

飲料用炭酸ガスの純度分析

Thermo Scientific™ MAX-Bev™ CO₂ 純度測定システムは、炭酸ガス (CO₂) 中の微量不純物を数ppb (parts-per-billion) レベルで測定が可能で、さらにCO₂ガスの絶対的な純度が測定できる完全統合型のソリューションです。

このシステムは、Thermo Scientific™ MAX-iR™ FTIRガスアナライザーをベースにしており、酸素を除く全ての関連するガス成分の測定が可能です。この分析計には、重水素化トリグリシン硫酸塩 (DTGS) 検出器が組み込まれており、その測定スペクトル範囲は600~5,000 cm⁻¹に対応します。この広いスペクトル範囲により、全ての赤外活性不純物の測定が可能です。また絶対的なCO₂純度を直接測定することができ、面倒な湿式法 (Zahn-Nagel純度試験など) が不要になります。非常に精密な圧力と温度制御を用いることにより、MAX-Bev CO₂ 純度モニタリングシステムは、微量不純物と同時に100±0.02%以下の精度でCO₂を測定することが可能です。

表1. 飲料用CO₂のISBT標準規格

ガス種	単位	アラームの下限	アラームの上限	検出下限値
二酸化炭素	%	99.9	100.02	N/A
酸素	ppm	N/A	30	1
水分	ppm	N/A	20	1
アンモニア	ppm	N/A	2.5	0.01
一酸化窒素	ppm	N/A	2.5	0.075
二酸化窒素	ppm	N/A	2.5	0.025
全炭化水素	ppm	N/A	50	0.100
全非メタン系炭化水素	ppm	N/A	20	0.100
アセトアルデヒド	ppb	N/A	200	5
一酸化炭素	ppm	N/A	10	0.12
全芳香族炭化水素 (ベンゼン)	ppb	N/A	20	5
全硫黄 (SO ₂)	ppb	N/A	100	10

硫黄分の不純物測定

MAX-Bev CO₂ 純度モニタリングシステムでは、酸化装置によって全ての還元硫黄種を二酸化硫黄に変換します。すなわち硫黄種をSO₂として、これをMAX-iRガスアナライザーで測定することで、CO₂中の還元硫黄不純物の総量を決定します。これによりメンテナンスやダウンタイムの課題をもつ、業界標準の紫外蛍光分析装置と比較して、より信頼性の高い方法を確立できます。

MAX-Acquisitionソフトウェア

MAX-BevCO₂純度モニタリングシステムは、Thermo Scientific™ MAX-Acquisition™ ソフトウェアによって制御されており、データ取得と分析の全ての側面を管理し、システム診断とアラームを表示し、分析証明書 (CoA) や履歴のレポートを生成/印刷することができます。MAX-Bev CO₂ 純度モニタリングシステムは、CO₂中の主要な不純物ガス成分の測定において、国際飲料技術者協会 (ISBT) 規格に適合し、あるいはそれを上回る性能を発揮します。

実験に利用したガス

表2は、本試験で使用した認証標準（基準）ガスの詳細です。ガスの組成は、米国国立標準技術研究所（NIST）トレーサブルな校正標準および／またはNIST混合ガス標準物質との直接比較により、ガス製造者によって検証されています。

リサーチグレードのCO₂ガスは、基準混合ガスの希釈とCO₂絶対純度測定のスパンガスとして使用しました。MAX-iR FTIRガスアナライザーは、CO₂の精度と直線性の評価を実施する前に、超高純度（UHP）窒素で完全なパーズを行いました。

テスト手法と測定結果

不純物ガスの検出下限値

検出下限とはバックグラウンド以上のシグナルとして検出される不純物の最小濃度を示します。代表的なガスマトリックスとして、リサーチグレードのCO₂ガスの12回の連続分析をMAX-Bev CO₂ 純度モニタリングシステムで実施しました。各不純物成分の検出限界（LOD）は、これらの測定値の標準偏差の3倍と定義されました。

