

# 中国北部都市域における水環境問題とその対策

## Water Environmental Problems and Its Countermeasures in Urban Area of North China

楊 鳳林<sup>1</sup>、劉 志軍<sup>1,2</sup>、成 英俊<sup>2</sup>、川島裕貴<sup>2</sup>、古川憲治<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>中国大連理工大学環境工学科

<sup>2</sup>熊本大学大学院自然科学研究科 / 〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1

FENFGLIN YANG<sup>1</sup>, ZHIJUN LIU<sup>1,2</sup>, YINGYUN CHENG<sup>2</sup>, HIROTAKA KAWASIMA<sup>2</sup>,  
and KENJI FURUKAWA<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>School of Environmental & Biological Science and Technology, Dalian University of Technology

<sup>2</sup>Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University  
/2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan

### Abstract

With the rapid economical development, the problems associated to water resources became more and more serious in the north parts of China. Water pollution problems are now severe especially in the north parts of China lacking of water resources. This paper introduces the distribution characteristics of water resources and explains the water pollution problems in the north part of China. Combining with the solution for the water environmental problems in Dalian city, some strategies and improving measures, which are now running, were introduced.

**Key words:** the north of China, water resources, water pollution, water circular economy in Dalian

## 1. はじめに

中国北部は黄河流域以北の地域をさす。その中の、華北地区には北京市、天津市、河北省、山西省、それに内モンゴル自治区が含まれる。また東北地区には遼寧省、吉林省、黒竜江省が含まれる。さらに、西北地区には陝西省、青海省、甘肅省、寧夏回族自治区、新疆維吾爾族自治区が含まれる。近年、中国経済の急速な発展につれて、北部都市域における水環境問題が大きな社会問題となっており、今後さらに深刻な事態が生じる懸念がある。本報では、中国の北部都市域における水環境問題の現況分析及びその対策を示すとともに、中国の大連市内で水循環の経済及び水質改善技術について紹介する。

## 2. 中国北部都市域での水環境問題

### 2.1 水不足

中国は水資源の乏しい国の一つである。Table 1 に国民一人当たりの平均水資源量を示した。中国北部地域の—

Table 1 Comparisons of average amount of water resources per capita per year

Zones	Amount of water per person per year (m <sup>3</sup> /y.capita)
World	10790
Japan	4716
China	2342
The North of China	1127
Beijing City	400
Tianjin City	335
Dalian City	206

人当たりの水資源量は中国の平均水資源量の約1/2、世界の平均水資源量の1/8にすぎない。中国のGDP(2004年は1.65万億ドル)は世界の約4%に過ぎないにもかかわらず、水は米国並みに消費している。中国北部地域の水資源総量は中国全体の19%にすぎず、中国においては渇水地区に属する。これに反して、北部地域の中国全体に対する面積、人口、耕地面積、GDP(Gross Domestic Product)の占める割合はそれぞれ全国の50%、47%、65%、35%を占め、面積的、人口的、耕作面積的に判断しても、GDPの比率から判断しても中国北部地域は水の不足する地域であるといえる。

## 2.2 深刻化する水質汚染

近年、中国北部の主な河川である黄河、淮河、海河、遼河流域の大部分では、その自浄作用を超える汚濁物の流入で深刻な汚濁が進んでおり、河川の水質が国の基準に達していない状態である。例えば、黄河の本川の約40%では河川水質が中国における最低の河川水質基準のV類(Table 2に示した)さえ満足しておらず、基本的に河川水としての機能を失っている状態にある。

## 2.3 降水量の時空間分布の不均衡

1990年代に入って以来、地球規模の異常気象の影響で、中国北部地域で季節性の干害が頻繁に起っている。中国北部地域では、降水量と河川流量の年間、経年変化が激しく、降水は6~9月の4ヶ月に集中し、この期間の降水量が年間降水量の80%以上となり、時として洪水災害が起こる。一方、乾季には降水量の極めて少ない状態が

長く続き、これに水需要の増加による河川水の取水量の増加が加わり、北部地域の河川では、河川から水の消える断流が珍しくなくなった。例えば、毎年、黄河では断流が起き、その断流の期間が毎回長くなっていると同時に、その範囲も広がっている。2000年には、黄河で断流期間は269日に達し、その断流範囲は河口から200km上流にまで及んでいる。

## 2.4 地下水の過剰揚水に伴う悪影響

中国北部地域では、干害によって河川水を利用することができないことから、多くの大都市周辺で地下水が過剰に揚水され利用されている。この地下水の過剰揚水に伴う影響は深刻で、一部の地域では、巨大な土地陥没が起こっている。また、沿海都市では、過剰揚水に伴う地下水への海水の浸入速度と規模が拡大し、塩性化した地下水帯の面積が増大している。例えば、北京市と天津市と河北省の近くでは、5.6万km<sup>2</sup>の大きな穴が開き、大連市では、面積が406km<sup>2</sup>、深さが7km以上の部分で地下水に海水が進入した。

