

# 木材の酸加水分解物中の糖類の測定

サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社

## キーワード

Dionex CarboPac SA10-4  $\mu\text{m}$  カラム、ガスケット厚さ62 mil、導入量0.4  $\mu\text{L}$ 、Dionex ICS-5000+ システム、ラムノース、木材発酵液

## はじめに

バイオ燃料が化石燃料に代わるエネルギーの選択肢の一つであることは広く受け入れられています<sup>1,2</sup>。現在、バイオ燃料の生成には、トウモロコシやサトウキビなどを原料とする再生可能な生物由来有機資源（バイオマス）が一般的に用いられていますが、近年、別の有力な生物資源として、食糧資源ではない「木材」が注目されるようになりました。木材は、収穫が天候に左右されるトウモロコシなどの農作物に比べて安定的に供給できるうえ、水や肥料が少なくても育ち、年間を通して収穫可能なところに利点があると考えられています。2020年までに、木材を原料とするバイオ燃料は食糧由来のそれと商業的に競合できる量が供給されるようになり、化石燃料の有力な代替エネルギーになるものと予想されています<sup>3</sup>。

## 植物由来糖類の測定メソッド

木材を原料とする燃料を精製する過程で糖類をモニターすることは、バイオ燃料の生成において非常に重要です。バイオマスからバイオ燃料への変換効率を最大限に高めるために、木材のリグニンとセルロースが発酵分解由来の糖類になる過程をモニターします。エタノール生産量に直接的に関与するこの過程では、高分離イオン交換カラムと電気化学検出HPAE-PAD法を用いたイオンクロマトグラフィーで木材の発酵分解物を測定することができます<sup>4,5</sup>。

HPAE-PAD法では、Thermo Scientific™ Dionex™ CarboPac™ SA10-4  $\mu\text{m}$ カラムと電気化学検出器を組み合わせたメソッドで植物由来の糖類を迅速に測定できることが示されています<sup>6,7</sup>。弊社アプリケーションノート（AN 282、英語版）には、発酵分解されたトウモロコシの茎、葉などの発酵サンプルを100倍希釈して糖類を測定した結果が記載されています<sup>6</sup>。このメソッドでは、溶離液ジェネレーターシステムによってインライン生成した水酸化カリウム溶離液と厚さ15 milのガスケット（厚さ2 milのガスケットが標準）を電気化学フローセルにセットし、一般的な植物由来の糖類（キシロース、スクロース、アラビノース、ガラクトース、グルコース、ラムノース、マンノース、フルクトース）の分析を8分以内に行っています。最近、アプリケーションアップデート（AU 192）においてハードウェアに



2点の改良が加えられ、高濃度サンプルの前処理が下記の通り、従来よりも容易になりました。

- 導入量を10  $\mu\text{L}$ から0.4  $\mu\text{L}$ へと大幅に減らしました。
- スペーサーガスケットの厚さを62 milに変更し、検出下限値をさらに下げることができました。

メソッドの修正により検量線範囲が広がったため、発酵分解したトウモロコシ由来の糖類の測定を10倍希釈で行うことができようになりました。修正前の15 milのガスケットではさらなる希釈が必要でした<sup>7</sup>。

今回は前述のメソッド修正を行ったうえで、新しいDionex CarboPac SA10-4  $\mu\text{m}$ カラムを用いて木材の発酵分解物中の糖類を測定するメソッドを開発しました。このカラムは樹脂粒子径が非常に小さく、既存のメソッドでは分離が難しいラムノースとガラクトースを高い分離能で効率的に分離することができます。ただし、従来のDionex CarboPac SA10カラムに比べて樹脂の粒子径が小さいので、非常に高い圧力でのオペレーションが必要になります。そのため、Dionex CarboPac SA10-4  $\mu\text{m}$ カラムは新型のDionex ICS-5000+ HPICと組み合わせて使用する必要があります。このメソッドを、精度、正確性、検量線の直線性などのパラメーターで評価した結果、迅速な測定、高感度検出、検出再現性のいずれの項目においても木材の発酵分解サンプルの糖類測定に有用であることが示されました。

