

【調査研究】

事故時等緊急時の化学物質の分析技術の開発に関する研究
- LC-MS/MSによる河川水中のネオニコチノイド系農薬一斉分析法の検討 -
Study on the development of analysis method of chemical substances at the time of water quality accidents
- Simultaneous Analysis Method of Neonicotinoid Pesticide in river water by LC-MS/MS -

橋本清美, 大月史彦, 吉岡敏行

HASHIMOTO Kiyomi, OTSUKI Fumihiko, YOSHIOKA Toshiyuki

要 旨

ネオニコチノイド系農薬は、選択性と浸透移行性の高さから急速に普及したが、水環境及び生物生態系に影響を与えることが懸念される。このことから、ネオニコチノイド系農薬とその他農薬類の一斉分析法を検討した。ネオニコチノイド系農薬7種、その代謝物3種及びその他農薬類42種について検討を行い、ネオニコチノイド系農薬7種、その代謝物2種及びその他農薬類39種を合わせた48種が分析可能な一斉分析法を確立した。

[キーワード：ネオニコチノイド, 農薬, LC-MS/MS, 河川水]

[Key words : Neonicotinoid, Pesticide, LC-MS/MS, River water]

1 はじめに

ネオニコチノイド系農薬は、選択性と浸透移行性の高さから、従来の農薬に比べて人畜への毒性が低く、生産者の省力化に寄与するとして急速に普及している。一方で、ネオニコチノイド系農薬は水溶性であるので、水田から流出して水環境に影響を与えることが懸念されており¹⁾。さらに、鳥根県の宍道湖における調査ではネオニコチノイド系農薬が、ウナギやワカサギの餌となる生物に影響を与えることでこれらの漁狩量を激減させていた可能性が指摘されている¹⁾ほか、ネオニコチノイド系農薬が公共用水域等の環境中に飛散・流出することによりトンボ類及び野生ハナバチ類に及ぼす影響についても知見の集積が進められつつある²⁾。

しかし、本県の公共用水域におけるネオニコチノイド系農薬の濃度等に関する知見は乏しく、また分析に係る公定法も定められていない。そこで、当センターでこれまで開発したLC-MS/MSによる農薬類42種の一斉分析法³⁾(以下「既報」という。)を発展させ、ネオニコチノイド系農薬7種及びその代謝物3種も同時に分析することで、県内河川の状況を効率的に把握することを目標とした。今回は検討した一斉分析法について報告する。

2 方法

2.1 既報の分析法からの変更点

既報の分析法を参考に、次の変更を行った。

- (1) 検量線について、既報では、メタノールで調製した検量線を用いて定量を行っていたが、後述の検討の結果、今回はアセトニトリルで調製した検量線を用いて定量を行った。

これに伴い、AC-2(メタノール溶出液)から得られた試験液を濃縮後、アセトニトリルを加え再度濃縮し、アセトニトリル溶液とした。

- (2) 既報では、「懸濁物がある場合には0.45 μmろ過フィルターでろ過を行い」としているが、分析機器への負担を考慮し、全ての試験液で0.45 μmろ過フィルターを使用するとした。

2.2 検討対象農薬

表1に示すネオニコチノイド系農薬7種、その代謝物3種及びその他農薬類42種について検討した。

2.3 試薬

- (1) 32種農薬混合標準液：富士フィルム和光純薬製
- (2) 28種農薬混合標準液水質-3：富士フィルム和光純薬製
- (3) ネオニコチノイド系農薬10種混合標準液：富士フィルム和光純薬製
- (4) PL農薬サロゲート混合標準液Ⅶ：林純薬工業製
- (5) クミルロン標準液：富士フィルム和光純薬製
- (6) ピリフタリド標準液：富士フィルム和光純薬製
- (7) オキサジクロメホン標準品：関東化学製
- (8) ベンゾフェナップ標準品：林純薬工業製

