研究論文

松花江を水源とするハルビン市水環境の汚染状況 －水道水に含まれる多環芳香族炭化水素類－

任 惠 峰*・浪 岡 安 行**・遠 藤 英 明*

要 旨

松花江を水源とする中国ハルビン市区水道水に含まれる多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の実態を調べた。11検体試料を分析した結果、水道水 1 L 当たり 20~1,348 ng/L の PAHs が検出された。5 月と 9 月の試料に含まれる量が最も高かった。2 月、5 月、8 月、9 月、10 月および 12 月の 6 検体から 8 種以上の PAHs が検出された。なお、20 ng/L 以上検出された PAHs はアセナフチレン、フェナントレン、フルオランテン、ピレン、ベンズ (a) アントラセン、ベンゾ (b) フルオランテン、ベンゾ (g, h, i) ペリレン、インデノ (1, 2, 3-cd) ピレンの 7 種であった。

キーワード：松花江、多環芳香族炭化水素、水道水

1. はじめに

中国の東北地方に位置するハルビン市は黒龍江省の省都であり、8 区 10 県によって構成される。総面積は 5.31 万 km² で、戸籍に登録されている総人口は 991.6 万人 (2009 年 4 月時点) で、全国 15 の副省級都市の中ではもっとも大きい都市である。市区面積は 7,086 km² で、市区人口は 474 万人¹⁾ であり、中国七大流域の一つである松花江の中流部の兩岸をまたぐように立地し、同省の経済・交通・貿易の中心として発展している。

松花江は吉林省の長白山の天池 (テンチ: Tianchi) を源とする第二松花江と、黒龍江省北部の大興安嶺の伊勒呼里山を源とする嫩江 (ドウコウ: NenJiang River) が、ハルビンの西で合流して、ロシアのアムール川を経てオホーツク海へと注ぐ 1,840 km に及ぶ中国 5 番目の大河である。ハルビン市街区北部を流れる松花江は、市区の上水の提供とその排水を受け入れる重要な役割を果たしている。近年、ハルビン市も中国のその他の都市と同じく、著しい経済発展と人口の増加傾向が見られる。従来の発電所用プラント、飛行機、

トラック、精密機械、継電器保護装置、アルミニウム・マグネシウム合金などを生産する重工業工場に加え、多数の軽工業工場、食品加工工場も稼動している。また、市民の生活環境も大きく変化し続けている。毎日の食生活だけではなく、交通手段も著しく変わった。かつて街でよく見かけた徒歩又は自転車で移動する人影は大分少なくなり、その代わりに公共バス、タクシー、バイク、マイカーが街中を走り、長い渋滞列がよく見られる。環境汚染を防ぐため、近年特定の工場の排水・排気や生活排水などに関する管理も厳しくなり、下水処理場の数もその処理量も確実に拡大している。しかし、それでも増加し続けている工場排水・家庭排水量およびその中に含まれている複雑な成分の処理に追いつかない状況である。

ハルビン市区に供給される松花江の水質は、ハルビンの産業活動、農業活動、市民生活に影響されるだけではなく、上流から流れてくる水の汚染状況にも左右されている。2005 年 11 月 13 日、吉林省吉林市にある吉林石油化学会社の工場で爆発事故があり、ベンゼン、ニトロベンゼン、アニリンなどの有害混合物が約 100

* 東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科 Huifeng REN, Hideaki ENDO

** 元 東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科 Yasuyuki NAMIOKA

2011 年 9 月 7 日受付

2012 年 3 月 6 日受理

トン松花江に流出した²⁻⁴⁾。その二日後、汚染物質はその下流にあるハルビン市に到達し、通過時のニトロベンゼン濃度は0.58mg/Lと、飲料水における中国の基準値(0.017mg/L)の約33倍であった⁴⁾。事故後の2006年に松花江の魚を試料とした田中らの調査研究⁴⁾によると、すべての魚体からニトロベンゼンが検出された。

これまで近隣の中国都市に関する汚染状況についての研究は、北京、上海など大都市を対象とするものが多い。しかし内陸部でありながら、汚染物質が松花江からアムール川、オホーツク海を經由して日本海へと運ばれる可能性があるハルビン市の水環境に関する研究情報はほとんどない。

本研究では、ハルビン市水環境の汚染状況を明らかにする一環として、まず松花江を給水源とするハルビン市区の水道水に注目した。アメリカ環境保護庁(USEPA)が水圏汚染物質として指定した16種の多環芳香族炭化水素類(以下、PAHsと略称)を評価指標として、ハルビン市区の飲用水の実態を調べた。

