

Agilent 1290 Infinity フレキシブル キューブ搭載 UHPLC システムを用いた 自動オンライン SPE-LC/MS/MS メソッドによる水中微量有機汚染物質の 分析

アプリケーションノート

環境

著者

Shane Snyder
Department of Chemical & Environmental
Engineering
BIO5 Institute
University of Arizona
Tucson, AZ, USA

Tarun Anumol
Agilent Technologies, Inc.
Wilmington, DE, USA

概要

Agilent 1290 Infinity フレキシブルキューブ搭載 UHPLC システムを使用することで、多様な水源に含まれる 34 種類の微量有機化合物 (医薬品・パーソナルケア製品 (PPCPs)、農薬、ペルフルオロ化合物など) を ng/L レベルで検出および定量する全自動オンライン SPE (固相抽出)-LC/MS/MS メソッドを開発することができました。このメソッドの必要サンプル量はわずか 1.7 mL、分析サイクル時間は 15 分未満です。この性能を実現するうえで、同時ポジティブ/ネガティブイオン化機能を備えた Agilent 6460 トリプル四重極 LC/MS が大きな役割を果たしています。メソッドに組み込まれた自動オンラインサンプル前処理が比類のないスループットと再現性を実現し、時間、労力、および溶媒の節約に貢献します。



Agilent Technologies

はじめに

現代社会は、パーソナルケア製品 (化粧品、歯磨剤) から医薬品 (イブプロフェンなど)、ホルモン、農薬 (殺虫剤および除草剤)、大量の工業原料まで、有機化学物質に大きく依存しています。これらの化学物質は総称して「微量有機化合物 (TOrcs: trace organic compounds)」と呼ばれ、最終的にはそのほとんどが環境水中へと排出されています。個々の TOrcs が重大な健康被害をおよぼすことはないと考えられますが、その混合物での長期的暴露による健康影響がどのような相乗効果をもたらすかはわかっていません [1]。

TOrcs の許容レベルを定める規制措置は策定に多大な検討が必要であり、該当化合物が莫大な数にのぼることから、現時点ではその施行が見えていません。とは言え、TOrcs の毒性やその混合物への暴露による影響についての研究が進められており、水源となる環境水中の TOrcs のモニタリングも重要となっています。

水中に超微量濃度で存在する TOrcs の検出には、LC/MS/MS メソッドが最も広く使用されています。このメソッドでは、ターゲット化合物の抽出および濃縮が必要となり、その作業に多大な時間と労力、そして大量の有機溶媒を要することが課題となっています。また、分析者の技量差に伴う分析の真度および再現性の低下も懸念材料です。TOrcs 分析において、スループットを向上させ、真度と再現性を高めるには、サンプル前処理ステップの自動化が必要です。

このアプリケーションノートでは、水中 TOrcs 分析の自動化の検討と水資源の水質モニタリングに対するその適用性について研究された発表済み文献の内容をまとめています。自動化は、2 個のオンライン SPE カートリッジを搭載した Agilent 1290 Infinity フレキシブルキューブで実現しました。この流路構成では、溶出を終えた一方のカートリッジをバックフラッシュしながら、もう一方のカートリッジに次のサンプルを導入することができます。

現在使用されている TOrcs 分析メソッドの多くは、農薬やホルモンなど特定分野用に開発されています。本研究では、多様な水マトリックスに含まれる複数分野の TOrcs を代表する 34 種類の指標化合物を高速分析するための自動メソッドを開発することを目標としました。この自動メソッドでは、2 mL 未満のサンプル量と 15 分未満の分析サイクル時間で、低 ng/L レベルの検出下限を達成しました。手作業でのサンプル前処理操作も大量の有機溶媒も不要です。

実験

試薬および標準物質

すべての試薬および標準物質の入手先は、参考文献 [1] に記載のとおりです。また、参考文献 [2] に記載されているとおり、それぞれの水マトリックスタイプの現実的な最大残留基準値 (MRL) の感度と再現性を実現するために、同位体標識サロゲート標準物質を使用しました。この研究で分析した 34 種類の TOrcs とその使用分野を表 1 に示します。