表1 検討対象農薬

ネオニコチノイド系農薬7種		その他農薬42種			
1	Dinotefuran	11	Methamidophos	32	Benzofenap
2	Nitenpyram	12	Acephate	33	Pyrazolate
3	Clothianidin	13	Asulam	34	Benzobicyclone
4	Thiamethoxam	14	Methomyl	35	Fipronil
5	Acetamiprid	15	Tricyclazole	36	Carpropamid
6	Imidacloprid	16	DEP	37	Carbofuran
7	Thiacloprid	17	Flazasulfron	38	Dymuron
ネオニコチノイド系代謝物3種		18	Imazosulfuron	39	Pencycuron
8	CPMF	19	Halosulfuronmethyl	40	Methyldymron
9	CPF	20	Diuron	41	MPP oxon
10	Thiacloprid-amide	21	Siduron	42	MPP oxon sulfoxide
		22	Pendimethalin	43	MPP oxon sulfone
		23	Tolclofos-methyl	44	MPP sulfoxide
		24	Cumyluron	45	MPP sulfone
		25	Isoxathion	46	Bentazone
		26	Pyriftalid	47	Pyrazosulfuron-ethyl
		27	Thiodicarb	48	MCPA
		28	Oxaziclomefone	49	MCPP
		29	SAP	50	Triclopyr
		30	Azoxystrobin	51	Cyclosulfamuron
		31	Bensulfuron-methyl	52	2, 4-D

- (9) ピラゾレート標準品：関東化学製
- (10) ベンゾビシクロン標準品：林純薬工業製
- (11) ピラズスルフロンエチル標準品：富士フィルム和光純薬製
- (12) 農薬標準品 MCPA：GLサイエンス製
- (13) シクロスルファムロン標準品：関東化学製
- (14) イマゾスルフロン標準品：富士フィルム和光純薬製
- (15) 1 mol/L硝酸：富士フィルム和光純薬製
- (16) アセトニトリル，メタノール：富士フィルム和光純薬製 LC/MS用
- (17) 精製水：Millipore製 Milli-Q Advantageにより調製
- (18) 固相カートリッジ（活性炭系）：Waters製 Sep-Pak Plus AC-2
- (19) 固相カートリッジ（逆相系）：GL Sciences製 InertSep PLS-3 (200 mg)
- (20) ろ過フィルター：Millipore製 Millex FilterUnit (13 mm, 0.45 μm)
- (21) 5 mmol/L酢酸アンモニウム水溶液：富士フィルム和光純薬製高速液体クロマトグラフ用1 mol/L酢酸アンモニウム水溶液と精製水で調製

2.4 測定条件

LC-MS/MSの測定条件を次に示す。

(LC条件)

使用機種：LC-20AD, 高圧グラジエント(Shimadzu製)
 カラム：XBridge C18 2.1 mm × 150 mm, 3.5 μm (Waters製)

移動相：A (5 mmol/L酢酸アンモニウム水溶液)：
 B (メタノール)

0~1 min A:90→50 B:10→50 linear gradient
 1~17 min A:50→2 B:50→98 linear gradient
 17~23 min A:B=2:98
 23~23.1 min A:2→90 B:98→10 linear gradient
 23.1~30 min A:B=90:10

流量：0.2 mL/min

カラム温度：40℃

注入量：5 μL

(MS条件)

使用機種：QTRAP 5500 (AB Sciex製)

カーテンガス流量：25 L/h

コリジョンガス流量：7 L/h

イオンスプレー電圧：5.5 kV (Positiveモード), -4.5 kV (Negativeモード)

イオン化温度：450℃

イオン化法：ESI Positive, ESI Negative

測定モード：MRM

イオン化条件等：表2に示す(ネオニコチノイド系農薬のみ記載し，その他農薬に関しては既報のとおりのため省略)

2.5 前処理方法

水質試料100 mLにサロゲート混合溶液(PL農薬サロゲート混合標準液Ⅶ希釈液2 μg/mL)を5 μL添加し，1 mol/L硝酸でpH 3.5に調整した。あらかじめアセトニト

