

黄河の水質汚染改善を目指して

大沼あゆみ研究会

水パート

江尻 真穂
加藤 祐一
白須 誠
馬場 淳

目次

序章

第1章	水環境の現状
1. 1	水環境の将来像
1. 2	水に関する世界的な環境問題
1. 3	水の用途
1. 4	水循環とは
1. 5	温暖化による降水量の変化
1. 6	個別河川の流量予測
1. 7	水の汚染原因
第2章	中国における水問題
2. 1	水不足
2. 2	中国における水質汚染
2. 3	中国における地下水問題
第3章	黄河における水問題
3. 1	概要
3. 2	水不足
3. 3	特徴
3. 4	断流
3. 4. 1	断流の特徴
3. 4. 2	影響
3. 4. 3	原因
3. 4. 4	防止への解決策
3. 5	黄河の水質汚染の現状（黄河全体）
3. 6	黄河の水質汚染による影響
3. 6. 1	農業に与える影響
3. 6. 2	漁業に与える影響
3. 6. 3	人体に与える影響
3. 7	黄河の水質汚染の現状
3. 7. 1	企業部門
3. 7. 2	生活部門
第4章	黄河の水質汚染改善にむけての取り組み・問題点
4. 1	企業部門
4. 2	生活部門
4. 3	中国の地方分権
第5章	モデル分析
結論	
参考文献	

序章

近年、中国が世界全体の経済に影響を与えうるほどの目覚ましい発展を遂げていることは周知の通りである。日本をはじめ、先進国の経済が年率数%の低成長である今、中国経済は2004年前半の実質国内総生産（GDP）も前年度比9.7%増と、世界各国の中で突出して高い伸びを示した。2001年にはWTOに加盟し、各産業にさらなる発展のチャンスが与えられた。しかし、このような経済発展に必ずと言っていいほど伴ってくるのが、環境問題という大きな問題である。日本でも高度経済成長期には水俣病などの公害を経験してきた。中国も例にもれず、現在、水質汚染をはじめ様々な環境汚染が問題となっている。わたしたちはここで黄河の汚染について注目した。黄河の水は中華民族五千年の文明を育ててきた。しかし、人口の増加と経済発展に伴って、水資源の利用量が大きく増加し、有限の黄河の水量に重い負担をかけ、1990年代には黄河下流域に断流が毎年発生した。このことに加え工業排水・生活廃水が増加したことによって、黄河の水質は著しく悪化した。このことは、河口地域生態環境に悪影響を与えるだけでなく、黄河流域の農業用水・工業用水・生活用水の利用にも支障を来し、中国全体の経済発展を妨げる可能性も出てくるだろう。では、経済発展を妨げることなく黄河の汚染を改善する方法はないだろうか。

第一章では、中国・黄河の事例を挙げる前段階として、水環境について述べる。水に関する環境問題は様々であり、それらは世界的な問題となっている。現在、世界がどのような環境問題に直面しているのか、まずそこから知って頂きたい。

第 1 章：水環境の現状

1.1 水環境の将来像

水に関する環境問題は我々の生活している先進国のみならず、途上国でも深刻な問題となっている。その原因として考えられるのは、急激な人口増加や都市開発・産業の発展などである。その中でも人口増加が水環境に対して大きな影響を与えている。地球上に存在する水は、雨や雲などのさまざまな形で存在しているが、絶対的な量の変化はほとんどない。それに比べて世界の人口は急激に増加しており、2025年には80億人、2050年には90億人にも達すると言われている（下図1・2、表1・2参照）。その中でも途上国の増加は驚異的で、アフリカにいたっては1990年の約3倍になると予測されている。もし、このままのペースで世界中の人々が水を消費し続ければ、48カ国27億人が深刻な水不足に直面するだろう。

表1：各地域の人口比率の変化予測（単位：100万人）

年	Asia	N. America	S. America	Europe	Africa	Oceania	Total
1950	1,398	226	113	547	221	13	2,518
1960	1,701	274	148	604	277	16	3,020
1970	2,143	324	192	656	357	19	3,691
1980	2,632	375	242	692	470	23	4,434
1990	3,168	429	296	722	622	27	5,264
2000	3,680	489	347	728	796	31	6,071
2010	4,149	547	396	720	984	35	6,831
2020	4,570	601	438	705	1,188	38	7,540
2030	4,887	647	472	685	1,398	41	8,130
2040	5,103	681	497	661	1,608	44	8,594
2050	5,222	706	510	632	1,803	46	8,919

図 1：各地域の人口比率の変化予測

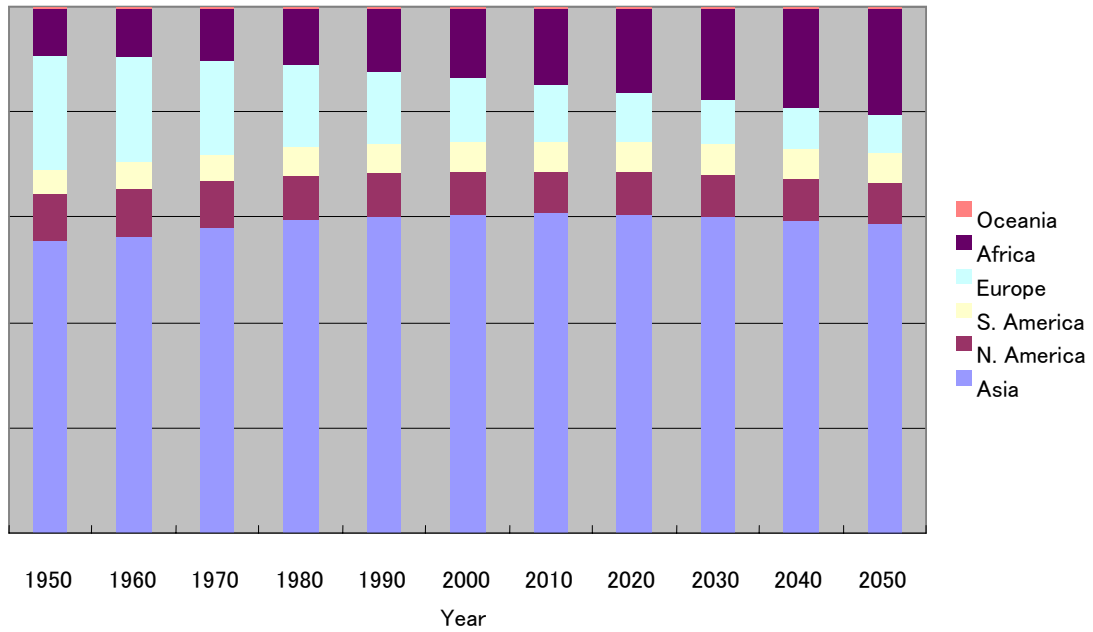
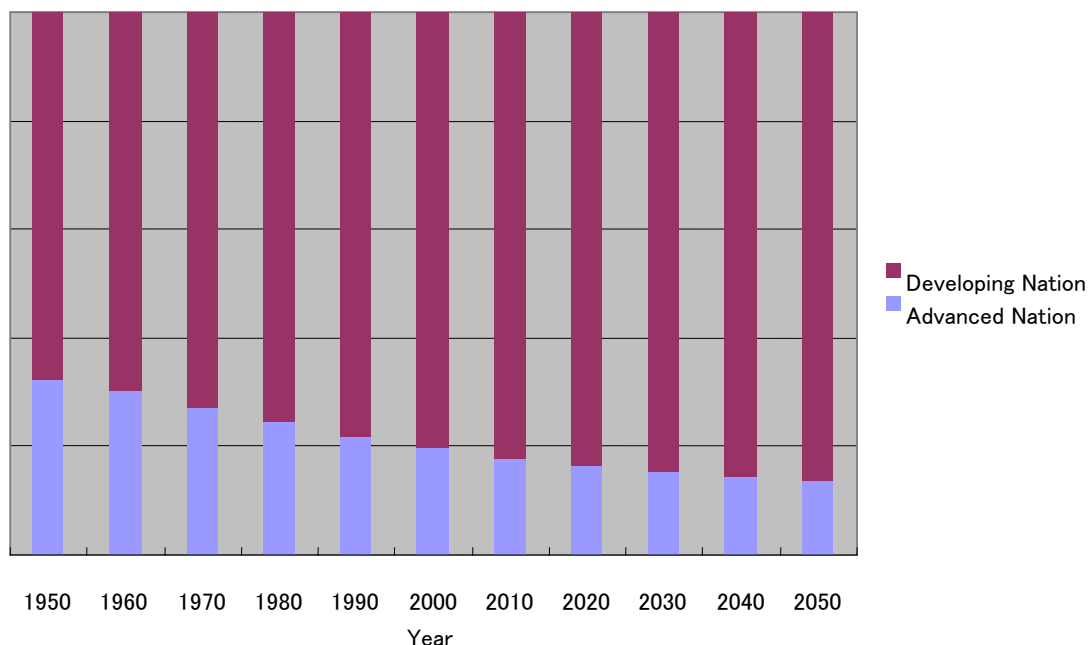


