

名古屋市内事業場排水を用いた生物応答試験結果 及び生物影響削減検討結果

長谷川 絵理, 山守 英朋, 岡村 祐里子, 大畑 史江, 長谷川 瞳

Results of Whole Effluent Toxicity Test and the Study on Reduction of Biological Impacts using Industrial Effluent in Nagoya City

Eri Hasegawa, Hidetomo Yamamori, Yuriko Okamura,
Fumie Ohata, Hitomi Hasegawa

生物応答を用いた排水試験法を用いて、名古屋市内の事業場排水の試験を行った結果、甲殻類、藻類に強い毒性が認められた。試験に使用した排水の業種がメッキ業であったことから、原因物質は重金属であると推察し、化学分析を行ったところ、ニッケル、亜鉛、銅、クロムが高濃度で検出された。これらの重金属を除去するため、キレートディスクによるろ過を行った結果、約 60～100%除去することができた。このキレート処理水を用いて、再度生物応答試験を行い、生物影響の改善が認められたため、影響物質群は重金属であると考えられた。

はじめに

現在、環境水に排出される事業場排水の評価手法として、3 種の水生生物応答を用いた排水試験法が注目されている。魚類、甲殻類、藻類を、段階的に希釈した排水中で飼育し、正常に繁殖、成長できるかどうか試験を行い、排水の評価を行う。この試験法は、水試料そのものの毒性を、直接、総合的に評価することが可能という長所があり、今までの化学物質規制方法を補完する手法として、期待されている。

欧米諸国では、排水規制のツールの一つとしてすでに導入されており、2011 年には韓国においても WET 試験の導入が始まった。日本でも環境省において、試験手法が検討されており、2013 年に「生物応答を用いた排水（環境水）試験方法検討案」が提案された。当センターでも 2010 年度から試験検討を行ってきた。

今回、この手法を用いて、名古屋市内の事業場排水を用いて、生物応答試験を行った。その結果、生物影響が認められたため、原因物質群の推定と影響物質の削減手法の検討を行った。

試験方法

1. 試験試料

A 事業場排水（メッキ業）

2. 試験方法

操作手順は図 1 のフローチャートの通り行った。

生物応答試験は「生物応答を用いた排水（環境水）試験法¹⁾」に基づき行った。試験に供する水生生物には、魚類はゼブラフィッシュ、甲殻類はニセネコゼミジンコ、藻類はムレミカヅキモを用いた。魚類試験の

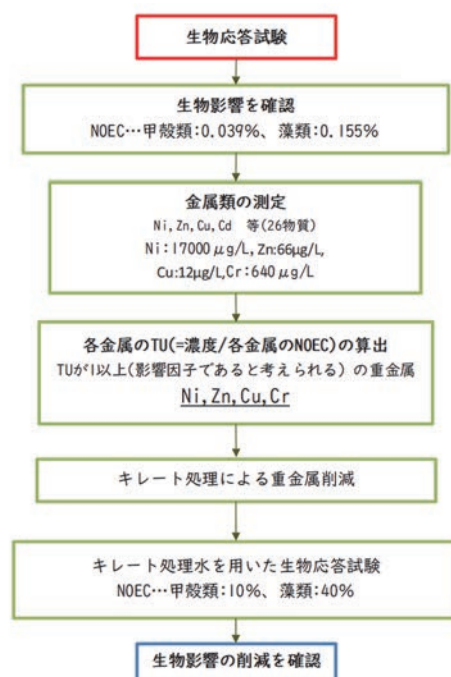


図 1 実験フローチャート

評価指標については、孵化に対する遅延の影響も加味した、「生存指標」で評価した。（生存指標＝孵化率×孵化後生存率）

魚類と甲殻類の試験期間は 7～8 日間、藻類の試験期間は 72 時間で行った。試験濃度区は最大濃度を 80% とし、公比 2, 6 濃度区で試験を行い、無影響濃度 (NOEC) を算出した。影響度合いについては、「10% 濃度 (10 倍希釈) で影響の出ないこと」が一つの目安と考えられている。

