

＜特集＞自然災害と環境リスクへの対応

有機汚染物質のターゲットスクリーニングと生物応答試験による  
新たな水質評価手法の提案

—福岡県保健環境研究所における緊急時環境調査への取り組み—

古閑豊和\*・宮脇 崇\*

(\*福岡県保健環境研究所)

1. はじめに

近年頻発する豪雨や大型地震等の災害発生時では、建造物の倒壊や冠水による有害化学物質の漏洩や流出が懸念される。令和2年7月の豪雨災害では、九州地方で複数の河川が氾濫し、各地で甚大な被害を受けたことは記憶に新しい。「防災基本計画」や「国土強靱化計画」には、緊急時における環境調査の必要性が明記されている<sup>1)2)</sup>。緊急時環境調査では、地域住民の安心・安全確保のため有害化学物質の汚染源の特定や汚染の拡大防止を速やかに実施することが重要である。また、平常時とは異なる状況が想定されるため、環境基準物質や規制物質だけを測って安全性を評価するのは困難であり、多成分の有機汚染物質を計測するスクリーニング手法が必要となってくる。門上らは、標準物質を使用せずに約 1000 種の化学物質を自動同定・定量する手法としてGC/MSデータベース法 (AIQS) を開発している<sup>3)</sup>。この技術は日本工業規格 (JIS) のJIS K 0123ガスクロマトグラフィー質量分析通則に掲載されており、緊急時環境調査において有用な手法になると考えられる<sup>4)</sup>。福岡県では、これまでにAIQSを用いたスクリーニング法を複数開発し、東日本大震災や熊本地震後の環境調査に活用してきた<sup>5), 6), 7)</sup>。また、AIQS技術を普及させる活動にも取り組んでおり、地方環境研究所を対象とした「緊急時環境調査手法研修会」の実施やII型共同研究「災害時等の緊急調査を想定したGC/MSによる化学物質の網羅的簡易迅速測定法の開発」について、国立環境研究所と共同で研究を進めているところである<sup>8)</sup>。さらに、筆者らはこれまでのスクリーニング技術をベースに前処理法のさらなる迅速化や化学物質の複合影響評価に関する研究にも着手している<sup>9), 10), 11)</sup>。今回の特集記事では「水質分析」をテーマに、当県で新たに開発した2つのスクリーニング手法の妥当性試験、並びに生物応答を用いた化学物質の複合影響評価について事例紹介を行う。また、令和2年7月の豪雨災害では、開発したスクリーニング法を用いた緊急時環境調査を行ったので、その概要について報告する。

2. GC/MSを用いたターゲットスクリーニング法

筆者らは広島県の開発した「迅速前処理カートリッジ」とデータベースソフトNAGINATA II (西川計測株式会社製)の技術を組み合わせたターゲットスクリーニング法を開発した (本稿では、NAGINATA IIをAIQSとする)<sup>9)</sup>。測定フローを図1に示す。本法の特長は迅速前処理カートリッジを用いて前処理時間を短くし、AIQSにより多成分の化学物質を自動判定によって迅速に同定・定量を行うことで、全測定が70分程度で終了し、短時間で定量値を報告できる点にある。

本法では化学物質の物性値としてLog Powと水溶解度でそれぞれ0.78~7.05, 0.001~25000 mg/Lの範囲の農薬類を用いた添加回収試験を行った。その結果を表1に示す。ほとんどの農薬類について回収率が目標値 (50~150%)を満たした。ただし、本法が適用できるのは半揮発性の物質であり、不揮発性の物質や親水性の物質についてはLC/MSによる測定が必要になる。

3. LC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法

筆者らはGC/MSで測定困難な物質を測定可能にするため、迅速前処理カートリッジの操作方法を改良し、LC/MS/MS測定にも適用可能なターゲットスクリーニング法を開発した<sup>10)</sup>。測定フローを図2に示す。本法の特徴は既存の迅速前処理カートリッジで用いるジクロロメタン等の疎水性有機溶媒と疎水性膜を使用せず、試料水に塩化ナトリウムを添加し、アセトニトリル・水の二相系溶媒抽出を行うものである。この前処理法を用いることで操作時間が10分程度となり、固相抽出法と比較すると大幅な時間短縮ができ、測定の迅速化が可能となった。

