

VII 調查研究報告

VII 研究報告

秋田県の河川水中の有機化学物質の定性と定量に関する調査・研究

木口 倫・和田 佳久・斉藤 勝美

1. はじめに

秋田県では、排水中のゴルフ場使用農薬検査等を中心とした、限られた地域における特定な化学物質の行政検査は行われているが、河川のような広い地域を対象とした多種多様な化学物質の実態調査は、これまで行われていなかった。そこで、飲料水や農工業用水としての利水量が多く、かつ県民に親しまれている3大河川の米代川、雄物川及び子吉川と秋田市の市街地を流れる小河川の旭川を対象に、それらの河川水中に存在する有機化学物質の実態を把握する意味から、平成7年度から9年度に河川水中の有機化学物質の定性と定量に関する調査・研究を行い、その結果を調査・研究報告書（平成11年3月）として取りまとめた。ここでは、調査・研究の背景と目的、調査・研究の方針、定性調査と定量調査の概要について述べる。なお、詳細な内容については、調査・研究報告を参照されたい。

2. 調査・研究の背景¹⁻¹⁶⁾と目的

現在、化学物質は工業規模で数万種あるとも云われており、年々新しい化学物質が開発されている。現代の人間生活は化学物質（化学製品）に極度に依存し、人間はその恩恵を享受してきたが、PCBによる環境汚染や人間の健康への被害を契機に、化学物質に対する安全意識の再検討と新たな法的対策を図る必要が迫られた。なぜならば、PCB等の化学物質による環境汚染は、環境中で分解しにくく（難分解性）かつ人体に蓄積しやすい（高蓄積性）化学物質が、製造、使用及び廃棄される過程で環境中に放出され、食物連鎖等を通して人間に摂取された場合には、人間の健康に長期にわたって悪影響（慢性毒性）を及ぼす可能性があるからである。このPCB問題を契機に、現代の人間生活にとって必要不可欠な化学物質のなかには、人間や生物への悪影響が懸念される物質も含まれていることがあきらかとなり、このような化学物質が環境中へ多量かつ広範囲に放出される事態を未然に防止するための法体系が整備された。

すなわち、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」いわゆる化学物質審査規制法である。この仕組みは、新規化学物質については難分解性、高蓄積性、かつ慢性毒性があるかどうかをその製造前または輸入前に審査するとともに、それらの性状を全て有する化学物質を第一種特定化学物質として指定し、製造（輸入）・使用等の規制を行い、既存化学物質については、国が化学物質の安全性確認を行い、必要があれば第一種特定化学物質等に指定するというものである。さらに、同法はトリクロロエチレン等による地下水汚染を契機に昭和61年5月に改正され、蓄積性は低いものの難分解性で、かつ慢性毒性の疑いのある化学物質を指定化学物質として製造及び輸入量の監視を行い、有害性があると判定された場合には第二種特定化学物質として指定し、製造及び輸入量等の規制を行う仕組みとなっている。

ところが、近年、主にゴミ焼却等の過程で非意図的に生成されるダイオキシン類、プラスチック製品に含まれる可塑剤のフタル酸エステル類、洗剤等に含まれる界面活性剤の分解生成物であるノニルフェノール等の外因性内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）と呼ばれる化学物質の話題がマスメディアにもしばしば登場し、社会的な関心が高くなってきた。これらの化学物質のなかには、野生生物の生殖器や生殖機能あるいは生殖行動等の異常に関与している可能性が高いと指摘されているものもあり、この悪影響が人間にも及ぶ可能性があるとの懸念されている。これらの汚染形態は、前述したように非意図的に生成するものから日常生活での使用、消費及び廃棄等によるものまで多岐にわたり、人間がそれらに暴露されて悪影響を受けるまでの経路も様々である。現状では、化学物質を全く使用せずに人間生活を営むことは困難であるため、環境ホルモンによる汚染は人間にとって非常に複雑かつ深刻な問題である。今のところ、環境中の環境ホルモンの種類や濃度についての実態及び人間への悪影響の程度に関する調査・研究は始まったばかりであるため、これらに対しての行政的な取組