表 2：先進国と途上国との人口比率の変化（単位：100 万人）

	Advanced Nation		Developing Nation	
	Percentage (%)	Number	Percentage (%)	Number
1950	32.3	813	67.7	1,705
1960	30.3	915	69.7	2,105
1970	27.3	1,008	72.7	2,683
1980	24.4	1,082	75.6	3,352
1990	21.8	1,148	78.2	4,116
2000	19.7	1,196	80.3	4,875
2010	17.9	1,223	82.1	5,608
2020	16.4	1,237	83.6	6,303
2030	15.3	1,244	84.7	6,886
2040	14.4	1,238	85.6	7,356
2050	13.7	1,222	86.3	7,697

図 2：先進国と途上国との人口比率の変化



(総務省統計局よりデータ抜粋)

1.2 水に関する世界的な環境問題

ここからは、水に関する環境問題の種類とその説明をしていく。ここでは、大きな問題として水質汚染・地下水の過剰摂取・都市化の影響・温暖化の4つの環境問題について説明していきたい。

①. 水質汚染

先ほど説明したような、急激な世界人口の増加やそれに伴う工業の発展は深刻な水質汚染を引き起こしている。特に工業の発展ばかりに力を入れすぎて、排水などを流す下水道の整備が行われていない途上国では、著しい水質汚染が問題となっている。実際に国連は、途上国の中で12億人が汚れた水を飲み、30億人が下水施設の未整備な地域に住んでいると発表している。水質汚染は単なる飲み水の質が悪くなって飲むことが不可能になるだけでなく、その他にも我々の生活に様々な影響を与えている。その中でも病気にかかる確率が増えてしまうことが、世界的に見て最も大きな問題である。途上国の中で病気にかかっている原因の80%は汚水が原因であり、それによって8秒に1人の割合で子供が死んでいるとの統計結果も出ている。

②. 地下水の過剰摂取

人口増加に伴って発生する食料増産のために灌漑が無制限に行われれば、過剰な地下水の汲み上げが行われ、これに伴う地下水位の低下・地盤沈下が発生する。地下水の過剰摂取の影響は水循環全体に現れ、地下の水質の悪化や河川流量の減少などによって生態系にまで及ぶ問題に発展している。実際に中国の華北平原では国内の穀物の約 40%を生産しているのだが、ここの大半の地域で地下水位が 1~1.5m ずつ低下している。

③. 都市化による影響

人々はよりよい生活環境を求めるために、ビルの建設などの都市化が行われる。洪水による被害が増大するのはこれに伴う土地利用の変化や、森林の過剰伐採によって洪水が発生した際の水量が増えることが理由として挙げられる。その他にも、人口急増によって危険な区域に人が住むようになったことも理由である。急激な人口増加は都市部において顕著であり、水供給に限界を迎えた国々では都市の増大する水需要を満たすために灌漑用水を転換利用している。また、水資源開発施設を建設することによって都市周辺、あるいは遠方から都市に大量の水を集めている。さらにこの水は都市において大量に消費されるとともに、大量の下水が発生している。

④. 地球温暖化

近年問題になっている地球温暖化は世界の気候に影響を与え、そしてそれによって発生する水循環の悪化が洪水や渇水被害をより大きく、かつ頻発させる原因となると考えられている。その結果、世界の多くの地域に深刻な影響を与えている。温暖化によって予想される海面上昇が発生する地域は、バングラデシュ・中国・エジプト・ナイジェリアのような標高の低い沿岸地域に多くの人々が住んでいる地域で、大規模な川の氾濫が発生するのではないかという不安を与えている。

1.3 水の用途

地球上には豊富な水が存在しているように見えるが、その大部分は海水で、人間が利用する淡水は全体の約 2.5%である。さらに、淡水の大部分は南極・北極地域などの氷として存在しており、河川や湖沼に存在する淡水は地球上の水の 0.008% (10 万 5000 平方 km) となっている。現在、世界の水需要は約 5000 平方 km (5 兆トン) で、淡水総量の約 5%である。その用途としては、農業が 65% (3 兆 2500 億トン)、工業に 25% (1 兆 2500 億トン)、生活用に 9% (4500 億トン) という内訳となっている。しかし、今後世界人口の増加と食料需要の増加に伴い、水需要も増加すると見込まれている。2025 年には 1995 年と比べ農業用水の年間使用量は 26%増加すると推測される。また、経済成長や生活水準の向上など

によって工業用水は 55%、生活用水は 82%増加するとみられている。その結果、世界全体の年間水使用量は約 1300 平方 km 増加するということになる。

1.4 水循環とは

地球上では、太陽エネルギーによって地表の水面（主に海）から蒸発した水蒸気が雲・雨・雪となり、地表面に注がれる事によって循環している。これを水循環という。地表面に降った雨（雪）は河川を経て海に戻ってくるが、その間主に次の 3 つの経路に分かれて循環している。

① 動植物による利用

土壌表面で全ての動植物によって利用される。

② 蒸発

水面から蒸発して水蒸気となる。大気中の水蒸気は約 1%。

③ 地下水

地下に浸透して地下水となり、地下水層に流れ込む。この地下水層には流速が比較的早く、数年で供給され循環しているものと、化石燃料と同じように数千年を経なければ供給されない化石帯水層がある。後者は、数千億年の地球の循環によって生み出されたものであり、ストックは膨大であるが、その供給スピードは極めて緩やかであり、長期間にわたって循環している。そのため、化石帯水層をそれが供給される速度以上に汲み上げて利用した場合、地球の水循環が攪乱され、持続不可能な状態となる。

しかし、近年生活の利便性や快適性、安全性の向上や産業経済活動の拡大のため、生活用水・工業用水の確保や、治水や灌漑、上下水道や水路整備など人為的な水循環が構築されてきた。このため、水循環が単調化し阻害され、水環境保全の観点から見過ごすことのできない状況と認識されている。また、水は農業用水、工業用水、生活用水など多くの用途を有しているため、水が汚染されてしまうとあらゆる場面で悪影響を及ぼす可能性がある。