本法では化学物質の物性値としてLog Pow :-0.91~8.20の範囲の農薬類を用いて添加回収試験を行った。添加回収試験結果を表2に示す。Log Powがマイナス値となるようなAcephate (Log Pow:-0.90)などの親水性物質

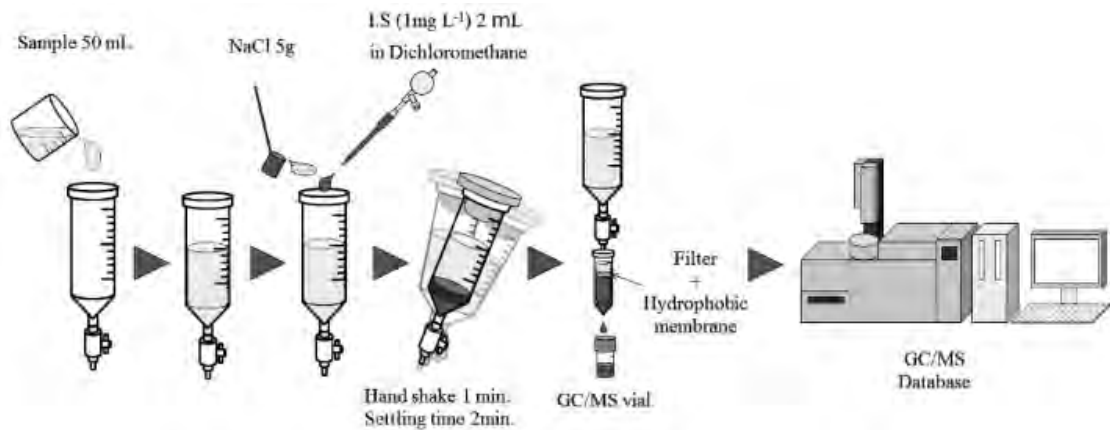


Fig. 1 Method of target screening by a rapid pretreatment cartridge

出典：古閑豊和ら，分析化学，68， p.417-425 (2019)， p.419のFig.1を引用

図1 GC/MSを用いたターゲットスクリーニング法の測定フロー

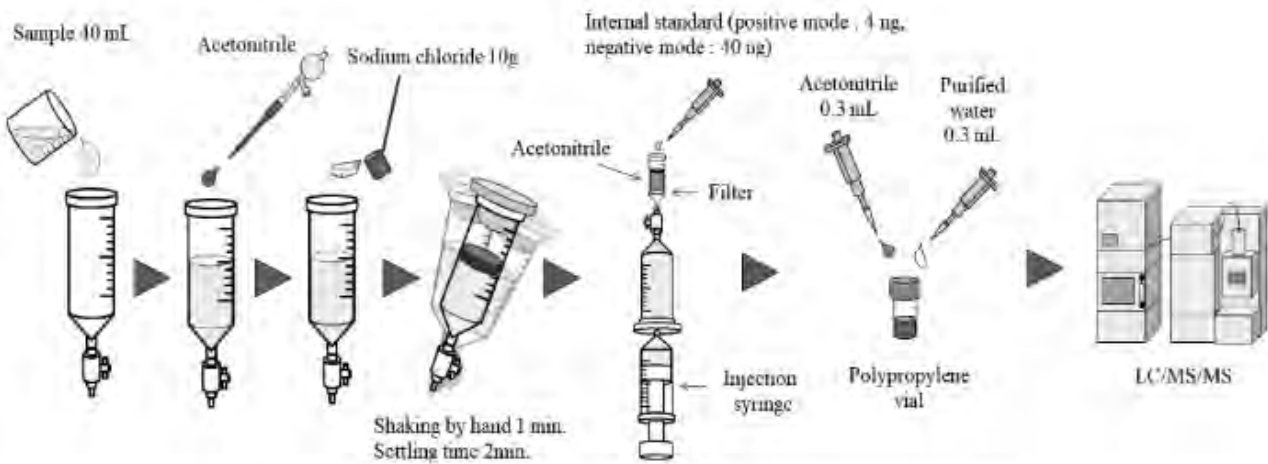


Fig. 1 Method of target screening by a Rapid pretreatment cartridge

出典：古閑豊和ら，分析化学，69， p.121-134 (2020)， p.124のFig.1を引用

図2 LC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法の測定フロー

はアセトニトリル相へ分配されず，本法では適用が困難であった。その対策として，試料水をろ過後にLC/MS/MS測定に供する直接注入法の適用が良いと考えられた。また，本法はAIQSのようなデータベース法ではなく，150種以上の化学物質について一斉分析する測定系を構築している。

今後の展望としてLC/TOF-MSなどへ応用展開が期待される。

4. 生物応答を用いた水質評価

生物応答を用いた水質評価の利点は機器分析で捉えきれない未知の化学物質の毒性や複合影響を検知できる点にある。

環境水中の生物応答を用いた水質評価事例は急性毒性

試験など多くの報告例がある<sup>12),13),14)</sup>。また近年，全排水毒性試験（日本版WET試験）と呼ばれる排水水質の評価法が環境省主導の下に検討されている<sup>15)</sup>。日本版WET試験は排水の健康診断とも言われており，筆者らはこの健康診断項目の1つにAIQSを組み込むことで，排水水質を俯瞰的に捉えられると考え，日本版WET試験による水質評価の研究に取り組んでいる。

研究方法としてWET試験における排水改善手法や影響指向型解析（Effect Directed analysis:EDA）等を参考にした。EDAはWerner Brackらが提唱したもので，環境水などの試験水をカラム等で分画し，それぞれ生物応答試験や化学分析を実施する。そして各画分で検出される物質や毒性を調査するものである<sup>16)</sup>。

筆者らが実施した研究では生物応答試験に日本版WET

表1 GC/MSを用いたターゲットスクリーニング法の添加回収試験結果

Table 3 Results of compounds No.1-40 obtained by recovery tests (n=3, unit : %)