オフセットやスパンファクターは本メソッドに適用しませんでした。また、アセトアルデヒド測定におけるの負のバイアスは、高純度CO₂標準ガスによりゼロ補正することができます。

表2. リファレンスガスボンベの詳細情報

ガスシリンダーID	有効期限	ガス種	認証濃度 (ppm)	分析不確かさ
433	10 October 2024	メタン	497	±2%
CC491546	3 August 2021	ベンゼン	0.99	±10%
CC503203	18 June 2021	アセトアルデヒド	1018	±2%
CC49300	2 July 2021	水分	103.4	±2%
CC436690	12 June 2021	アンモニア	494.5	±2%
CC74236	5 June 2028	一酸化窒素	505.0	±2%
CC178342	16 June 2023	二酸化窒素	535.4	±2%
CC434562	22 December 2024	一酸化炭素	511.1	±2%
D526338	21 October 2022	プロパン	299.7	±2%
		ベンゼン	9.991	±5%
		硫化カルボニル	5.46	±5%
Ultra Zero Grade Air	N/A	酸素	21.5%	±2%

表3. 不純物成分の検出下限値の計測結果

ガス種	単位	平均	下限値 (3σ)	基準	判定
二酸化炭素	%	1.00	N/A	N/A	N/A
酸素	ppm	0.06	0.06	< 1	PASS
水分	ppm	-0.28	0.84	< 1	PASS
アンモニア	ppm	-0.01	0.00	< 0.01	PASS
一酸化窒素	ppm	-0.04	0.01	< 0.075	PASS
二酸化窒素	ppm	-0.01	0.00	< 0.025	PASS
全炭化水素	ppm	0.07	0.01	< 0.1	PASS
全非メタン系炭化水素 (C1)	ppm	0.07	0.01	< 0.1	PASS
アセトアルデヒド	ppb	-15.38	2.07	< 5	PASS
一酸化炭素	ppm	-0.05	0.06	< 0.12	PASS
全芳香族炭化水素 (ベンゼン)	ppb	0.53	2.74	< 5	PASS
全硫黄 (SO ₂)	ppb	5.75	6.49	< 10	PASS

CO₂の精度と再現性について

このテストは、CO₂絶対純度測定の精度と再現性を示していません。このテストを実施する前に、MAX-Bev CO₂純度モニタリングシステムの計測結果をリサーチグレードのCO₂認定濃度ガス（100%）によってスパン校正を実施しました。これは、機器の制御ソフトウェアでスケジュールできるルーチン品質保証チェックです。CO₂の精度と再現性を評価するために、未希釈のリサーチグレードCO₂を10~12回連続分析しました。各測定における誤差は、測定したCO₂濃度と予想されるCO₂濃度の差を予想濃度で割ったものとして計算しました。また、CO₂濃度の相対標準偏差（RSD）は0.006%でした。各測定におけるCO₂濃度は100 ± 0.02%、RSDは<0.015%が要求され本機器が高い水準をクリアしていることがわかります。

レスポンスタイム

不純物成分の濃度が増加したときに、機器が応答するまでにどれくらいの時間がかかるかが重要です。このテストにはブレンドされたプロパン、硫化カルボニル、ベンゼンを窒素のバランスで混合した基準ガスを利用しました。なお、硫化カルボニルはオープン内で二酸化硫黄に変換され、MAX-iR FTIRガスアナライザーで全硫黄として測定されます。

応答時間を評価するために、リサーチグレードのCO₂ガスをMAX-Bev CO₂純度モニタリングシステムに導入しました。その後、設定したアラームの上限値を超える濃度で基準ガスを導入しました。濃度が1%以上変化しないレベルで安定化した後、フルスケールの95%に達するのに必要な時間（「上昇時間」）を記録しました。リサーチグレードのCO₂ガスを再び導入し、濃度が安定したら、フルスケールの5%未満に達するのに必要な時間（「下降時間」）を記録しました（表6）。