## 目的

樹脂の粒子径が小さいカラムを使用して木材の発酵分解物中の糖類を分離測定するメソッドを開発し、既存メソッドでは分離が難しい2種類の構成単糖類を分離測定します。

## 装置

- Thermo Scientific Dionex ICS-5000+ HPIC システム
- SPシングルポンプユニットもしくはDPデュアルポンプユニット、減圧脱ガスコンバージョンキット組み込みシステム
- DC検出器/クロマトグラフィーコンパートメント
  - 4ポートバルブRebuildキット
  - ED電気化学検出器 (フローセルなし)
  - ECDセル、参照電極付き
  - 作用電極Au、ディスポーザブル作用電極 (PTFEタイプ)
  - pH、Ag/AgCl参照電極
  - 高濃度分析用キット、62 ml PTFEガスケットとスパーサーブロック
- Thermo Scientific Dionex AS-AP オートサンプラー
- Thermo Scientific Dionex Chromeleon™ クロマトグラフィーデータシステム (CDS) ソフトウェア

## 消耗品

- バイアルキット、0.3 mL Polypropylene with Caps and Septa
- Thermo Scientific Nalgene™ MF75™ Series Sterile Disposable Tissue Culture Filter Units, 1000 mL, 0.2 µm (Fisher™ Scientific)
- Thermo Scientific Dionex EGC III KOH 溶離液ジェネレーターカートリッジ
- Thermo Scientific Dionex CR-ATC

## 試薬

純水グレード；比抵抗値 18MΩ以上、0.2 µmのフィルターを通した超純水、18 MΩ-cm以上の比抵抗、使用直前に 0.2 µmのフィルターに通した超純水

## 標準試薬

- L(-)-フコース
- D-ガラクトース
- D(+)-マンノース
- D-フルクトース
- D-キシロース
- サッカロース
- D-グルコース
- D-アラビノース
- D(+)-セロビオース
- D-ラムノース

## 分析条件

カラム	Dionex CarboPac SA10, 4 × 50 mm Dionex CarboPac SA10, 4 × 250 mm Dionex CarboPac SA10-4 µm, 4 × 250 mm
カラム温度	45°C (メソッド1)、30°C (メソッド2)
溶離液	1.0 mmol/L水酸化カリウム
溶離液ジェネレーター	Dionex EGC III KOHカートリッジ CR-ATC 陰イオントラップカラム
流量	1.5 mL/min (メソッド1) 1.2 mL/min (メソッド2)
検出器	パルスドアンペロメトリック検出
試料注入量	0.4 µLインターナルループ
セル温度	20°C*
バックグラウンド	30~70 nC
作用電極	Au、PTFE ディスポーザブル
セルガスケット厚さ	62 mil
参照電極タイプ、使用モード、ノイズ	Ag/AgCl-pH、Ag/AgCl、30~60 pC

\*本メソッドはコンパートメント温度を 20 °C に設定し、デュアル温度システムで実施しました。この温度は電気伝導度検出器に最適な温度です。本メソッドはコンパートメント温度を 30 °C に設定しても実施可能です。

## 糖類の電位波形

### Carbohydrate 4-Potential Waveform for the ED

Time (s)	Potential (V)	Gain Region*	Ramp*	Integration
0.00	+0.1	Off	On	Off
0.20	+0.1	On	On	On
0.40	+0.1	Off	On	Off
0.41	-2.0	Off	On	Off
0.42	-2.0	Off	On	Off
0.43	+0.6	Off	On	Off
0.44	-0.1	Off	On	Off
0.50	-0.1	Off	On	Off

\*上記設定はDionex ICS-3000/5000システムにて使用できるもので、DX-500以前のシステムに適用することはできません。参照電極のモードはAg/AgClを使用します。