PAHsは2つ以上のベンゼン環を持つ一群の難分解性有機化合物を指す。PAHsは主に有機物の燃焼によって発生する。産業活動における石油・石炭の燃焼、自動車による軽油・ガソリンの燃焼、バイオマスの燃焼、廃棄物の焼却、喫煙、森林火災、火山の爆発など身近な多数の発生源から生成することが知られている⁵⁻⁷⁾。また、PAHsは分子量が増すにつれ、急性毒性が減少する代わりに、発がん性は増大する⁸⁾ことが知られている。さらに、今まで発見されたPAHsの中で、ベンゾ(*a*)ピレン(Bap)のような4～6のベンゼン環を持つ種類は発がん性や変異原性を示す場合が多い。これに対して2～3環を持つPAHsは、それ自身は発がん性や変異原性を示さないものが多いが、光反応により変異原性物質に変化する可能性もあると指摘される⁹⁾。PAHsの発がん性、変異原性はダイオキシンより低い、環境中に高濃度で存在していることや化学的安定性のため微生物等によって分解されにくいので、その毒性と残留性が人間や生態系に与える影響が大きいと近年注目され、世界中で調査研究されている¹⁰⁻¹⁵⁾。

2. 実験方法

2.1 試料の採集

2007年2月から12月まで、ハルビン市内中心部にあり水道の蛇口から水道水を計11回サンプリングした。それらをそれぞれ2月～12月と略記した。

2.2 試料の前処理

試料の前処理は本研究室で確立した方法を用いた¹⁶⁾。すなわち採水した水試料に重量換算で0.1%のブルーレーヨン(BR)を加え、5℃の低温室内で24時間回転攪拌した。続いて紙製タオル(キムタオル)とろ紙(東洋ろ紙製No2)でよくBRの水気を取った後、三角フラスコに入れた。メタノール/アンモニア水(50:1, v/v)160mLで4回、合計640mLを用いて抽出した。抽出溶媒をロータリーエバポレーターで約10mLになるまで減圧濃縮した。続いて濃縮液を穏やかな窒素気流下で完全に乾固させた後、メタノールで定容し、褐色バイアル瓶にて遮光条件下で-30℃で冷凍保存した。なお、水試料の1,000倍に濃縮したものをHPLC分析用試料とした。メタノールは残留農薬分析用、アンモニア水は和光特級を用いた。

2.3 PAHs 標準品混合物の調製

本研究では、アメリカ環境保護庁(USEPA)が水圏汚染物質として監視リストに挙げている16種のPAHsを測定対象とした。供試した16種のPAHsをTable 1に示した。これらの市販標準品(いずれも和光純薬工業製)をメタノールで溶解し、個別に定容した後、それらを混合してTable 1に示す濃度の混合標準溶液を調製した。

2.4 PAHsのHPLC分析条件

高速液体クロマトグラフ(HPLC)/紫外線吸光度検出器(波長254nm)で分析した。カラムはWakosil-PAHs(4.6mm×250mm和光純薬工業製)を用い、カラ

Table 1 Composition of standard mixture of 16 authentic PAHs for HPLC analysis

PAHs	(mg/mL)	PAHs	(mg/mL)
1. naphthalene	0.07	9. benz(<i>a</i>)anthracene	0.01
2. acenaphthylene	0.1	10. chrysene	0.01
3. acenaphthene	0.1	11. benzo(<i>b</i>)fluoranthene	0.01
4. fluorene	0.014	12. benzo(<i>k</i>)fluoranthene	0.01
5. phenanthrene	0.006	13. benzo(<i>a</i>)pyrene	0.01
6. anthracene	0.002	14. dibenz(<i>a,h</i>)anthracene	0.02
7. fluoranthene	0.014	15. benzo(<i>g,h,i</i>)perylene	0.014
8. pyrene	0.016	16. indeno(1,2,3- <i>cd</i>)pyrene	0.006

ム温度は35℃、流速は1.0mL/min、注入はレオダイナマニチュアルインジェクタを用い、注入量は20 μ L(固定ループ使用)に設定した。移動相はメタノール：アセトニトリル：水を用いたが、グラジエントの条件はTable 2に示した。各PAHsの定量は絶対検量線法で行った。なお、供試試料を3回繰り返して測定し、データの相対誤差が3%未満であった場合には平均値を採用した。それ以上であった場合にはさらに1～2回の追加分析を行った。