上昇時間と下降時間の両方において75秒未満が要求され、その基準をクリアしていることがわかります。

表6. レスポンスタイムの評価結果

ガス	タイムスタンプ (hh:mm:ss)		上昇時間 (秒)	基準	判定
	フルスケールの0%	フルスケールの>95%			
二酸化炭素	10:15:46	10:16:54	69	< 75 sec	PASS
プロパン	10:15:46	10:16:42	56	< 75 sec	PASS
ベンゼン	10:15:46	10:16:54	69	< 75 sec	PASS
二酸化硫黄	10:29:42	10:30:26	44	< 75 sec	PASS
ガス	タイムスタンプ (hh:mm:ss)		下降時間 (秒)	基準	判定
	フルスケールの100%	フルスケールの<5%			
二酸化炭素	10:18:49	10:19:51	62	< 75 sec	PASS
プロパン	10:18:49	10:19:43	53	< 75 sec	PASS
ベンゼン	10:18:49	10:19:34	45	< 75 sec	PASS
二酸化硫黄	10:27:20	10:28:08	48	< 75 sec	PASS

表4. CO₂の絶対純度結果

測定回数	濃度	% 誤差	基準	判定
1	100.00%	0.00%	±0.02%	PASS
2	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
3	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
4	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
5	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
6	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
7	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
8	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
9	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
10	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
11	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS
12	99.98%	-0.02%	±0.02%	PASS

表5. CO₂の繰り返し性評価

平均CO ₂	標準偏差	基準	判定
99.98%	0.006%	< 0.015%	PASS

ISBTで許容される最大濃度付近での不純物測定の精度、直線性、精密性について

この評価は、装置制御用ソフトウェアにおける不純物ガス測定の精度と直線性を示すものです。MAX-iR FTIRガスアナライザーは全ての赤外活性な不純物成分を測定することができ、さらに酸素はZR800酸素アナライザー (Systech Illinois社) により測定されます。この評価はアラームの上限閾値に近い濃度、つまりISBTで許容される最大不純物濃度 (表1) のガスを用いて実施しました。

基準ガスは、2台のマスフローコントローラー (MFC) を用いてリサーチグレードのCO₂ガスで希釈し、MAX-iR FTIRガスアナライザーに導入しました。全硫黄を除く全ての不純物について、ゼロを含む7つの基準ガス濃度を3回測定し、合計21回の測定を行いました。1~7は昇順、8~14は降順、15~21はランダムな順序で測定しました。

硫黄と酸素の精度と直線性の評価については、ゼロを含む5つの基準ガス濃度を4回測定し、同じ濃度が連続して2回導入されることのないようにセミランダムな順序で測定しました。

不純物成分濃度の最低値は、有効な精度評価を行うために、検出下限値の2倍以上としました。全炭化水素を除く全ての不純物について、最高レベルはアラームの上限閾値 (表1) 以上の濃度を採用しました。全炭化水素の検証にはメタンガスを利用しました。飲料用グレードのCO₂に含まれるメタン濃度は10 ppmを超えないと予想されるため、この値を最大値として選択しました。各不純物成分の目標濃度は、表7をご参照ください。各レベルにおける誤差は、測定した基準ガス濃度と予想される基準ガス濃度の差を予想濃度で割った値として計算しました。また、予想ガス濃度対測定ガス濃度をプロットし、直線性 (R²) を決定しました。

表7. 基準ガスの目標濃度値のリスト

不純物ガス成分	Units	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
全炭化水素 (C1)	ppm	0.00	0.54	1.07	2.54	4.92	7.55	10.14
全芳香族炭化水素 (benzene)	ppb	0	10	17	25	34	43	50
アセトアルデヒド	ppb	0	41	83	206	413	619	825
水分	ppm	0.00	0.99	1.96	10.02	20.00	29.85	40.00
アンモニア	ppm	0.00	0.27	0.53	1.33	2.53	3.45	5.03
一酸化窒素	ppm	0.00	0.27	0.55	1.23	2.58	3.79	5.00
二酸化窒素	ppm	0.00	0.29	0.58	1.30	2.45	3.74	5.02
一酸化炭素	ppm	0.00	1.10	2.06	4.92	10.02	15.19	20.44
全硫黄 (SO ₂)	ppb	0	44	102	146	248	N/A	N/A
酸素	ppm	0.0	15.4	30.7	61.4	92.1	N/A	N/A