みを如何になすべきかは、その調査・研究結果を検討したうえで対策を進めていく必要がある。

一方、PCB汚染を契機とした化学物質に対する法体系の整備に加え、環境庁や地方公共団体の研究機関等が中心となって水、大気、土壌及び生物等を対象とした化学物質検索調査やモニタリング調査が精力的に行われており、地域における環境汚染物質の種類や濃度レベルが徐々にあきらかになりつつある。とりわけ、昭和49年度から環境庁が中心となって全国規模で実施している化学物質汚染実態調査については、昭和61年5月の化学物質審査規制法の改正や有機スズ化合物が同法に基づく第一種特定化学物質等の指定を受ける等の一定の成果をあげている。このような調査は、各地域の環境汚染を把握し、その対策を講ずるための貴重な情報を提供する価値の高いものであり、化学物質の人間に対する毒性や健康影響があきらかになるにつれて今後ますます重要になってゆくと考えられる。しかしながら、秋田県では、排水中のゴルフ場使用農薬検査等を中心とした、限られた地域における特定の化学物質の行政検査は行われているが、河川のような広い地域を対象とした多種多様な化学物質の実態調査は行われていないのが現状である。そのため、秋田県の環境中に存在する多種多様な化学物質の種類や濃度レベルといった基礎的かつ重要な情報の蓄積がほとんどなく、化学物質に対する行政的な取り組みや将来に向けた施策を展開するうえで大きな障害となっている。

河川は、古くから我々人間にとって最も身近な環境のひとつであるとともに生活を営むうえで不可欠な存在であり、化学物質からみた河川水質の現状を把握・評価することは、私たちが住む地域の水環境を維持していくばかりか、次世代のために快適な水環境を創造していくうえでも重要な意味をもっていると考えられる。こうしたことから、飲料水や農工業用水としての利水量が多く、かつ県民に親しまれている3大河川の米代川、雄物川及び子吉川と秋田市の市街地を流れる小河川の旭川(雄物川支川)を対象に、それらの河川水中に存在する有機化学物質を四重極型GC/MS(ガスクロマトグラフ/質量分析計)により測定し、種類及び濃度レベルの実態とその四季変化についても調査を行った。

3. 調査対象河川流域の概要

調査対象河川流域のある秋田県¹⁷⁾は総人口121万人(可住地面積あたりの人口密度386人/km²)、その経営耕地面積の9割は水田(124,992 ha, 全国5位)で占められており、日本有数の米作地帯として名高い農業県である。工業出荷額は16,733億円で全国的にみても低い水準(全国38位)にあり、業種別構成比の内訳は、高い順に電気・機械37.4%、木材・

木製品7.9%、食料品5.8%、一般機械5.6%、輸送機械5.4%となっている。また、工業出荷額の地域別構成比は秋田市周辺(34.3%)と本荘・由利地域(24.2%)で全体の6割を占め、工業集積度に地域差がみられる特徴がある。

調査対象河川の概略図を図1に、各河川流域の概要^{18,19)}を表1に示した。米代川、雄物川及び子吉川は秋田県を代表する3大河川で流下の途中で大小様々な支川と合流して日本海へと注ぎ、旭川は県都秋田市の中心部を流れる小河川で旧雄物川へと注いでいる。3大河川のうち、米代川と雄物川は河川延長及び流域面積ともほぼ同様であるが、子吉川はそれらに比べ河川延長ではおよそ半分、流域面積ではおよそ4分の1である。これら3大河川の流域面積は、秋田県の全面積のおよそ9割を占めている。一方、都市小河川の旭川は雄物川と比較すると流域面積ではおよそ20分の1、河川延長ではおよそ5分の1の小河川である。これらの流域では、降水量が概ね7月から8月にかけて、積雪量(積雪差日計+)が1月から2月にかけて多く²⁰⁾、この気候の特色は北日本の日本海側特有のものである(図2)。特に、4河川のなかでも雄物川上流から中流域が豪雪地帯として名高い地域である。3大河川の平年水量は7月に最大で、その月変動パターンは3大河川ともほぼ同様である(図3)。上流域と下流域の流量観測点における河川水量(年平均値)^{21,22)}を比較すると、米代川と子吉川では2~4倍、雄物川では支川の流入が多くおよそ10倍程度の変動がある。