3. 実験結果

3.1 16種 PAHs 総濃度の季節変化

まず、11検体試料から検出された16種のPAHs総濃度をFig. 1に示した。Fig. 1から分かるように、検出したPAHs総濃度は20ng～1,348ng/Lであった。これは高橋ら¹⁷⁾が報告した日本の水道水の分析結果より2～4倍も高かった。続いてそれらの総濃度の月別の変化についてみると、まず、気温が低い2, 3, 4,

Table 2 Linear gradient elution program of HPLC for separation of 16 PAHs

min	CH ₃ OH	CH ₃ CN	H ₂ O
0～4	72	10	18
4～7	72→0	10→100	18→0
7～20	0	100	0

Fig.1 Seasonal changes of total PAHs concentrations in water samples collected in 2007 (ng/L)

11および12月の5検体試料は、2月を除いて、検出されたPAHs濃度が何れも66ng/L以下であった。

ハルビン市の10月は秋季にあたるが、冬季にかかる季節とも言える。10月の平均気温は9.4℃であるが、気温の変化幅が10℃以上で、急に冷え込んで最低気温が零度以下になることもしばしばある(ただし、2007年調査時の平均気温は16.7℃で、例年の平均温度より7℃以上高かった)。そのため全国で最も早く石炭燃焼ボイラを中心に暖房が供給される(10月20日から翌年の4月20まで)。冬季は石炭燃焼によって生じたPAHs量は一年中で最も多いと思われるが、気温が低い季節に生じたPAHsは主に大気に分布していると報告されている^{18, 19)}。11月～3月の間は、松花江の表面がほとんど凍結し、流量もわずかに平均流量の20%²⁰⁾しかない。そのため、水源では大気に分布するPAHsと逆の傾向がみられるので、この時期の水道水に含まれるPAHs濃度も低い値になると予想される。4月は春の季節にあたり、気温も段々高くなり、前年の11月ごろから凍った松花江は3月上旬から溶け始め、4月下旬ごろに完全に解ける。2007年ハルビン市工業および生活に使用された石炭の総使用量は1,337万トンで、そのうちの約25%(328万トン)は生活用石炭であった²⁰⁾。馬らは2007年の1月～4月、および2008年の5月のハルビン市大気中のPAHsの濃度変化を調べた。その結果、石炭燃焼は大気中のPAHsの主な発生源であると報告している^{21, 22)}。以上のことから、氷から解けてくる河川水量の増加および暖房供給の一斉停止は、4月水試料に含まれるPAHsの濃度変化が3月の場合とあまり変わらなかった原因の一つとも言えるであろう。

一方、2月の水試料中のPAHs濃度は251ng/Lであり、他の低気温季節の試料と異なるパターンを示している。2月はちょうど春節と呼ばれる旧暦の正月と重なっている。正月は、中国の庶民にとっては一年の中で一番大切な行事である。正月前後に、各家庭の食事のメニューもその摂取量も普段とかなり異なる。尾崎らは下水由来のPAHs量の負荷およびその負荷源を調べた結果、料理焦げを含む生活排水は下水中のPAHsの発生源の一つだと報告している²³⁾。ハルビンを中心とする東北料理は、野菜、魚、肉などを高温下、たっぷりの油で炒め、あるいは揚げるという特徴があるので、正月前後に河岸の住宅・飲食店・ホテルから出された生活排水に含まれるPAHsの濃度も普段よ

り高いと考えられる。

これに対して、気温が高い5～10月の6検体試料は、6月を除けば、検出されたPAHs濃度は81～1,348ng/Lで、いずれも気温が低い季節より高かった。

5月試料のPAHs濃度が1,348ng/Lで、供試した11検体試料のなかで最も高い値を示した。これは水が解けて流動するようになった河川に①大気からのPAHsが直接落下、②道路脇・屋根堆積塵埃中のPAHsが強い春風（平均風速5.2m/s²⁰⁾）により河川に流入、③前年度の11月以来、数か月ぶりの船の通航による排煙由来のPAHsの負荷（2007年は4月16日から開始）、④1年の中で最も強い春風が、松花江の底泥を巻き上げるなど複数の原因が挙げられる^{20, 24, 25)}。