表 1. 自動オンライン SPE メソッドのターゲット TOrcs

化合物	使用分野
アテノロール	医薬品
カルバマゼピン	医薬品
クロフィリン酸	医薬品
ジクロフェナク	医薬品
ジフェンヒドラミン	医薬品
ジルチアゼム	医薬品
フルオキセチン	医薬品
ゲムフィプロジル	医薬品
ヒドロクロロチアジド	医薬品
イブプロフェン	医薬品
メプロバメート	医薬品
ナプロキセン	医薬品
プリミドン	医薬品
プロプラノロール	医薬品
スルファメトキサゾール	医薬品
トリメトプリム	医薬品
ベンゾフェノン	パーソナルケア製品
カフェイン	パーソナルケア製品
N,N-ジエチル-m-トルアミド (DEET)	パーソナルケア製品
プロピルパラベン	パーソナルケア製品
リン酸トリス-(2-クロロエチル) (TCEP)	パーソナルケア製品
リン酸トリス-(2-クロロプロピル) (TCPP)	パーソナルケア製品
トリクロカルバン	パーソナルケア製品
トリクロサン	パーソナルケア製品
ベンゾトリアゾール	工業用化合物
ビスフェノール A	工業用化合物
ペルフルオロヘキサン酸 (PFHxA)	工業用化合物
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	工業用化合物
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	工業用化合物
ヒドロコルチゾン	ホルモン
ノルゲステレル	ホルモン
テストステロン	ホルモン
アトラジン	農薬
シマジン	農薬

機器

分析には、Agilent 1290 Infinity シリーズ LC と Agilent 6460 トリプル四重極 LC/MS を使用しました。オンライン濃縮システムには、Agilent 1200 バイナリ LC ポンプと、900 µL 計量デバイスおよびマルチ吸引アプローチ機能を搭載した Agilent 1200 オートサンプラを使用しました。また、サンプルスループットを最大限に高めるために、シングルピストンポンプ、10 ポート切り替えバルブ、および 2 個の SPE カートリッジを装着した Agilent 1290 Infinity フレキシブルキューブ (G4227A) を使用しました。その構成を図 1 に示します。表 2 および 3 にシステムの使用条件を示します。

表 2. オンライン SPE 条件

注入

SPE カートリッジ	PLRP-S、21.1 × 12.5 mm、15 µm (p/n 5982-1271) (複数のカートリッジをテストし、最適だったカートリッジを使用)	
温度	30 °C	
注入量	2 × 850 µL、合計 1.7 mL	
注入/吸引スピード	500 µL/min	
排出スピード	500 µL/min	
吸引位置	0.0 mm	
クォータナリポンプ (フレキシブルキューブポンプ)		
流量	1.0 mL/min	
移動相	A) 水 (95 %) + アセトニトリル (5 %) + 0.1 % (v/v) 酢酸 B) メタノール/イソプロピルアルコール/ アセトニトリルの 1/1/1 (v/v/v) 溶液	
ステップグラジエント	時間 (分)	移動相
	0	100 %A
	4	100 %A
	4.01	100 %B
	8.0	100 %B
	8.01	100 %A
バルブ位置	時間 (分)	位置
	0	ロード
	4	溶出
インジェクタプログラム	コマンド: デフォルトスピードで 850 µL 吸引 デフォルトスピードでシートへ排出 デフォルトスピードで 850 µL 吸引 注入	

表 3. HPLC および MS 機器の条件

HPLC 条件

分析カラム	Agilent Poroshell 120 EC C18、 50 mm × 2.1 mm、2.7 µm (p/n 699775-902)	
カラム温度	30 °C	
移動相	A) 水 + 0.1 % (v/v) 酢酸 B) アセトニトリル + 0.1 % (v/v) 酢酸	
分析時間	12.5 分間 + ポストタイム 2 分間 = サイクル時間 14.5 分間	
流量	0.350 mL/min	
溶出グラジエント	時間 (分)	移動相
	0	5 %B
	4	線形グラジエント開始
	11	100 %B
	12.5	5 %B
ポストタイム	2.0 分間	