4河川の上流、中流及び下流域を代表する環境基準点の平均水質²³⁻²⁸⁾を表2にまとめて示した。4河川の水質を地点別にみると、上流域は山間部や山麓の平地で、住宅地はほとんどないかあるいは数か所の村落が点在する過疎地域であり、BOD₅は0.6~0.7 mg/L、T-Nは0.21~0.30 mg/Lである。中流域は、米代川では盆地の多い地域で、大館市(人口6.7万人、人口密度167人/km²)¹⁷⁾や鷹巣町(人口2.3万人、人口密度70人/km²)¹⁷⁾等の市街地がある。雄物川では県内有数の稲作地帯として名高い平野部があり、大曲市(人口4.0万人、人口密度381人/km²)¹⁷⁾や横手市(人口4.1万人、人口密度375人/km²)¹⁷⁾等の市街地が点在している。これらの市街地では下水道普及率が低く、周辺の農業地域では農業用水の取排水も行われており、BOD₅は1.2~1.3 mg/L、T-Nは0.83~0.87 mg/Lと上流域に比べてBOD₅とT-Nが2~3倍となっている。子吉川の中流域は稲作地帯、旭川の中流域は秋田市の郊外の住宅地が点在し、BOD₅とT-Nはそれぞれ0.6~1.0 mg/Lと0.30~0.41 mg/Lで、上流域とほぼ同じ水質である。下流域は、4河川とも商工業地や住宅地が密集し、川沿いの平野部には稲作地域があり、これらの地域からの各種排水が流入している。特に、雄物川河口付近には県都の秋田市がある。BOD₅やT-Nはそれぞれ1.2~2.0 mg/L、0.60~1.11 mg/Lである。