## 溶離液

### 1 mmol/L KOH

Dionex EGC III KOH溶離液ジェネレーターカートリッジにより超純水をポンプで送り、KOH溶離液をオンラインで生成します。Chromleon CDSソフトウェアでKOHの使用量をモニターして記録することにより、カートリッジの使用対応時間が計算されます。必要に応じて溶離液を調製して使用することもできますが、本メソッドでは溶離液ジェネレーターで生成した溶離液を使用するのが最善の方法であり、オペレーターが調製した溶離液の使用は推奨されません。同時に、調製した溶離液でのパフォーマンスも保証されません。1 mmol/Lまたは10 mmol/Lの水酸化カリウム溶離液を調製して使用すると炭酸塩による汚染が原因で分離し、保持時間の再現性に影響を与えます。低濃度の水酸化カリウム溶離液を使用する場合は、炭酸塩の汚染による影響を考慮しなければなりません。やむを得ず溶離液を手動で調製する必要がある場合は、KOHではなくNaOHを使用してください。弊社のDionex Technical Note 71 (英語版) に水酸化物溶離液の調製方法に関する詳しい記載があります<sup>8</sup>。本メソッドでは、水酸化物溶離液を適切に調製することが優れたパフォーマンスにつながります。

### ストック標準溶液

各糖類のストック標準溶液をそれぞれ200 mg/mL調製します。ストック溶液は-20°Cで保管します。

### 検量標準液

ストック溶液を希釈し、測定用の標準液を超純水で調製します。測定用の標準液は4°Cで保管します。希釈する際は高い精度を確保するため、必ず重量を測定します。キャリブレーションに使用する濃度範囲は0.05~2.4 g/L (0.05、0.1、0.3、0.5、0.8、1.0、1.6、2.0、2.4 g/L) です。

## 試料の前処理

### 木材の発酵分解物

サンプルはコロラド州ゴールデンの国立再生可能エネルギー研究所から提供されたものです。本研究で使用した液体サンプルには硫酸が1%含まれていました。木材の発酵分解物サンプル (コントロールタマツ由来の液体および洗浄液) 16,000 gで10分間遠心分離し、微粒子を完全に取り除きます。その後、超純水で2倍または50倍に希釈して注入し、分析します。

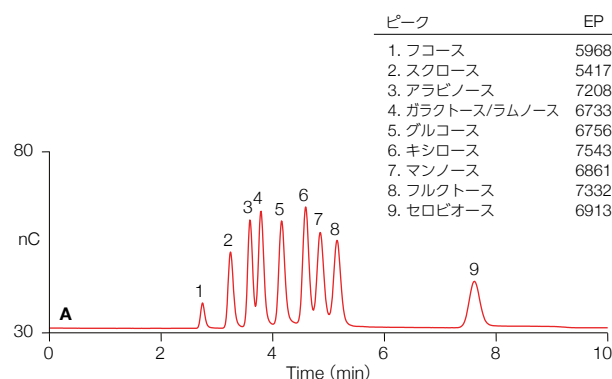
### 注意事項

測定対象のバイオマスサンプルには、キシロース、グルコース、ガラクトースなどの糖類が高濃度で含まれていたため、当初はキャリーオーバーが観察されました。AS-APのサンプルニードルおよびポートを500 µL以上の超純水で洗浄することによりキャリーオーバーが低下するので、各測定時にこの洗浄を行うことを推奨します。保持時間 (RT) のシフトが観察される場合は、100 mmol/L KOHでカラムを20分間洗浄することを推奨します。RTおよびピーク面積のRSDを8%未満に保つには、一般的に5~6日 (注入回数で約300回) に一度、カラムを洗浄してください。ただし、100 mmol/L KOHを使用するとシステムの平衡状態が乱れるため、カラムを洗浄した後は1 mmol/L KOHを30分以上送液してカラム内を1 mmol/L KOHの平衡状態に戻し、高い精度を確保するようにします。参照電極は6ヵ月ごと、測定用のディスパーザブル電極は4週ごとに交換します。