1.5 温暖化による降水量の変化

地球温暖化によって世界の降水量にどのような変化がもたらされるかについて述べる。そこで、2081 年から 2100 年の世界の気温と降水量を予測すると、世界全体の平均気温は 2.7 度、陸上においては 3.7 度上昇する。降水量に関しては、インドからアジアにかけて 0.1～0.2mm/日増加し、地中海周辺から中近東にかけては 0.1～0.5mm/日減少するとみられている。このように、元々降水量の多い地域では増加が見られ、降水量の少ない地域では減少が見られるため、降水量の地域差がさらに開くようになる。

1.6 個別河川の流量予測

1.5 で述べた降水量の変化によって、河川の流量にも変化が生じる。例としてライン川では 12%減少し、ナイル川では 14%増加する。そして黄河では 10%増加する。

1.7 水の汚染原因

ここでは、一般的な水の汚染原因について述べる。その原因は 4 つ挙げられる。

①有機汚濁

食物や動物の死骸などの有機物によって水環境が汚染されること。有機物は流入量が少なければ、水中の微生物によって分解される。これを自浄作用という。しかし、分解可能量を流入量が上回る時、汚濁が進み分解しきれない有機物はヘドロとして堆積していく。有機物が分解される時酸素を消費するため、有機物流入量が多いと水中の酸素が過度に消費され、無酸素状態となる。

②有害物質による汚染

水域の生物に微量でも悪影響を与える有害物質による汚染。重金属、PCB、ダイオキシン類、農薬など、主に産業排水から流出されるが、生活廃水の中にも水生生物に悪影響を与える界面活性剤や助剤が含まれている。

③富栄養化

植物プランクトンの養分となる栄養塩類（窒素、リン、カリウム）が増加することである。窒素やリンが急速に増加することによって植物性プランクトンが急増し、生態系のバランスを崩す。その結果、動植物の死骸などの有機物が増加し、有機汚濁にもつながりうる。

④無機懸濁物質による汚染

土砂などの無機物によって水が濁ることである。無機物は酸素消費を起こさず生物に有害ではないが、水が濁るため見た目が汚くなる。合成洗剤の助剤として使用されるゼオライトがこの無機懸濁物質の例として挙げられる。

第 2 章からは中国における水環境について述べる。我々水パートが中国に着目した最たる理由は、近年の目覚ましい経済成長により、現在の中国が間違いなく世界で一番注目されている国だからである。しかし、その経済成長の裏で中国は大気汚染や水質汚染といった様々な環境問題に悩まされている。なかでも、水質汚染は中国全体の問題である。また、地上水の汚染による地下水依存の進行により、地下水の過剰摂取による水質汚染以外の環境問題が発生している。これから北京オリンピックや上海万博といった国家レベルの祭典が行われ、更なる経済発展が期待される中国。中国における水質汚染や水をとりまく環境問題の解決はこれからの中国の経済発展の為には急務である。

第 2 章：中国における水問題

2.1 中国における水不足

水不足の問題は黄河のみではなく、中国全体の深刻な問題になっている。それを表したのが下の表である。この表には中国と比較しやすいように、国ではなく世界全体のデータをのせた。

表 3：世界の水資源との比較

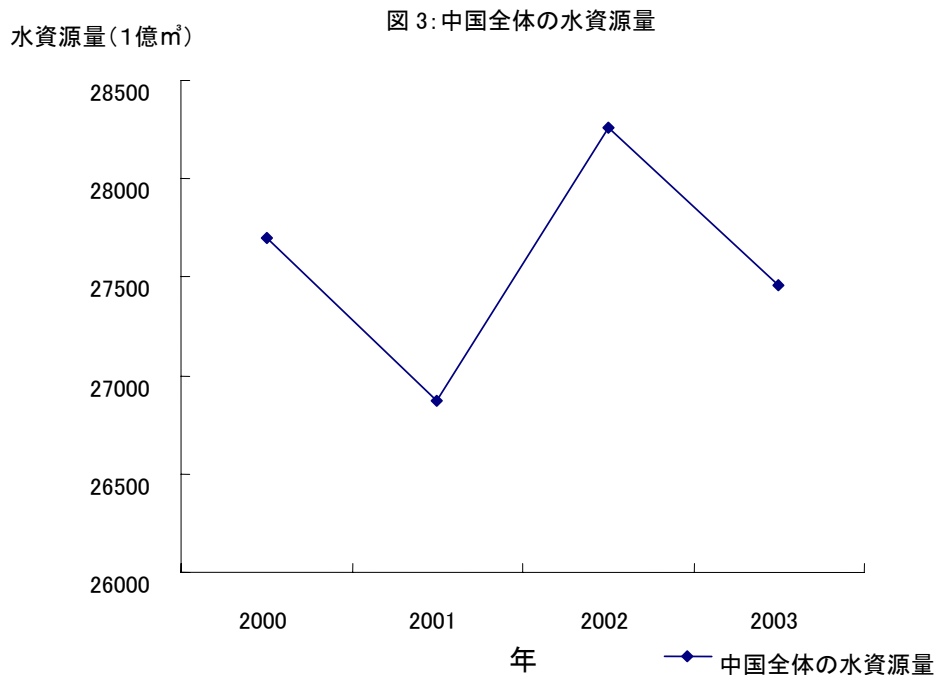
国名	人口	面積	年降水量	年降水総量	一人当り年降水量	水資源量	一人当り水資源量
単位	(万人)	(千 k m ²)	(mm/年)	(10 億 m ³ /年)	(m ³ /年・人)	(k m ³ /年)	(m ³ /年・人)
世界	576800	135641	973	131979	22881	41022	7112
中国	123208	9597	660	6334	5141	2800	2273

(環境年表 2002/2003 より作成)

上の表から、中国は一人当りの年降水量では世界平均の 22.48%、水資源量では世界平均 6.83%、一人当たりの水資源量は世界平均の 31.96%であることが読み取れる。この数値的データから世界的にみて中国が水不足に悩まされていることが分かる。

これからいくつかのグラフを用いながら、さらに中国における水不足がいかなるものかを見ていく。

下のグラフは 2000-2003 年の中国における水資源量の推移 (図 3) と、中国全体の水供量と中国全体の水使用量(図 4)を表している。



水供給量(1億m³)