表2 ネオニコチノイド系農薬7種及びその代謝物3種のイオン化条件等

農薬名	Q1	Q3	DP	EP	CE	CXP
Dinotefuran*1	203.0	129.0	40	10	15	10
	203.0	113.9	60	10	25	10
Dinotefuran-d3*1	206.1	132.0	40	10	15	10
	206.0	116.0	30	10	15	10
Nitenpyram*1	270.9	125.9	60	10	35	10
	270.9	98.9	70	10	20	15
Nitenpyram-d3*1	273.9	126.1	60	10	40	5
	273.9	257.0	30	10	20	10
Clothianidin*1	249.9	168.9	50	10	20	10
	249.9	131.8	40	10	30	10
Clothianidin-d3*1	252.9	172.1	30	10	20	5
	252.9	113.0	40	10	35	10
Thiamethoxam*1	291.9	211.0	40	10	20	15
	291.9	181.0	40	10	30	5
Thiamethoxam-d3*1	295.0	214.0	50	10	20	10
	295.0	184.1	30	10	30	10
Acetamiprid*1	222.9	125.7	70	10	30	10
	222.9	72.9	70	10	75	5
Acetamiprid-d3*1	226.0	125.9	60	10	30	10
	225.9	73.1	70	10	75	10
Imidacloprid*1	256.0	175.0	50	10	25	5
	255.9	209.0	60	10	25	10
Imidacloprid-d4*1	260.1	178.9	30	10	30	15
	260.1	212.9	40	10	25	15
Thiacloprid*1	252.9	126.0	70	10	25	10
	252.9	98.9	80	10	55	10
Thiacloprid-d4*1	256.9	125.7	40	10	30	10
	256.9	99.0	70	10	60	10
CPMF*2	212.1	126.2	20	10	15	10
	212.1	73.1	50	10	60	10
CPF*2	199.1	128.1	20	10	15	10
	199.1	181.2	20	10	30	10
Thiacloprid-amide*2	271.6	125.8	40	10	40	10
	271.6	73.1	50	10	75	10

注 各農薬の上段：定量イオン，下段：確認イオン

*1 参考文献⁴⁾からの値を参考にし，DP値は使用機器に合わせて+20の値に変更した

*2 参考文献⁵⁾のQ1及びQ3の値を参考にした

リル10 mL，精製水20 mLの順で別々にコンディショニングした固相カートリッジをPLS-3 → AC-2の順に通水するよう連結し，pH調整した水質試料を10 mL/minの速さで通水し，捕集した。精製水15 mLで使用器具を洗い込みながら固相カートリッジを洗浄後，PLS-3とAC-2を分離してそれぞれ窒素で5分間通気乾燥した。PLS-3はアセトニトリル5 mL，AC-2はメタノール5 mLでそれぞれ溶出し，40℃で加温しながら窒素を吹付けて1 mL以下に濃縮した。濃縮後のPLS-3溶出液にはアセトニトリルを加えて精確に1 mLとした。また，濃縮後のAC-2溶出液にはアセトニトリルを2 mL加えて，40℃で加温しながら窒素を吹付けて1 mL以下まで濃縮し，アセトニトリルで精確に1 mLとした。それぞれの溶出液を0.45 μmろ過フィルターでろ過を行い，試験液とし，LC-MS/MS (MRM法)の分析に供した。分析フローを図1に示す。