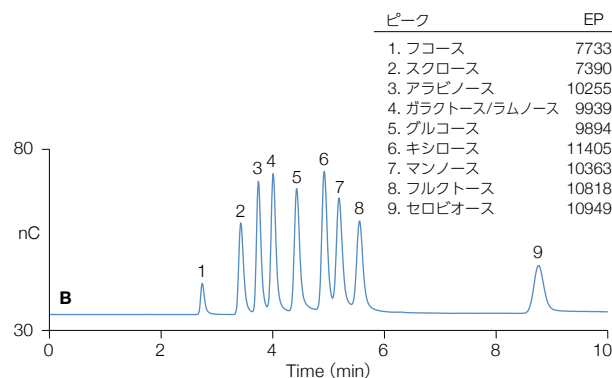
## 結果と考察

### 分離

木材の発酵分解物中の糖類であるフコース、スクロース、アラビノース、ガラクトース、ラムノース、グルコース、キシロース、マンノース、フルクトース、セロビオース、マルトースを測定します。図1はDionex CarboPac SA10-6 μm カラム (標準カラム) とDionex CarboPac SA10-4 μmカラムのクロマトグラムで、メソッド1 (流量1.5 mL/min、カラム温度45°C) を使用し、上述の糖類を分離した結果を示したものです。4 μmカラムは標準カラムに比べて高い分離能を有することから、これらの糖類の分離が可能であり、シグナル・ノイズ比 (S/N) も高くなります。カラム



カラム	Dionex CarboPac SA10 Guard (4 × 50 mm) Dionex CarboPac SA10 Analytical (4 × 250 mm)
カラム温度	45°C
流量	1.5 mL/min
圧力	2300 psi

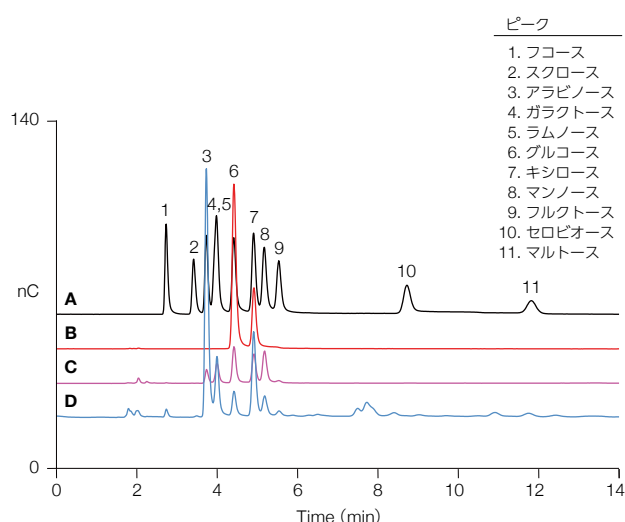


カラム	Dionex CarboPac SA10 Guard (4 × 50 mm) Dionex CarboPac SA10-4 μm Analytical (4 × 250 mm)
カラム温度	45°C
流量	1.5 mL/min
圧力	4300 psi

図1：メソッド1を使用した糖類の分離  
(Dionex CarboPac SA10とSA10-4 μmとの比較)

の粒子径が小さいため、システム背圧は高くなるものの、Dionex ICS-5000+ HPICは5000 psiまでの圧力に耐えられるため分析が可能です。二つのカラムによる分析時間はほぼ同じですが、4 μmのカラムではピーク分離能が40%以上向上し、S/N比も改善しているのがわかります。

図2に2種類の木材発酵分解物サンプル (洗浄液と液体) の糖類の測定結果を示します。サンプルを2倍または50倍に希釈してから分析したところ、主にアラビノース、グルコース、キシロース、マンノースが含まれていました。分析に要した時間は全体で14分でしたが、この条件ではガラクトースとラムノースが未分離の状態で溶出しています。