また、試料の NOEC を毒性単位 TU (Toxicity Unit) に換算した。併せて重金属の分析も行った。

3. 重金属の除去方法

重金属が影響物質であると考えられたため、キレートディスクを用い重金属の除去を行った。

キレートディスク (Empore Chelating 47mm Disk) を用いて、図 2 のように器材を組み立て、排水をろ過した。この時得られたろ過水 (キレート処理水) を用いて、生物影響の大きかった甲殻類、藻類の試験を行った。また、同時に重金属分析を行った。

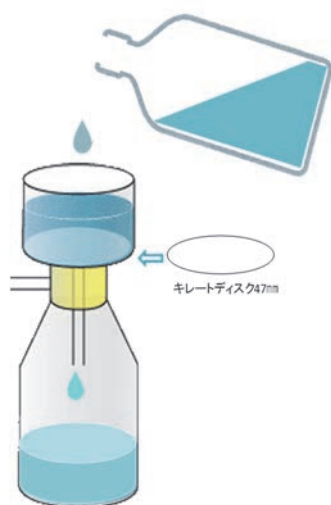


図 2 キレートディスクによるろ過

試験結果

1. 生物応答試験結果

生物応答試験結果を図 3 に示す。

魚類試験では、80% 濃度区で生存指標が有意に低下し、NOEC は 40% であった。甲殻類試験では、0.078% 濃度区で親ミジンコの死亡率は 70% と高く、産仔もほ

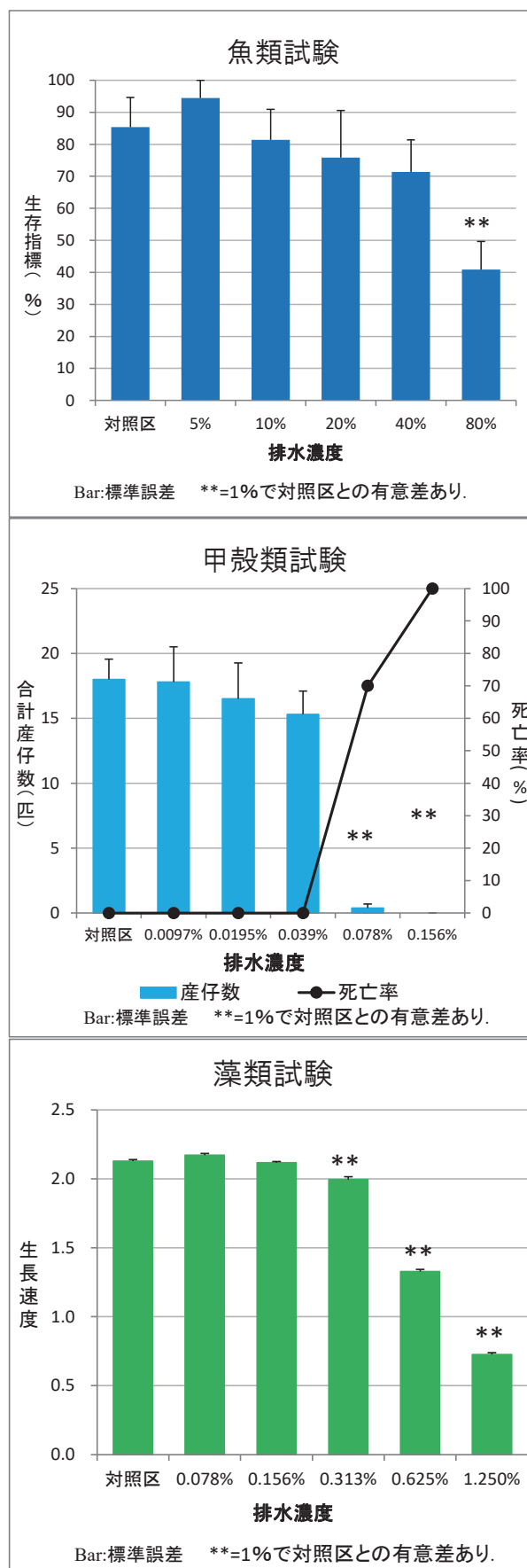


図 3 生物応答試験結果

とんど見られなかった。NOEC は 0.039%であり、甲殻類への強い毒性が認められた。藻類試験では、0.313%濃度区で対照区と比較して成長速度が低下しており、NOEC は 0.156%と、強い毒性が認められた。