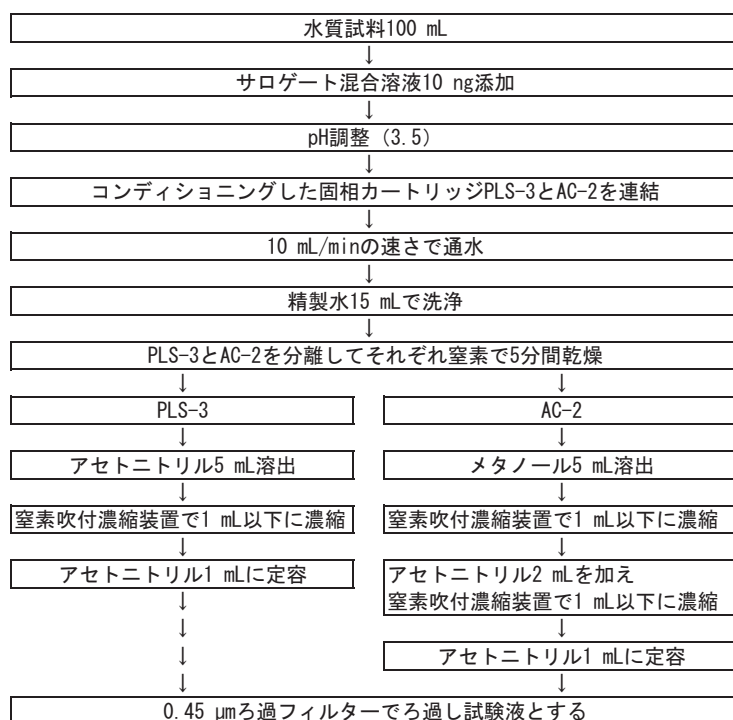


図1 前処理フロー図

2.6 検量線用標準液の作成

2.3 試薬に記載している (5)～(14) はアセトニトリルに溶解して1 mg/mL標準原液とし、それらを混合してアセトニトリルで10 µg/mLの10種混合溶液を調製した。これを(1)～(3)と混合してアセトニトリルで各種農薬類1 µg/mLに調製した溶液(以下「農薬混合標準液」という。)をアセトニトリルで希釈し、0.01～100 ng/mLの検量線用標準液を作成した。SAPは、標準品の都合により、他の物質の2倍濃度(0.02～200 ng/mL)とした。なお、ネオニコチノイド系農薬7種についてはサロゲート法を用いた。

2.7 添加回収試験方法

河川水を用いて5検体を併行で添加回収試験を実施した。添加回収試験は河川水100 mLに農薬混合標準液(各1 µg/mL, SAPのみ2 µg/mL)をマイクロピペットで

10 µL(各種農薬類10 ng, SAPのみ20 ng)添加後、30分放置してから前処理を行い分析した。無添加河川水試料を併せて分析し、無添加河川水試料の農薬類の測定値を差し引いて添加回収率の評価を実施した。

3 結果及び考察

3.1 調製溶媒の検討結果

調製溶媒について、アセトニトリル試験液とメタノール試験液ではピークの形状が異なり、定量値に影響が出る物質があった。検量線と試験液の調製溶媒を揃えるため、また、アセトニトリルとPLS-3で抽出できる農薬類が多いことから、今回はアセトニトリルで調製した検量線を用いた。

3.2 検量線及び定量下限値

定量可能な検量線の最低濃度は、S/N ≥ 10を基準と

表3 定量可能な検量線の最低濃度 (S/N ≥ 10)

ネオニコチノイド系農薬7種		ng/mL	その他農薬42種		ng/mL	その他農薬42種		ng/mL
1	Dinotefuran	1	11	Methamidophos	0.5	32	Benzofenap	0.02
2	Nitenpyram	0.5	12	Acephate	1	33	Pyrazolate	0.02
3	Clothianidin	0.1	13	Asulam	0.5	34	Benzobicyclone	0.05
4	Thiamethoxam	0.05	14	Methomyl	0.1	35	Fipronil	0.2
5	Acetamiprid	0.05	15	Tricyclazole	0.02	36	Carpropamid	0.1
6	Imidacloprid	0.5	16	DEP	0.5	37	Carbofuran	0.05
7	Thiacloprid	0.05	17	Flazasulfron	0.05	38	Dymuron	0.02
ネオニコチノイド系代謝物3種		ng/mL	18	Imazosulfuron	1	39	Pencycuron	0.02
8	CPMF	0.5	19	Halosulfuronmethyl	0.05	40	Methylidymron	0.02
9	CPF	0.1	20	Diuron	0.05	41	MPP oxon	0.02
10	Thiacloprid-amide	5	21	Siduron	0.02	42	MPP oxon sulfoxide	0.05
			22	Pendimethalin	0.05	43	MPP oxon sulfone	0.1
			23	Tolclofos-methyl	0.1	44	MPP sulfoxide	0.02
			24	Cumyluron	0.02	45	MPP sulfone	0.1
			25	Isoxathion	0.01	46	Bentazone	0.1
			26	Pyriftalid	0.05	47	Pyrazosulfuron-ethyl	5
			27	Thiodicarb	0.05	48	MCPA	0.5
			28	Oxaziclomefone	0.01	49	MCPP	0.5
			29	SAP	0.1	50	Triclopyr	2
			30	Azoxystrobin	0.01	51	Cyclosulfamuron	2
			31	Bensulfuron-methyl	0.05	52	2,4-D	0.5