No.	Compounds	River water								Sea water							
		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8	
		Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%	Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%
1	Trichlorfon (DEP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	Dimethoate	89	5.5	85	4.1	76	16	76	8.7	83	17	87	11	84	11	89	3.9
3	Metalaxyl	110	7.6	113	2.6	111	6.9	110	8.6	111	6.8	109	3.0	105	2.1	107	3.6
4	Dichlorvos (DDVP)	108	2.5	112	3.9	85	5.3	86	8.4	89	10	98	2.7	98	2.4	92	4.4
5	Pyroquilon	90	5.5	86	3.9	101	7.8	102	10	100	8.3	104	3.6	109	1.4	104	5.5
6	Tricyclazole	108	7.7	118	15	107	7.8	123	7.0	118	9.5	94	5.8	89	16	98	14
7	Molinate	112	7.1	117	2.7	103	4.9	102	11	105	9.9	107	4.1	106	1.4	103	4.9
8	Bentazone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Simetryn	103	4.4	108	2.8	105	3.8	104	8.8	101	7.8	111	4.4	112	1.1	107	2.4
10	Fenobucarb	104	3.7	107	2.2	104	5.5	107	11	104	8.6	107	0.7	107	2.8	102	3.3
11	Isoprocab	106	4.0	105	2.0	104	4.6	104	10	101	8.1	104	1.4	104	3.3	100	4.2
12	Iprobenfos	102	1.4	120	3.1	108	11	114	10	112	7.2	114	1.6	113	2.9	111	5.6
13	Carbofuran	121	6.5	93	9.3	115	5.2	115	3.2	120	2.6	118	2.4	122	1.1	122	3.1
14	Alachlor	107	16	113	2.2	97	5.1	100	10	103	13	112	2.5	111	3.3	110	5.9
15	Methidathion	109	5.1	132	2.7	100	3.2	106	12	100	15	100	1.3	99	3.5	93	3.7
16	Probenazole	129	8.7	110	3.5	92	5.8	98	2.8	97	10	108	1.2	98	12	103	5.6
17	Malathion	111	4.7	116	8.5	104	13	107	10	103	14	109	3.3	108	1.0	103	5.5
18	Methyl dymron	106	11	139	4.8	95	8.4	92	6.2	97	9.7	105	5.2	102	3.2	100	4.1
19	Etridiazole (Echloomezol)	141	4.9	139	1.2	113	8.5	112	9.9	112	11	108	3.9	102	1.1	100	6.6
20	Propiconazole @1 <sup>b)</sup>	135	5.9	101	3.2	109	7.1	110	13	111	7.4	113	9.6	115	9.8	110	4.7
20	Propiconazole @2 <sup>b)</sup>	96	3.2	145	6.7	116	9.2	121	9.7	122	9.9	138	0.9	147	2.3	141	6.3
21	Pyridaphenthion	147	9.7	110	3.2	113	9.7	120	9.9	121	6.7	131	9.5	130	7.9	113	8.6
22	Napropamide	109	3.3	105	2.2	107	11	121	15	117	6.9	120	1.2	122	4.7	113	6.3
23	Edifenphos	101	4.2	106	5.1	120	10	121	12	126	7.3	143	6.3	140	6.4	131	10
24	Isoprothiolane	104	6.1	108	3.8	105	6.4	109	13	111	10	121	3.2	119	5.3	112	8.1
25	Dimethametryn	104	5.0	101	2.1	117	8.0	120	11	120	10	125	3.2	124	4.4	115	7.5
26	Pretilachlor	96	4.0	104	3.3	111	9.7	111	7.1	113	10	120	5.2	121	5.1	110	5.9
27	Diazinon	100	3.8	97	3.0	105	4.5	109	9.5	110	8.4	109	3.0	106	3.3	102	4.2
28	Fenitrothion	96	4.7	102	2.7	95	7.0	91	10	99	6.7	102	7.4	104	4.0	99	6.7
29	Atrazine	100	2.0	96	4.0	105	6.0	104	9.7	105	8.3	107	2.3	107	5.9	105	4.5
30	Thiobencarb	91	4.1	107	4.1	103	8.6	104	8.2	106	9.4	111	2.7	111	2.6	107	6.9
31	Piperophos	104	3.5	104	3.2	115	5.7	120	7.3	125	11	135	1.6	132	3.6	122	2.3
32	Isofenphos	103	4.9	123	4.7	110	8.6	112	7.5	115	9.7	107	4.1	107	5.0	103	4.4
33	Dichlobenil	123	6.2	110	6.1	97	7.7	94	9.4	97	8.8	101	4.2	102	2.5	99	2.6
34	Dimepiperate	115	11	130	7.0	108	13	112	6.9	113	18	98	5.2	102	8.2	99	3.4
35	Disulfoton	127	14	110	3.0	108	7.1	108	5.8	109	8.6	111	1.3	117	1.5	109	6.0
36	Propyzamide	106	5.1	141	4.3	110	6.0	110	11	111	12	114	2.9	112	2.7	111	7.4
37	Iprodione	143	6.4	109	2.3	109	6.2	105	5.2	109	8.3	111	5.5	111	4.8	106	7.2
38	Anilofos	106	3.9	143	6.4	127	7.4	127	11	121	8.7	133	2.6	132	2.0	121	7.1
39	Mepromil	138	8.7	122	4.1	123	7.1	130	7.3	133	3.0	144	6.3	137	3.1	128	7.0
40	Thenylchlor	122	5.6	130	5.4	122	10	122	8.0	123	8.2	136	4.0	144	4.4	127	9.2

a) Recovery

b) For propiconazole, two types of retention time are registered in the GC/MS database.