カラム	Dionex CarboPac SA10 Guard (4 × 50 mm) Dionex CarboPac SA10-4 μm Analytical (4 × 250 mm)
カラム温度	45°C
流量	1.5 mL/min
試料	A: 糖類標準混合液 B: サンプル1 (2倍希釈) C: サンプル2 (2倍希釈) D: サンプル3 (50倍希釈)

図2：メソッド1を使用した木材の糖類の分析  
(Dionex CarboPac SA10-4 μm使用)

ガラクトースとラムノースは温度を30℃に下げることによって分離できます。温度を下げると背圧が上昇するため、流量を1.2 mL/minに設定しました。この条件（メソッド2）では木材に含まれる11種類の糖が分離されました。図3は6 μm樹脂カラムと4 μm樹脂カラムの両方をDionex CarboPac SA10カラムで分離した結果を示したものです。予想どおり、4 μmのカラムのほうが6 μmのカラムよりも高い分離能を示しています。しかしこの条件では、スクロースとアラビノース、フルクトースとマンノースが分離できていません。そこで、ラムノースを除く木材のすべての糖の分離にはメソッド1を、ラムノースを

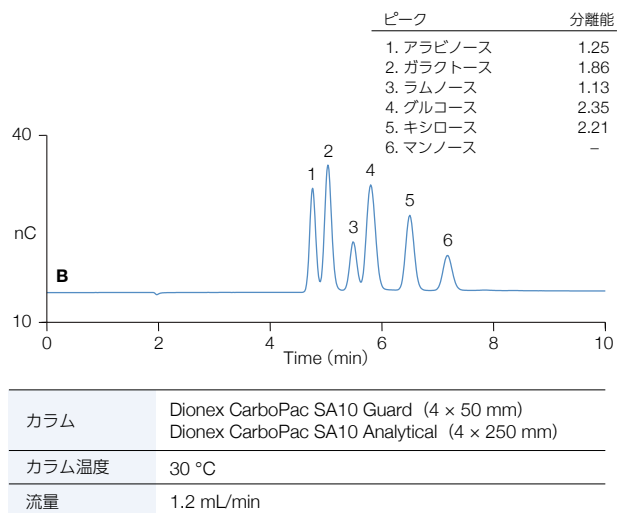
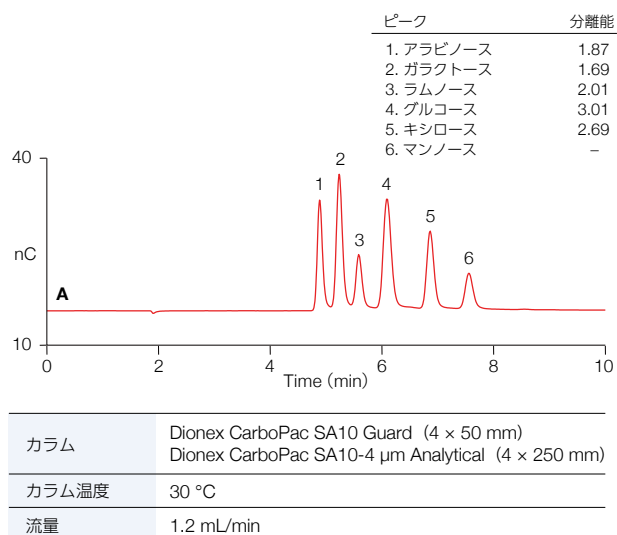


図3：メソッド2を使用したラムノースの含有状況の分析 (Dionex CarboPac SA10-4cとSA10との比較)

含むことが予想されるサンプルにはメソッド2を使用することを推奨します。図4は木材の液体サンプルに0.14 g/L（希釈に合わせて補正）のラムノースが含まれていることを示したものです。

注記：酸加水分解したサンプルに高濃度の硫酸が含まれていても、クロマトグラフィーのパフォーマンスには影響しません。したがって、注入前に硫酸を中和したり除去する必要はありません。一般的に、サンプルの酸濃度は加水分解の初期段階で約70%、後期段階で約1~4%です。本アプリケーションではサンプルを2倍または50倍に希釈しています。