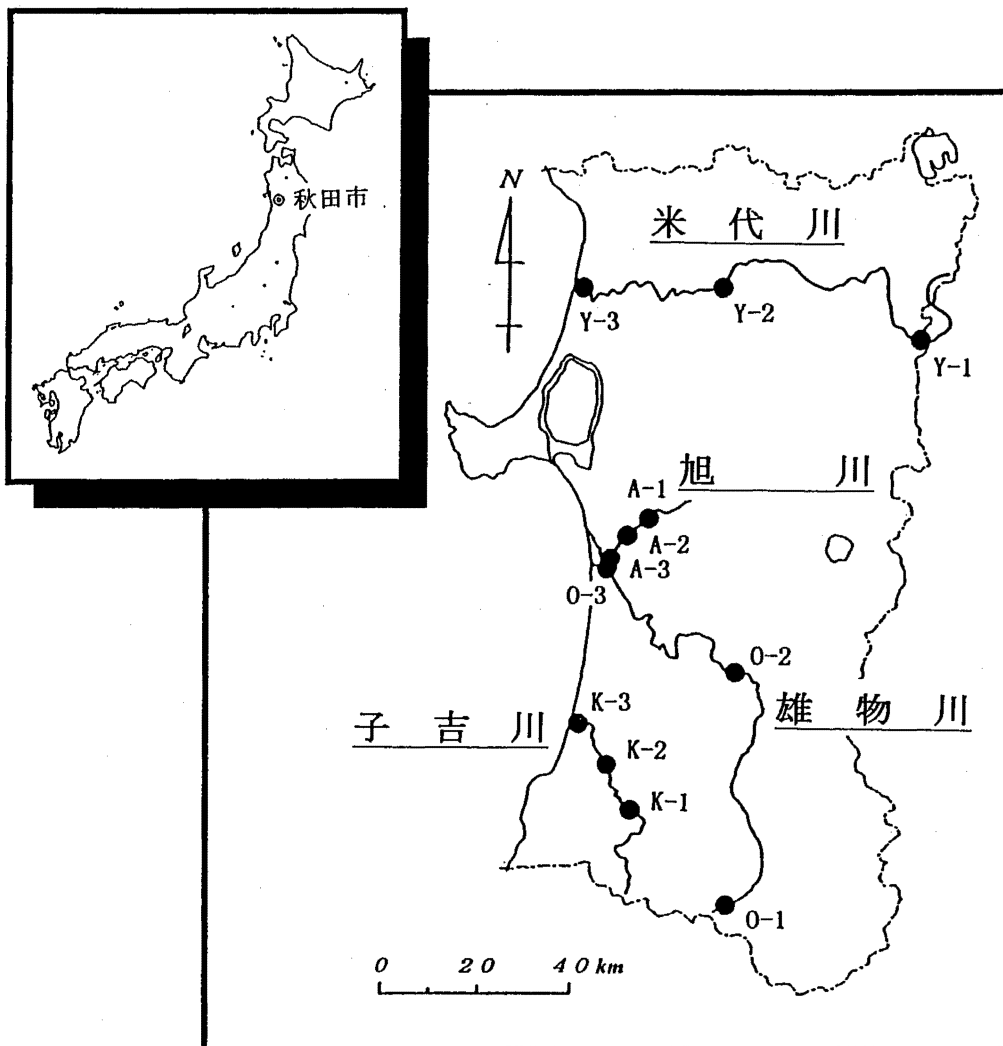


図1 調査対象河川の概略図

●：採水地点

Y-1; 戈田橋, Y-2; 鷹巣橋, Y-3; 能代橋, O-1; 漆防橋, O-2; 岳見橋, O-3; 秋田大橋,

K-1; 長泥橋, K-2; 滝沢橋, K-3; 本荘大橋, A-1; 藤倉橋, A-2; 添川橋, A-3; 新旭橋

表1 3大河川と都市小河川流域の概要

項 目	米代川	雄物川	子吉川	旭 川	多摩川
幹川流路延長 [km]	136 ^{*1}	133	61	27	138
流 域 面 積 [km ²]	4,100 ^{*1}	4,710	1,190	227	1,240
平 地 の 割 合 [%]	11.1	24.5	15.2	—	31.2
流 域 内 人 口 [人]	265,000	670,000	110,000	310,000 ^{*2}	3,300,000
河 川 流 量 [m ³ /sec]	181 ^{*3}	251 ^{*4}	67 ^{*5}	3.0 ^{*6}	21 ^{*7}

*1 岩手県側含む

*2 秋田市の人口（秋田県企画調整部情報統計課編：「わがまちわがむら 100の指標」，pp. 7-8，秋田県統計協会（1997））。

*3 ニツ井流量観測点における年平均値（1956～1980），建設省技術管理業務連絡会水質部会監修：「河川水質試験方法（案）」，pp. 664-669，日青工業（株）（1984）。

*4 椿川流量観測点における年平均値（1938～1980），建設省技術管理業務連絡会水質部会監修：「河川水質試験方法（案）」，pp. 664-669，日青工業（株）（1984）。

*5 二十六木橋流量観測点における年平均値（1975～1980），建設省技術管理業務連絡会水質部会監修：「河川水質試験方法（案）」，pp. 664-669，日青工業（株）（1984）。

*6 添川橋流量年平均値（1981），秋田市：「秋田市の環境」，p. 104，秋田市 平成9年11月。

*7 石原流量観測点における年平均値（1951～1980），建設省技術管理業務連絡会水質部会監修：「河川水質試験方法（案）」，pp. 664-669，日青工業（株）（1984）。

表2 3大河川と都市小河川の水質比較

項 目	地 点	米代川	雄物川	子吉川	旭 川
pH	上 流 ^{*1}	7.3	7.3	7.1	7.2
	中 流 ^{*2}	7.1	6.9	6.9	7.2
	下 流 ^{*3}	7.1	7.0	7.0	6.8
BOD ₅ [mg/L]	上 流	0.7	0.6	0.6	0.6
	中 流	1.2	1.3	1.0	0.6
	下 流	1.2	1.2	1.2	2.0
S S [mg/L]	上 流	3.5	2.4	5.1	2.0
	中 流	8.6	12.3	8.3	1.9
	下 流	5.6	10.8	11.4	8.3
T-N [mg/L]	上 流	0.25	0.21	0.30	0.24
	中 流	0.87	0.83	0.41	0.30
	下 流	0.60	0.71	0.63	1.11
T-P [mg/L]	上 流	0.012	0.008	0.012	0.014
	中 流	0.031	0.052	0.023	0.015
	下 流	0.027	0.042	0.041	0.074