近年、異常気象状況の影響で、ハルビンの気温変化が非常に激しくなっている。最高気温は4月中旬の15℃以下から、5月には25～30℃以上を超える真夏状態になることがしばしばある。2007年、ハルビン市では5月下旬から異常な高温の天気が続き、6月の平均気温は一年の中でもっとも高く、23.7℃と記録された²⁶⁾。これは1881年に気温観測を開始して以来の最高気温であった。また、降水量も非常に少なく、1950年に水量観測を開始して以来、2番目に少なかった年と記録された²⁶⁾。6月に最低値の20ng/Lが検出され、供試した11検体試料で最も低かった原因としては、①高温におけるPAHsの生物分解^{23, 24)}、②強い日射によるPAHsの光分解²⁷⁾、③5月の少雨の天候のため、道路

や屋根に堆積した塵埃に付着したPAHsの河川への移動が少なかったなど複数の影響が考えられる。

5月の高値に続いて、初秋の9月にPAHsが620ng/L検出された。PAHsは疎水性が高いため、環境中では微細な粒子に吸着し、粒子状態として挙動する。すなわち化石燃料などの燃焼により発生したPAHsは一旦大気中へ放出されるが、やがて微細な粒子とともに降下し、道路表面などに溜まり、最終的に風や雨水などに河川に輸送される²⁴⁾。ハルビンでは6月中旬から9月下旬に掛けて一年中で最も降雨量が多い季節である。2007年の年間降雨量は406mmであったが、6月から9月までの降雨量は同年の69%を占めた²⁸⁾。雨水は河川水を希釈する反面、道路や屋根に堆積した塵埃に付着したPAHsを河川に輸送することもできる。9月の水試料から高濃度のPAHsが検出されたのは、この時期の高い降雨量および上流ならびに周辺の支流からの流入水の流量変化の影響によると考えられる。

3.2 16種 PAHs 組成の季節変化

各試料から検出された16種のPAHsをTable 3にまとめた。Table 3から分かるように年間を通して各供試試料から多種類のPAHsが検出された。検出した13種PAHsのうち、ベンゾ(*g, h, i*)ペリレンが高温の季節(5, 8, 9, 10月)から35～1,198ng/L検出され、そのうち5月の試料に含まれる濃度がもっとも高かった。ベンゾ(*g, h, i*)ペリレンは道路用や水道本管など

Table 3 Concentrations of 16 types of PAHs in water samples collected in 2007 (ng/L)

PAHs	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Naphthalene	ND ^{a)}	ND	ND	9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acenaphthylene	173	2	2	3	2	2	1	4	1	1	1
Acenaphthene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluorene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenanthrene	41	31	39	14	ND	22	18	29	10	29	27
Anthracene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranthene	4	6	3	69	6	20	3	5	34	5	2
Pyrene	8	6	7	ND	7	26	6	7	3	6	4
Benzo(<i>a</i>)anthracene	2	1	1	2	1	4	1	2	2	ND	2
Chrysene	1	ND	ND	2	ND	ND	ND	2	1	3	1
Benzo(<i>b</i>)fluoranthene	14	13	7	34	4	ND	2	1	127	6	10
Benzo(<i>k</i>)fluoranthene	1	ND	1	5	ND	1	1	ND	8	ND	ND
Benzo(<i>a</i>)pyrene	ND	ND	ND	2	ND	ND	ND	10	ND	ND	ND
Dibenz(<i>a, h</i>)anthracene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8	ND	19
Benzo(<i>g, h, i</i>)perylene	ND	ND	ND	1,198	ND	ND	35	560	42	ND	ND
Indeno(1,2,3- <i>cd</i>)pyrene	7	ND	ND	10	ND	6	280	ND	ND	3	ND
Total	251	59	60	1,348	20	81	347	620	236	53	66

a<0.3ng/L

の塗装剤として使用されているコータール中の成分で、非意図的生成物としてガソリン及びディーゼルの排ガス、石炭などの燃焼ガスに含まれる。そのため、ベンゾ (*g, h, i*) ペリレンはガソリン車のメーカーとされている^{29, 30)}。ハルビンの5月は季節風が一年のうちで、最も強い時期である (平均風速5.2m/s) ので、強風が道路脇に堆積したコータールや自動車の排気ガス中の微粒子に含まれている PAHs を河川に輸送するだけではなく、PAHs を含んでいる松花江の底泥が巻き上げられる可能性がある^{15, 24)}。これは5月の試料から高濃度のベンゾ (*g, h, i*) ペリレンが検出された原因の一つだと思われる。

