特集・臭気対策の現況

臭気と環境影響評価，今後の課題

石川 義紀*

昨年悪臭防止法が改正され，濃度規制から感覚量による規制へ転換することとなった。このことから，悪臭に関する環境影響評価においても予測および評価の技術的な手法にも変化が起こるものと予想される。しかし，悪臭の環境影響評価については，発生源となる事業には小規模なものが多いために，環境影響評価制度の対象となる案件は多くなく，この点からも知見の集積が行われにくい状況となっている。また，悪臭に関する環境影響評価は実施する側からみても指導する行政側からみても準備書の提示を受ける地域住民から見ても実施しにくくかつわかりにくいものの一つであろう。このようなことから，悪臭に関する環境影響評価，特に予測と評価についての課題に悪臭の拡散という立場から触れてみることにしたい。

我が国の環境影響評価制度においては，国・地方自治体を問わず，ほとんどすべての制度が悪臭を対象項目に加えている。ただし，当初から悪臭の発生が想定しにくい事業例えば住宅建設などの事業については悪臭の項目は含まれていない。

国あるいは地方自治体によって要綱や条例の形で定められている環境影響評価制度においては，技術指針として，包括的な記述ではあっても予測や評価の手法が定められていることが多い。環境影響評価を実施する手順は，この技術指針に従って現況把握，影響予測，影響評価という手順を踏むが，悪臭の範疇においてもこの点は同様である。

昭和59年に閣議決定によって国の環境影響評価要綱が定められ，国の行う事業には環境影響評価が行われることとなった。この要綱に基づいて環境影響評価の実施に必要な共通の事項が定められたが，その中には評価の対象とする環境の要素として公害の防止にかかるもののひとつである悪臭があげられている。我が

国の環境対策が公害の防止を第一目標として進められてきた経緯からも環境影響評価の中に悪臭の項目が入れられてきたのである。この共通の事項を基本として定められた各省庁の技術指針にあっても，悪臭の取り扱いが定められている。例えば，建設省要綱にあっては，公有水面埋め立て及び干拓の事業について悪臭に関する現状調査，予測および評価の内容が以下のように定められている。

悪臭予測項目：臭気強度または臭気濃度。

悪臭予測手法：既存の事例の引用または解析。

環境保全目標：大部分の地域住民が日常生活において感知しない程度。

これらの扱いは運輸省要綱による指針においてもほぼ同様の表現となっている。さらに厚生省要綱にあっては，廃棄物の最終処分場にかかる技術指針において，

悪臭調査項目：アンモニア等8物質，臭気強度，臭気濃度。

悪臭調査方法：直接表示による臭気強度の測定，空気希釈による臭気濃度の測定，敷地境界での測定。

悪臭予測項目：原則として臭気強度または臭気濃度
予測の方法：類似事例の引用または解析。

環境保全目標：大部分の地域住民が日常生活において感知しない程度。

と，定められている。

一方，地方自治体においても条例や要綱によって環境影響評価を行うこととしている場合が多く，国の場合と同様に技術指針が設定されているものがほとんどである。例えば，東京都環境影響評価条例に基づく技術指針においては，

悪臭の調査：臭気の状態，気象状況，地形地物の状況，苦情陳情等の状況など（その調査方法を詳しく記述している。）

悪臭の予測：臭気濃度の瞬時値およびその出現頻度。

*滋賀県立大学環境科学部
Yoshinori ISHIKAWA

予測の方法：大気拡散式，模型実験，類似事例の参照，その他適切な手法。

評価の指標：悪臭防止法に定める基準，東京都公害防止条例に定める基準，「大部分の住民が日常生活において感知しない程度」悪臭に係るその他の科学的知見。

と述べられており，技術指針に付随する技術マニュアルには調査の具体的な方法，予測に用いる拡散式など，さらに詳細な事項が記述されている。

実際には，現場の状況は千差万別であり，画一的な指針の適用はかなり難しい場合が多い。特に原則のみを記述した簡単な技術指針によるのみでは，予測・評価を具体的に行うことは難しい。排出量はどのように算定するのか，予測にはどのような計算を行えばよいのか，あるいはまた，評価を行うための指針はどのような数値を用いればよいのかなどについては行政当局の経験的な指導がなされているものと思われる。