出典：古閑豊和ら，分析化学，68， p.417-425 (2019)， p.421のTable 3を引用

試験で用いられる水生生物3種の短期慢性毒性試験と化学分析としてAIQSや金属分析等を用いた<sup>11)</sup>。また、毒性原因物質特定のために固相抽出カラムを用いて毒性候補物質を絞り込むための吸着処理実験を実施している。実験フローを図3に示す。この研究では化学分析と生物応答試験結果より重金属類（ニッケルと亜鉛）が毒性原因であると判明し、AIQSを含む機器分析と生物応答試験を用いた水質評価の有用性が示された。

### 5. 豪雨災害への適用事例

2020年7月初旬から下旬にかけて九州では、一連の大

雨による人的被害や物的被害が発生し、「令和2年7月豪雨」とよばれる豪雨災害をもたらした<sup>17)</sup>。この豪雨により福岡県の隣県において倉庫に保管されていた薬品が河川へ流出したとの報告が入り、下流域を管轄している福岡県は迅速に調査を開始した。今回は流出した薬品名が判明していたため、最初に流出薬品の商品名から使用されている化学物質名を特定し、AIQSに登録してある物質との照合を行った。AIQSで測定可能な物質は既報により調査し、登録されていない物質や親水性物質は開発したLC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法で測定を行うこととした<sup>9),10)</sup>。なお、流出薬品の中にLog Powが

表2 LC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法の添加回収試験結果

Table 6 Results of compounds No.1-43 obtained by recovery tests (n = 3)

No.	Compounds	River water						Sea water					
		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6	
		Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %	Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %	Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %	Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %	Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %	Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %
1	Monocrotophos	29	6.8	40	17	31	4.6	44	21	43	5.1	34	8.7
2	Acephate	11	12	15	23	12	8.7	8.7	17	8.4	13	5.4	16
3	Nitenpyram	11	14	14	25	13	4.6	15	19	13	7.3	12	17
4	Oxamyl	50	4.0	61	13	50	2.9	60	13	55	8.3	45	7.7
5	Dinotefuran	27	13	31	17	27	5.6	35	16	43	4.7	24	6.1
6	2,4-D	4.4	18	5.4	40	4.4	30	4.0	22	6.6	20	4.3	18
7	Asulam	LLOQ <sup>c)</sup>	-	LLOQ <sup>c)</sup>	-	LLOQ <sup>c)</sup>	-	LLOQ <sup>c)</sup>	-	LLOQ <sup>c)</sup>	-	LLOQ <sup>c)</sup>	-
8	Acetamiprid	82	9.8	112	12	93	1.3	104	16	100	5.8	85	5.7
9	Thiamethoxam	59	5.8	74	15	62	1.6	78	16	73	4.6	63	8.5
10	Trinexapac ethyl	20	11	22	20	17	8.8	6.4	16	5.9	4.8	4.5	7.5
11	Flazasulfuron	33	7.3	42	19	37	3.0	51	14	49	1.5	43	9.2