表4 無添加河川水試料から検出された農薬についての毒性評価について

	無添加河川水試料 (mg/L)	コイLC ₅₀ *1/100*3 (mg/L)	甲殻類ErC ₅₀ *1*2/100*3 (mg/L)	藻類ErC ₅₀ *1*2/100*3 (mg/L)
1	Dinotefuran	0.0000641	1.00	10.00
3	Clothianidin	0.0000668	1.00	0.40
4	Thiamethoxam	0.0000627	1.20	4.00
15	Tricyclazole	0.0000626	0.21	0.34
20	Diuron	0.0000169	0.18	0.12
24	Cumyluron	0.0000147	0.50	1.00
30	Azoxystrobin	0.0000461	0.016	0.028
31	Bensulfuron-methyl	0.00000890	0.959	1.30
38	Dymuron	0.0000145	0.0042	0.062
46	Bentazone	0.000106	1.00	1.25

*1 文献⁶⁾を参照

*2 文献⁷⁾を参照

*3 毒性値(LC₅₀, ErC₅₀)をアセスメント係数100で割った値を生態リスク評価における予測無影響濃度として設定し評価を行う

した。その値を表3に示す。検討したLC-MS/MS分析条件でネオニコチノイド系農薬7種、その代謝物3種及びその他農薬類42種すべての同時分析が可能であった。なお、物質やLC-MS/MSの状態によって50 ng/mL以上では直線から外れる場合があったため、その場合は外れる濃度を検量線の範囲から外した。定量下限値は、検量線の最低濃度の試料換算値とした。

3.3 無添加河川水試料から検出された農薬の毒性評価

添加回収試験に使用した無添加河川水試料から10種

の農薬が検出された。検出された農薬の濃度及び毒性評価について表4に示す。コイ、甲殻類及び藻類の指標^{6), 7)}を生態リスク評価における予測無影響濃度設定のためのアセスメント係数100⁸⁾で割った数値で検出値を評価すると、検出された全ての農薬について、コイ、甲殻類及び藻類に影響のない濃度であった。