予測の方法について

我が国で行われている環境影響評価ではそのもっとも労力を要する部分が影響予測の部分であると思われる。悪臭に関する予測は，大気拡散式による臭気物質の濃度予測とそれに基づく臭気強度予測という手順で行われるのが通常である。悪臭の現象が臭気物質の大気中での拡散である以上は，大気拡散式を用いた濃度予測が基本となることは当然のことであろう。東京都の環境影響評価条例の技術指針でも大気拡散式の使用を記述している。しかしながら，きわめて短時間で起こる感覚の応答，臭気物質の濃度と感覚との対応関係の複雑さ，発生源の低さ，発生源の形態の複雑さなどの悪臭の問題の特徴に対応できるような大気拡散式は現在では開発されていない。硫黄酸化物や窒素酸化物

といった広域ないしは準広域的な大気汚染問題に対応するための大気拡散式をやむを得ず悪臭問題に利用しているというのが現状であろう。いくつかの問題があっても，便宜的な解決方法を探らざるを得ない状況にある。

問題の一つは平均化時間の問題であろう。すなわち，一般に臭気の感知には少なくとも1呼吸の平均とされる約5秒の時間が必要であることから，臭気の判定には10秒の時間間隔が用いられている。こういったことから，予測する臭気物質の濃度も10秒間値を求めることになるが，大気拡散式その中でも特によく用いられるPasquill-Gifford図を用いるブリューム型拡散式では30分間値が得られる。(Turnerの拡散計算手法ではP-G図を10分間値としている¹⁾)。これに1/5乗法則を適用して10秒間値を求めることが行われている。しかしながら，図-1²⁾に示すように実際の大气の中では風向の変動によって濃度分布そのものが変動するので，理論的には濃度分布の変動の予測から10秒間値を求めねばならないことになる。これに対応できる拡散式は未だ実用化されているものはない。Hogstromら³⁾が以前に行った臭気の拡散調査では，図-2³⁾に示すように，濃度分布そのものが変動していることが報告されている。また，濃度分布の変動を求めるには二粒子拡散の理論を使わねばならないが，最近ではWeil⁴⁾がブリュームの蛇行をラグランジュ型の確率モデルによって求める方法を開発している。このほかにも，Sykesら⁵⁾やBaraら⁶⁾も濃度の変動の大きさについて論じており，この方面の必要性は認識されているようである。

一方，排出される臭気物質を含んだガスの性状は乾燥状態ではなく水蒸気を飽和に近い程度に多量に含んだ状態にあり，かつその温度もあまり高くないことが

図-1 ブリュームの蛇行による濃度分布の変動²⁾

図-2 地表濃度の瞬間分布の変動 (a) と平均濃度 (b) および変動強度 (c)³⁾

多い。これは排出施設が燃焼装置であるよりも蒸解や乾燥と言った工程が多いことによる。このために、排出されるガスは周囲の空気よりも密度が高く、必ずしも均一な拡散が期待できない密度流となることがある。発生源の高さによる拡散効果があまり期待できないことと相まって被害を大きくすることがある。この密度効果を取り入れた大気拡散式を検討する必要があるが、拡散式の導出の過程では密度の変化は小さいものとして近似的に無視されるのが通例である。粒状物質の大気中での拡散の場合には沈降速度が考慮されるけれども、ガス状物質ではあまり密度は考慮されていない。

さらに、大気拡散式が適用される場についての問題がある。広域的なあるいは準広域的な大気汚染の問題

とは異なり、悪臭の問題はきわめて局所的なケースが多く、発生源からせいぜい数キロメートルの範囲が問題となる。特に発生源の位置が高くとも20-30mときわめて低い場合がほとんどの悪臭問題にあっては、地形地物の影響はきわめて大きい。予測によく用いられるプリューム型拡散式は一様な大気場を想定したものであることから、基本的にこのような拡散式の適用は便宜的であるといわざるを得ない。しかしながら、地形地物の影響をも含めた予測に使用できる拡散式はまだ実用化されていない。流れの微分方程式を解いて平衡流としての流線を計算することは可能ではあるが、発生源の位置が低いこともあって、地形や建物の後流の影響を強く受ける点まではうまく計算できない。建物の後流内の拡散については、これまで発生源の位置をずらしたり、ガウス型プリューム式を建物の投影面積による修正を加えたりすることにより対応されてきた。しかし、後流内の拡散状況を把握する点には対応できなかったために、多くの実験や理論的な考察が行われてきてはいる。例えば、Ramsdell⁷⁾は従来のモデルに加えて、多重線形回帰による統計モデル、さらに独自の理論的な考察によるモデルを比較検討している。また、Huberら⁸⁾はダウンウォッシュが発生する条件を示したが、Bowman⁹⁾はそれを用いて地上最高濃度の計算式を提示している。後流内の拡散に使用されている各種のモデルやこれらの研究を概観した岡本¹⁰⁾も述べているように、正規型プリュームモデルによるよりも建物の影響を考慮できるモデルを使用することが必要であろう。しかしながら、現在の段階ではたやすく利用できる拡散式は未だないようである。