## 2.5 水の利用率の低下

中国では水資源が不足している一方で、その使用効率の低下が水資源問題を深刻にしている。現在、GDP1万元を生み出すのに必要な水資源は465m<sup>3</sup>で、世界平均の4倍にもなっている。中国で、1万元の工業生産額を生み出すのに必要な水資源量は218m<sup>3</sup>と多く、先進国の5~10倍に上る。一方、中国での農業活動での灌漑用水の有効利用係数は0.4~0.5と先進国の灌漑用水の有効利用

Table 2-1 Environmental standard values for surface water in China<sup>[6]</sup>

Order	Classification	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V
	Standard value Name					
	Class I	Class I is mainly suitable for source water (head waters) of the best quality situated the national nature reserves;				
	Class II	Class II is mainly suitable for drinking water resources in a first grade protected areas, areas with precious fishes, and fish or shrimp spawning grounds;				
	Class III	Class III is mainly suitable for drinking water sources in a second grade protected area, areas with regular fish and areas where people may swim;				
	Class IV	Class IV is mainly suitable for general industrial water uses and recreational waters uses that do not require direct contact with the human body;				
	Class V	Class V is mainly suitable for agriculture water uses and general landscaping water requirements.				
	Basic Requirements	All natural water bodies should not have non-natural reason to create the following: a. Un-esthetic sedimentary substances b. Floating debris, or oil that people may feel c. Murky substances that are unpleasant visually, by smell or by taste d. Substances that may be poisonous, or harmful to humans, animals or vegetation e. Substances that would draw, or facilitate unwanted insects				

Table 2-2 Environmental standard values for surface water in China<sup>(a)</sup>

Unit: mg/l

Order	Classification	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V
	Standard value Name					
1	Water Temperature (°C)	Man made environmental temperature must be within the following limits: Weekly average highest temperature rise $\leq 1$ Weekly average highest temperature drop $\leq 2$				
2	pH	6.5~8.5				6.0~9.0
3	Sulphate (as SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	<250	250	250	250	250
4	Chlorides (as Cl <sup>-</sup> )	<250	250	250	250	250
5	Dissolved Iron	<0.3	0.3	0.5	0.5	1.0
6	Total Manganese	<0.1	0.1	0.1	0.5	1.0
7	Total Cooper	<0.01	1.0 (0.01*)	1.0 (0.01*)	1.0	1.0
8	Total Zinc	0.05	1.0 (0.01*)	1.0 (0.01*)	2.0	2.0
9	Nitrate (as N)	<10	10	20	20	25
10	Nitrite (as N)	0.06	0.1	0.15	1.0	1.0
11	Non ion Ammonia	0.02	0.02	0.02	0.2	0.2
12	Kjeldahl Nitrogen	0.5	0.5 (0.05*)	1.0 (0.05*)	2	3
13	Total Phosphorus (as P)	0.02	0.1	0.1	0.2	0.2
14	High Manganese Salt	2	4	8	10	15
15	Dissolved Oxygen	Fullness ratio 90%	6	5	3	2
16	COD (COD <sub>Cr</sub> )	<15	15	20	30	40
17	BOD (BOD <sub>5</sub> )	<3	3	4	6	10
18	Fluorides (as F <sup>-</sup> )	<1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
19	Selenium (Se <sup>++</sup> )	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
20	Total Arsenic	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
21	Total Mercury	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
22	Total Cadmium	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
23	Chromium (Cr <sup>6+</sup> )	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
24	Total Lead	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
25	Cyanide	0.005	0.05 (0.005*)	0.2 (0.005*)	0.2	0.2
26	Volatile Phenols	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
27	Petroleum	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
28	Anion Surface Activators	<0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
29	Fecal Coliform (Num./l)	200	1000	2000	5000	10000
30	Ammonium Nitrogen	0.5	0.5	0.5	1.0	1.5
31	Sulphide	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0

\* Fishing

係数0.7~0.8に比べて極めて低く利用効率が悪い。また、水資源の再利用率が50%にしかすぎず、先進国の水資源再利用率85%と比べても低い値である。これに加えて、都市域の水道漏水率は約20%にも達し、トイレの水タンクから漏れる水だけでも年間1億m<sup>3</sup>に達するとの報告がある。