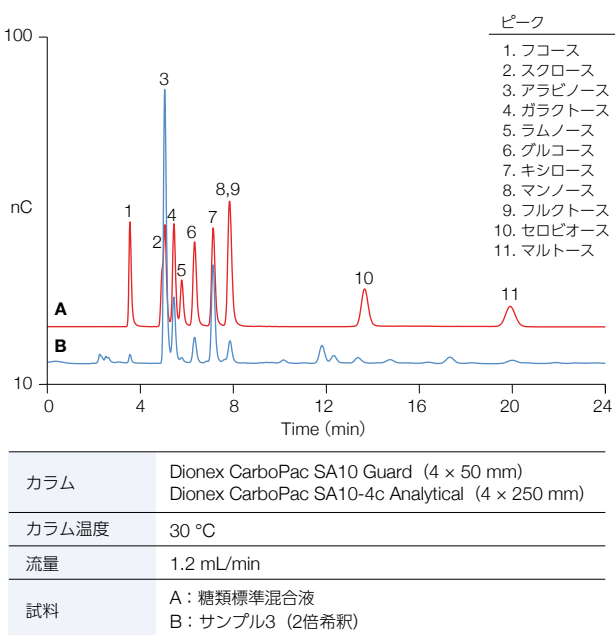


図4：メソッド2を使用した木材酸加水分解物中のラムノースの定量

## 分析精度

一般的に分析手順の精度は、一連の測定における相対標準偏差 (RSD) で表されます。二つのメソッドのピーク面積とRTについて、糖の混合標準液で6回繰り返し測定し、その精度を求めました (表1)。精度測定のため注入に使用した各糖の濃度は1.0 mg/mLでした。保持時間の再現性精度 (RSD) は0.3未満、ピーク面積の精度の範囲は2.0~3.4、木材の酸加水分解物サンプルの保持時間の再現性精度 (RSD) は0.5未満、ピーク面積のRSDは1~3.8でした。高精度のRTが得られたのは、溶離液ジェネレーターで高純度のKOHを一貫して作成したためと考えられます。溶離液ジェネレーターで調製した場合、時間と手間を最小限に抑え、精度の高い結果を得ることができます。

## 直線の範囲

木材の各種の酸加水分解物において、量的に多い糖の濃度は50~100 g/Lの範囲、少ない糖の濃度は0.1~10 g/Lの範囲でした (表2)。AU192で加えられた改良、つまり、サンプル量を減らして測定用の電極ガasketを厚くすると、サンプルを2倍、10倍、50倍の希釈で分析することができます。メソッド1の直線性は、0.05~2.4 g/Lのキャリブレーション標準液を3回繰り返し注入して求めました。糖の測定結果は線形であり、定量係数の範囲は0.9980~0.9998でした。メソッド2でも、ほぼ同様の直線性が得られています (データ未提示)。

表2：メソッド1の直線範囲

濃度範囲 0.05~2.4 g/L	
糖	r <sup>2</sup> (定量係数)
フコース	0.9991
スクロース	0.9980
アラビノース	0.9992
ガラクトース	0.9985
グルコース	0.9990
キシロース	0.9986
マンノース	0.9980
フルクトース	0.9996
セロビオース	0.9998
マルトース	0.9984