さらに、発生源の形態自身にも問題がある。悪臭の発生源には建屋からの漏洩、埋め立て地あるいは水面といった複雑な形態が多い。点汚染源を基本とする大気拡散式を用いるには、三次元の面源への拡張が必要になり、複雑な積分を行わなければならない。このような点が悪臭に関する予測の問題を複雑にし、大気拡散式を便宜上利用せざるを得ない状態にしているものと思われる。佐野ら¹¹⁾は悪臭発生源に関する一連の調査の中で複数の大気拡散式の適用結果を比較しているが、その結果は点源としての煙突からではなく、建屋全体からの漏洩と予想せざるを得ないとしている。このように、発生源の形態からも使いやすいプリューム型大気拡散式の適用は便宜上そうせざるを得ないのである。

近年になって、パーソナルコンピュータが手軽に利

用できるようになり、複雑な計算を手軽に行うためのソフトウェアも市販されるようになってきている¹²⁾ことから、以上のような予測の問題も理論的な展開が進めば、環境影響評価に積極的に利用されるようになるものと思われる。

最も大きな問題の一つが、発生源からの排出量の把握の問題である。McRaeら¹³⁾は都市大気汚染シミュレーションのための総括的なモデルを提案したが、その中で排出量推定の不確定さについて述べている。このように、排出量の把握はあまり精度がよいとは言えない状況にあり、特に大都市域では発生源の種類も数もきわめて多いことから、その綿密な把握はきわめて困難で、推定できたとしてもその精度すらよくわからないことが多い。窒素酸化物や硫黄酸化物のように調査や測定の手法がほぼ確立されているものにあつてさえ排出量の推定結果を確定することは非常にむずかしい状態である。まして、排出物質の種類も多く、濃度もそれほど高くなく、また、排出の形態からも排出量の確認がしにくい悪臭の問題あつては、特に排出量推定の問題は大きいと言わざるを得ない。さらに、悪臭物質の排出は定常的に行われる場合よりも間欠的な操業などによって非定常的な排出となる場合が多いことも排出量の推定が困難な理由の一つである。

新設の発生源施設を扱うことの多い環境影響評価にあつては、排出量は既存の類似施設からの推定に頼らざるを得ないから、排出量のデータの集積が望まれることになる。環境庁が1978年に環境影響評価技術資料集¹⁴⁾を作成したが、この中に収録されたTOER (Total Odor Emission Rate)に関する表は現在でもよく用いられている。これは、表1に示すように業種、発生施設の規模、防除対策の有無などによる臭気物質の排出量を臭気濃度の単位でまとめたものであり、臭気の到達距離についても記載されている。それまでの調査結果をまとめたものとされるが、排出量の推定にはきわめて便利なものである。しかしながら、作成されてからかなりの時間が経過している。今後、新たな調査によって最新の知見による改訂が望まれる。その際、悪臭防止法の改訂が行われ、濃度規制から感覚量規制に転換したこともあつて、単に臭気排出量の調査にとどまらず、臭気強度と距離との関係すなわち距離減衰の状況についても業種別に調査しておくことが望ましいであろう。実際にこのような調査が行われた事例¹⁵⁾もある。悪臭の問題は感覚量の拡散として捉える必要のあることが通常の大気拡散と基本的に異なる。