図 4: 中国全体の水供給量と水消費量

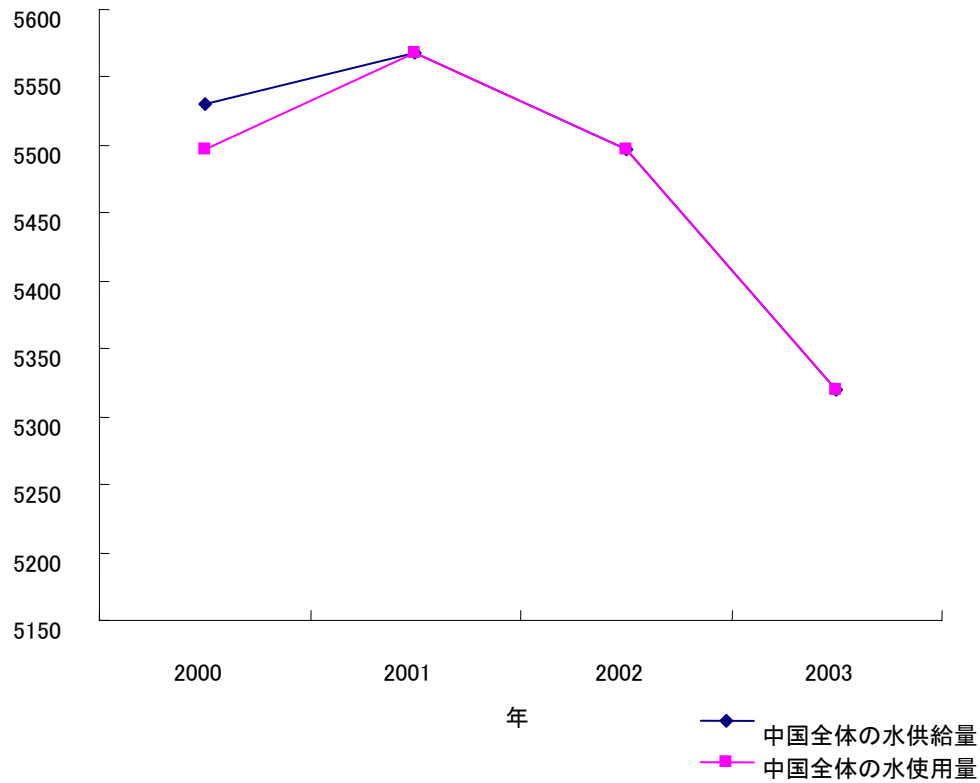


図 3 からは、中国が現在水不足であるという結論には至らないが、図 4 を見ていただければその結論に一步近づくだらう。図 4 では、水供給量、水消費量ともに年々減ってきていることが分かる。これより、中国の水不足は年々ひどくなってきていると分かる。

今までは中国における水不足の現状を見てきた。次からは、中国における水質汚染の現状を見ていく。

2.2 中国における水質汚染

中国では以下のように水質基準が定められている。

表 4：中国の水質基準

分類	利水	pH	溶存酸素(mg/l)	BOD(mg/l)
I 類	主に水源、国家自然保護区	6.5-8.5	飽和率 90%	3 以下
II 類	主に集中式生活飲用水源地	6.5-8.5	6	3
	珍貴魚保護区等			
III 類	主に集中式生活飲用水源地	6.5-8.5	5	4
	一般魚類保護区等			
IV 類	主に一般工業用水	6.5-8.5	3	6
	人体非接触用水等			
V 類	主に農業用水、一般景観水域	6.0-9.0	2	10

分類	大腸菌(MPN/100ml)	COD(mg/l)	T-P(mg/l)	T-N(mg/l)
I 類		15 以下	0.02	0.5
II 類		15 以下	0.1	0.5
III 類	10000	15	0.1	1
IV 類		20	0.2	2
V 類		25	0.2	2
	(個/l)			(ケルダール窒素)

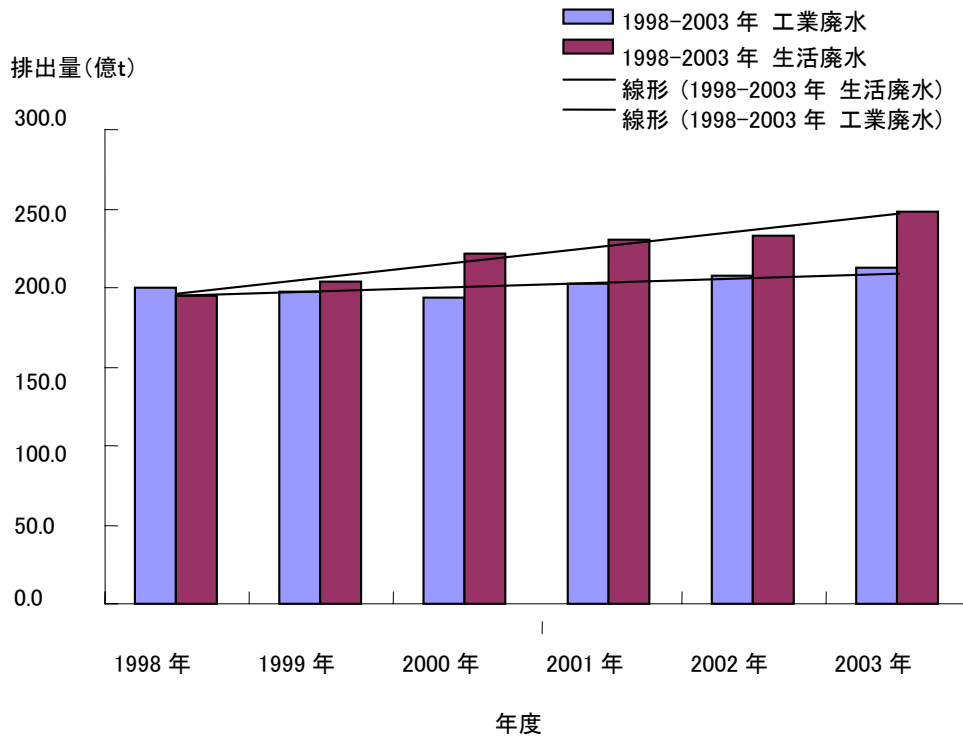
上の表のように、中国の環境基準は汚染の軽い順に I から V までの類型を定めており、飲用水の水源として適用されるのは I ～ III 類で、VI 類は工業用水及び人が直接接触しない娯楽区域、V 類は農業用水に適用されることと定められている。V 類超過とは、V 類の基準を満たさないほど汚染が深刻である水域であることを指す。

中国でどれくらいの量の廃水が排水されているのかを表したのが下の表とグラフである。廃水排出量は工業部門と生活部門に分かれている。

表 5：中国全体の廃水排出量の推移

(年度)	工業(億t)	生活(億t)	合計(億t)
1998	200.5	194.8	395.3
1999	197.3	203.8	401.1
2000	194.3	220.9	415.2
2001	202.6	230.3	433.0
2002	207.2	232.3	439.5
2003	212.4	247.6	460.0

図 5:1998-2003 年 廃水排出量の推移



汚水の原因となる廃水について、量の推移（1998～2003 年度）を見ると、生活廃水が増加している（上の線形）。この主たる要因は、都市化の進展と考えられる。中国の都市では、人口が増加し、また、大量に水を消費する生活様式が増えてきたため、汚水処理施設の整備や水資源の再利用等が重要であるが、2003 年度の都市の生活廃水の処理率は 36.1%と低く、上下水道インフラの整備も進んでいないのが現状だ。このまま大量の汚水が河川に垂れ流される状況が続けば、市民の安全な生活が脅かされ、また水不足によって経済成長へ悪影響を与えることは必至である。こうした観点から、汚水処理施設の増設等は、各都市にとって喫緊の課題である。