12	Metribuzin	77	7.7	112	12	93	2.4	102	13	99	2.8	81	0.60
13	Cumyluron	93	0.90	118	5.4	104	2.0	111	8.2	108	4.4	96	3.6
14	Bromacil	76	8.0	113	13	94	2.2	98	11	94	4.9	78	5.6
15	Mecoprop	7.9	41	8.2	19	10	23	7.4	23	10	2.0	6.8	20
16	Tricyclazole	56	8.4	77	14	66	0.26	78	13	76	4.3	63	5.8
17	Dichlorprop	6.3	23	10	19	9.1	39	8.7	21	12	3.7	7.8	21
18	Bentazone	48	11	63	7.6	57	18	55	16	69	5.2	59	21
19	Imidacloprid	82	11	108	12	88	0.92	100	18	96	5.8	84	7.1
20	Clothianidin	82	8.8	106	14	88	1.2	107	17	100	5.8	84	5.8
21	Carbofuran	85	9.1	122	10	100	2.3	109	12	106	4.8	89	3.5
22	Pymetrozine	12	6.3	14	22	13	4.7	15	15	14	7.7	13	10
23	MCPA	3.5	22	4.6	22	5.8	15	2.9	34	3.3	19	3.1	11
24	Bendiocarb	83	7.8	114	7.8	90	4.4	108	15	101	6.4	84	5.6
25	Furametpyr	83	5.9	118	8.3	99	2.4	102	9.4	104	3.9	89	3.4
26	Ametryn	84	6.5	114	8.1	97	3.2	100	6.4	102	3.2	90	3.2
27	Thiacloprid	80	5.5	119	11	97	2.3	113	13	110	5.5	93	5.6
28	Pyriminobac methyl Z	93	6.8	125	6.0	106	2.5	110	7.9	112	4.2	100	3.6
29	Cyanazine	95	6.7	140	10	116	1.4	123	9.6	124	4.3	106	4.7
30	Tetraconazole	112	8.8	130	3.7	123	4.0	123	7.5	123	2.2	106	3.3
31	Propanil(DCPA)	100	7.1	139	11	122	1.8	109	7.4	116	2.1	107	6.4
32	Metominostrobin	85	5.9	120	8.1	100	2.7	100	9.2	102	4.8	89	4.6
33	Cinosulfuron	28	8.5	35	18	30	3.6	31	13	31	1.2	26	11
34	Carbaryl	76	5.9	107	8.9	85	4.7	99	15	94	8.7	78	4.3
35	Cyproconazole @A <sup>b)</sup>	96	1.5	123	6.0	110	2.0	111	7.0	110	2.6	95	4.4
35	Cyproconazole @B <sup>b)</sup>	94	6.8	114	5.8	104	1.2	107	7.6	106	1.7	92	4.3
36	Linuron	85	4.5	121	7.8	99	1.5	101	7.4	101	3.6	89	3.9
37	Simeconazole	104	8.6	122	4.6	114	2.6	110	6.6	109	3.3	96	4.1
38	Fluazifop	27	8.1	38	19	34	5.1	39	9.5	40	0.70	32	11
39	Probenazole	87	8.9	126	10	103	3.1	113	13	111	4.9	92	2.7
40	Diuron	93	6.8	131	10	110	3.4	113	10	114	4.1	98	4.5
41	Prometryn	94	8.0	111	5.2	100	3.2	102	7.6	102	3.1	92	2.6
42	Tebuconazole	102	5.4	109	2.2	107	2.3	110	5.0	112	2.6	99	4.2
43	MBC	73	9.3	100	14	83	0.79	100	15	97	4.2	83	5.9