2. 原因物質の推定

試験に使用した排水の業種がメッキ業であったことから、原因物質は、重金属であると推察した。

重金属分析の結果を表 1 に示す。重金属 26 物質を分析した結果、ニッケル、亜鉛、銅、クロムが高濃度で検出された。これらの 4 物質は特に水生生物への毒性が強く、本試験において原因物質と考えられた。

これらの物質の毒性影響を評価するために、TU 値（各金属濃度／無影響濃度（NOEC））を算出した。TU 値は 1 以上で水生生物に影響を及ぼしていることを示しており、甲殻類ではニッケル・亜鉛・クロム、藻類ではニッケル・亜鉛・銅において、1 以上の値となった。特にニッケルでは、TU 値はそれぞれ 8880、1770 と大きい値となり、ニッケルによる影響が非常に大きいと考えられた。

表 1 重金属分析結果

	濃度 ($\mu\text{g/L}$)	NOEC($\mu\text{g/L}$)		TU	
		甲殻類	藻類	甲殻類	藻類
ニッケル	17700	2	10	8880	1770
亜鉛	66	19	5	3.53	13.2
銅	12	20	10	0.62	1.25
クロム	646	13	—	51.7	—

3. 影響削減検討

生物影響が大きかった甲殻類と藻類を用いて、キレート処理水の生物応答試験を行った。結果を図 4 に示す。また、キレート処理前後の生物応答試験結果の比較を表 2 に示す。

キレート処理前の甲殻類試験では NOEC が 0.039%であったのに対し、処理後の排水では NOEC が 10%、藻類試験でも NOEC が 0.156%から 40%と、大幅に改善された。

また、キレート処理前後の重金属濃度の変化を表 3 に示す。

キレート処理により、ニッケルと亜鉛では約 100%、銅は約 80%を除去することができた。クロムの除去率は約 60%であった。

なお、本センターで試験を行った結果、ニセネコゼミジンコに対するニッケルの NOEC は、約 $1\mu\text{g/L}$ で

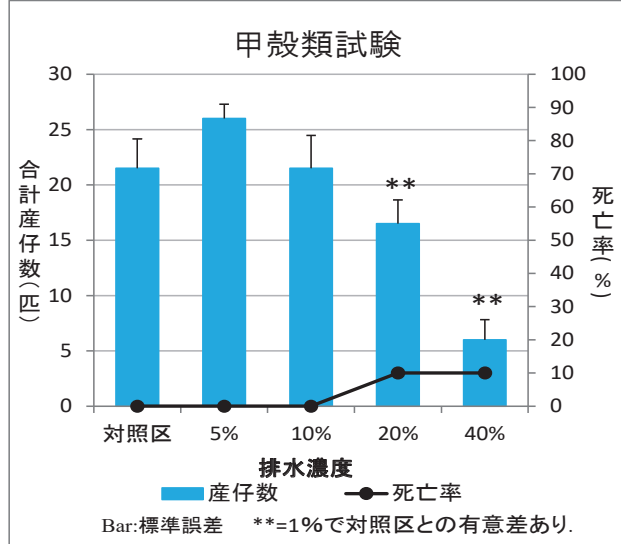


図 4 キレート処理水の生物応答試験結果

表 2 キレート処理前後の生物応答試験結果

		魚類試験	甲殻類試験	藻類試験
NOEC	原液	40%	0.039%	0.156%
	キレート処理後	—	10%	40%

表 3 キレート処理水の重金属分析結果

	原液 ($\mu\text{g/L}$)	キレート処理後 ($\mu\text{g/L}$)	除去率 (%)
ニッケル	18000	39	99
亜鉛	66	< 2	99
銅	12	2	81
クロム	650	270	58

あり、甲殻類試験において、NOEC が 10%であったのは、キレート処理後もニッケルが 39 $\mu\text{g/L}$ 、クロムが 269 $\mu\text{g/L}$ 含有していたため、影響が残存したものと考えられる。

ま と め

名古屋市内のメッキ業排水を用いて生物応答試験を行った結果、魚類試験では影響は認められなかったものの、甲殻類、藻類では強い毒性影響が認められた。

重金属分析の結果、ニッケルが高濃度で検出され、亜鉛、銅、クロムも生物影響を与える濃度が検出された。これらの物質を影響物質と推定し、キレートディスクによるろ過処理を行ったところ、約 60~100%を削減することができた。