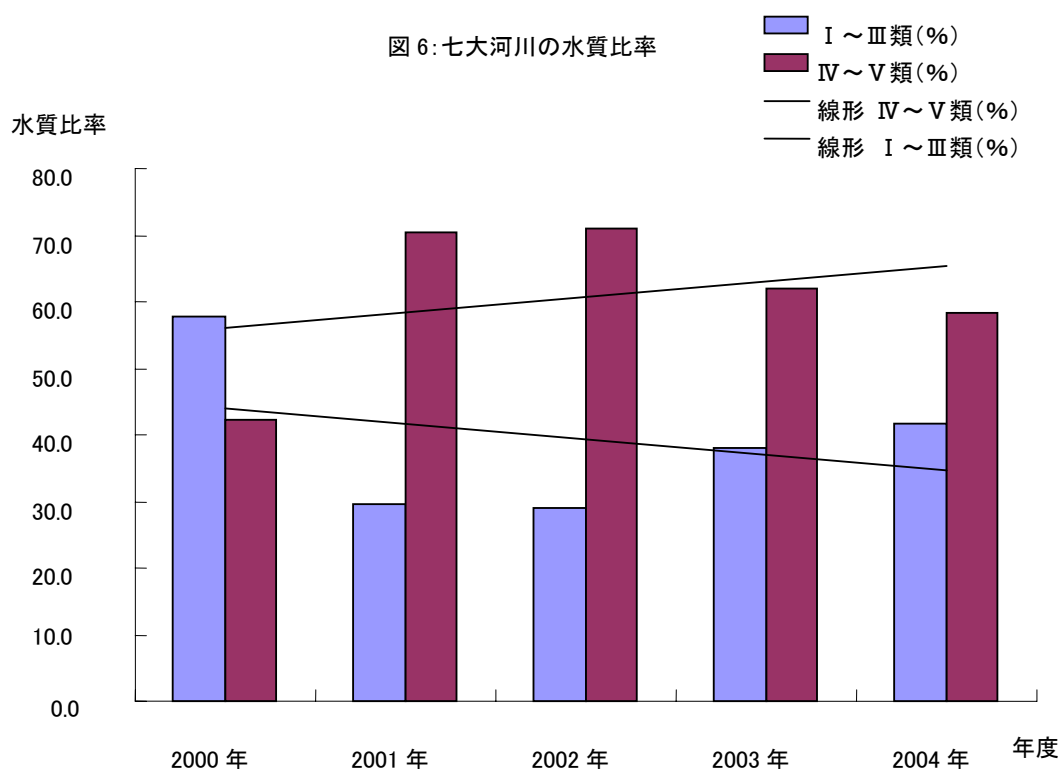
他方、工業廃水は、生活廃水に比べて増加率が小さく、ほぼ横ばいである（下の線形）。また、汚水処理についても、工業汚染源規制の強化に伴って、処理施設の導入が進み、国家環境保護総局によると、2003 年度、工業廃水排出量に占める排出基準達成量の割合は約 89%に達した。

廃水は川に排水されている。では、中国の川ではどのような水質汚染が起こっているのか、さきほどの水質基準を用いながら中国七大水系の水質汚染の現状を見ていく。

七大水系とは長江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、遼河の中国における七大河川のことであり、表 6 と図 6 は 2000-2004 年のデータである。

表 6：主要河川の水質比率

	I～Ⅲ類(%)	Ⅳ～Ⅴ類超過(%)
2000年	57.8	42.3
2001年	29.5	70.5
2002年	29.1	70.9
2003年	38.1	61.9
2004年	41.8	58.2



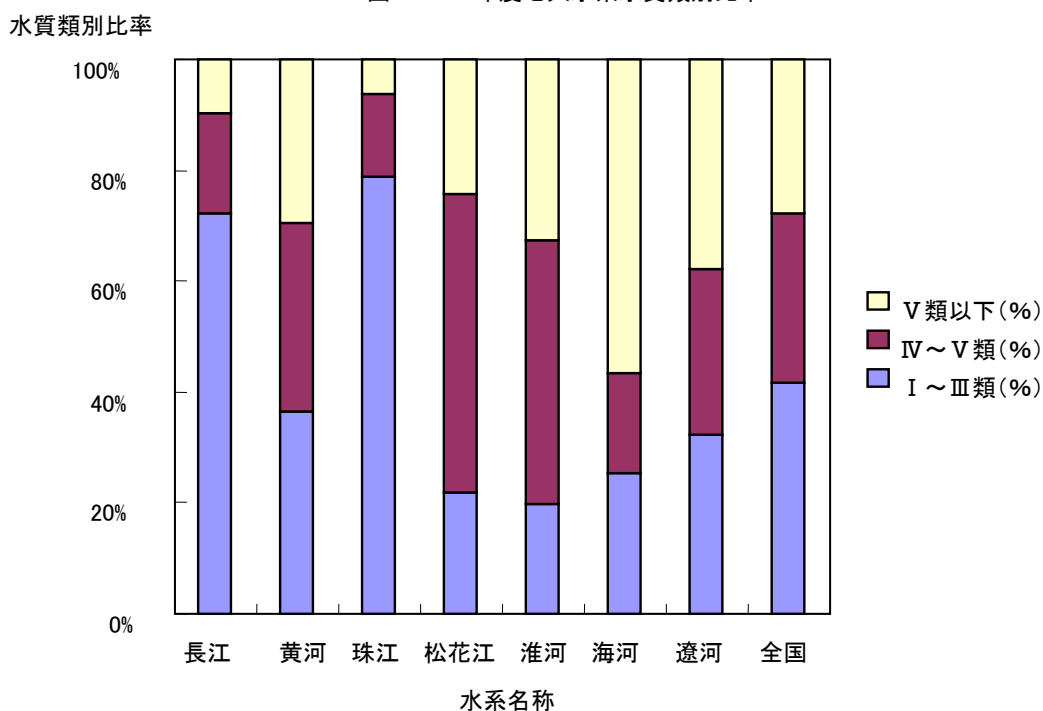
近年においては、水質改善の傾向が見られるものの、人が直接接触することに適さないほど汚染された水域が、主要河川の 6 割以上の水域を占めており、全体的に、水質汚染はいまだに深刻な状況にあると分かる。図 6 では上の線形がⅣ～Ⅴ類超過の水質基準で、下の線形が I～Ⅲ類の水質基準を表している。2000 年度から 2004 年度にかけて、Ⅳ～Ⅴ類超過の水質基準が増えていき、I～Ⅲ類の水質基準が減っていることが分かる。

次は 2004 年にクローズアップして、さらに細かい主要河川の水質汚染の現状を見ていきたい。

表 7：2004 年度七大水系水質別比率

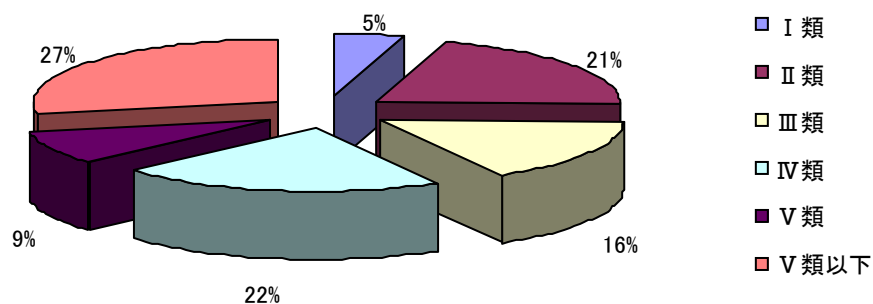
水系名称	I～Ⅲ類(%)	Ⅳ～Ⅴ類(%)	Ⅴ類以下(%)
長江	72.1	18.3	9.6
黄河	36.4	34.1	29.5
珠江	78.8	15.1	6.1
松花江	21.9	53.7	24.4
淮河	19.8	47.6	32.6
海河	25.4	17.9	56.7
遼河	32.4	29.7	37.9
全国	41.8	30.3	27.9

図 7:2004 年度七大水系水質類別比率



2004 年度七大水系水質モニタリング断面 412 ヶ所のうち、I～Ⅲ類、Ⅳ～Ⅴ類、Ⅴ類以下の水質断面の比率はそれぞれ、41.8%、30.3%、27.9%だった。七大水系全体の水質は基本的に前年並みの水準で、長江、珠江の水質は比較的良好。黄河、松花江、淮河、遼河の水質は比較的劣り、海河の水質は劣っていた。主要汚染指標はアンモニア性窒素、BOD、過マンガン酸塩指数、及び石油類である。