### 3. 水環境問題に対する対策

#### 3.1 「南水北調プロジェクト」

「南水北調プロジェクト」というのは中国北部地域の渇水対策として水資源が豊富な南部から北部へ水を送るプ

ロジェクトである。南水北調の全体構想としては、長江の上流、中流、下流3ヶ所から河川水を取水し、西北地区と華北地区の各地に引水するもので、南水北調西線、南水北調中央線、南水北調東線の三つの引水線路が計画されており、それをFig. 1に示す。中央線と東線の工事が2003年から全面的に始動した。2010年までの完成をめざす、中央線と東線第1期工事が完成すれば、それぞれ日本の青森と福岡間の距離にほぼ相当し、134億m<sup>3</sup>の水供給ができる。世界に例をみない「南水北調」プロジェクトは「三峡ダム」工事より複雑であり、第1期工事の総投資額は1548億元（約1兆9570億円）、その後も計画通りに進めると合計5300億元（約6兆7004億円）と見込ま

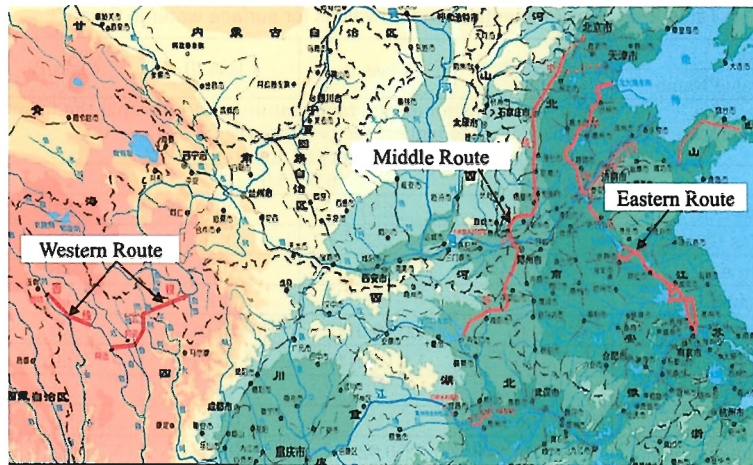


Fig. 1 Eastern Route, Middle Route and Western Route of South-to-North Water Diversion in China<sup>9)</sup>

れている。

南水北調西線では、長江上流の通天河、長江支流の雅砻江と大渡河の3本の河川から年間約200億 $m^3$ の水を取水し、青海省、甘肅省、寧夏回族自治区、内蒙古自治区、陝西省、山西省の6省区に給水する計画である。

南水北調中央線では、長江支流漢江の丹江口ダムから年間約141.4億 $m^3$ の水を取水し、自然流下によって終点の北京市、天津市に送水する計画で、北京市、天津市、河北省の地区の水資源危機を緩和させることを目的にしている。

南水北調東線では、長江の下流から取水し、江蘇省の北部、安徽省、山東省、河北省の四省に年間143.32億 $m^3$ の水量を供給する計画である。

南水北調プロジェクト実施にあたり中国政府は、「水の節約が第一で水の調達は第二」、「環境保護が第一で通水は第二」、「生態系の保全が第一で水の使用は第二」という3原則を掲げている。また、南水北調プロジェクトでは、その水源となる南部の水資源をいかに汚染から守るのが大切で、中国政府は「南水北調汚染対策計画」を推出し汚染対策に力を入れている。

### 3. 2 水法及び水資源の管理

中国では、「水法」という水に関する法律が1988年7月1日に施行され、法律と科学に基づいた水資源の開発や利用、保護や管理が行われている。また、従来より中央政府と地方政府には、「都市水資源管理条例」が存在している。この条例では、水権制度、水価格、水資源計画、

節水対策、水環境保護などが規定されている。さらに、水資源の所有権、使用権、管理権、経営権が明確に示されている。現在、一部の大都市では、水道水価格管理制度や水道水価格計算手法などが条例で規定されている。

現在、中国都市化の急速な進展につれて、都市用水量が着実に増大する傾向にある。Table 3に中国の都市化と上水道・下水道の整備の変遷を示した。

中国の水不足解消と上下水道経営の持続のため、水価格の引き上げは必然である。例えば、北京市では、2004年8月1日より水利施設の給水価格、水道料金の引き上げが行われた。当初、料金通増制が考慮された。累進従量料金は、3段階に分けて設定されている。第1段階は基本生活用水、第2段階は余剰を含む生活用水、第3段階は市場価格に基づく特殊需要用水で、この3段階の価格比は1:3:5、あるいは1:2:5となっている。4人家庭を基本とし、1人当たり毎月3 $m^3$ を使用すると、1家庭12 $m^3$ を基本使用量とする。4人以上の家庭では、戸籍上の人数を申請し、基本使用量の設定を変更する。なお、水道メーターの計測は半年に1度行うものと定めている。但し、現在北京市ではまだ階段型水道料金を実施する基盤が整備されておらず、対応が難しいことから、階段型水道料金(累進従量制)は、今回の水価格引き上げ法案では見送られた。しかし、市民以外の水道利用者に対し、「用水定額超過分累進課金制度」を実施されることになった。具体的には、用水量の初期目標から平均10~15%削減したものをもとに用水定額を決め、2ヶ月ごとに審査を行い、用水量が定額を超えただけ