このキレート処理水を用いて、生物応答試験を行った結果、NOEC は甲殻類試験では 10%、藻類試験では 40%と、大幅に改善されたため、今回供試した排水の影響物質群は、重金属であると考えられた。

キレート処理水でも、甲殻類試験ではわずかに生物影響が認められたが、キレート処理後のニッケル、クロム濃度から判断すると、多少の生物影響は残存すると考えられるため、原因物質はニッケル単独あるいは、銅、亜鉛、クロムも含めた、重金属の複合影響であると考えられた。

文 献

- 1) 排水（環境水）管理のバイオアッセイ技術検討分科会：生物応答を用いた排水試験法（2014）

名古屋市内における遺伝子組換えナタネの分布状況

大畑 史江, 岡村 祐里子, 榊原 靖

Distribution of genetically-modified *Brassica napus* in Nagoya City

Fumie Ohata, Yuriko Okamura, Yasushi Sakakibara

市内に 2 ヶ所あるセイヨウアブラナ種子の陸揚げ地点周辺および輸送経路と思われる国道 23 号線上において、輸送中のこぼれ落ちに由来すると思われるセイヨウアブラナの自生個体の分布とその推移を調査した。また採取出来た個体については DNA 分析を行った。その結果、市内の特定の範囲においては毎年、遺伝子組換えナタネの自生が一定数、確認された。しかし個体数が経時的に増えたり、分布範囲が広がったりということはなかった。また遺伝子組換えナタネが自生する周辺には農地や河川敷など、他のアブラナ科植物が多く自生するような環境はなかった。現在のところ、市内において遺伝子組換えナタネが生態系へ重大な影響を及ぼす可能性は低いものと思われる。

はじめに

近年、遺伝子組換え技術により、特定の除草剤に対して耐性を持つセイヨウアブラナが開発された(以降、これを「遺伝子組換えナタネ」と呼ぶ)。特定の除草剤を散布すると、雑草など他の植物は枯れるが遺伝子組換えナタネは枯れないため、除草にかかる手間を大幅に省くことが可能になる。このため日本の主な輸入相手国であるカナダでは、2009 年には栽培面積でおよそ 9 割のセイヨウアブラナが遺伝子組換えナタネとなった¹⁾。

遺伝子組換え作物の安全性は、厚生労働省や内閣府の食品安全委員会によりチェックされている。また、現在のところ、明らかに遺伝子組換え作物が原因で、生物の多様性に著しく影響を与えたという事例はない²⁾。しかし、遺伝子組換え作物に対して未だ世間の根強い反発があることも考えると、実際に野外へ放出された場合にどうなるのかについて確認していく必要がある。特に遺伝子組換えナタネについては、交配可能な近縁種であるニホンナタネやカラシナが野外に生息しており、組換え遺伝子がこれらとの交雑を通じて野外に広がってしまう可能性が指摘されている²⁾。

日本では遺伝子組換え作物の商業栽培は行われていないが、油を採るために輸入されたセイヨウアブラナの種子が輸送中にこぼれ落ち、道路わきや河川敷などで自生する場合がある。このため独立行政法人国立環境研究所による「遺伝子組換え生物(ナタネ)による

影響監視調査」が 2003 年から全国的に始まった³⁾。しかし 2009 年からは自生する数が多い博多港、四日市港、鹿島港の 3 港に調査範囲が絞られた¹⁾。こうしたことから、市内に 2 ヶ所あるセイヨウアブラナ陸揚げ地点(潮見町、金城ふ頭)の周辺および輸送経路と思われる国道 23 号において実態調査を行った。その結果を報告する。

調査方法

1. 調査期間・範囲

2013~2019 年の 3~5 月に、セイヨウアブラナの陸揚げ地点周辺(港区潮見町、船見町と金城埠頭。図 1)および国道 23 号において、セイヨウアブラナの分布状況を調査した(ただし 2015 年のみ欠測)。

国道 23 号上は車中からの目視で確認し、その他の場所は徒歩で確認した。国道 23 号上を除く調査範囲では遺伝子分析用の試料(葉)を採取した。

また 2016 年には国道 23 号上の個体が多かったため、国道 23 号上の比較的安全に採取が可能な一部の区間(善南町~宝神町)でも試料を採取した。

2. 分析方法

持ち帰った葉は液体窒素を用いて凍結粉碎し、DNA を抽出して PCR 法による分析を行った。PCR 法による DNA 分析の方法は、「平成 22 年度 遺伝子組換え生物による影響監視調査」の方法に従った⁴⁾。