3.4 河川水での添加回収試験結果

河川水への添加回収試験結果を表5、サロゲート回収率を表6、サロゲート補正前の回収率を表7に示す。評

表5 河川水への添加回収試験結果

		無添加河川水試料			併行試験結果平均(無添加河川水試料差し引き後の値)				
		PLS-3*	AC-2*	合計*	PLS-3*	AC-2*	試料換算値*	回収率	CV%
1	Dinotefuran	64.1	-	64.1	100	-	100	100%	6.5%
2	Nitenpyram	-	-	-	95.7	-	95.7	96%	9.7%
3	Clothianidin	6.7	-	6.7	92.5	-	92.5	92%	12.8%
4	Thiamethoxam	6.3	-	6.3	91.2	-	91.2	91%	6.2%
5	Acetamiprid	-	-	-	94.3	-	94.3	94%	5.4%
6	Imidacloprid	-	-	-	106	-	106	106%	7.5%
7	Thiacloprid	-	-	-	96.5	-	96.5	96%	9.1%
8	CPMF	-	-	-	8.1	21.0	29.1	29%	11.9%
9	CPF	-	-	-	76.8	-	76.8	77%	4.2%
10	Thiacloprid-amide	-	-	-	54.9	-	54.9	55%	5.9%
11	Methamidophos	-	-	-	-	71.7	71.7	72%	10.6%
12	Acephate	-	-	-	-	104	104	104%	8.6%
13	Asulam	-	-	-	10.8	-	10.8	11%	21.1%
14	Methomyl	-	-	-	87.8	-	87.8	88%	4.3%
15	Tricyclazole	6.3	-	6.3	89.8	-	89.8	90%	4.5%
16	DEP	-	-	-	74.2	-	74.2	74%	11.7%
17	Flazasulfron	-	-	-	79.8	-	79.8	80%	5.2%
18	Imazosulfuron	-	-	-	64.7	-	64.7	65%	5.4%
19	Halosulfuronmethyl	-	-	-	71.0	-	71.0	71%	5.5%
20	Diuron	1.7	-	1.7	82.9	-	82.9	83%	7.5%
21	Siduron	-	-	-	86.1	-	86.1	86%	4.2%
22	Pendimethalin	-	-	-	42.3	-	42.3	42%	5.4%
23	Tolclofos-methyl	-	-	-	62.8	-	62.8	63%	7.0%
24	Cumyluron	1.5	-	1.5	80.7	-	80.7	81%	4.9%
25	Isoxathion	-	-	-	68.7	-	68.7	69%	5.5%
26	Pyrifthalid	-	-	-	90.0	-	90.0	90%	5.1%
27	Thiodicarb	-	-	-	86.3	-	86.3	86%	4.7%
28	Oxaziclomefone	-	-	-	79.1	-	79.1	79%	4.7%
29	SAP (のみ20 ng添加)	-	-	-	171	-	171	86%	3.6%
30	Azoxystrobin	4.6	-	4.6	87.3	-	87.3	87%	8.6%
31	Bensulfuron-methyl	0.9	-	0.9	84.5	-	84.5	84%	3.7%
32	Benzofenap	-	-	-	68.5	-	68.5	69%	7.9%
33	Pyrazolate	-	-	-	75.2	-	75.2	75%	11.2%
34	Benzobicyclone	-	-	-	83.5	-	83.5	83%	6.6%
35	Fipronil	-	-	-	78.3	-	78.3	78%	6.1%
36	Carpropamid	-	-	-	84.1	-	84.1	84%	7.5%
37	Carbofuran	-	-	-	94.2	-	94.2	94%	6.2%
38	Dymuron	14.5	-	14.5	88.4	-	88.4	88%	5.5%
39	Pencycuron	-	-	-	76.2	-	76.2	76%	5.6%
40	Methyldymron	-	-	-	84.5	-	84.5	84%	5.7%
41	MPP oxon	-	-	-	86.1	-	86.1	86%	8.6%
42	MPP oxon sulfoxide	-	-	-	87.7	-	87.7	88%	7.5%
43	MPP oxon sulfone	-	-	-	83.0	-	83.0	83%	1.9%
44	MPP sulfoxide	-	-	-	87.5	-	87.5	88%	5.4%
45	MPP sulfone	-	-	-	84.9	-	84.9	85%	4.1%
46	Bentazone	106	-	106	74.9	-	74.9	75%	29.7%
47	Pyrazosulfuron-ethyl	-	-	-	87.0	-	87.0	87%	11.0%
48	MCPA	-	-	-	91.3	-	91.3	91%	4.1%
49	MCPP	-	-	-	106	-	106	106%	5.9%
50	Triclopyr	-	-	-	84.6	-	84.6	85%	11.2%
51	Cyclosulfamuron	-	-	-	77.0	-	77.0	77%	13.8%
52	2,4-D	-	-	-	81.3	-	81.3	81%	3.2%

□ : 回収率50%を下回った物質
 ■ : ばらつきが見られる物質

- : 定量下限値未満(表3の値の試料換算値)
 * : 単位 ng/L

価方法については、河川中に含まれるできるだけ多くの農薬を一斉分析するためスクリーニング的に50%まで許容し、50~120%の回収率が得られることを目標とした。

表6 サロゲート回収率 (%)

使用したサロゲート物質	無添加河川水試料	添加回収	
		平均	CV%
Dinotefuran-d3	70	70	2.5
Nitenpyram-d3	69	63	4.1
Clothianidin-d3	44	44	6.3
Thiamethoxam-d3	60	57	4.7
Acetamiprid-d3	72	67	3.9
Imidacloprid-d4	68	62	6.1
Thiacloprid-d4	69	67	5.1

注 全てPLS-3で抽出され、AC-2で抽出されたサロゲート物質はない。

表7 添加回収試験におけるサロゲート補正前の添加回収率 (%)

	添加1	添加2	添加3	添加4	添加5	添加平均	CV%
Dinotefuran	63	68	69	76	76	71	7.9
Nitenpyram	57	59	66	59	61	60	6.0
Clothianidin	36	40	42	43	43	41	7.4
Thiamethoxam	48	50	54	53	52	51	4.7
Acetamiprid	60	63	65	67	60	63	4.7
Imidacloprid	68	70	61	65	62	65	5.8
Thiacloprid	62	70	62	62	64	64	5.6