表8. 全炭化水素 (C1) の精度評価

Level	測定	全炭化水素 (C1)		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0.00	0.00	~MDL
1	1	0.54	0.54	-2.73%
2	1	1.07	1.06	-0.98%
3	1	2.54	2.55	0.52%
4	1	4.92	4.98	1.19%
5	1	7.55	7.55	0.04%
6	1	10.14	9.99	-1.49%
6	2	10.14	9.98	-1.62%
5	2	7.55	7.55	0.11%
4	2	4.92	5.01	1.84%
3	2	2.54	2.56	0.97%
2	2	1.07	1.08	0.34%
1	2	0.54	0.52	-2.28%
0	2	0.00	0.02	~MDL
4	3	4.92	4.99	1.44%
2	3	1.07	1.07	-0.38%
5	3	7.55	7.53	-0.19%
1	3	0.54	0.52	-2.45%
6	3	10.14	9.94	-1.96%
0	3	0.00	0.02	~MDL

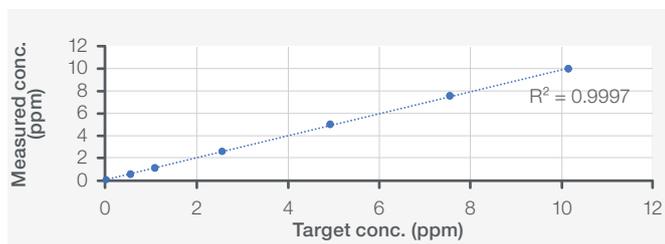


図1. 全炭化水素 (C1) の直線性評価

表9. 全芳香族炭化水素 (ベンゼン) の精度評価

Level	測定	全芳香族炭化水素 (ベンゼン)		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0	0	~MDL
1	1	10	9	-6.43%
2	1	17	16	-4.24%
3	1	25	25	-1.13%
4	1	34	33	-2.69%
5	1	43	41	-2.72%
6	1	50	50	-0.16%
6	2	50	50	-0.96%
5	2	43	42	-1.18%
4	2	34	33	-1.65%
3	2	25	24	-3.16%
2	2	17	17	-0.18%
1	2	10	11	7.82%
0	2	0	0	~MDL
4	3	34	34	0.79%
1	3	10	10	4.12%
5	3	43	41	-2.45%
2	3	17	17	-1.67%
6	3	50	49	-2.17%
0	3	0	0	~MDL
3	3	25	24	-4.02%

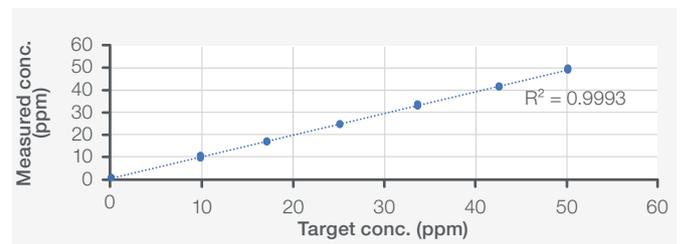


図2. 全芳香族炭化水素 (ベンゼン) の直線性評価

表10. アセトアルデヒドの精度評価

Level	測定	アセトアルデヒド		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0	0	~MDL
1	1	41	40	-2.27%
2	1	83	89	8.42%
3	1	206	212	2.53%
4	1	413	423	2.45%
5	1	619	636	2.82%
6	1	825	847	2.65%
6	2	825	825	0.08%
5	2	619	623	0.65%
4	2	413	423	2.61%
3	2	206	213	3.16%
2	2	83	101	22.41%
1	2	41	45	8.17%
0	2	0	0	~MDL
4	3	413	426	3.19%
2	3	83	90	8.99%
5	3	619	634	2.48%
1	3	41	45	8.11%
6	3	825	832	0.87%
0	3	0	4	~MDL
3	3	206	217	5.33%