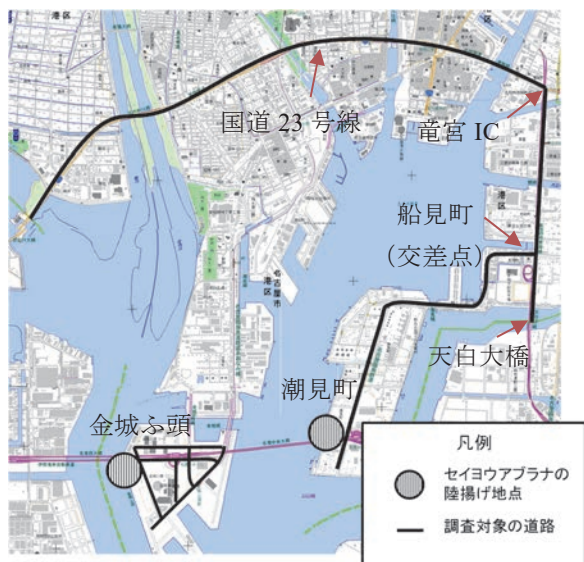


図1 調査範囲
(黒線は分布調査範囲, 〇は陸揚げ地点を示す。左：潮見町周辺 右：金城埠頭周辺)
※基盤地図データは国土地理院のものを使用した

調査結果

1. 経年変化

DNA 分析を行った結果を図2～4に示す。

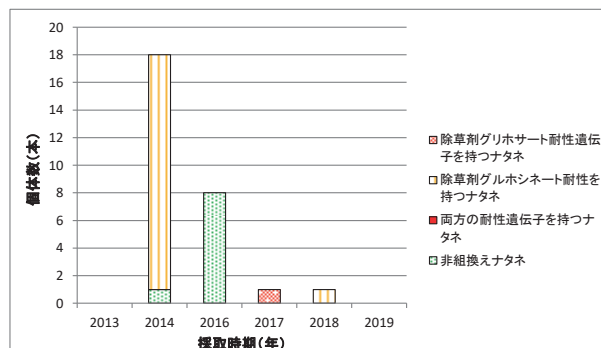


図2 DNA 分析結果の経年変化
(金城ふ頭)

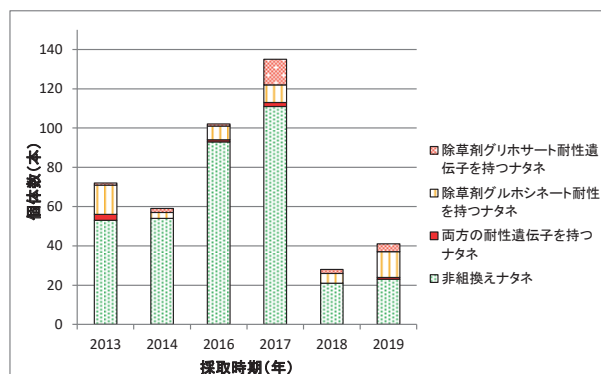


図3 DNA 分析結果の経年変化
(潮見町～船見町)

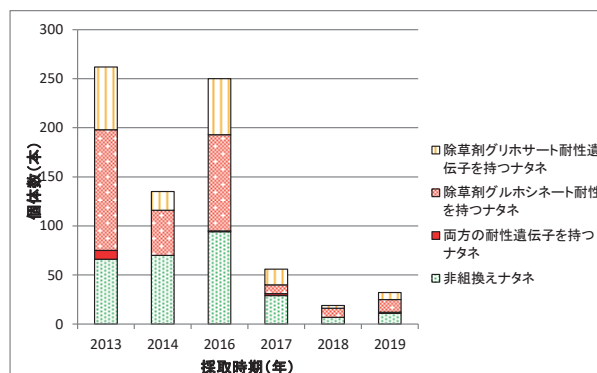


図4 DNA 分析結果の経年変化
(天白大橋～竜宮 IC)