表1：Dionex CarboPac SA10-4 μmカラムでの木材中の糖分析の精度

糖	標準液				サンプル			
	RT = 保持時間 (分)	RT = 保持時間 (相対標準偏差)	ピーク面積 (nC*分)	ピーク面積 (相対標準偏差)	RT = 保持時間 (分)	RT = 保持時間 (相対標準偏差)	ピーク面積 (nC*分)	ピーク面積 (相対標準偏差)
メソッド1								
フコース	2.735	0.12	3.2884	3.17	2.732	0.52	0.2592	3.28
スクロース	3.418	0.10	2.3940	2.95	—	—	—	—
アラビノース	3.736	0.12	3.1008	2.60	3.714	0.13	9.6025	1.57
グルコース	4.417	<0.01	3.9936	2.20	4.395	0.22	0.9562	1.08
キシロース	4.909	<0.01	4.0176	2.81	4.881	0.10	3.7952	2.76
マンノース	5.174	0.07	3.7785	2.26	5.15	0.16	0.966	2.86
フルクトース	5.54	0.11	3.3406	3.23	5.539	0.09	0.1744	3.18
セロビオース	8.72	0.08	2.4227	3.28	—	—	—	—
マルトース	11.81	0.09	1.5106	3.41	—	—	—	—
メソッド2								
フコース	3.563	0.20	3.4421	1.77	3.566	0.18	0.0144	2.31
ガラクトース	5.45	0.08	4.0764	2.00	5.466	0.15	0.9642	3.12
ラムノース	5.792	0.13	2.0400	2.25	5.791	0.19	0.0615	1.18
グルコース	6.342	0.07	4.1518	2.02	6.353	0.16	1.9097	3.50
キシロース	7.142	0.18	4.6737	2.15	7.154	0.16	1.6435	3.75
セロビオース	13.674	0.27	3.4199	1.91	—	—	—	—
マルトース	19.95	0.21	2.6290	2.18	—	—	—	—

## 正確性

メソッドの正確性については、木材発酵分解物の添加サンプル中（サンプル1は洗浄液、サンプル2は液体）の糖の回収率を3日連続で求めて検証しました（表3）。これらの分解物サンプルのなかでスクロースは安定的ではありません。スクロースはグルコースとフルクトースに加水分解するので、サンプルの温度を下げ、添加した直後に注入して分析しました。

注記：各種の糖を混合した添加溶液を用いる際にスクロースを添加すると、グルコースとフルクトースの測定結果に誤差が生じるため、スクロースは使用しないでください。

各糖の追加濃度が0.4 g/Lになるようサンプルに添加しました。回収率は添加サンプルと非添加サンプルにおける応答の差から

算出しました。両メソッドでの糖の平均回収率の範囲は71～103%でした。これは、両メソッドが複雑な酸加水分解物サンプル中の検出対象物質である糖を正確に定量できることを示しています。

## カラムの再現性

三つの製造ロットのカラムについて再現性を評価しました。アラビノースの効率のRSD、キシロースとマンノースの分離のRSD、キシロースのRTのRSDについて、それぞれのカラムで1 g/Lの糖混合標準液を注入して測定したところ、いずれも5%未満でした。

表3：木材の酸加水分解物中の炭水化物の正確度（メソッド1、2）

糖	サンプル1			サンプル2		
	添加材 (g/L)	添加後 (g/L)	回収率 (%)	添加材 (g/L)	添加後 (g/L)	回収率 (%)
メソッド1						
フコース	—	0.3860	97	0.0620	0.4630	100
スクロース	—	0.3963	99	—	0.3984	100
アラビノース	0.1559	0.5413	96	3.2421	a	
グルコース	0.4216	0.7805	90	0.3158	0.6992	96
キシロース	0.3277	0.6829	89	1.0320	1.3177	71
マンノース	0.4150	0.7391	81	0.2974	0.6473	87
フルクトース	0.0524	0.4052	88	0.1096	0.4587	87
セロピオース	—	0.3129	78	—	0.3220	81
マルトース	—	0.3346	84	0.2376	0.5530	79
メソッド2						
フコース	0.0043	0.4143	103	0.0923	0.4281	90
ガラクトース	0.2377	0.6236	96	0.7750	1.0778	81
ラムノース	0.0301	0.4142	96	0.1366	0.4784	93
グルコース	0.4729	0.4729	97	0.3200	0.7177	99
キシロース	0.3555	0.7299	94	1.0653	1.3556	78
セロピオース	—	0.3606	90	b		
マルトース	—	0.3747	94	0.1339	0.4418	82