表11. 水分の精度評価

Level	測定	水分		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0.00	0.00	~MDL
1	1	0.99	1.07	8.05%
2	1	1.96	1.88	-4.30%
3	1	10.02	9.69	-3.32%
4	1	20.00	19.50	-2.50%
5	1	29.85	29.05	-2.67%
6	1	40.00	39.32	-1.69%
6	2	40.00	39.31	-1.73%
5	2	29.85	29.61	-0.80%
4	2	20.00	19.88	-0.60%
3	2	10.02	10.23	2.05%
2	2	1.96	2.10	7.01%
1	2	0.99	0.96	-3.26%
0	2	0.00	0.00	~MDL
4	3	20.00	19.27	-3.65%
2	3	1.96	2.13	8.73%
5	3	29.85	28.82	-3.46%
1	3	0.99	1.11	12.28%
6	3	40.00	39.18	-2.06%
0	3	0.00	0.12	~MDL
3	3	10.02	10.02	0.04%

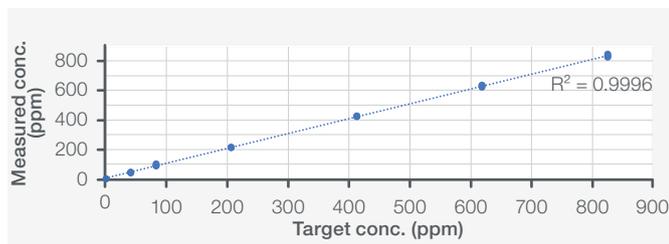


図3. アセトアルデヒドの直線性評価

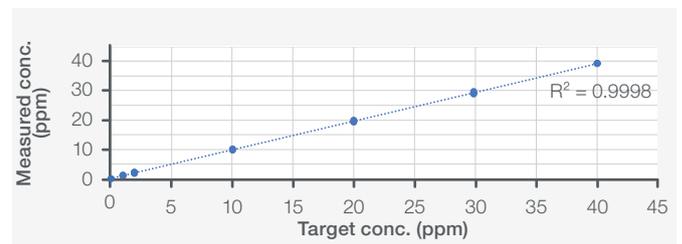


図4. 水分の直線性評価

表12. アンモニアの精度評価

Level	測定	アンモニア		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0.00	0.01	~MDL
1	1	0.27	0.23	-13.63%
2	1	0.53	0.50	-5.73%
3	1	1.33	1.30	-2.52%
4	1	2.53	2.51	-0.59%
5	1	3.45	3.45	-0.08%
6	1	5.03	5.05	0.42%
6	2	5.03	4.97	-1.14%
5	2	3.45	3.42	-0.77%
4	2	2.53	2.51	-0.64%
3	2	1.33	1.32	-1.01%
2	2	0.53	0.52	-2.71%
1	2	0.27	0.24	-9.71%
0	2	0.00	0.01	~MDL
4	3	2.53	2.53	0.15%
2	3	0.53	0.52	-1.96%
5	3	3.45	3.44	-0.17%
1	3	0.27	0.25	-6.38%
6	3	5.03	5.03	0.01%
0	3	0.00	0.02	~MDL
3	3	1.33	1.31	-1.96%

表13. 一酸化窒素の精度評価

Level	測定	一酸化窒素		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0.00	0.00	~MDL
1	1	0.27	0.25	-8.02%
2	1	0.55	0.49	-10.18%
3	1	1.23	1.17	-4.74%
4	1	2.58	2.45	-4.98%
5	1	3.79	3.71	-2.09%
6	1	5.00	4.99	-0.29%
6	2	5.00	4.93	-1.36%
5	2	3.79	3.72	-1.89%
4	2	2.58	2.53	-1.80%
3	2	1.23	1.20	-2.35%
2	2	0.55	0.53	-3.44%
1	2	0.27	0.26	-5.23%
0	2	0.00	0.01	~MDL
4	3	2.58	2.55	-1.09%
2	3	0.55	0.52	-3.98%
5	3	3.79	3.71	-2.12%
1	3	0.27	0.25	-8.28%
6	3	5.00	5.01	0.10%
0	3	0.00	0.02	~MDL
3	3	1.23	1.18	-3.38%