図 8: 七大水系水質類別比率



上の棒グラフは河川ごとのグラフであったが、この円グラフは水質ごとにまとめたものである。飲用水の水源として適用される I～III類は全体の 42%で、それ以外は 58%と、2004 年度でもこれだけの水質汚染があると分かる。

2.3 中国における地下水問題

ここでは中国における地下水問題の具体例として、黄河流域の華北平原を取り上げる。黄河流域の華北平原では約 2.9m ずつ平均地下水位が低下している。地下水の過剰な汲み上げによって、広い範囲で浅い地下水の枯渇が目立つようになってきており、近年では雨などの降水で補給されるだけしか汲み上げは出来なくなっている。深層の地下水を汲み上げればよいのだが、降水ではそこまで補給できないので、すぐに枯渇してしまう。

地下水位の低下によって発生する問題として挙げられるのは、まず湖沼や川の消失である。実際に黄河流域の地下水の過剰摂取によって、河北省にあった湖のうち 1052 ヶ所が消失し、現在残っているのはわずか 83 ヶ所である。このまま過剰摂取が続けば、帯水層にまで摂取の手が及び、それがさらに枯渇したら水位の低下はそれまで以上のペースで引き起こることになるであろう。

次に挙げられるのは、地盤沈下の発生である。中国水利省によると、2002 年の中国北方地域における地下水埋蔵量は 94 年に比べて約 600 億 m³ 減少し、河北省のみで見ると約 160 億 m³ 減少している。このような過剰汲み上げによって引き起こされる地盤沈下は中国国内で約 50 件発生しており、北京では 50 年代から現在まで毎年 1m ずつ水位が低下しており、これが地盤沈下の原因となっているとされている

*表 4～7、図 3～8 は国家環境保護総局「中国環境状況公報」各年版から作成

第三章では黄河における水環境について述べる。第2章で中国（七大水系）の水質汚染の深刻さが分かって頂けたと思うが、中国全土の水質汚染を扱うのはあまりにもスケールが大きい話になるので、我々水パートはその七大水系の中でも黄河に着目した。

我々水パートが黄河に着目した理由はいくつかある。まず、黄河の水は黄河文明を始め、中華民族五千年の文明を育ててきたということ。そして断流（詳細は第三章にて述べる）という黄河にしかない現象が起こっていたこと。かつ、中国の食糧生産については基本的に自給を達成してきたが、黄河の水質汚染や水不足における黄河流域での農作物の収穫量の低下や中国全体での人口増加などにより中国が農作物の自給自足が出来なくなった場合、世界の食料事情が変わってしまう可能性もあるからである。

第3章：黄河における水問題

3.1 黄河の概要

黄河は中国北部を流れる川であり、チベット高原から青海省、四川省、甘肅省、陝西省、寧夏回族自治区、内蒙古自治区、山西省、河南省、山東省の9省・自治区を通過して山東省墾利県より渤海へ流入する。総延長は5,464km（中国では長江に次いで2番目の長さ）、水源の標高は4,800m、流域面積は752,443 km²である。

黄河の上流、中流、下流の定義は以下のようになっている。

- ・上流：源流から内モンゴルの河口鎮まで、3,472km
- ・中流：河口鎮から河南省鄭州市桃花谷まで、1,206km
- ・下流：桃花谷から河口まで、786km。天井川。

*天井川：砂礫の堆積により川床が周辺の平面地よりも高くなった川。

（中国では川床が地面より平均4～6m高い。最も高いところは10m。）

黄河流域は乾燥地域、半乾燥地域に分かれており、580億m³/yの水量がある（中国で第4位の水量。総量の算出方法＝流域全体での雨量－蒸発量－地下水涵養量＝580億m³/y）。

黄河の水を利用している耕地面積は全国の15%、流域人口は1.72億人で全国人口の15.1%である（2002年現在）。黄河の水の使用状況は農業用灌漑用水（1950年代は1200万畝、1990年代では1.1億畝まで増えている）、工業用水、生活用水（50都市2,727万人。2002年現在）が主な利用となっている。

3.2 黄河の水不足

黄河の概要で黄河の総水量が580億m³/yと書いたが、この総量は年々728億m³/y、453億m³/y、350億m³/y（1999年現在）と減少しており、現在も減少し続けていると考えられる。黄河流域の水資源量は全国の水資源量の2%。一人当たりで考えると、543l/yで全国平均の25%、307 m³/mu（2 m³/ha、1mu=約670 m²）で全国平均の16%しかない（1999年現在）。ここから、黄河流域の深刻な水不足の状況が分かって頂けたらどうか。

次の「黄河の特徴」でも述べるが、黄河は大量の黄土を含む。それにより、土砂を河口まで流すためのある程度の水量を維持しなければならない（その土砂により河口の渤海湾には広大な陸地を形成している。）その土砂流出に200億m³/y必要なので、黄河が通常の状態にあったとしても、水量を考えると利用可能量が380 m³/yになってしまう。しかし、年々黄河の水量が減っているにも関わらず黄河の土砂流出に必要な水量は変わらないので、水不足がどんどん深刻化していることが分かるだろう。水質汚染という点から見ると、水不足の悪化は水質汚染の悪化とも言える。同量の汚染物質が河に流れる場合を考えても、流量が少ない河の方が汚染は増加する。これが今の黄河で起こっているのだ。

3.3 黄河の特徴

- ①水量が比較的少なく、含有土砂量が多い。土砂量は 16 億 t/y。この多量の土砂により、黄河は黄色くなる。
- ②支流の流量のばらつきが大きい。蘭州での観測流量で黄河全体の半分以上にあたる。残りが蘭州以下の支流から供給される。
- ③時間的に変動が大きい。7～10 月に年間流量の 60%の水が流れる。
- ④経年平均が大きい。最大値と最小値の差は 3 倍程違う。