a) Recovery. b) For Cyproconazole, two types of retention time. c) Lower limit of quantification (Asulam: < 74.3 ng L<sup>-1</sup>).

出典：古閑豊和ら，分析化学，69， p.121-134 (2020)， p.128のTable 6を引用

マイナス値 (-2.8) となる親水性物質が存在し，開発したターゲットスクリーニング法では測定が困難であったため，別途，HILIC系カラムを用いた測定も実施した。さらに，生物応答試験としてムレミカヅキモ，オオミジンコ，ゼブラフィッシュ胚を用いた急性毒性試験についても実施した。

その結果，流出した化学物質は検出されず，生物影響も検知されなかった。また後日，流出した薬品は瓶ごと全て回収されたため下流域の水環境を汚染していないこ

とが分かった。

今回の事例ではAIQSによる化学物質の調査と生物応答を組み合わせた新たな水質管理手法を適用し，災害時の環境調査において，化学物質検出及び生態毒性影響の両面について水質評価することができた。

## 6. 今後の展望

水生生物を用いた生物応答試験は生物種によって化学物質に対する感受性が異なり，「全て」の環境リスクを



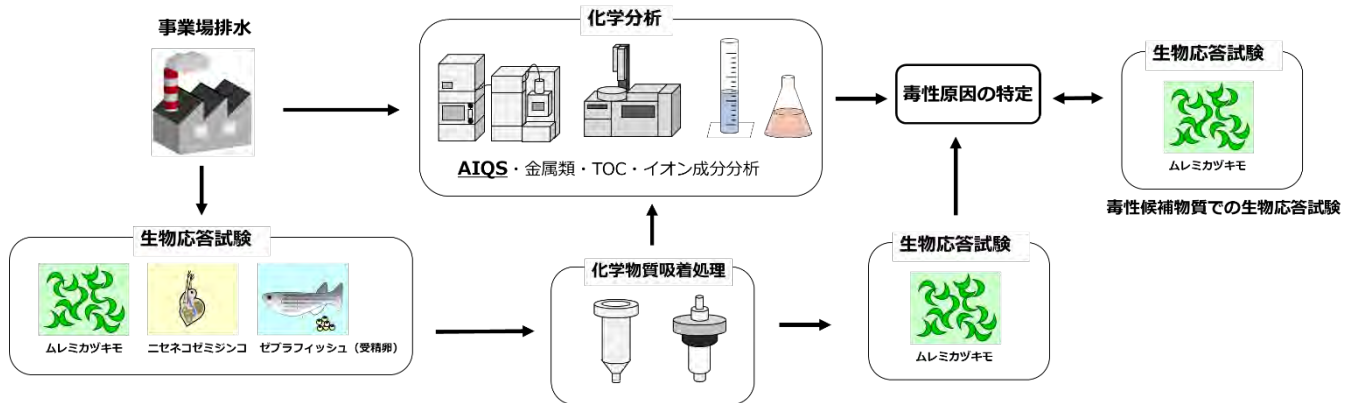


図3 化学分析 (AIQS) と生物応答試験を用いた水質評価研究フロー図

捉えることはできない。しかし、これを「5. 豪雨災害への適用事例」で示したとおりAIQSと組み合わせることができれば、機器分析のみでは困難な「緊急時」における化学物質の環境リスクの把握ができると考えている。そこで、2020年4月から公益財団法人河川財団の支援をうけ「豪雨災害を想定した緊急時環境調査手法の提案」と題した研究を実施している<sup>18)</sup>。この研究では平常時や豪雨災害時の河川水質をAIQS等による機器分析と生物応答を併用して水質を評価している。また、水生生物への毒性がある排水試料を水質評価モデルケースとして研究を実施している。

しかしながら、急性毒性試験や日本版WET試験で用いられる短期慢性毒性試験を緊急時環境調査へ用いるためには、常に試験可能な生物を状態良く維持し続ける必要があり、地方環境研究所が実施するには設備費や管理費等において非常に困難を伴う。また、試験日数が最低でも数日間かかり、迅速性に欠けるのが課題である。

現在、筆者らは浜松ホトニクス株式会社製高感度ルミノメータを用いた「藻類発光阻害試験」を導入し、AIQSで検出した化学物質や複合影響の評価を実施予定である。この藻類発光阻害試験は24時間で測定が完了し、生物応答試験を迅速に実施可能であるため、スクリーニング試験に用いることが可能と考えられる。また、濃縮藻類懸濁液の使用や専用培養装置の使用により、将来的に災害発生場所におけるオンサイト測定や突発的な災害に対応可能な調査方法の確立を目指し、研究を進めている。