MS 条件

取り込みパラメータ	ESI モード、高速極性切り替えによる同時ポジティブ/ネガティブイオン化、ダイナミック MRM
溶媒ディレイ	0.7 分間
シースガス温度	375 °C
シースガス流量	12 L/min
乾燥ガス温度	250 °C
乾燥ガス流量	11 L/min
ネブライザ圧力	45 psig
ノズル電圧	4,000 V (ポジティブ)、3,500 V (ネガティブ)
Vcap	4,000 V (ポジティブ)、3,500 V (ネガティブ)
Δ EMV	400 V

サンプルの収集と前処理

サンプルは、水処理 2 施設における処理プロセスの複数の段階、浄化槽、表流水源、および地下水源から採取しました。サンプルに 1 g/L のアジ化ナトリウムを添加して貯蔵し、72 時間以内にサロゲート標準物質原液を添加して最終濃度を 100~200 ng/L にしました。その後、0.2 µm の Agilent シリンジフィルタでろ過し、採取から 2 週間以内に分析しました。

分析パラメータ

表 4 に、34 種類の分析対象物およびそのサロゲート内部標準のマルチプルリアクションモニタリング (MRM) トランジションを示します。

表 4. MRM ESI 分析パラメータ

化合物	リテンション タイム (分)	プリカーサ イオン	プロダクト イオン	フラグメンタ 電圧 (V)	コリジョン エネルギー (eV)	セル 加速電圧 (V)	ESI モード
アテノロール	5.2	267.1	190.1 (145)	130	15 (20)	2	ポジティブ
アテノロール-d ₇	5.2	274	190.1	130	15	2	ポジティブ
アトラジン	7.6	218	176 (174)	140	15 (15)	2	ポジティブ
アトラジン-d ₅	7.6	221	179	140	15	2	ポジティブ
ベンゾフェノン	8.0	183	105.1	85	15	2	ポジティブ
ベンゾフェノン-d ₁₀	8.0	183	110	85	15	2	ポジティブ
ベンゾトリアゾール	6.5	90.1 (50)	85	16 (28)	7	2	ネガティブ
ベンゾトリアゾール-d ₄	6.5	94	85	16	7	2	ネガティブ
ビスフェノール A	7.7	227	212 (13)	115	11 (19)	7	ネガティブ
ビスフェノール A- ¹³ C ₃	7.7	239	224	115	11	7	ネガティブ
カフェイン	5.7	195.1	138 (110.1)	104	16 (24)	2	ポジティブ
カフェイン- ¹³ C ₃	5.7	198.1	140	104	16	2	ポジティブ
カルバマゼピン	7.2	237	194 (179)	120	15 (35)	2	ポジティブ
カルバマゼピン-d ₁₀	7.2	247	204	120	15	2	ポジティブ
クロフィブリン酸	7.8	213	127	80	10	7	ネガティブ
DEET	7.6	192	119 (91)	110	15	2	ポジティブ
DEET-d ₆	7.6	198	119	110	15	2	ポジティブ
ジクロフェナク	8.6	294	250 (214)	75	4 (16)	7	ネガティブ
ジクロフェナク- ¹³ C ₆	8.6	316	272.1	75	5	7	ネガティブ
ジルチアゼム	7.0	415.2	178 (150)	130	24 (48)	2	ポジティブ
ジルチアゼム-d ₃	7.0	418.2	178	130	24	2	ポジティブ
ジフェンヒドラミン	7.1	256.2	167.1 (165.1)	60	4 (44)	2	ポジティブ
ジフェンヒドラミン-d ₅	7.1	261.2	172.1	60	4	2	ポジティブ
フルオキセチン	7.50	310	148	90	5	2	ポジティブ
フルオキセチン-d ₅	7.50	315	153	90	5	2	ポジティブ
ゲムフィブロジル	9.2	249.2	121	75	6	7	ネガティブ
ゲムフィブロジル-d ₆	9.2	255	121	75	6	7	ネガティブ
ヒドロクロロチアジド	5.9	296	268.9 (204.7)	130	10 (15)	7	ネガティブ
ヒドロコルチゾン	6.9	363.2	327 (120.9)	130	13 (24)	2	ポジティブ
イブプロフェン	8.8	205	161	50	0	7	ネガティブ
イブプロフェン-d ₃	8.8	208	164	50	0	7	ネガティブ
メプロバメート	6.5	219	158 (55)	70	5 (20)	2	ポジティブ
メプロバメート-d ₇	6.5	226.1	165	70	5	2	ポジティブ
ナプロキセン	8.0	229	170 (169)	55	4 (24)	7	ネガティブ
ナプロキセン- ¹³ C ₁ d ₃	8.0	233	169	55	24	7	ネガティブ
ノルゲストレル	6.2	313.2	91 (77.1)	130	60 (75)	2	ポジティブ
PFHxA	7.4	312.9	268.9	66	5	7	ネガティブ