物質濃度と距離の関係については大気拡散式によって与えることができるけれども、臭気強度の変化の状況については未だ研究途上にあるからである。

評価の指標について

環境影響評価の技術指針において国と自治体とを問わず共通しているのは、悪臭の評価のための指針「大部分の住民が日常生活において感知しない程度」ということである。実際にこの指針を用いて予測の結果や現状調査の結果を評価しようとするときには、「大部分の」とはどの範囲の割合を指すのか、「日常生活において感知しない程度」とはどのような臭気強度または臭気濃度を指すのか、の判断が必要となる。予測の結果が数値で表現されることから、評価の指針には数値の尺度が必要になる。しかしながら、このような尺度を画一的に数値で定めることは非常に困難であると思われる。我が国で行われる環境影響評価では閾値が使われることが多いようである。おそらく閾値の使用が安全側とみなされることによるのであろう。

臭気物質濃度を閾値によって相対化した臭気濃度や感覚量に置き換えた臭気強度には、快あるいは不快の質的なものは含まれてこない。臭気強度とは別に快・不快度は-4から+4の9段階¹⁶⁾で評価されることが多い。しかしながら、この臭気の快・不快度は臭気強度とは必ずしも対応しない。樋口ら¹⁶⁾は嗅感覚における三叉神経の役割を概括して臭気物質濃度と感覚の関係について、低濃度では「におい」の感覚が強く高濃度では「刺激」の寄与が大きくなる傾向を紹介している。臭気が特定され、官能試験によって臭気濃度と臭気強度および快・不快度が得られている場合には単に臭気強度のみの評価ではなく両者を併用して影響を検討すべきであろう。

臭気強度と被害感の関係についても快・不快度と同様のことが言える。被害感と臭気強度についてはこれまでも調査が行われているけれども、あまり定量的で明確な関係を報告したものは見あたらないようである。また、被害感と快・不快度についてもその対応について解析したものは見あたらないようである。このような解析があまり見られないのは臭気の問題が単に臭気物質の存在というだけでなく、被害者・加害者の社会的な関係あるいは地域全体の状況にも関わるものだからであろう。

臭気の問題は心理的な面の要素が大きく影響する。臭気を発生する施設が存在すれば実際には臭気物質の

表1 T.O.E.R.経 験 則 ¹⁴⁾

業 種		規 模 (工程)	公害対策 (脱臭)	T.O.E.R. (Nm ³ /分)	臭気到達距離 (m)	推定有効高熱 生源 (m)	
製 紙 工 場	クラフトパルプ工場	(連 続 蒸 解)	最も進んでいる (工程改善、薬液火室直燃)	10 ⁶ - 7	1 - 3	30-120	
			進んでいる	10 ⁷ -	2 - 4	30-120	
			(工程改善、既設火室)				
			進んでいない	10 ⁹ - 10	6 - 10	30-120	
	SCP工場 (ケミカルパルプ)	-	-	10 - 9	3 - 6	30-60	
	地 球 釜	(ブロー時)	-	10 ⁷ -	1 - 2	-	
化 学 工 場	セロファン工場	-	進んでいる (工程改善、薬液)	10 ⁶ - 7	1 - 3	-	
			進んでいない	10	3 - 4	-	
	レーヨン工場	-	進んでいる (工程改善、薬液)	10 ⁶ - 7	1 - 2	10-50	
			進んでいない	10	3 - 4	-	
	石油化学工場		-	10 ⁷ -	2 - 4	10-40	
畜 産	養 豚 場	10-50頭	-	10 ⁶	1	0-5	
		200頭以上	-	10 ⁷ -	2 - 3	0-5	
	養 鶏 場	3000-10000羽	-	10 ⁶	1	0-5	
		30000羽以上	-	10 ⁶ - 7	1 - 3	0-5	
	へ い 獣 処 理 施 設	魚 腸 骨	原料20t/日以下 (従来の方式)		10 - 9	3 - 5	0-10
原料40t/日以下 (アトラス方式、ミーレン方式、油温脱水方式等)			(工程改善、直燃)	10 ⁶	1	5-10	
獣 骨		原料20t/日以下 (従来の方式)		10	2 - 4	0-10	
		原料30t/日以上 (デューク方式、オールブライト方式、油温脱水方式)	(工程改善、直燃)	10 ⁶	1	5-10	
フ エ ザ ー		原料10t/日以下 (従来の方式)		10	2 - 4	0-10	
		原料20t/日以上 (ダグラスロンソン方式、オールブライト方式、油温脱水方式)	(工程改善、直燃)	10 ⁶	1	5-10	
都 市 清 掃 施 設	し 尿 処 理 場	-	最も進んでいる (直燃、樹脂、活性炭)	10 ⁵	0.5以下	10-30	
			進んでいる (直燃、薬液、オゾン)	10 ⁶ - 7	1 - 3	10-30	
			進んでいない	10 ⁷ -	2 - 4	5-20	
	下 水 処 理 場	-	進んでいる (薬液、活性炭オゾン)	10 ⁵	0.5以下	10-30	
			(特に汚泥乾燥排気のあるとき)	進んでいない	10 ⁶ - 7	1 - 3	10-30