続いて、各試料から検出された13種の PAHs を、分子量の大きさにより低分子と高分子の2群に分けて、それぞれの全体に占める割合をFig. 2にまとめた。低分子グループは、2～3環を持ち、分子量が128～178のナフタレン、アセナフチレン、フェナントレンの3種で、高分子グループは、4～6環を持ち、分子量が202～278のフルオランテン、ピレン、ベンゾ (*a*) アントラセン、クリセン、ベンゾ (*b*) フルオランテン、ベンゾ (*k*) フルオランテン、ベンゾ (*a*) ピレン、ジベンズ (*a, h*) アントラセン、ベンゾ (*g, h, i*) ペリレン、インデノ (*1, 2, 3-cd*) ピレンの10種であった。

まず、低温の季節 (2, 3, 4, 11, 12月) では、低分子の PAHs の占める割合が42～85%であり、12月を除いていずれも高分子の PAHs の占める割合より多かった。PAHs の分子量が高いほど疎水性も強くな

り、水温が低い冬季ではほとんど河川の底泥に沈殿し、その結果、低分子の PAHs が全体に占める割合は高くなったと考えられる。また、高温の季節 (5～10月) では、高分子の PAHs の占める割合が70～98%と高かった。気温および水温が高くなると、光や細菌などの影響で、低分子の PAHs の分解率も高くなることが知られている^{24, 27, 31)}。2007年ハルビン市の高温の季節の平均日照時間は231時間/月で、低温の季節のそれ (162時間/月) より69時間も長かった³²⁾。観測史以来の異常な高温の天気および長い日照時間の影響で、高温季節の試料に含まれる低分子の PAHs はほとんどが分解され、その結果、高分子の PAHs が全体に占める割合は高くなったと考えられる。これまで述べたように、ハルビン市に供給される松花江の水質は、ハルビン市から排出された工業廃水および生活排水だけではなく、上流および周辺支流からの流入水などにも影響される。一方、2007年5月中国環境保護総局はハルビン市の企業の汚染対策状況および都市下水処理場の運行状況を現地調査する際に、松花江中流部の汚染実態の主な要因として以下の3つの問題を指摘した³³⁾。①松花江流域は古い工業基地で、強汚染産業が数多く存在している。②下水処理施設が不足し、一部の生活下水は未処理のまま松花江に直接排出されている。③生活ゴミ埋立処理地は、衛生埋立基準を満たさず、浸出液が直接松花江の水質を脅かしている。

2007年以来、ハルビン市では水環境汚染の改善対策の一つとして、污水处理場の数 (2007年の3か所から2011年の13か所に増加) およびその処理量 (2007年の67万トン/日から131万トン/日に増加) ともに増やし、生活ごみ処分および重点汚染源工業の排水・排気に対する管理も厳しくなっている^{20, 33)}。その結果、市区生活污水集中処理率および重点汚染源工業企業の排水・排気処理率の向上により、ハルビン市区の汚染状況がかなり改善されている²⁰⁾。しかし、松花江のような大河への汚染源としては、ハルビン市のような大都市だけではなく、下水処理条件がまだ完全に整備されていない沿岸にある中小都市および農村部に由来する汚染も無視できない²⁰⁾。特に、現在規制項目となっていない PAHs のような難分解性、蓄積性の汚染物質が、下水処理場内でどの程度除去されるかが松花江水質の回復できる重要な鍵の一つになると思われる。

Fig.2 Seasonal changes in concentrations of low- and high-molecular weight PAHs in water samples collected in 2007 (ng/L)

4. ま と め

本研究では、松花江に関する汚染状況を分析する際に、必要となる基礎情報として、松花江を水源とする中国6大工業基地の一つであるハルビン市の水道水を分析対象とし、その中に含まれる16種のPAHsの濃度および季節変化を分析した。その結果、水道水から20~1,348ng/LのPAHsが検出された。冬季では低分子量(2~3環)PAHs、夏季では高分子量(4~6環)PAHsの占める割合が高い傾向を示した。今後河川水・生物・底泥、下水場への流入水、排水水ならびに水道水を分析対象として、引き続き調査する必要があると思われる。