化合物	リテンション タイム (分)	プリカーサ イオン	プロダクト イオン	フラグメンタ 電圧 (V)	コリジョン エネルギー (eV)	セル 加速電圧 (V)	ESI モード
PFHxA- ¹³ C ₂	7.4	314.9	269.9	66	5	7	ネガティブ
PFOA	8.0	412.9	368.9 (169)	86	5 (5)	7	ネガティブ
PFOA- ¹³ C ₄	8.0	416.9	371.9	86	5	7	ネガティブ
PFOS	9.2	498.9	99 (80)	210	50 (50)	7	ネガティブ
PFOS- ¹³ C ₄	9.2	502.9	99	210	50	7	ネガティブ
ブリミドン	6.1	219.3	162.1 (91.1)	70	9 (25)	2	ポジティブ
ブリミドン-d ₅	6.1	224	167	70	9	2	ポジティブ
プロプラノロール	6.6	260	116 (56)	122	13 (29)	2	ポジティブ
プロピルパラベン	7.7	179.1	137.1 (92)	80	7 (20)	7	ネガティブ
プロピルパラベン-d ₄	7.7	183.1	141.1	80	7	7	ネガティブ
シマジン	7.0	202.1	132 (68.1)	72	16 (36)	2	ポジティブ
スルファメトキサゾール	6.5	254	156 (92)	80	10 (30)	2	ポジティブ
スルファメトキサゾール-d ₆	6.5	260	162	80	10	2	ポジティブ
TCEP	7.5	285	222.8	95	10	2	ポジティブ
TCEP-d ₁₂	7.5	297	232	95	10	2	ポジティブ
TCPP	8.4	327	99 (81)	72	16 (70)	2	ポジティブ
テストステロン	7.8	289	109 (97)	115	25 (25)	2	ポジティブ
トリクロカルバン	9.4	313	160 (126)	110	5 (25)	7	ネガティブ
トリクロカルバン- ¹³ C ₆	9.4	318.9	159.9	110	5	7	ネガティブ
トリクロサン	9.4	289 (287)	37 (35)	75	5 (5)	7	ネガティブ
トリクロサン- ¹³ C ₁₂	9.4	299	35	75	5	7	ネガティブ
トリメトプリム	5.8	291	261 (230)	75	25 (25)	2	ポジティブ
トリメトプリム-d ₃	5.8	294	264	75	25	2	ポジティブ

() = 2 次トランジション

結果と考察

メソッド開発

メソッドは、SPE カートリッジの選択、洗浄条件、およびサンプル導入時の流量から、LC 条件、ターゲット化合物のデータ取り込みパラメータなどの MS 条件、およびマトリックス効果まで、あらゆる面から最適化しました。SPE カートリッジには、再現性が高く、多くの化合物からリカバリ可能な Agilent PLRP-S SPE カートリッジを選択しました。Agilent Poroshell 120 EC C18 カラムを使用することで、わずか 12 分で十分な分離が得られました。また、高速極性切り替え機能とダイナミック MRM を備えた 6460 トリプル四重極 LC/MS の同時ポジティブ/ネガティブイオン化機能により、全 34 種類の化合物の取り込みパラメータをすばやく最適化できました。