課金する。また超過量が40%を超えた場合は、水道料金の4倍を収めるといった厳しい内容である。

また大連市では2002年に水道料金が値上げされた。生活用水に施用する料金増徴の導入を促進すると共に、市民以外の水道利用者に対し、「用水定額超過分累進課金制度」も実施することになった。Table 4 に北京市と大連市での水道料金の変遷を示した。

### 3. 3 水経済

1973年以降の中国における環境汚染対策の変遷をTable 5 に示した。

中国では、「資源－製品－汚染排出」という直線型伝統経済から、「資源－製品－再生資源」というフィード

バック型循環経済への転換を積極的に推し進めている。すなわち、生態学的な視点から、工業活動における環境経済システムの構築を目指している。また、企業間の協調関係を強め、リサイクルシステムを構築することが求められている。増大する廃棄物の削減に向けて3R (Reduce・Reuse・Recycle) を原則とする対策が推進されている。

現在の中国北部地域における水資源問題は次に示す、水量と水質の両面で多くの問題を含んでいる。

#### 1) 水資源の再生能力の問題

必要用水量が自然生態系の水循環に裏付けられる供給可能量より大きくなっている。

#### 2) 水環境容量の問題

Table 3 Changes in the urbanization and equipment of water supply and sewerage in China<sup>(1)</sup>

Year	1985	1990	1995	1999	2000
Ratio of urban population (%)	23.71	26.41	29.04	30.89	36.22
Area of cities (km <sup>2</sup> )	9,386	12,856	19,264	21,525	21,525
Density of urban population (people/km <sup>2</sup> )	262	279	322	462	441
Amount of water supply annually (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	128.0	382.3	496.6	467.5	469.0
Amount of domestic water use (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	51.9	100.1	158.1	189.6	200.0
Amount of domestic water per person per year (m <sup>3</sup> )	55.1	67.9	71.3	94.1	95.5
Diffusion rate of water supply (%)	81.0	89.2	93.0	96.3	96.7
Length of sewerage pipes (km)	31,556	57,787	110,293	134,486	141,758
Length of sewerage pipes per 10,000 people (km)	2.7	3.9	6.0	6.7	6.8

Table 4 Changes in urban water prices in Beijing and Dalian

Items	Beijing (yuan /m <sup>3</sup> )		Dalian (yuan /m <sup>3</sup> )	
	Previous	Current	Previous	Current
Water for urban life	2.9	3.7	2.0	3.2
Water for administrative institutions	4.4	5.4	3.3	5.0
Water for industrial and commercial purposes	4.4	5.6	3.3	5.0
Water for the hotel and catering trades	5.4	6.1	3.3	5.0
Water for the car washing	21.2	41.5		
Water for purified waters industries	21.2	41.5		
Water for bathing	33.3(average)	60.15	22	30
Recycling gray water			0.8 (Additional transport costs: 10yuan/m <sup>3</sup> )	

Table 5 Stages and strategies of environmental pollution prevention and control

Years	Pollution Treatment Strategies
1973-1985	The stage of controlling point pollution: mainly emphasized treatments of dust, industrial wastewater and solid waste
1986-1995	The stage of centralized treatment of pollution: mainly built central heating stations, gasworks, wastewater treatment plants and rubbish treatment facilities.
1996-2000	The stage of adjusting industrial structure: based on ISO-14000, the Environmental Impact Assessment Law and the Cleaner Production Promotion Law, adjusted industrial structure of China.
2001-	The stage of cleaner production: mainly emphasized the lifecycle assessment, the industrial ecology and the circular economy.