a：アラビノース濃度は検量線の上限を超えました。

b：サンプルではセロピオースの定量に対して未知の妨害物質があります。

## まとめ

本研究では、分解された木材サンプル中にある一般的な糖を正確に測定するための、迅速で堅牢な二つのHPAE-PADメソッドについて検証しました。両メソッドとも Dionex CarboPac SA10-4  $\mu\text{m}$ カラムを使用しています。また、水酸化物溶離液を電気分解で作成してサンプルサイズを小さくし、測定用電極のガasketを厚くしています。4  $\mu\text{m}$ カラムは樹脂径が小さいため、標準カラムより高い分離効率を得ることが可能です。特にメソッド2では、標準カラムに比べガラクトースとラムノースの分離能が向上しています。


## 参考文献

1. Larsen, E. Biofuel Production Technologies: Status, Prospects and Implications for Trade and Development, Presented at the United Nations Conference on Trade and Development, Geneva, Switzerland, 2008 [Online] [www.unctad.org/en/docs/ditcted200710\\_en.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/ditcted200710_en.pdf) (accessed March 12, 2014).
2. Demirbas, A. Biofuels: Securing the Planet's Future Energy Needs; Springer: New York, 2009; pp 1–336.
3. Stephen, J.D.; Mabee, W.E.; Saddler, J.N. Will Second-Generation Ethanol Be Able to Compete with First-Generation Ethanol? Opportunities for Cost Reduction. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 2012, 6 (2), 159–176.
4. Sluiter, J.B.; Ruiz, R.O.; Scarlata, C.J.; Sluiter, A.D.; Templeton, D.W. Compositional Analysis of Lignocellulosic Feedstocks. 1. Review and Description of Methods. J. Agric. Food Chem. 2010, 58 (16), 9043–9053.
5. Davis, M.W. A Rapid Modified Method for Compositional Carbohydrate Analysis of Lignocellulosics by High pH Anion-Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection (HPAEC/PAD). J. Wood Chem. Technol. 1998, 18 (2), 235–252.
6. Thermo Scientific Application Note 282: Rapid and Sensitive Determination of Biofuel Sugars by Ion Chromatography. Sunnyvale, CA, 2012. [Online] [www.dionex.com/en-us/webdocs/113489-AN282-ICBiofuel-Sugars-03May2012-LPN2876-R2.pdf](http://www.dionex.com/en-us/webdocs/113489-AN282-ICBiofuel-Sugars-03May2012-LPN2876-R2.pdf) (accessed March 12, 2014).
7. Thermo Scientific Application Update 192: Carbohydrate Determination of Biofuel Samples. Sunnyvale, CA, 2014. [Online] [www.dionex.com/en-us/webdocs/115024-AU192-IC-Carbohydrates-Biofuels-AU70789\\_E.pdf](http://www.dionex.com/en-us/webdocs/115024-AU192-IC-Carbohydrates-Biofuels-AU70789_E.pdf) (accessed March 12, 2014).
8. Thermo Scientific Technical Note 71: Eluent Preparation for High-Performance Anion-Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection. Sunnyvale, CA, 2013. [Online] [www.dionex.com/en-us/webdocs/58087-TN71-HPAE-PAD-Eluent-Prep-TN70669\\_E.pdf](http://www.dionex.com/en-us/webdocs/58087-TN71-HPAE-PAD-Eluent-Prep-TN70669_E.pdf) (accessed March 12, 2014).

©2015 Thermo Fisher Scientific K.K. 無断複写・転載を禁じます。

ここに記載されている会社名、製品名は各社の商標、登録商標です。  
ここに記載されている内容は、予告なく変更することがあります。

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

〒221-0022 横浜市神奈川区守屋町3-9

E-mail: [Analyze.jp@thermofisher.com](mailto:Analyze.jp@thermofisher.com)

[www.thermoscientific.jp](http://www.thermoscientific.jp)

CP15002

**Thermo**  
SCIENTIFIC

A Thermo Fisher Scientific Brand