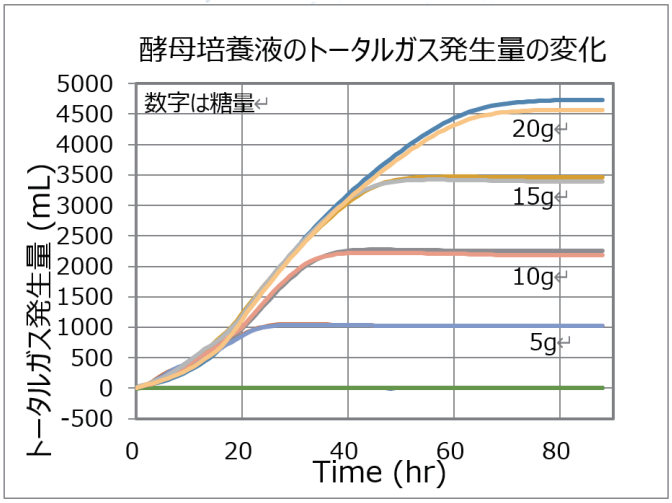
【製品の構成】

WSF-2000MH-10W ファーモグラフⅢ (10 検体用)	WSF-2000MH-10W ファーモグラフⅢ (10 検体用)
プログラムソフトウエア (USB メモリ)	
取扱説明書	
225mL(20g 用）試料ビン：50 個	225mL(20g 用）試料ビン：100 個
225mL(20g 用）試料ビンフタ：10 個	225mL(20g 用）試料ビンフタ：20 個
CO_2 吸収ビン：5 個	CO2 吸収ビン：10 個
CO_2 吸収ビンフタ：5 個	CO2 吸収ビンフタ：10 個
ポリウレタンチューブ (内径 2.5mm/ 外径 4mm)20m：1 本	ポリウレタンチューブ (内径 2.5mm/ 外径 4mm)20m：2 本
USB ケーブル：1 本	USB ケーブル：2 本
USB ハブ：1 個	USB ハブ：2 個
六角レンチ：1 本	六角レンチ：2 本
チューブカッター：1 個	チューブカッター：2 個

【測定例（酵母）】



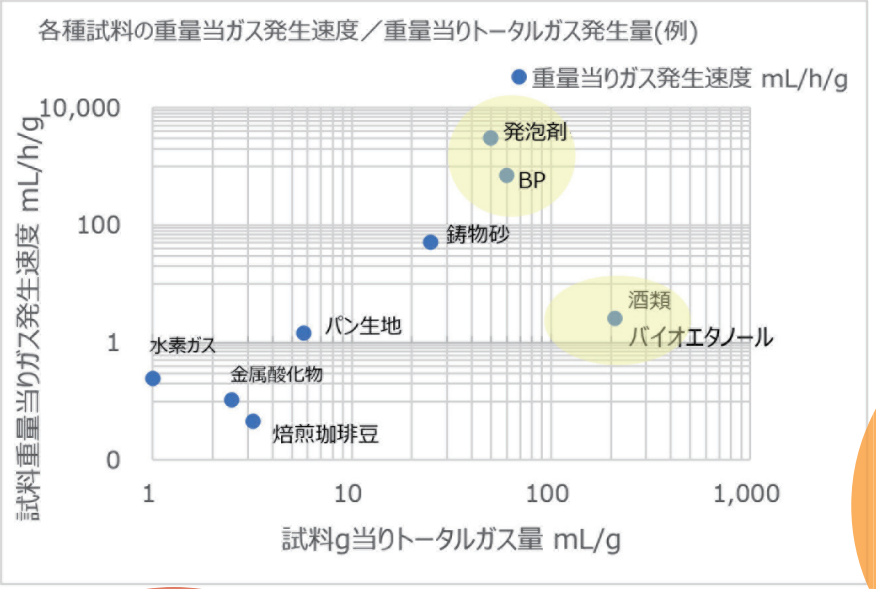
酵母培養液中の糖量を5～20gまでとし、ガス発生速度を比較しました。糖量により、ピーク時の発生量、維持時間に差が出ることが確認できました。