3.4 黄河の断流

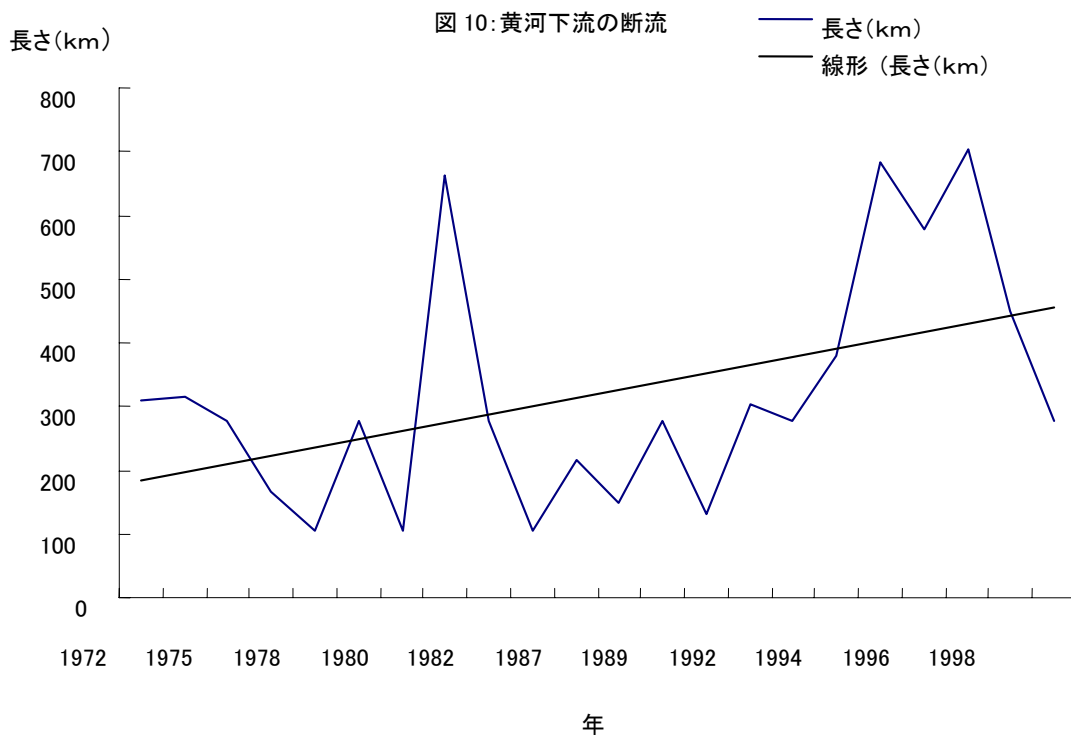
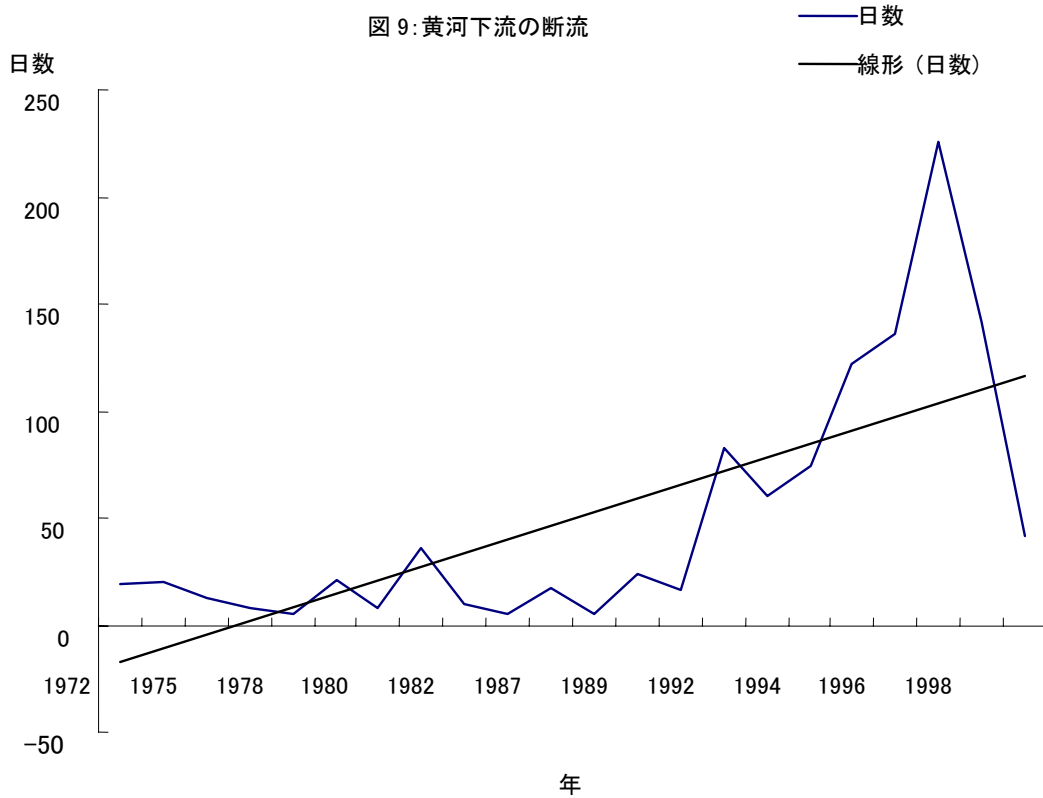
黄河における最大の特徴として「断流」があげられる。断流とは、河川水が途中でなくなってしまい、中・下流域で河床が干上がることを言う。下の表には、黄河水利委員会がまとめた黄河下流における断流の年度、日数、距離が表されている。それを見れば分かるように、断流は 1972 年から始まった。黄河下流の利津（山東省）では 27 年間のうち（1999 年まで）に 21 回の断流が生じ、断流期間は平均 50 日/年であった。一番断流がひどかった 1997 年には断流期間は 226 日にも及んだ。

表 8: 黄河下流の断流

年	日数	距離(km)	年	日数	距離(km)
1972	19	310	1989	24	277
1974	20	316	1991	16	131
1975	13	278	1992	83	303
1976	8	166	1993	60	278
1978	5	104	1994	74	380
1979	21	278	1995	122	683
1980	8	104	1996	136	579
1981	36	662	1997	226	704
1982	10	278	1998	142	449
1983	5	104	1999	42	278
1987	17	216	2000	以後、断流なし	
1988	5	150	(黄河水利委員会による)		

補足：黄河水利委員会

河南省の省都・鄭州にある。職員約 40000 人。黄河水利委員会は水利部が黄河流域、新疆ウイグル自治区、内蒙古自治区の内陸範囲内への派出機関である。国家の授権により、黄河水利委員会はこれらの地域範囲内で水行政を行使している。そして黄河流域の水資源の統一管理と河道の総合開発を行い、制御機能付の水利工事を開発している。企画、管理、調整、監督、サービスを提供し、河川の総合開発、利用、保護を行っている。



上のグラフは黄河下流における断流の日数と距離をグラフにしたものである。線形を見れば分かるように、年がたつにつれて日数、距離ともに伸びているのが分かる。しかし、2000年以降、断流は起きていない。

これから、断流の特徴、影響、原因、解決策を見ていく。

3.4.1 断流の特徴

- ①日数：70,80年代…25日/年
90年代…100日/年
- ②開始時期：70,80年代…4月
90年代…2月
97,98年…断流が年を越えて起こった。
- ③時期（期間）：70,80年代…5月～6月
90年代…3月～7月
- ④断流の長さ：70,80年代…200km
90年代…400km
- ⑤雨期の断流の有無：70,80年代…無し
90年代…雨期でも20日位断流がある。

ここからも断流という現象が年を経るごとにひどくなっていったということが分かる。

3.4.2 断流の影響

- ①災害の危険性が増す。
(例：水量が少なくなると河川に土砂が貯まる。それが天井川となり、少ない洪水でも大きな災害になる。)
- ②生態環境に悪影響。特に、河口地域での河川ルートが狭くなった地域に起こる。
(例：黄河デルタで、動物などの生息環境に影響、生物多様性に影響を与える。)
(*デルタ：河口付近で見られる地形で、枝分かれした2本以上の河川と海で囲まれた三角形に近い形をしている。河川の上流から流れてきた砂などが堆積することにより形成される。大河の場合は河口に複数の三角州が形成されることもある形成の条件は、河川からの十分な量の土砂供給があること、河口付近の海底地形が土砂を堆積できる形態であること、河口付近の潮流が土砂を侵食し過ぎないことである。)
- ③地下水への補充量の低下。
- ④水質の悪化。
- ⑤地域の中の農業、工業、生活に影響する。
- ⑥1970年代に黄河流域では、貯水のため平野でもダムを作った。断流が短ければあまり影響はないが、長いと影響する。

3.4.3 断流の原因

①水が元々足りない

地域に 90 年代は降雨が少なかった。花園口（河南省）での年間流量は 90 年代に約 200 億 m³/y も減少した。流域の年間雨量は平均 460 ミリ（日本の 3 分の 1）流量は南部の多雨地帯を流れる長江の 17 分の 1 しかない。