*1 上流：Y-1；O-1；K-1；A-1 *2 中流：Y-2；O-2；K-2；A-2 *3 下流：Y-3；O-3；K-3；A-3

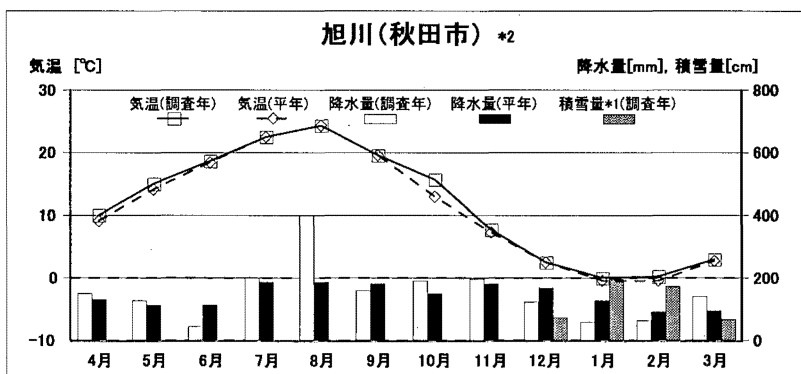
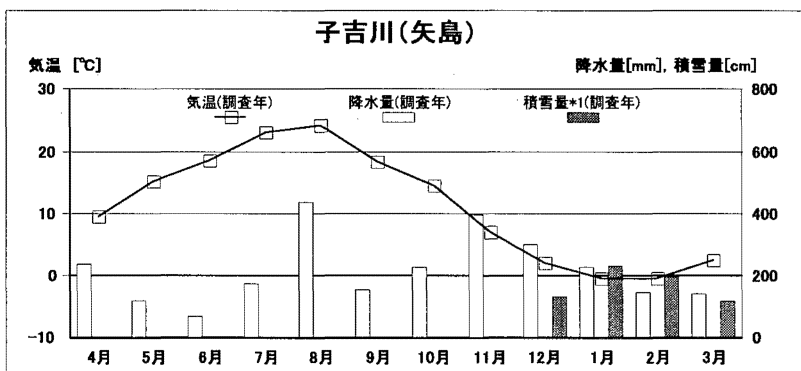
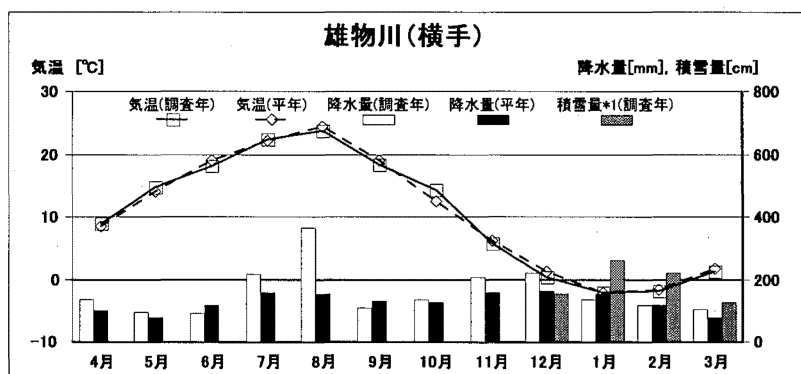
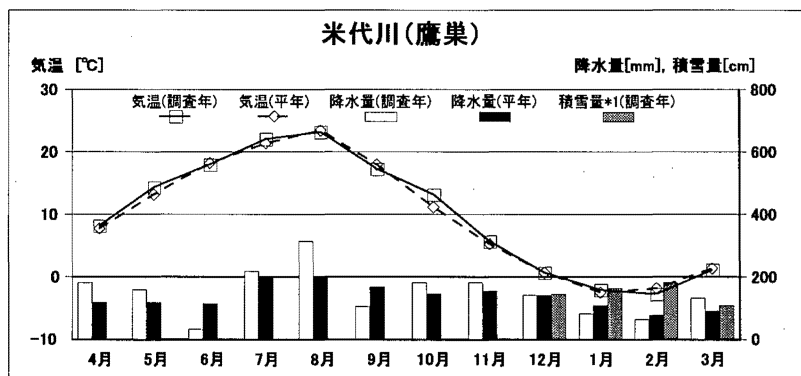


図2 調査対象河川流域における気象変化

*1 積雪量: 積雪差日計 + (24回の毎正時(1時~24時)の積雪差の中のプラス値の合計値)

*2 積雪量のみ五城目のデータ

4. 実施計画と方針

本調査・研究の実実施計画を表3に、方針を図4に示した。なお、本調査・研究は平成7年度から9年度までの3か年計画の予定で行ったものである。調査対象河川は、秋田県の3大河川である米代川、雄物川及び子吉川と秋田市の中心部を流れる都市小河川の旭川である。採水は平成7年度に各河川の上流、中流及び下流域の3地点から春(5月)、夏(8月)、秋(10月)及び冬(2月)の4回行った。定性調査ではブランク試料を含めた計52試料についてSCANモードによるGC/MS測定(定性分析)を行い、得られた測定ピークはライブラリ検索システムにより検索及び同定した。定性調査の主な目的は、河川水中の有機化学物質の種類とその

四季変化の特徴をあきらかにすることである。定量調査では定性調査であきらかにされた同定物質のリストから、定量物質の検討及び選択を行い、SIMモードによるGC/MS測定(定量分析)を行った。定量調査の目的は、定性調査で同定できた河川水中の主要な有機化学物質の濃度レベルとその四季変化の特徴をあきらかにすることである。

調査・研究報告書では、定性及び定量した物質の各河川における種類及び濃度レベルとその四季変化について検討・考察した結果を踏まえ、有機化学物質からみた秋田県の河川水質の現状についての評価を試みた。本調査・研究の目標は、今後の秋田県の河川水質のあるべき姿について考える契機となる基礎的な情報を提供することにある。