左グラフのガス発生速度をトータルガス発生量に変換しました。糖量により、ガス発生終了時間が異なることが確認できました。

【ファーモグラフで拓く、新しい応用領域】

工業プラントのような大量・高速ではないガス発生は、実は身近なところでいろいろ使われています。
日常的に接しているパン、酒類等の食品から、発泡剤・洗浄剤等の日用品、排水やバイオマスの発酵処理等々。
そうしたガス発生の量や速度を調べると、意外と近い範囲にあって、ファーモグラフによる測定が期待できることが分かって来ました。
そんな測定対象を、トータルのガス発生量とガス発生速度で見直してみたのが下のグラフです。



食品
パン生地
日本酒・ワイン・ビール
ガス発生する食品

SDGs
バイオマス発酵
コンポスト
排水処理

日用品
発泡剤・洗浄剤
Baking Powder
医薬品

生命科学
植物・藻類
微生物
代謝・発酵

無機化学
水素ガス発生
金属酸化物
鉱物等

【名称・価格】

商品コード	型式　名称	入数	価格(税別)
4101170	WSF-2000MH-10W ファーモグラフⅢ (10 検体用)	1 式	3,000,000円
4101180	WSF-2000MH-20W ファーモグラフⅢ (20 検体用)	1 式	5,400,000円

上記システム価格の他に「据付調整技術料」が必要です。詳細はお問い合わせください。

【オプション】

商品コード	型式　名称	入数	価格(税別)
4101165	ファーモグラフ用 PC システム	1 台	400,000円

PCスペックは、OS:Windows11/CPU Core i5以上(Core i7推奨）/メモリ 16GB以上 が必要です。
お手持ちのPCを使用される場合はご相談ください。

商品コード	型式　名称	入数	価格(税別)
4108235	ファーモグラフ用恒温槽　（ノズルなし・温調器付）	1 台	380,000円

室温より高い温度で発酵する試料のガス発生を測定する場合に必要になります。
ただし、恒温槽材料がアクリル性のため、使用可能な温度は50℃までです。

商品コード	型式　名称	入数	価格(税別)
4108238	ファーモグラフ用恒温槽　（ノズル付・温調器なし)	1 台	220,000円
4108240	冷却恒温循環装置 (CH-302i)	1 式	480,000円

室温より低い温度(10℃前後）で発酵する試料のガス発生を測定する場合に必要になります。
冷却恒温循環装置は-15℃～65℃の範囲で制御可能です。低い温度で使用の場合は不凍液を使用してください。

商品コード	型式　名称	入数	価格(税別)
4108115	ファーモグラフⅢ用配管チューブ	1 本	10,000円
4181032	試料ビン (20 g 用)1 箱 50 本入	1 箱	18,000円
4181033	ファーモグラフⅢ用試料ビンフタ 20g 用 (パッキン・ニップル付)	1 個 *	18,000円
4181051	吸収ビン (デュラン瓶 250mL)	1 本 *	12,000円
4181056	ファーモグラフⅢ用吸収ビンフタ (パッキン・ニップル付)	1 個 *	22,000円
4181049	ファーモグラフⅢ用三方活栓	1 個 *	2,000円

*最低発注量は10個となります。

WEB サイトにて操作動画公開中！

アトー株式会社

生化学･分子生物学･遺伝子工学研究機器
開発/生産/販売/サービス

■東　京　本　社　〒111-0041　東京都台東区元浅草3-2-2　TEL03-5827-4861（代表）FAX03-5827-6647
■大　阪　支　店　〒530-0044　大阪市北区東天満2-8-1 若杉センタービル別館5F　TEL06-6136-1421（代表）FAX06-6356-3625
■技術開発センター　〒110-0016　東京都台東区台東2-21-6　TEL03-5818-7560（代表）FAX03-5818-7563
◆メンテナンスサービス　TEL03-5818-7567（代表）FAX03-5818-7563

URL:https://www.atto.co.jp/

お問合せ
WEB会員登録の上、お問い合わせフォームをご利用ください。