河川に流入する汚水量が河川の自浄能力を超え、河川水質が悪化している。

水循環と水資源の持続可能な利用に関する水経済の観点に立脚し、4R (Reduce, Reuse, Recovery, Recycle) の原則に基づいて、水環境問題の解決に努めなければならない。特に水資源が不足する中国北部地域では、水使用量の減量化(節水)、再利用、再生利用、それに再循環が必要とされる。

#### 4. 大連市内の水循環経済及び水環境品質改善技術

この開発プロジェクトは、中国の国家科学技術部の「863計画」という先進的な技術の1研究プロジェクトである。

##### 4. 1 最終目標

Table 1 から、大連市の1人当たりの水資源占有量が全国平均の約1/23、世界平均の1/52で、中国において大連市は異常渇水地域に属することがわかる。大連市は水資源不足の現況の改善を目指し、都市域における河川

の水質の改善及び雨水と汚水の有効利用など、総合的な対策の策定に着手している。中国北部地域の水が不足する沿海都市では、汚水処理技術を適用し、水資源の総合的な利用と水質の改善、それに景観の保全を図ることを最終目標としている。

##### 4. 2 改善方法

汚水処理を行うことでその処理水を利用して汚染水環境の改善を目指している「馬欄河保全プロジェクト」を紹介する。馬欄河は北の「西山貯水池」から南の「黒石礁湾」までの全長14kmの河川で、約95km<sup>2</sup>の流域面積を有する。両岸には、約80の工場が立ち並び、また40万の住民が生活し、そのための39の排水口がある。Fig. 2に馬欄河の位置を示した。

中国の実状にあった汚水処理システムとして、大連理工学環境工学科が中心となって、移動床式生物処理装置MBBR (Moving Bed Biological Reactor) 及び付着生物曝気法ろ過処理装置BIOFOR (Biological Filtration Oxygenated Reactor) を組み合わせる汚水の高度処理プロセスの開発が進んでいる。この開発プロジェクトでは、使用する生物担体性能の改善とその製造を中心に実験的検

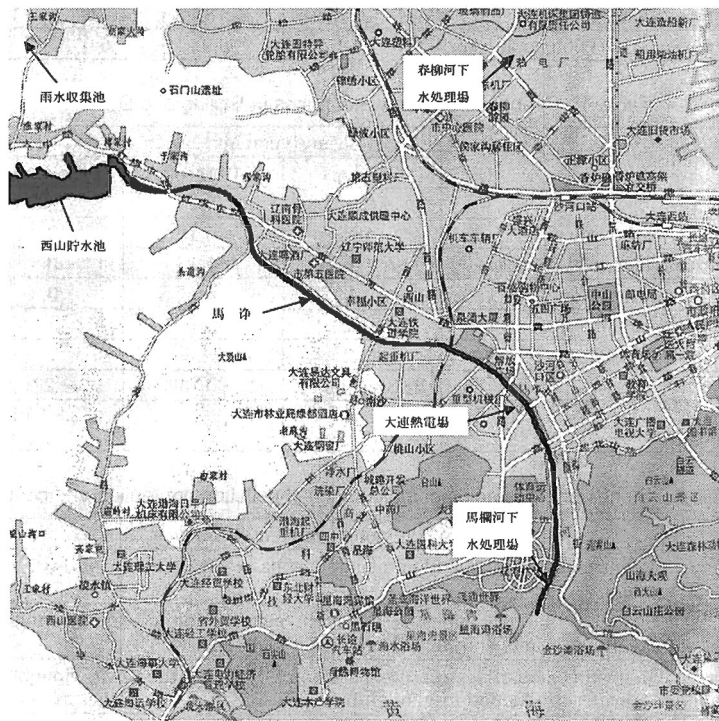


Fig. 2 Location of Malanhe River<sup>(10)</sup>

討がなされている。

この外、馬欄河へ直接放流可能な処理水を得るため、河川上流にある人工湿地区域と人工河流、それに集水渠を建設した。汚水資源の再生利用と景観の保全プロジェクトを有機的に結合することにより、馬欄河兩岸の深刻な汚染水環境を改善することをプロジェクトの目標としている。具体的な改善方法をFig.3に示した。

MBBRの中に使用する担体については比表面積を高めるなどの特性が改善され、またBIOFORの中に使用する球状のセラミック担体の製造材料の検討などが行われた。馬欄河下水処理場に流入する汚水を処理対象排水として、これら担体を用いたパイロット試験が行われた。Fig.4にMBBRの担体及び生物汚泥が付着した担体の走査型電子顕微鏡(SEM)による写真を示した。またFig.5にBIOFORの担体及び生物汚泥が付着した担体の走査型電子顕微鏡(SEM)による写真を示した。パイロット処理装置のフロー図をFig.6に、処理成績をTable 6にそれぞれ示した。2.0~2.7時間の短滞留時間で、再利用可能な良好な水質の処理水が得られた。

遼寧省の沈陽市と撫順市の下水処理場に、この処理プロセスが実際に導入され、優れた処理特性が明らかになっている。

#### 4. 3 汚水処理技術の開発動向

大連市内の一部では、汚水の収集と処理水の再利用パイプ及び景観用水のパイプが敷設されている。

「星海湾」というアジア最大の広場や市内の他の広場(Fig.7とFig.8に示した)や道路などでは、緑地用水のパイプが布設され、中水道のパイプを組んだ高層マンション2棟が2004年に市内星海湾広場近くに完成した。現在、馬欄河下水処理場の処理水が中水道の水源として使われている。中水利用の総量は4千 $m^3$ /日に達している。