排出がない場合でも、臭気を感じるという苦情が発生することがある。臭気に関する調査においては感知する回数が実際よりも多くなることがある。実際に臭気物質が存在しなくても、過去の経験から臭気の間接的な感覚を持つことはよくあることだからである。Hogstrom³⁾の調査報告においてもこの点の誤差に言及している。

客観的な予測評価を旨とする環境影響評価においては、心理的な面での考慮を払うことはあまり行われませんが、対策面では心理的な影響にも配慮したほうがよいのではないと思われる。

さらに評価に関する問題の一つが複合臭気である。事業が複数の業種により構成されるもの、例えば工業

団地の造成等の事業においては、立地する事業から複合臭気が発生することが考えられる。また、単独の事業でも複数の臭気物質が放出されるから、複合臭気が発生する場合は多い。複合臭気の強度はそれを構成している臭気物質に関する臭気強度を加算すれば得られるというものではない。現在でも複合臭気の推定の研究は行われているが、単一の臭気の指標を合成して複合臭気の指標を得る方法はまだ開発されていない。匂いの中和やマスキングあるいは逆に強調されるなどの現象が見られることもあって単一臭気からの複合臭気の指標推定は非常に困難である。三点式臭袋法などの官能検査法が開発されていることから、複合臭気の閾値も求めることは可能になっている。しかし、事業実施前の事前評価の段階で発生する複合臭気を特定することは非常に難しい。発生する臭気を特定することができれば、当該臭気の閾値も特定でき、影響評価も可能となる。実際には操業などの工程や防除施設の有無あるいはその種類によっても臭気は変わることがあるから、複合臭気の特定制定ができないことが多い。このような点から複合臭気の予測評価は非常に困難となっている。

評価指針をどの場所に当てはめるのかということも問題となる。法律や条例に定められる規則基準はほとんどがそれを適用する場所を特定している。例えば、悪臭防止法や自治体の悪臭防止に関する条例などでは、敷地境界線が用いられる。しかし、環境影響評価では、事業の敷地境界での評価よりも被害を受ける可能性のある地域での評価が問題とされることは言うまでもない。従って、最大濃度の出現する地点が評価の対象とされることが多い。また、この地域が人の居住しない地域の場合には、居住地域内での最大濃度が評価の対象とされることがあるが、必ずしも人の居住していない地域でも、例えばレクリエーション施設などが存在すれば、評価の対象とする必要が生じる。このように、周辺の状況によって評価の対象とする地点を判断する必要があることから技術指針での画一的な特定が困難になっている。

今 後 の 展 望

影響予測は影響評価と連動している。予測しなければならないのは評価すべき量すなわち評価の指標に対応する量である。悪臭問題ではこの点では臭気強度あるいは快・不快度ひいては被害度を予測しなければならないのであろう。しかしながら、これまで述べて

きたように、現在の段階では、便宜的ではあっても臭気物質濃度の予測を大気拡散式によって行い、閾値と対比することが悪臭の予測の基本となっている。当然のことながら、臭気物質の大気中での拡散は窒素酸化物等の大気汚染の場合と基本的に同一である。しかし、感覚量である臭気強度の拡散による減衰の傾向は大気拡散による物質濃度の低減とは変化の様子が異なる。この臭気強度の拡散を直接に予測することが悪臭に関する環境影響評価技術の大きな課題の一つであろう。幸いにして、発生する臭気は規模の大小はあっても業種ごとにはほぼ一定している。今後の綿密な調査によって感覚量の拡散予測も可能となるものと思われる。

以上述べてきたように、悪臭の問題についての環境影響評価には今後解決すべき課題も少なくない。悪臭に関しての知見の集積は現在では多いとはいえない状況にあるから、一般に認められた実績のある手法の適用を第一とする現在の環境影響評価にあっては、環境影響評価の手法自体も限られたものになることはやむを得ないであろう。しかしながら、本稿で触れた悪臭の拡散の問題に関してはこれまでも調査研究が行われてきている。このような研究は決して多いとは言えない状況ではあるが、これらについてはまた別の機会に紹介することとしたい。