表3 調査・研究の実実施計画

調査・研究の主な内容	平成7年度				平成8年度				平成9年度				平成10年度			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
試料採取 ・試料の採取と前処理	←→															
定性調査 ・GC/MS測定(SCANモード) ・ライブラリ検索及び同定 ・定性調査のまとめ			←→		←→				←→							
定量調査 ・予備検討1(検量線の信頼性確認等) ・予備検討2(添加回収試験) ・GC/MS測定(SIMモード) ・定量解析 ・定量調査のまとめ					←→	*	←→		←→							
調査・研究の総まとめ ・報告書の作成									←→				←→			



図4 調査・研究の方針

5. 定性調査の概要

秋田県を代表する3大河川の米代川、雄物川及び子吉川と県都秋田市の中心部を流れる旭川に存在する有機化学物質について、四重極型GC/MSを用いたSCAN測定により物質の同定を行い、種類とその四季変化について調査した。試料は、各河川の上流、中流及び下流地点から春、夏、秋及び冬の年4回、各河川につき計12回採水した。採水した試料はpH未調整でジクロロメタンによる液-液抽出を行った後、抽出液を濃縮し、内標準物質を添加したものをGC/MSで測定した。その結果、4河川からは83種の物質が検出され、それらは脂肪酸類(炭素数C12~C18の飽和脂肪酸等)、アルコール類(C12~C22の*n*-アルコール等)、アルデヒド類(C9~C12の脂肪族アルデヒド)、脂肪族炭化水素類(C12~C31の*n*-アルカン等)、エステル類(イソ酪酸-3-ヒドロキシ-2,2,4-トリメチルペンチル等)、農薬(水稻農薬の除草剤、殺菌剤及び殺虫剤)、可塑剤(DBP:フタル酸ジブチル、DEHP:フタル酸ジ-2-エチルヘキシル等)及びその他(コレステロール、カフェイン等)の8グループに類別できた。同定された83種の物質のうち、物質数が多かった主要グループは脂肪族炭化水素類、農薬、可塑剤及びアルコール類で全体のおよそ7割を占めた。

各グループの物質の種類や四季変化の特徴を把握し、由来について考察を行った結果、飽和脂肪酸(C12~C18)、*n*-アルコール(C12~C22)については、秋季と冬季の中流と下流地点で種類や検出数が増加し、それらの一部が生活排水に由来することが示唆された。脂肪族炭化水素類のうち、C12~C31の*n*-アルカンの相対強度は、秋季と冬季の中流と下流地点で増加し、灯油や軽油等の人為的な汚染の影響が示唆された。農薬については、検出時期(春季と夏季)が水稻農薬の散布時期と一致し、水田から河川水中へ流入したものであると考えられた。可塑剤のDBPやDEHPは、4河川の全ての地点に存在し非点源的な汚染物質の特徴を示し、その相対強度は他の物質に比べ著しく高かった。

3大河川と都市小河川の種類比較では、同定物質のおよそ7割が共通しており、両者の流域に存在する有機化学物質の種類は類似していると考えられた。都市大河川の多摩川と秋田県の河川との同定物質の種類比較では、脂肪族炭化水素類(*n*-アルカン)と可塑剤はほぼ同様であったが、シマジンやダイアジノン等の多目的施用農薬、リン酸トリフェニル等の難燃性可塑剤及びピレンやフルオランテン等の多環芳香族炭化水素類は、秋田県の3大河川及び都市小河川のいずれにも確認されなかった。以上から、秋田県の4河川と多摩川とは存在する有機化学物質の種類はやや異なる特徴を示し、物質の濃度レベルや使用状況を考慮した比較や検討を行う必要があると考えられた。

6. 定量調査の概要

定量調査では、採取した試料の定量測定(SIM測定)に先立ち、定性調査で同定した83種の物質の定量測定条件(SIM測定のためのモニターイオンの選択)の検討を行って、71種の定量対象物質を決定した。この定量対象物質については、物質ごとの定量範囲と検出下限値の確認に加え、精製水と河川水を用いた添加回収試験を実施して定量値の検討と評価を行った。