雨水の有効利用を図るために、市内馬欄河の上流の近くに容量15万 $m^3$ の雨水収集池が建設された(Fig.9に示した)。又、下水処理水の高度処理を目的に人工湿地による浄化のパイロット試験装置が大連理工大学に設置され、馬欄河下水処理場の処理水を処理対象とするパイロット試験が実施されている(Fig.10に示した)。

#### 4. 4 今後の課題

1) 馬欄河下水処理場の処理能力を2008年までに20万 $m^3$ /日に拡大する計画である。その2次処理を火力発電用水、マンションと広場で緑地の灌漑用水、景観用水としてそれぞれ4万 $m^3$ /日、1万 $m^3$ /日、3万 $m^3$ /日再利用する計画である。

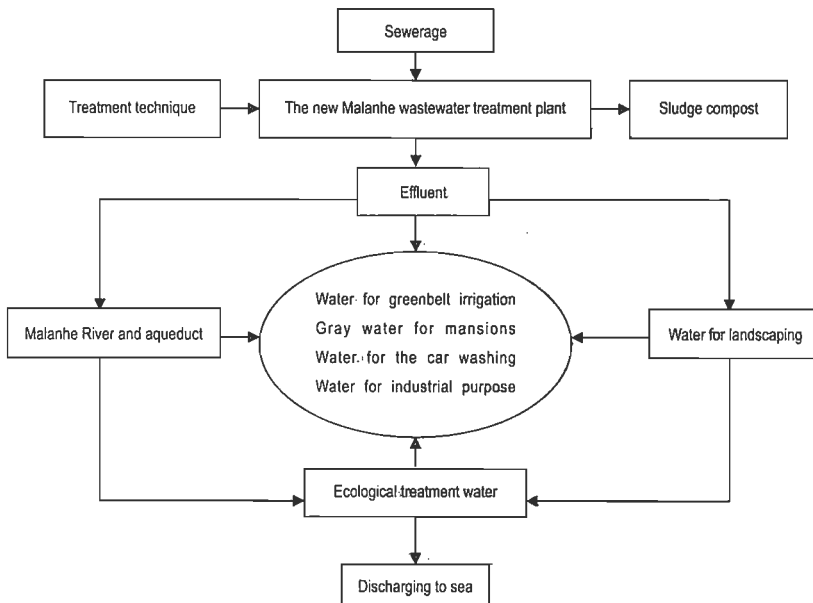
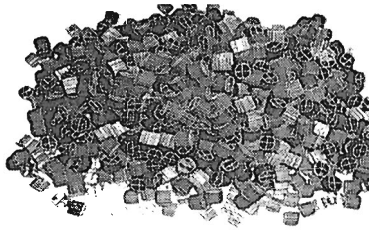
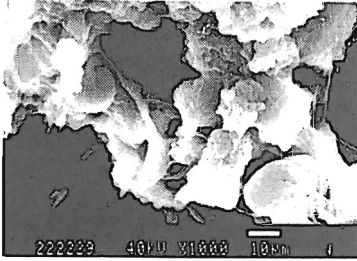


Fig. 3 Technological project of 3-R of wastewater in Dalian city

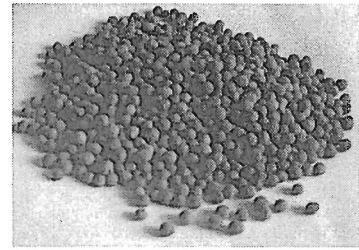


a

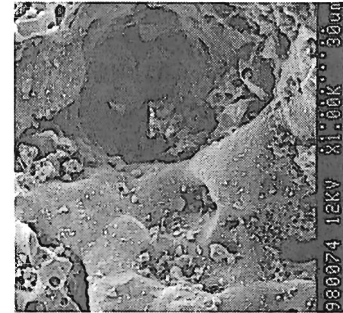


b

Fig. 4 Biomass carriers used for MBBR  
 (a) Appearances of carriers;  
 (b) Scanning electron microscopic photograph of attached biomass on carriers



(a)



(b)

Fig. 5 Biomass carriers used for BIOFOR  
 (a) Appearances of carriers;  
 (b) Scanning electron microscopic photograph of biomass carriers for BIOFOR