Agilent 1290 Infinity フレキシブルキューブによる自動オンライン SPE の実現

フレキシブルキューブを、自動マルチ吸引アプローチ機能を備えたアジレントの大容量オートサンブラと組み合わせて使用しました。サンプル注入時には、フレキシブルキューブの切り替えバルブがロード位置に設定されます (図 1)。移動相 A (表 2) と、第 1 SPE カートリッジ (SPE1) で結合されなかった物質は、廃液として移送されます。サンプル導入完了後、切り替えバルブが自動的に溶出位置に移動します (図 1)。SPE1 に保持されたサンプルが、バイナリポンプで制御されるステップグラジエント (表 2) によって溶出し、分析カラムへと移送されます。

第 2 SPE カートリッジ (SPE2) では、バルブがロード位置に設定され、溶出力の強い溶媒 (移動相 B、表 2) による洗浄が行われ、残留した物質の除去と次のサンプル導入のための準備が行われます。SPE1 でバルブが溶出位置に設定され、最初のサンプルが分離カラムへと溶出すると、SPE2 では、移動相 A による平衡化が行われます (必要に応じて 2 番目のサンプルの導入も可能) (図 1)。それと同時に、SPE1 が移動相 B で洗浄され、3 番目のサンプル導入のための準備が行われます。

メソッド性能

各分析対象物の機器検出下限 (LOD) とメソッド検出限界 (MDL) を測定しました [1]。その結果を表 5 に示します。34 種類の化合物の MDL は、ほとんどが 5 ng/L 未満でした。ノルゲストレル、ビスフェノール A、ベンゾトリアゾール、およびベンゾフェノンの 4 種類の化合物のみ、MDL が 10 ng/L を超えました。発表済みの研究結果と比べ、このメソッドでは、ほとんどの化合物について大幅に少ないサンプル量でより低い MDL が得られました。また、サンプル量が少ないことにより、必要な内部標準の量も大幅に低減され、分析コストを格段に抑えることができました。

MDL 濃度から 100 ng/L までの範囲の 7 種類の標準液を用いたキャリブレーションでは、優れた直線性が得られました。すべてのターゲット分析対象物について、直線性 (R^2) は 0.99 以上でした。また、71% (24 種類) の分析対象物の R^2 値は 0.995 を超えました (表 6)。このメソッドの精度を示す日内および日間再現性についても良好な結果が得られました。日内再現性の範囲は 1~10.4% で、10% を超えたのはフルオキセチンのみでした (表 6)。日間再現性の範囲は 1~11.9% で、アテノロールを除くすべての化合物で 10% 未満でした。