知見の集積に努力するとともに環境影響評価の実施の際にこれらの問題点についての研究成果を積極的に取り入れることによって、悪臭に関する環境影響評価もより実効性のあるものとなると思われる。

引 用 文 献

- 1) D.B.Turner: Workbook of Atmospheric Dispersion, U.S. Department of Public Health, Education and Welfare, 1969
- 2) U. Hogstrom: A Method for Predicting Odour Frequencies from a Point Source, Atmos. Environ., 6, 103-121, 1972
- 3) A.C. Stern: Air Pollution 4th. ed., vol. 1, pp.481, Academic Press.
- 4) J.C. Weil: A Hybrid Lagrangean Dispersion Model for Elevated Sources in the Convective Boundary Layer, Atmos. Environ., 28, 3433-3448, 1994
- 5) R.I. Sykes et. al.: Large Eddy Simulation of Concentration Fluctuations in a Dispersion Plume, Atmos. Environ., 26A, 3127-3144, 1992
- 6) B.M. Bara et. al.: Concentration Fluctuation Profiles from a Water Channel Simulation of a Ground-level Release, Atmos. Environ., 26A, 1053-1062, 1992

- 7) J.V. Ramsdell: Diffusion in Buildings Wakes for Ground-level Releases, Atmos. Environ., 24B, 377 - 388, 1990
- 8) A.H. Huber et. al.: Wind Tunnel Investigation of the Effects of a Rectangular-shaped Buildings on Dispersion of Effluents from Short Adjacent Stacks, Atmos. Environ. 16, 2837-2848, 1982
- 9) W.A. Bowman: Maximum Ground-level Concentrations with Downwash, Jr. Air Waste Manage. Assoc., 44, 1124-1128, 1994
- 10) 岡本真一: 建屋後流拡散モデルについて, 大気汚染学会誌, 第27巻第2号, 平成4年
- 11) 佐野ほか: 製紙工場周辺環境の臭気調査とその結果に関する一, 二の考察, 臭気の研究, 26巻1号, 平成7年
- 12) 石川ほか: 面源からの大気拡散の計算について, 環境技術, vol. 24, No. 9, 1994
- 13) G.J. McRae et. al.: Development of a Second-generation Mathematical Model for Urban Air Pollution Evaluation of Model Performance, Atmos. Environ., 17, 501-522, 1983
- 14) 近畿通商産業局: 臭気実態調査(都市における複合臭気汚染), 平成3年3月
近畿通商産業局: 臭気実態調査(都市における複合臭気汚染), 平成4年3月
- 15) 日本環境衛生センター: 環境影響評価共通技術資料集(6) 悪臭編, p.107-108, 昭和53年3月
- 16) 樋口ほか: 嗅感覚における三叉神経の役割と受容機構, 臭気の研究, 25巻3号, p.149-158, 平成6年

行事案内

「いま水環境は」

主 催: (社) 日本水環境学会

後 援: 神奈川県、神奈川県教育委員会

本講演会は、新しい水環境問題の学術研究の最先端を、将来を担う青少年や一般市民にわかりやすく伝え、正しい知識を普及、啓蒙することを目的としています。多数の方のご参加をお待ちしております。

記

日 時: 1995年11月25日(土) 9:00~16:30

場 所: 川崎市産業振興会館 ホール

神奈川県川崎市幸区堀川町 66-20

TEL. 044-548-4111

参加費: 無料(先着 350 名)

申込先: (社) 日本水環境学会 シンポジウム係

TEL. 03-3351-2272 FAX. 03-3351-2317

プ ロ グ ラ ム

9:30-9:40 開会の挨拶

9:40-10:40 いま川、湖、海の水質は

東北大学工学部教授 須藤 隆一

10:50-11:50 いま地下水は

神奈川県環境科学センター部長 井口 潔

13:00-14:00 いま水道水の安全は

横浜国立大学工学部教授 浦野 紘平

14:10-15:10 いま生活排水は

東京大学工学部教授 大垣眞一郎

15:20-16:20 いま水辺の生物は

淡水生物研究所所長 森下 郁子