参考文献

- 1) 哈尔滨市统计局哈尔滨统计信息网 (ハルビン統計情報ネット): <http://www.stats-hlheb.gov.cn/hrb/zhonghe/index_zwggk2/402cef0126f14089838aae2f25530a9e.htm>, (参照2009-10-04)。
- 2) 永洞真一郎, 芥川智子, 村田清康, 中嶋敏秋, 宋 男哲, 翟 平陽; 中国松花江における女性ホルモン活性と糞便性ステロール類の濃度調査, 水環境学会誌, **30**, 101-104, 2007。
- 3) 相川泰; 松花江水汚染事故の経過と背景, 環境と公害, **36**, 18-23, 2006。
- 4) 田中恵理子, 代 英杰, 林 永波, 古月文志, 田中俊逸, 神 和夫, 平間祐志; 化学工場爆発事故後に採取した松花江の魚試料中のニトロベンゼンの定量, BUNSEKI KAGAKU, **58**, 807-813, 2009。
- 5) 尾崎則篤, 棚池 誠, 小島啓輔, 金田一智規, 福島武彦; 大気および水環境中のPAHsの発生と拡散, 環境工学研究論文集, **42**, 1-6, 2005。
- 6) 内藤了二, 中村由行, 浦瀬太郎, 奥村浩幸; 名古屋港の港湾堆積物に含まれるPAH類の環境動態, 水環境学会誌, **31**, 549-557, 2008。
- 7) 下尾和歌子, 下濃義弘, 田中克正; 山口県内における多環芳香族炭化水素類の濃度分布, 山口県環境保健センター所報, **5**, 152-157, 2008。
- 8) 森本晴之; 油濁事故の海洋生態系への影響—ナホトカ号事故から見て, 油濁基金だより, **78**, 17-21, 2005。
- 9) 大浦孝祐, 村山 等, 家合浩明, 狩野直樹, 今泉 洋; 大気・降水中に含まれる多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の測定とその挙動, 環境化学, **17**, 205-216, 2007。
- 10) Yamasaki, M., Kuwata, K., Miyamoto, H.; Effects of ambient temperature on aspects of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons, Environ. Sci. Technol., **16**, 189-194, 1982。
- 11) Kishida, M., Mio, C., Fujimori, K., Imamura, K., Takenaka, N., Maeda, Y., Lan, T. T. N., Shibutani, Y., Bandow, H.; Seasonal change in the atmospheric concentration of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in Ho Chi Minh City, Vietnam. Bull. Environ. Contam. Toxicol., **83**, 747-751, 2009。
- 12) Kishida, M., Mio, C., Fujimori, K., Imamura, Shibutani, Y., Bandow, H.; Temporal change in atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in particulate matter from an urban location of Osaka, Japan: estimation of causes of a significant increase in their concentrations in the winter season, J. Environ. Chem., **19**, 534-553, 2009。
- 13) Fang, G.-C., Wu, Y.-S., Chang, C.-N., Ho, T.-T.; A study of polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations and source identifications by methods of diagnostic ratio and principal component analysis at Taichung chemical Harbor near Taiwan Strait. Chemosphere., **64**, 1233-1242, 2006。
- 14) 上村道夫, 中島典之, 古米弘明; 多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 含有率とのそプロファイルに基づく粒径画分ごとの道路・屋根堆積塵埃の識別, 水環境学会誌, **26**, 837-842, 2003。
- 15) JIN, X., HU, J., WAN, Y., HE, W., HAN, H.; Behavior of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Drinking Water Treatment Process, CHINA WATER & WASTEWATER, **21**, 14-16, 2005。
- 16) 任 惠峰, 菊地純哉, 遠藤英明, 林 哲仁; 水圏環境に流入する多環芳香族炭化水素類の下水処理過程における消長, 環境化学, **19**, 325-342, 2009。
- 17) 高橋保雄, 小野寺祐夫, 森田昌敏, 寺尾良保; 河川水・水道水および加熱した水道水中の多環芳香族炭化水素, 水環境学会誌, **30**, 309-315, 2007。
- 18) 小田淳子, 西川雅高, 黄 業茹, 全 浩; 中国3都市における大気中の多環芳香族炭化水素類の汚染特性, 環境化学, **13**, 653-671, 2003。
- 19) 奥川光浩, 黒田吉宏, 鎌谷綾乃, 川上智規; 富山県における総浮遊粉じんに含まれるPAHsの流径分布特性, 環境技術, **39**, 611-617, 2010。
- 20) 哈尔滨市环境保护局; 哈尔滨市环境质量报告书2006-2010 (ハルビン環境保護局; ハルビン市環境質量報告書2006-2010), <<http://jcs.mep.gov.cn/jcgl/zhxx/201110/W020111017395903842977.pdf>>, (参照2011-11-04)。
- 21) MA, W., LI, Y., SUN, D., QI, H., LIU, L.; Polycyclic aromatic hydrocarbons in air of Harbin City, China Environmental Science., **30**, 145-149, 2010。
- 22) MA, W., LI, Y., SUN, D., QI, H., LIN, L., ZHANG, Z., TIAN, C., SHEN, J.; Gaseous Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Harbin Air, Chinese Journal of Environmental Science., **11**, 3167-3172, 2009。
- 23) 尾崎則篤; 処理場での多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の動態把握と微生物分解性の評価, 科学研究費補助金研究成果報告書, <<http://kaken.nii.ac.jp/pdf/2009/seika/mext/15401/19760372seika.pdf>>, (参照2011-11-04)。
- 24) 宮原裕一, 池中良徳; 諏訪湖における多環芳香族炭化水素類の年間収支の推定, 環境化学, **17**, 649-658, 2007。
- 25) 2007年4月16日新華社日報; 哈尔滨: 暖冬使松花江轮渡提前一周开航 (2007年4月16日新華社日報; 暖冬のため, ハルビン松花江は例年より1週間早く通航), <<http://discovery.cctv.com/20070416/103113.shtml>>, (参照2011-11-04)。
- 26) 2007年哈尔滨气温127年来最高 且为历史第二少水年; (2007年ハルビン気温127年来最高, かつ降雨量最少), <<http://heilongjiang.dbw.cn/system/2008/01/12/051112902.shtml>>, (参照2011-11-08)。
- 27) WU, D., WANG, Z., YU, G., ZHU, X., LE, H.; The Concentrations and Variation Trends of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient PM10 in Changping of Beijing, ENVIRONMENTAL MONITORING IN CHINA., **28**, 4-47, 2008。