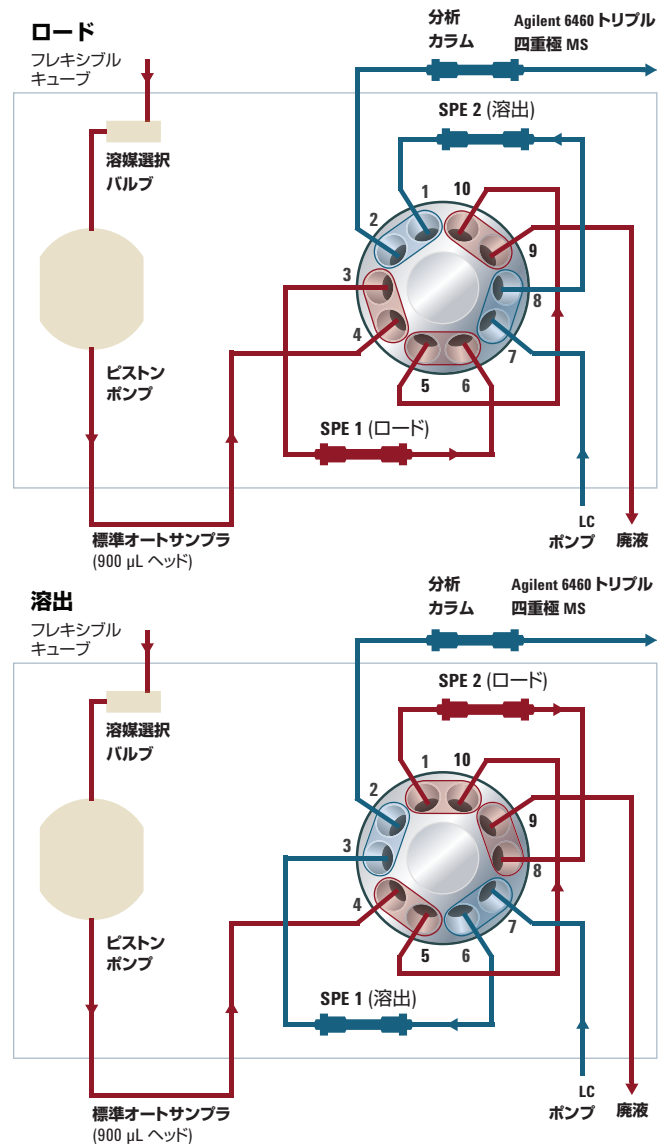


図 1. Agilent 1290 Infinity フレキシブルキューブの「ロード」および「溶出」バルブ位置における流路図

表 5. すべてのターゲット分析対象物の LOD と MDL

分析対象物	LOD (ng/L)	MDL (ng/L)
アテノロール	1	2.5
アトラジン	0.2	0.3
ベンゾフェノン	5	11.3
ベンゾトリアゾール	10	10.8
ビスフェノール A	10	13.1
カフェイン	0.2	0.5
カルバマゼピン	0.1 [#]	0.1
クロフィブリン酸	0.2	0.7
DEET	0.1	0.3
ジクロフェナク	2	2.8
ジフェンヒドラミン	0.5	0.9
ジルチアゼム	0.1	0.2
フルオキセチン	1	3
ゲムフィブロジル	0.2	0.5
ヒドロコルチゾン	5	9.3
ヒドロクロロチアジド	0.2	0.4
イブプロフェン	0.5	1.9
メプロバメート	0.2	0.4
ナプロキセン	1	2.5
ノルゲストレル	10	11.6
PFHxA	1	3.6
PFOA	0.5	3
PFOS	5	6.1
プリミドン	0.5	2
プロプラノロール	1	1.2
プロピルパラベン	1	1.4
シマジン	0.2	0.4
スルファメトキサゾール	0.2	0.5
TCEP	1	2.1
TCPP	5	9
テストステロン	2.5	4.4
トリクロカルバン	0.5	1.1
トリクロサン	1	2.6
トリメトプリム	0.1 [#]	0.1

この濃度では S/N >>3

表 6. ターゲット分析対象物のキャリブレーションの直線性と精度

化合物	直線性	日内変動性*	日間変動性*
	R ²	RSD‡ (%)	RSD‡ (%)
アテノロール	0.9996	6.1	11.9
アトラジン	0.9998	3.9	3.7
ベンゾフェノン	0.9911	9.0	7.7
ベンゾトリアゾール	0.9939	2.0	3.2
ビスフェノール A	0.9924	2.8	7.2
カフェイン	0.9978	7.1	2.0
カルバマゼピン	0.9996	2.1	1.4
クロフィブリン酸	0.9992	4.8	2.9
DEET	0.9997	1.0	1.3
ジクロフェナク	0.9918	6.2	9.8
ジフェンヒドラミン	0.9968	1.3	1.0
ジルチアゼム	0.9976	3.5	4.3
フルオキセチン	0.9946	10.4	5.6
ゲムフィブロジル	0.9987	2.0	2.5
ヒドロクロロチアジド	0.9972	3.3	4.1
ヒドロコルチゾン	0.9960	7.8	7.7
イブプロフェン	0.9949	4.5	6.1
メプロバメート	0.9997	1.1	2.2
ナプロキセン	0.9949	6.3	1.9
ノルゲストレル	0.9962	3.8	5.0
PFHxA	0.9972	3.2	5.8
PFOA	0.9983	4.8	2.7
PFOS	0.9932	6.1	2.3
プリミドン	0.9930	9.9	3.7
プロプラノロール	0.9989	2.6	3.9
プロピルパラベン	0.9993	1.5	1.5
シマジン	0.9997	2.5	2.9
スルファメトキサゾール	0.9980	7.7	3.6
TCEP	0.9918	5.3	3.9
TCPP	0.9954	7.3	7.2
テストステロン	0.9979	8.8	4.4
トリクロカルバン	0.9983	2.9	2.3
トリクロサン	0.9962	5.3	3.8
トリメトプリム	0.9967	6.8	7.2