### 7. 終わりに

本稿では、当県が実施しているAIQSを用いた研究のうち、測定の迅速化および生物応答試験で得られた知見を整理した。なお、AIQSを用いた分析法開発は、筆者らが参加しているⅡ型共同研究「災害時等の緊急調査を想定

したGC/MSによる化学物質の網羅的簡易迅速測定法の開発」でも取り組んでいる。また、筆者らが実施している生物応答試験はⅡ型共同研究「生物応答を用いた各種水環境調査方法の比較検討」で得られた知見・技術を基にしている<sup>8)</sup>。突発的に発生する災害にはAIQSと生物応答試験の両輪で対応することがさらなる地域住民の安心・安全につながると考えているので、是非、各地方環境研究所の研究者の方にⅡ型共同研究へ参加していただき、情報共有できればありがたい。

### 8. 謝辞

本稿に記した研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金「基盤研究 (C)」(19K12352) と公益財団法人河川財団河川基金の支援によりなされたことを付記し、ここに謝意を表します。

### 9. 引用文献

- 1) 中央防災会議, 2018. 防災基本計画 第13編危険物等災害対策編第2章災害応急対策第2節災害の拡大防止活動, [http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon\\_basic\\_plan180629.pdf](http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basic_plan180629.pdf) (2020.10.21アクセス) .
- 2) 内閣官房, 2018. 国土強靱化基本計画 第3章国土強靱化の推進方針2 施策分野ごとの国土強靱化の推進方針(11)環境, [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/okudo\\_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h301214.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/okudo_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h301214.pdf) (2020.10.21アクセス)
- 3) Kadokami K., Tanada K., Taneda K. and Nakagawa K.: Novel gas chromatography-mass spectrometry database for automatic identification and quantification of micropollutants. *Journal of Chromatography A* 1089, 219-226, 2005