金城ふ頭ではセイヨウアブラナが確認された年と確認されなかった年があり、確認された年にも個体数は少なかった。また20個体以上が見つかった年にも、分布としては2ヶ所に群生するのみであった。金城ふ頭における種子のこぼれ落ちからの発芽は、他の地点に比べるとやや稀であると言える。DNA分析の結果についても、特に決まった傾向はなかった。個体数が少なく、たまたま生えた個体のDNA分析をしているために、このような結果になったと思われる(図2)。

潮見町～船見町では毎年、セイヨウアブラナが確認された。生えていたのは主に中央分離帯で、後述する天白大橋～竜宮 IC に比べると個体数、遺伝子組換えナタネの割合ともに少ない傾向があった(図3)。

天白大橋～竜宮 IC でも毎年、セイヨウアブラナが確認された。今回の調査範囲の中では、個体数、遺伝子組換えナタネの割合ともに最も多い傾向があり、2016年には非組換え体を含めると250個体が自生していた(そのうち組換え遺伝子を持つ個体は156個体)。しかし2016年に県道55号の工事が終了し、土の露出が少なくなると個体数は減少し、2018年には19個体、2019年には32個体のみであった(図4)。

2. 地点ごとの傾向(2016年度)

調査期間中、国道23号線(竜宮 IC～日光川大橋)では、2016年以外には10個体程度しか確認されなかった。しかし2016年のみ100個体以上が確認された。このため、善南町～宝神町の範囲でサンプリングを行い、66個体を採取した。これらについて他の地点と同様にDNA分析を行った。この年の地点ごとのDNA解析結果(割合)を図5に示す。

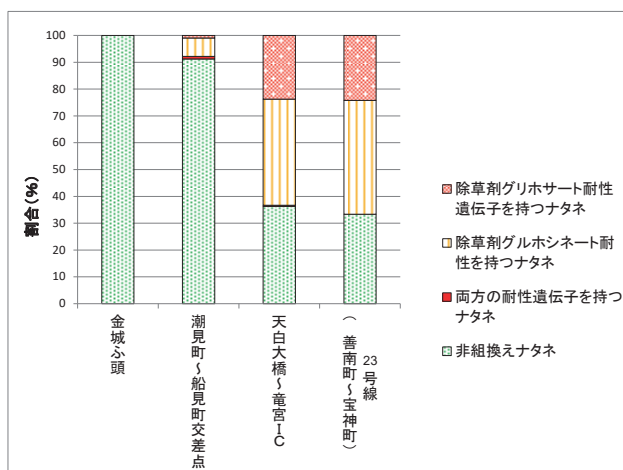


図5 DNA分析結果
(2016年度, 地点ごと)

この結果, 23号線上の各遺伝型の個体の割合は, 天白大橋～竜宮 IC と似通っていた. セイヨウアブラナの陸揚げ地点である潮見町から船見町交差点までの範囲とは傾向が異なることから, おそらく 23号線上の遺伝子組換えナタネは, 天白大橋から 23号線を通じて日光川大橋へ抜けるルート上(逆方向も)の輸送トラックからのこぼれ落ちによるものが大半であると推察される.

まとめ

調査の結果, 市内の特定の範囲においては遺伝子組換えナタネが自生していた. しかし, 年による個体数の変動はあるものの, 経時的な増加傾向にはなく, 脇道に遺伝子組換えナタネの分布範囲が広がっていく様子もなかった. また, 調査開始時に最も遺伝子組換えナタネの個体数が多かった天白大橋～竜宮 IC では, 県道 55 号の工事終了とともに個体数が減少した.

これらの範囲はいずれも幹線道路沿いであり, 近隣には農地や河川敷など他のアブラナ科植物が多く自生するような環境ではないことから, 市内において遺伝子組換えナタネが生態系へ影響する可能性は, 現在のところ低いものと思われる.

文 献

- 1) 独立行政法人 国立環境研究所: 環境儀, **75** (2019)
- 2) 自然情報事務所 (NIO): 「外来種・遺伝子組換え生物ハンドブック」(2007)

- 3) 独立行政法人 国立環境研究所: 「遺伝子組換え生物(ナタネ)による影響監視調査」(2003)
- 4) 独立行政法人 国立環境研究所: 「平成 22 年度遺伝子組換え生物による影響監視調査」(2010)