* 4 回の繰り返し分析による値

‡ 相対標準偏差

水サンプルの分析

最適化したメソッドを使用して、5つの水源から採取したサンプルで34種類のT0rCsターゲット化合物を分析しました。水源は、表流水、地下水、浄化槽の水、および一般的な廃水処理施設 (WWTP: wastewater treatment plant) 2箇所とし、WWTPについては処理の4段階でサンプルを採取しました。

このメソッドにより、表流水サンプルから医薬品分野の7種類、パーソナルケア製品分野の1種類、および農薬分野の2種類の化合物が検出されました。この検出結果は、飲料水源中のT0rCs検出におけるメソッドの有効性を示しています [1]。一部の化合物は、地下水サンプルでも低濃度で検出されました。

2箇所のWWTPの流入水の両方で、医薬品およびパーソナルケア製品分野のすべてのターゲット化合物が含まれていました。濃度が最も高かったのはイブプロフェンとナプロキセンでした。WWTP 1およびWWTP 2では、生物学的処理後または塩素処理後、あるいはその両方の浄水処理後に、医薬品分野のほとんどのターゲット化合物が十分に除去されていました。パーソナルケア製品分野のほとんどの化合物についても同様に除去されていました。

結論

Agilent 1290 Infinity フレキシブルキューブによるオンライン抽出と、同時ポジティブ/ネガティブESI機能を搭載したAgilent 6460 トリプル四重極 LC/MS を組み合わせた全自動オンライン SPE-LC/MS/MS メソッドでは、ng/L レベルで存在する34種類のT0rCs分析対象物を分析することができました。MRLの測定には、同位体補正を使用したことにより、時間のかかるマトリックスごとのMRL測定は必要ありませんでした。必要サンプル量が少なく (1.7 mL)、分析サイクル時間が15分であるため、ハイスループット分析が実現しました。また、ポジティブESIおよびネガティブESIの高速極性切り替え機能を使用することにより、1回の注入で全34種類のT0rCsを分析できたため、分析時間が大幅に短縮されました。この機能を使用するオンラインSPEメソッドとして発表されているのは、このメソッドのみです。この独自アプローチによるT0rCsの自動オンラインSPE分析には、これまでに発表されているメソッドより再現性が高く、時間、労力、および溶媒を格段に抑えることができるという利点があります。このアプローチの有効性が、多様な水サンプルタイプの分析によって実証されました。

参考文献

1. T. Anumol, S. Snyder. "Rapid analysis of trace organic compounds in water by automated online solid-phase extraction coupled to liquid chromatography–tandem mass spectrometry" *Talanta* **132**, 77-86 (2015).
2. T. Anumol, *et al.* "Ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry for rapid analysis of trace organic contaminants in water" *Chem. Cent. J.* **7:104** (2013).

詳細

本書に記載されたデータは典型的な結果です。アジレントの製品とサービスの詳細については、アジレントのウェブサイト (www.agilent.com/chem/jp) をご覧ください。

www.agilent.com/chem/jp

アジレントは、本文書に誤りが発見された場合、また、本文書の使用により付随的または間接的に生じる損害について一切免責とさせていただきます。

本資料に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

アジレント・テクノロジー株式会社
© Agilent Technologies, Inc. 2015
Printed in Japan
July 30, 2015
5991-6115JAJP



Agilent Technologies