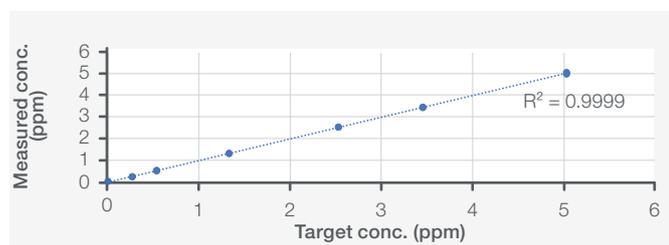


図5. アンモニアの直線性評価

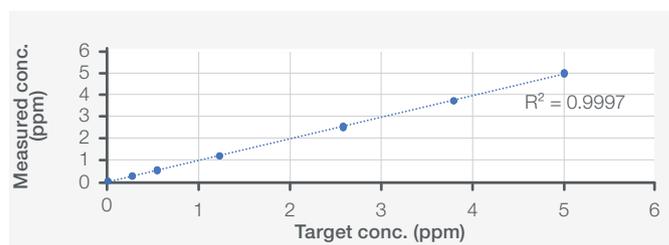


図6. 一酸化窒素の直線性評価

表14. 二酸化窒素の精度評価

Level	測定	二酸化窒素		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0.00	0.01	~MDL
1	1	0.29	0.26	-11.47%
2	1	0.58	0.52	-9.31%
3	1	1.30	1.22	-5.73%
4	1	2.45	2.32	-5.34%
5	1	3.74	3.50	-6.33%
6	1	5.02	4.95	-1.37%
6	2	5.02	4.94	-1.52%
5	2	3.74	3.67	-1.79%
4	2	2.45	2.40	-2.01%
3	2	1.30	1.26	-2.94%
2	2	0.58	0.56	-3.56%
1	2	0.29	0.27	-5.21%
0	2	0.00	0.01	~MDL
4	3	2.45	2.41	-1.64%
2	3	0.58	0.56	-2.99%
5	3	3.74	3.68	-1.52%
1	3	0.29	0.28	-3.97%
6	3	5.02	4.92	-1.99%
0	3	0.00	0.01	~MDL
3	3	1.30	1.25	-3.45%

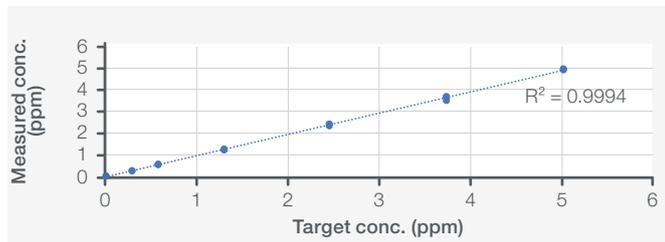


図7. 二酸化窒素の直線性評価

表15. 一酸化炭素の精度評価

Level	測定	一酸化炭素		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0.00	0.06	~MDL
1	1	1.10	1.11	0.46%
2	1	2.06	2.03	-1.41%
3	1	4.92	4.80	-2.54%
4	1	10.02	9.69	-3.34%
5	1	15.19	14.69	-3.26%
6	1	20.44	19.82	-3.06%
6	2	20.44	19.82	-3.05%
5	2	15.19	14.79	-2.61%
4	2	10.02	9.78	-2.41%
3	2	4.92	4.85	-1.60%
2	2	2.06	2.01	-2.79%
1	2	1.10	1.09	-1.30%
0	2	0.00	0.05	~MDL
4	3	10.02	9.65	-3.73%
2	3	2.06	2.03	-1.43%
5	3	15.19	14.74	-2.95%
1	3	1.10	1.07	-3.28%
6	3	20.44	19.86	-2.85%
0	3	0.00	0.07	~MDL
3	3	4.92	4.83	-1.93%