- 4) 日本工業規格：JIS K 0123, ガスクロマトグラフィ－質量分析通則, 検量線データベース法, 2018
- 5) Miyawaki T, Tobiishi K, Takenaka S, Kadokami K: A Rapid Method, Combining Microwave-Assisted Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry with a Database, for Determining Organochlorine Pesticides and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Sediments. *Soil and sediment contamination*, 27, 31-45, 2018
- 6) Matsuo Y, Nakata H, Agusa T, Miyawaki T, Kadokami K, Sato K, Matsumoto M, Higuchi T, Nishimuta K, Ryuda N, Miyamoto H, Haraguchi T, Ueno D: Comprehensive target analysis of micropollutants in soil at debris storage sites of the Kumamoto earthquake. *Soil and sediment contamination*, 29, 452-463, 2020
- 7) Matsuo Y., Miyawaki T., Kadokami K., Nakai K., Tatsuta N., Nakata H., Matsumura T., Nagasaka H., Nakamura M., Sato K., Tobo K.-i., Kakimoto R., Someya T. and Ueno D.: Development of a novel scheme for rapid screening for environmental micropollutants in emergency situations (REPE) and its application for comprehensive analysis of tsunami sediments deposited by the great east Japan earthquake. *Chemosphere*, 224, 39-47, 2019
- 8) 国立研究開発法人国立環境研究所：2020年度地方環境研究所等との共同研究応募課題一覧, <https://www.nies.go.jp/kenkyu/chikanken/kadai/r02.html> (2020.10.13アクセス)
- 9) 古閑豊和, 宮脇崇：迅速前処理カートリッジを用いた環境水中有機汚染物質のターゲットスクリーニング法の開発. *分析化学*, 68, 417-425, 2019
- 10) 古閑豊和, 宮脇崇：迅速前処理カートリッジを用いた環境水中有機汚染物質のターゲットスクリーニング法の開発（2）—LC/MS/MSへの応用—. *分析化学*, 69, 121-134, 2020
- 11) 古閑豊和, 柏原学, 平川周作, 宮脇崇, 志水信弘, 石橋融子：機器分析と藻類生長阻害試験による事業場排水中の毒性原因物質の探索. *用水と廃水*, 62, 349-355, 2020
- 12) 菊地幹夫, 佐々木裕子, 若林明子：東京都内の河川水で生じたオオミジンコ遊泳阻害と農薬汚染. *環境化学*, 13, 385-396, 2003
- 13) 菊地 幹夫, 若林 明子：オオミジンコによる河川水中の化学物質の有害性モニタリング. *日本水産学会誌*, 63, 627-633, 1997
- 14) 野見山晴美・中原亜紀子・水落敏朗：ミジンコおよび藻類を用いた市内河川水のバイオアッセイ (2005) . 平成17年度福岡市保健環境研究所報, 31, 57-64, 2006
- 15) 環境省：生物を用いた水環境の評価・管理手法に関する検討会（第9回）の開催について, <https://www.env.go.jp/press/106556.html> (2020.10.14アクセス)
- 16) Brack W., Ait-Aissa S., Burgess R. M., Busch W., Creusot N., Di Paolo C., Escher B. I., Mark Hewitt L., Hilscherova K., Hollender J., Hollert H., Jonker W., Kool J., Lamoree M., Muschket M., Neumann S., Rostkowski P., Ruttkies C., Schollee J., Schymanski E. L., Schulze T., Seiler T. B., Tindall A. J., De Aragao Umbuzeiro G., Vrana B., Krauss M: Effect-directed analysis supporting monitoring of aquatic environments-An in-depth overview. *Science of the total environment*, 544, 1073-1118, 2016
- 17) 気象庁：令和2年7月豪雨, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/20200811.html> (2020.10.13アクセス)
- 18) 公益財団法人河川財団：2020年度河川基金助成事業, [https://www.kasen.or.jp/Portals/0/pdf\\_jyosei/2020\\_jyosei.pdf](https://www.kasen.or.jp/Portals/0/pdf_jyosei/2020_jyosei.pdf) (2020.10.14アクセス)