SIM測定の結果、米代川からは66種、雄物川からは62種、子吉川からは61種、旭川からは71種の物質が定量された。定量物質数が多かった主要グループは、米代川、子吉川及び旭川では、脂肪族炭化水素類、農薬、アルコール類及び可塑剤、雄物川では脂肪族炭化水素類、農薬及び可塑剤であった。定量物質数は、米代川と雄物川では中流や下流地点で脂肪族炭化水素類と農薬のグループが、子吉川では下流地点で脂肪族炭化水素類が、旭川では下流地点で脂肪族炭化水素類、農薬及びアルコール類のグループが他の地点と比べて多かった。また、各地点における全定量物質数は、旭川の下流地点を除いて冬季に最も多かった。

主要グループの脂肪族炭化水素類(*n*-アルカン)の濃度は、C12~C18の*n*-アルカンについては、四季を通じて冬季の濃度が高く、米代川と雄物川では上流地点に比べて中流と下流地点で、子吉川と旭川では上流と中流地点に比べて下流地点で高く、C20~C31までの*n*-アルカンについては、4河川のほぼ上流から下流地点まで定量され、これらの濃度は上流と中流地点に比べて下流地点でやや高かった。農薬については、4河川とも春季には除草剤と殺虫剤が、夏季には殺菌剤と殺虫剤が主に中流と下流地点にかけて、脂肪族炭化水素類よりも高い濃度レベルであった。可塑剤については、4河川ともDBP(フタル酸ジブチル)とDEHP(フタル酸ジ-2-エチルヘキシル)の濃度が他の定量物質と比べて著しく高かったが、その地点変化や四季変化は河川ごとに異なっていた。アルコール類では、旭川の下流地点のみ対象としたほぼ全ての物質が定量され、これらの濃度は春季と夏季に比べて秋季と冬季に著しく高かった。

3大河川と都市小河川の有機化学物質の特徴について地点ごとに比較・検討を行った。上流地点の定量物質数は、3大河川と比べて都市小河川でやや少なく、四季を通じては冬季に最も多かった。定量物質数は、3大河川の米代川と雄物川では脂肪族炭化水素類、可塑剤、アルコール類、子吉川ではこれらに加えて農薬のグループで多く、都市小河川の旭川では可塑剤とアルコール類のグループで多かった。また、これらの濃度レベルは、可塑剤>アルコール類>農薬>脂肪族炭化水素類の順に低かった。中流地点の定量物質数は、子吉川と旭川よりも雄物川と米代川で多く、

4河川とも四季を通じては冬季に最も多かった。定量物質数の多かったグループは、4河川ともほぼ同様で、脂肪族炭化水素類、可塑剤、アルコール類及び農薬であった。これらの濃度レベルは、子吉川で高濃度であった1種類の農薬を除けば、4河川とも可塑剤>アルコール類>農薬の順で、ほぼ同様な傾向にあると考えられた。下流地点の定量物質数は、3大河川と比べて都市小河川で多く、旭川ではその四季変化もみられなかったが、3大河川では冬季に最も多かった。定量物質数の多かったグループは、脂肪族炭化水素類、可塑剤、アルコール類及び農薬で、4河川ともほぼ同様であった。また、これらの濃度レベルは、可塑剤、アルコール類及び農薬が高く、3大河川と比べると都市小河川で高かった。これは、3大河川と比べて都市小河川の方が生活排水等の人為的汚染の影響を受けやすいことを示唆したものであると考えられた。

4河川水中からは定量対象とした71種中66種の物質が定量された。このうち、高濃度定量物質は、アルコール類の2-(2-エトキシエトキシ)エタノールと1-オクタデカノール、アルデヒド類の1-ノナナールと1-デカナール、脂肪族炭化水素類の*n*-ヘプタデカン、*n*-トリコサン及び*n*-ヘキサコサン、エステル類のイソ酪酸-3-ヒドロキシ-2,2,4-トリメチルペンチル、可塑剤のフタル酸ジエチル(DEP)、DBP及びDEHP、その他のコレステロールの計12種であった。高濃度定量物質は、アルコール類の2-(2-エトキシエトキシ)エタノールと1-オクタデカノール、可塑剤のDBP、フタル酸ブチルベンジル(BBP)及びDEHP、農薬のフサライド、フルトラニル及びプレチラクロール、その他のコレステロールの計9種であった。

農薬と可塑剤について4河川水中における濃度レベルの評価を行った結果、規制値のある9種の農薬の濃度は、規制値の数十から数百分の一と低かったが、プレチラクロールとフルトラニルについては、中流から下流地点にかけて広範囲に、しかも脂肪族炭化水素類等と比べて数十から数百倍の濃度レベルであり、短期間ではあるけれども定量物質のなかでは大きな割合を占める負荷であった。可塑剤のDEHPの濃度は規制値のおよそ30分の1であり、その濃度レベルは都市大河川と秋田県の4河川とではほぼ同様であった。しかし、DEHPの濃度は都市河川ごとにそれぞれ異なっており、河川水中における可塑剤の濃度は調査地点周辺の環境や採水時の様々な状況(河川水量や天候等)によって左右されると考えられ、今回の調査だけで可塑剤の汚染度合を評価することは困難であると考えられた。