注 Dinotefuran, Clothianidin, Thiamethoxamは、ブランク値(サロゲート補正前)差し引き後の値

3.4.1 ネオニコチノイド系農薬及びその代謝物

ネオニコチノイド系農薬7種全て及びその代謝物3種のうち2種については、目標とした回収率50~120%を満たしたが、Nitenpyramの代謝物であるCPMFは回収率50%未満となった。

今回、ネオニコチノイド系農薬7種についてはサロゲート法を用いたが、表6及び表7のとおりサロゲート補正前の回収率とサロゲート回収率が類似しており、サロゲート補正前の回収率は、Clothianidinが平均41%及びThiamethoxamが平均51%であったが、補正した回収率はClothianidinが平均92%及びThiamethoxamが平均91%となり、河川中の濃度を正確に知る上でサロゲート法が有用であった。

3.4.2 その他農薬42種

その他農薬42種のうち、Asulamは平均11%とかなり低い回収率であった。また、Pendimethalinは平均42%と回収率が低く、BentazoneはCV値29.7%とばらつきが大きい結果であった。なお、BentazoneのCV値が大きくなったのは無添加河川水試料の含有量が多かったことが原因と考えられた。

残り39種は回収率50~120%を満たし、今回検討した一斉分析法で定量分析が可能であった。

4 まとめ

ネオニコチノイド系農薬とその他農薬類の一斉分析法を検討し、次の結果を得た。

- (1) 設定したLC-MS/MS分析条件について、ネオニコチノイド系農薬7種、その代謝物3種及びその他農薬類42種の同時分析は可能であった。
- (2) ネオニコチノイド系農薬7種について、河川水への添加回収試験の結果は良好であった。サロゲート補正前の回収率が低いものがあったが、目的物質とサロゲートの挙動が類似していたことから、河川中の濃度を正確に知る上でサロゲート法が有用であると考えられた。
- (3) ネオニコチノイド系農薬の代謝物については、検討した3種のうちCPF及びThiacloprid-amideの2種は河川中の定量分析が可能であった。
- (4) その他農薬類は、検討した42種のうち39種の定量分析が可能であった。今後は、検討した分析法により県内河川における調査を行い、ネオニコチノイド系農薬等の濃度や季節変動等についての知見を得ることを目指すとともに、水質事故発生時の環境モニタリング等にも役立てたい。

文 献

- 1) 産業技術総合研究所：ウナギやワカサギの減少の一因として殺虫剤が浮上、
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20191101/pr20191101.html (2021.12.15アクセス)
- 2) 農薬の昆虫類への影響に関する検討会：我が国における農薬がトンボ類及び野生ハナバチ類に与える影響について、
http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/ecol_risk/honbun.pdf (2021.12.15アクセス)
- 3) 大月史彦, 山本浩司, 橋本清美, 吉岡敏行：事故時等緊急時の化学物質の分析技術の開発に関する研究－県内三主要河川における河川水中農薬類濃度レベルの実態調査－, 岡山県環境保健センター年報, 44, 19-25, 2020
- 4) 伊東優介, 藤田一樹, 鈴木義浩, 江原均, 井上雄一：川崎市内水環境中におけるネオニコチノイド系農薬等の実態調査結果 (2016~2018年度), 川崎市環境総合研究所年報, 7, 63-69, 2019
- 5) 富士フイルム和光純薬株式会社：ネオニコチノイド系農薬分析用試薬分析条件,
<https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/>

01944.html, (2021.3.31 アクセス)

- 6) 社団法人日本植物防疫協会：農薬ハンドブック 2011 年版, 2011
- 7) 環境省：水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準として環境大臣が定める基準の設定に関する資料 トリシクラゾール,
<http://www.env.go.jp/water/suikaitei/kijun/rv/tricyclazole.pdf>, (2021.3.31 アクセス)
- 8) 日本環境毒性学会：化学物質の生態リスク評価と規制－農薬編－, 292, 2006