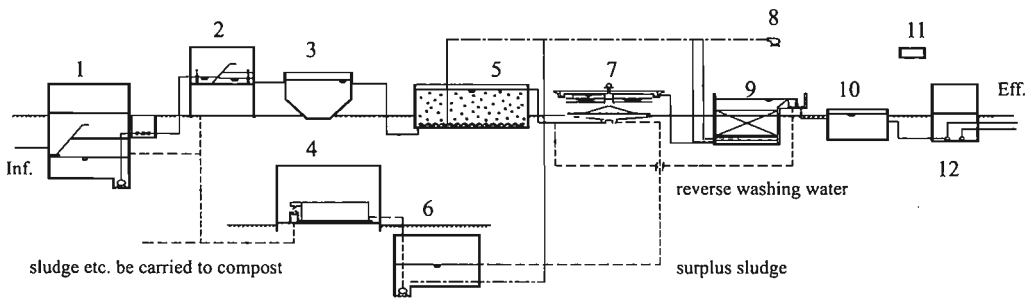


Fig. 6 Process flow chart of the wastewater treatment  
 (1) influent tank; (2) thin grids; (3) vortically flowing precipitator of sand; (4) spin-drier of sludge;  
 (5) MBBR; (6) steady tank of sludge; (7) the second precipitator; (8) blower; (9) BIOFOR;  
 (10) effluent tank; (11) device of chlorid put in; (12) pumps

Table 6 Treatment performance of MBBR combined with BIOFOR

Flow rate (m <sup>3</sup> /day)	HRT (h)	Influent (mg/l)				Effluent (mg/l)			
		COD	BOD	SS	NH <sub>4</sub> -N	COD	BOD	SS	NH <sub>4</sub> -N
15	2.7	269	126	210	19.1	23.4	6.8	2.1	<0.2
20	2.0	317	148	170	19.9	24.14	7.2	1.8	<0.2
20	2.0	235	110	162	19.03	22.1	5.6	2.0	<0.2

Temperature: 25 ~ 30°C



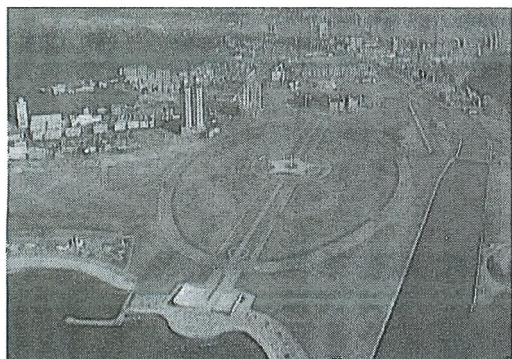


Fig. 7 Water for greenbelt irrigation in Star Sea Bay Square

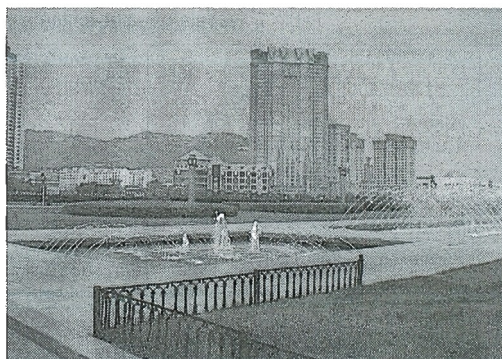


Fig. 8 Water for landscaping in Star Sea Bay Square

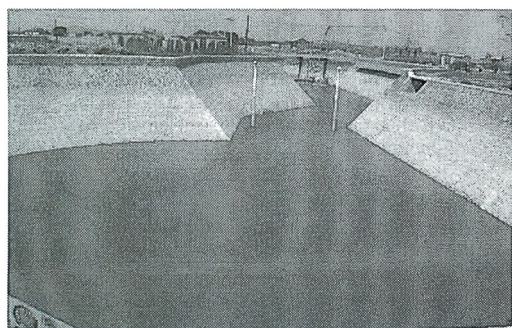


Fig. 9 Pond for rainwater collection



Fig. 10 Experimental apparatus of artificial wetland

2) 春柳河下水処理場の処理能力を2008年までに16万 $\text{m}^3$ /日に拡大する計画である。その処理水の活用先は、大連石油化学工業用水として4万 $\text{m}^3$ /日、熱電併給事業用水として1万 $\text{m}^3$ /日、緑地の灌漑用水と景観用水として3万 $\text{m}^3$ /日計画されている。

3) 2008年までに、大連市の7つの他の下水処理場の処理能力の総和が31.5万 $\text{m}^3$ /日に達する計画である。その結果、2008年には、大連市内で排水処理能力が675万 $\text{m}^3$ /日、下水普及率は96.5%に達する。