- 28) 哈尔滨市水务局：2007年哈尔滨市水资源公报（ハルビン市水務局：2007年ハルビン市水資源公報），<<http://www.hrbwrb.gov.cn/bmxx/sl/szygb/2007/wspf/>>，（参照2011-11-04）。
- 29) 野崎一伸，串田光祥，木本伸吾，鈴木佳代子：大気中微小粒子（PM2.5）に含まれる多環芳香族炭化水素に関する研究，香川県環境保健研究センター所報，**6**，2007。
- 30) ZHU, L., WANG, J., DU, Y., XU, Q.: 自動車排ガス中多環芳香族炭化水素（PAHs）成分に関する研究，環境化学，**24**，26-29，2003。
- 31) 山川雅弘，早川修二，佐来栄治，西山亨，塚田進，白井宣一郎：大気中多環芳香族炭化水素類高濃度日における気象，オキシダント，窒素酸化物等について，三重県環境年報，**7**，105-110，2005。
- 32) 中華人民共和国統計局中国統計年鑑-2008：主要城市日照時数（2007年）（中国統計年鑑2008年：2007年主な都市の日照時間），<<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2008/indexch.htm>>，（参照2012-1-05）。
- 33) 日中友好環境保全センター：松花江流域水汚染対策事業会議における国家環境保護総局局長周生賢の講演，松花江を休ませ，活力を回復させよう，<http://www.zhb.gov.cn/japan/CNE/CNE06_08_08.htm>，（参照2009-12-04）。

Water Quality in Harbin China, and the Songhua River : Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Content of Tap Water

Huifeng REN*, Yasuyuki NAMIOKA*, Hideaki ENDO*

* Department of Ocean Sciences, Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology

ABSTRACT

We examined each month the concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the potable municipal water supply for Harbin, in China, which draws its water from the Songhua River. In eleven samples, PAHs were detected at concentrations of 20-1,348 ng/L; the concentrations were highest in May and September. Eight or more types of PAH were detected in six samples taken in February, May, August, September, October and December. Seven types of PAH—acenaphthylene, phenanthrene, fluoranthene, pyrene, benz(*a*)anthracene, benzo(*b*)fluoranthene, benzo(*g,h,i*)perylene, and indeno(*1,2,3-cd*)pyrene—were detected at concentrations of 20ng/L or higher.

Key Words : Songhua River, polycyclic aromatic hydrocarbons, tap water