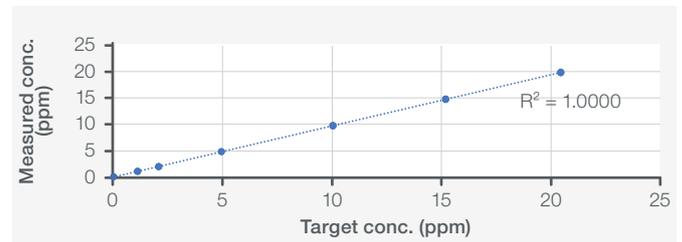


図8. 一酸化炭素の直線性評価

表16. 全硫黄 (SO₂) の精度評価

Level	測定	全硫黄 (SO ₂)		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
0	1	0	8	~MDL
2	1	102	99	-2.61%
4	1	248	270	9.20%
3	1	146	146	0.27%
1	1	44	50	15.16%
4	2	248	271	9.53%
1	2	44	47	7.90%
0	2	0	10	~MDL
3	2	146	157	7.75%
2	2	102	103	1.43%
3	3	146	142	-2.47%
0	3	0	10	~MDL
4	3	248	265	6.90%
2	3	102	108	5.92%
4	4	248	265	6.92%
1	3	44	42	-2.93%
3	4	146	156	7.26%
0	4	0	6	~MDL
2	4	102	104	2.11%
1	4	44	47	8.22%

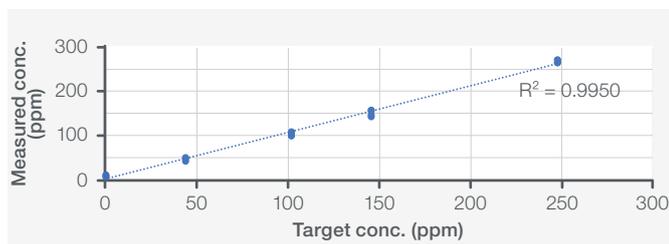


図9. 全硫黄 (SO₂) の直線性評価

表17. 酸素の精度評価

Level	測定	酸素		
		ターゲット値 (ppm)	計測値 (ppm)	% 誤差
4	1	92.1	95.4	3.57%
3	1	61.4	65.6	6.86%
1	1	15.4	16.5	7.25%
2	1	30.7	32.9	7.21%
0	1	0.0	0.0	~MDL
4	2	92.1	97.2	5.52%
1	2	15.4	16.6	8.35%
0	2	0.0	-0.3	~MDL
3	2	61.4	65.9	7.20%
2	2	30.7	33.4	8.87%
3	3	61.4	66.0	7.38%
0	3	0.0	0.0	~MDL
2	3	30.7	32.8	6.86%
4	3	92.1	94.4	2.47%
1	3	15.4	16.5	7.31%
2	4	30.7	32.1	4.61%
4	4	92.1	92.2	0.09%
1	4	15.4	16.7	8.48%
3	4	61.4	63.4	3.13%
0	4	0.0	0.0	~MDL

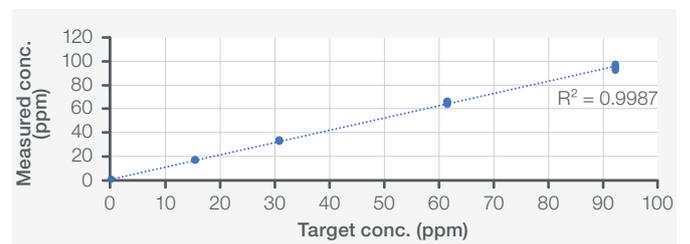


図10. 酸素の直線性評価

精度と直線性の試験の概要を表18に示します。

試験した全ての不純物成分において、直線性 (R²) は0.995でした。平均誤差は全ての不純物で±10%以内でしたが、アセトアルデヒドは例外で、1つの測定 (レベル2/測定2) のみが22.41%の誤差で異常値となりました。残りのレベル2の測定は全て目標濃度の±10%以内であったため、この異常値はガスの混合に伴うエラーであったと考えられます。