参考文献

- 1) 環境庁編：「日本の環境政策」，pp. 1-14，財団法人日本環境協会（1977）。
- 2) 地球環境経済研究会編：「日本の公害経験」，合同出版（東京）。（1991）。
- 3) 通商産業省基礎産業局化学品安全課監修：「化審法化学物質改訂第2版」，pp. 1701-1737，化学工業日報社（1994）。
- 4) 環境庁編：「平成9年度版 化学物質と環境」，pp. 5-13，環境庁保健環境部環境安全課（1998）。
- 5) (財)日本公衆衛生協会編：「外因性内分泌攪乱化学物質問題に関する研究班中間報告書」，pp. 78-99，(財)日本公衆衛生協会（1997）。
- 6) デボラ・キッドバリー：「メス化する自然」，集英社（東京）。
- 7) 環境庁：「外因性内分泌攪乱化学物質問題への環境庁の対応方針について」，環境庁1998年5月。
- 8) 小林秀幸：内分泌攪乱化学物質問題とその取組みにむけて，環境管理，34，1-7（1998）。
- 9) 尹 順子，寺口智美，朱 曉明，岩島 清：多摩川における溶存有機化合物の検索と定量，環境化学，5，325-333（1994）。
- 10) 花田喜文，門上希和夫，白石寛明，今村 清，鈴木 茂，長谷川敦子，村山 等：ガスクロマトグラフィー／質量分析法を用いた環境中の化学物質検索，環境化学，5，47-64（1995）。
- 11) 杉山英俊，田中克彦：GC-MSによる東京湾海水中の微量有機化学物質の検索，神奈川県公害センター研究報告，4，33-38（1982）。
- 12) 今村 清，板東 博，前田泰昭：大気系及び水系における揮発性有機化合物の同定，環境化学，5，215-225（1995）。
- 13) 柴田幸雄，吉川サナエ，野村 博，山本順昭，梶川光行：川崎港における化学物質検索調査，川崎市公害研究所年報，23，21-30（1997）。
- 14) 飯田勝彦，安部明美，杉山英俊，伏脇裕一，鷺山享志，山崎宣明：神奈川県内の公共用水域における化学物質環境モニタリング，神奈川県環境科学センター研究報告，14，16-22（1992）。
- 15) 高橋保雄，中川順一，細川奈津子，浅野正博，森田昌敏：ある河川水におけるモニタリング物質の検索及び濃度レベル，環境化学，5，207-214（1995）。
- 16) 佐々木祐子，森田一夫，和田照美：東京における水環境の化学物質モニタリング，水環境学会誌，18，55-662（1995）。
- 17) 秋田県企画調整部情報統計課編：「わがまちわがむら100の指標」，秋田県統計協会（1997）。
- 18) 建設省技術管理業務連絡会水質部会監修：「河川水質試験方法(案)」，(財)土木研究センター，pp. 664-665（1984）。

- 19) 建設省河川局監修社団法人日本河川協会編：「1991 日本河川水質年鑑」，pp. 180-198，山海堂（東京）。
- 20) 秋田地方気象台編：「秋田県気象月報平成7年4月～平成8年3月」，秋田地方気象台。
- 21) 建設省河川局編：「流量年表（平成7年）」，pp. 78-91，408，（社）日本河川協会（東京）。
- 22) 建設省河川局編：「流量年表（平成8年）」，pp. 77-90，406，（社）日本河川協会（東京）。
- 23) 秋田県生活環境部編：「平成元年版 環境白書」，pp. 264-297，秋田県（1989）。
- 24) 秋田県生活環境部編：「平成2年版 環境白書」，pp. 266-301，秋田県（1990）。
- 25) 秋田県生活環境部編：「平成3年版 環境白書」，pp. 274-319，秋田県（1991）。
- 26) 秋田県生活環境部編：「平成4年版 環境白書」，pp. 292-337，秋田県（1992）。
- 27) 秋田県生活環境部編：「平成5年版 環境白書」，pp. 288-335，秋田県（1993）。
- 28) 秋田県生活環境部編：「平成6年版 環境白書」，pp. 288-349，秋田県（1994）。