4) 雨水の集水量を現在の220万 $\text{m}^3$ /年から2008年までに500万 $\text{m}^3$ /年に増加させる。

5) 海水の淡水化総量は3.2万 $\text{m}^3$ /日増加させる。

大連市は節水型社会の建設を目指して、2008年までの目標をTable 7のように設定している。

## 5. まとめ

本報では、中国北部地域の都市における水環境問題の

現況を分析し、水量不足、水質汚染、降水量の分布不均衡、地下水過剰揚水、低い水利用率など問題点を紹介した。南水北調プロジェクトや水について法律や条例、4R (Reduce, Reuse, Recovery, Recycle)の原則など対策も紹介した。最後に、中国の大連市内で水循環経済及び現在進行中の水質改善技術「863計画」と将来展望を紹介した。

## 参考文献

- 1) 国際協力銀行開発金融研究所：中国北部水資源問題の実情と課題－黄河流域における水需給の分析、JBICI Research Paper No.28 (2004)
- 2) 中華人民共和国水利部：「2001年中国水資源質量年報」(中国語) (2002)
- 3) 中華人民共和国水利部：「2000年中国水資源質量年報」(中国語) (2001)
- 4) 中華人民共和国水利部：「2002年中国水情年報」(中国語) (2004)
- 5) Ministry of Water Resources of P. R. China: Water Resources Bulletin 2002 (2004)
- 6) Ministry of Water Resources of P. R. China: Annual

Table 7 Goals of establishing a water-saving-oriented society in Dlian city<sup>(11)</sup>

No.	Items	Present Datum	Future Goals	Comparisons
1	Amount of water use for 10 <sup>4</sup> Yuan RMB GDP (m <sup>3</sup> )	66	45	That was 580 in China in 2002; 138 and 105 in Beijing and Tianjin of China in 2000; 85 and 31 in USA and Israel in 1999, respectively.
2	Water utilization efficiency of irrigation	0.40~0.45	Typical 0.65; General 0.50	That is 0.40~0.42 in China; International advanced level is 0.7~0.8 now; and 0.53 in Tianjin of China in 2000.
3	Water use for 10 <sup>4</sup> Yuan of agricultural increased value (m <sup>3</sup> )	353	242	That was 2553 in China in 2002 and 1770 in Beijing in 2001, respectively.
4	Water use for 10 <sup>4</sup> Yuan of industrial increased value (m <sup>3</sup> )	36	32	That is 25 to 35 in advanced countries, 268 in China in 2002; 109 and 56 in Beijing and Tianjin of China in 2001; 18.8 in Japan in 1999, respectively.
5	Water reuse ratio of industry (%)	82	84	That is 55% in China now; 90% in the center of Beijing, 94.5% in USA in 2000.
6	Leakage loss ratio by water pipe lines (%)	19	18	That is 12% in China now and 15.7% in 2001 and 12% in 2003 in Tianjin of China, <6% in USA.
7	Water-saving equipment use ratio (%)	Center: 50; Suburb: 30	Center: 70; Suburb: 50	That is 60% and 30% in the center and suburb of Tianjin of China; and 70% in the center of Beijing, respectively.
8	Amount of domestic water use per capita (l/d)	Urban: 209; Rural: 74	Urban: 230; Rural: 76	For urban capita: that was 218 in China, 291 in Beijing, 174 in Tianjin and 382 in USA; for rural capita, that was 92 in China, 168 in Beijing, 93 in Tianjin and 303 in USA, respectively, in 2002.
9	Ratio of wastewater treatment (%)	40	70	That is about 15% in China, 58.8% in Tianjin, and 84% in England now.
10	Recycle ratio of wastewater treatment	10%	30%	That is above 70% in advanced countries, 72% in USA and <10% in China now.
11	Amount of seawater used directly (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /y)	12.4	16.0	That is 15 billion m <sup>3</sup> in China now; 1.4 billion in Tianjin and above 75% of toilet washing water is seawater in Hong Kong.
12	Amount of seawater desalt (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /y)	150	500	That is 10 million m <sup>3</sup> in China now and above 3 million m <sup>3</sup> in Tianjin.
13	Amount of rain water use (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /y)	220	500	That is 23 million in Denmark in 2000.
14	Ratio of planning water utilization (%)	95	98	That is above 95% in advanced water utilization cities of China.

Report-MWR 2003 (2004)

7) Ministry of Water Resources of P. R. China: 2003 Statistic Bulletin of Water Sector (2004)

8) National Environmental Protection Standard, GHZB 1-1999, Surface Water Environmental Quality Standard

9) <http://www.nsb.gov.cn/nsbd/intro>

10) <http://www.lvy.cn>

11) 中華人民共和國科學技術部：「863計画—大連市で節水型社会の建設目標」（中国語）（2003）

（受付 2005. 2. 4）

（受理 2005. 2. 16）