ISBTの最大許容限界濃度付近の不純物測定の精度と正確さを評価するために、その濃度に最も近い希釈レベルのサンプルを用いて平均誤差と標準偏差 (RSD) を算出しました (表19)。

MAX-iR FTIRガスアナライザーで測定した全ての不純物について、ISBTの許容限界付近の平均誤差は±4%以内、つまり基準ガスの分析不確かさに近いものでした。酸素の精度は±7%以内でした。全ての不純物について、RSDは<4%であり、MAX-Bev CO₂ 純度モニタリングシステムの上限アラームの閾値付近で優れた精度を示していることがわかりました。

表18. 精度と直線性評価における結果のまとめ

ガス	平均パーセント誤差						直線性 (R ²)
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
全炭化水素 (C1)	-1.80%	-0.34%	0.56%	1.49%	-0.01%	-1.69%	0.9997
全芳香族炭化水素 (benzene)	-0.09%	-2.03%	-2.77%	-1.18%	-2.12%	-1.10%	0.9993
アセトアルデヒド	4.67%	13.27%	3.67%	2.75%	1.98%	1.20%	0.9996
水分	5.69%	3.81%	-0.41%	-2.25%	-2.31%	-1.83%	0.9998
アンモニア	-9.91%	-3.47%	-1.83%	-0.36%	-0.34%	-0.24%	0.9999
一酸化窒素	-7.17%	-5.86%	-3.49%	-2.62%	-2.04%	-0.52%	0.9997
二酸化窒素	-6.88%	-5.28%	-4.04%	-2.99%	-3.22%	-1.63%	0.9994
一酸化炭素	-1.37%	-1.88%	-2.02%	-3.16%	-2.94%	-2.99%	1.0000
全硫黄 (SO ₂)	7.09%	1.71%	3.20%	8.14%	N/A	N/A	0.9950
酸素	7.85%	6.89%	6.14%	2.91%	N/A	N/A	0.9987

表19. ICBTの上限值付近での精度と正確さの評価

ガス	単位	ISBT 上限値	ISBT 上限値付近での評価結果			
			Level	ターゲット値	平均% 誤差	標準偏差
全炭化水素 (C1)	ppm	50	Level 6	10.14	-1.69%	0.25%
全芳香族炭化水素 (benzene)	ppb	20	Level 2	17	-2.03%	2.10%
アセトアルデヒド	ppb	200	Level 3	206	3.67%	1.42%
水分	ppm	20	Level 4	20.00	-2.25%	1.58%
アンモニア	ppm	2.5	Level 4	2.53	-0.36%	0.44%
一酸化窒素	ppm	2.5	Level 4	2.58	-2.62%	2.13%
二酸化窒素	ppm	2.5	Level 4	2.45	-2.99%	2.10%
一酸化炭素	ppm	10	Level 4	10.02	-3.16%	0.70%
全硫黄 (SO ₂)	ppb	100	Level 2	102	1.71%	3.43%
酸素	ppm	30	Level 2	30.7	6.89%	1.64%

詳細はこちらをご覧ください thermofisher.com/max-bev

研究用にも使用できません。診断用には使用いただけません。
© 2023 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved.
All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified.
実際の価格は、弊社販売代理店までお問い合わせください。
価格、製品の仕様、外観、記載内容は予告なしに変更する場合がありますのであらかじめご了承ください。
標準販売条件はこちらをご覧ください。 thermofisher.com/jp-tc **FTIR184-A2306OB**

サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社

分析機器に関するお問い合わせはこちら

TEL: 0120-753-670 FAX: 0120-753-671

Analyze.jp@thermofisher.com

facebook.com/ThermoFisherJapan

@ThermoFisherJP

thermofisher.com