②用水量の増加が決定的である

黄河の水利用の歴史は長いが、大規模に利用するようになったのは、1949 年以降である。1970 年以後、特に利用量が飛躍的に増大した。1950 年代の黄河の水利用は河南省、山東省、山西省だけであったが、現在では流域全体で利用している。灌漑面積は流域全体で 1000 万 mu から現在 1 億 mu に達している。

③管理が不十分、水のコストが安いいため浪費が多い。勝手に水をとる。

取水は各省でなされている。

3.4.4 断流防止への解決策

① 黄河水利委員会による管理の一元化

断流の防止に最も効果があったのは、1999 年に黄河の水管理の仕組みが劇的に変わったことである。それまでは各省、自治区の権限が強く、上流は下流のことをそれほど考慮せずに必要なだけ水をとった、いわば早いもの勝ちだったため、下流にいくと水はなくなってしまう。中央政府がそれを改めて、黄河水利委員会に管理を一元化した。委員会は川の流量を観測しながら、各省、自治区に水を配分する。黄河水利委員会の水管理計画では、黄河の年間流量を 580 億トンと予測し、そのうち 370 億トンを各地域に分けて消費することになっている（黄河水利委員会による黄河年間水配分計画は下図）。雨不足で川の流量が減るときは配分を減らす。例えば、2001 年は川の水が少なかったため、全体の消費量を計画の 7 割、260 億トンに抑えた。表 9 は黄河推水利委員会がまとめた黄河年間水配分計画である。

表 9：黄河年間水配分計画（単位億 t）

黄河年流量	580		
年消費量の総計	370		
青海省	14.1	西安(陝西省)	38
四川省	0.4	山西省	43.1
甘肅省	30.4	河南省	55.4
寧夏回族自治区	40	山東省	70
内モンゴル自治区	58.6	流域外（河北省、天津など）	20

（黄河水利委員会による）

今まで、黄河についての概要について述べてきた。これからは黄河の具体的な水質汚染について実際のデータを用いながら考えていく。

3.5 黄河の水質汚染の現状

図 11 は 2004 年度の黄河水系の水質汚染の状況である。黄河水系は中度汚染に属する。44 ヶ所の水質モニタリング断面のうち、I～III類、IV～V類、V類以下の水質断面の比率はそれぞれ 36.4%、34.1%、29.5%であった。主要汚染指標は石油類、アンモニア性窒素、過マンガン酸塩指数であった。前年と比べ、水質に明らかな変化はなかった。

図 11: 黄河水系水質類別比率

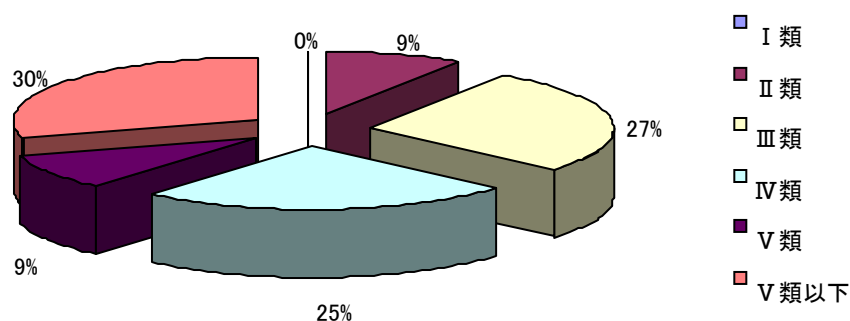


表 11: 黄河水系省境断面水質類別

上流-下流省名	断面所在地区	断面名称	2004年水質	2003年水質
甘肅—寧夏	白銀	五沸寺	III	III
甘肅—寧夏	吳忠	中衛下河沿	V以下	IV
寧夏—内モンゴル	石嘴山	寧鋼浮橋	III	IV
寧夏—内モンゴル	烏海	拉僧廟	V以下	IV
内モンゴル—山西	フフホト	刺麻湾	IV	IV
山西—内モンゴル	沂州	万家塞ダム	IV	III
陝西—山西	山門峡	風陵渡大橋	IV	V以下
河南—山東	濮陽	東明公路大橋	IV	V
河南—山東	荷沢	劉庄	V	V

上の表を見る限り、飲用水の水源として適用されるI～III類はわずか2箇所しかない。また、上のグラフからもIV～V類以下64%であり、黄河の水質汚染の深刻さが分かる。

上図より、黄河の水質汚染がひどいことが分かった。では、黄河の水質汚染により、人間社会にどのような影響を及ぼしているのだろうか。それを具体的に見ていく。

3.6 黄河の水質汚染による影響

ここでは、黄河に水質汚染により人間社会にどのような影響を与えるかを具体例（農業に与える影響・漁業に与える影響・人体に与える影響）で見えていく。

3.6.1 農業に与える影響

・寧夏回族自治区

寧夏回族自治区灌漑地域の農業用の水源は、ほとんど黄河からのものである。ここ数年、一時は灌漑面積がほぼ汚水灌漑になってしまった。汚染された水は農業の生育環境を破壊している。

・山西省

山西省介休市松安村の汚染された汾河による灌漑地で、200 ムーのトウモロコシとポプラが全滅した。

・青海省

2002 年には、青海省海東地区平安県東庄村の 100 ムー近い小麦が汚染された湟水によって、無残にも全部枯れてしまった。湟水で灌漑しているところでは、水が少ないときに田畑に水を入れると、苗は必ず枯れてしまうらしい。

（湟水：上流域の小規模灌漑区）

・甘肅省

甘肅省白銀市四竜鎮民楽村では民楽村とその周辺の金山などの幾つかの村の村民は、先祖代々黄河の水の灌漑を使っている。しかし、この 2 年水を入れると苗が枯れてしまう。

黄河流域では、農作物の収穫が汚水灌漑によって激減しており、時々収穫が全くないということさえもある。

今のところ、黄河地域の黄河による灌漑面積は 1.1 億ムーで、黄河からの水の使用が 90% を占めている。黄河の水質汚染で農作物の品質が下がるだけではなく、一部の耕地では灌漑排水事業施設が使えなくなり、農業損失は最高で年間 33 億元にもなっている。

3.6.2 漁業に与える影響

・甘肅省

甘肅省白銀市四竜鎮民楽村の農家は池を掘って魚を養殖していたが、昨年秋、黄河の水を引くと魚が全部死んでしまい、10 数万元損害を受けた。

・内モンゴル自治区

モンゴル自治区流域で水質汚染が深刻化により、包頭（パオトウ）市付近の流域に生息する魚が大量死した。経済的損失は 200 万元以上に達する。同市の発表では、生息数の 80% 近くにあたる 4 万—4 万 5000 匹の魚類が死んだ。このうち、コイやナマズなどの特産魚類は被害全体の 70—80% を占め、エビ類はほぼ全滅が確認されている。

3.6.3 人体に与える影響

農村の人たちは黄河の水を灌漑に使用しているだけでなく、簡単に沈殿物を除去しただけの黄河を直接飲用水として使っている。それにより、水を飲んだ後によく下痢をしたり、頭痛がしたりする人が増加している。

黄河沿岸で直接黄河の水を飲用水としている地域は、各種の奇病になる確率が高い危険地域になっている。

・山西省

ここ数年、水環境の汚染により、臨猗県牛杜村では40—60歳の年齢の村民の間で脳血栓、半身不随、癌の人数が年々増加している。水源が汚染されているため、昨年6月まで奇病で死亡した人や、現在奇病を患っている者人は少なくない。

・甘肅省

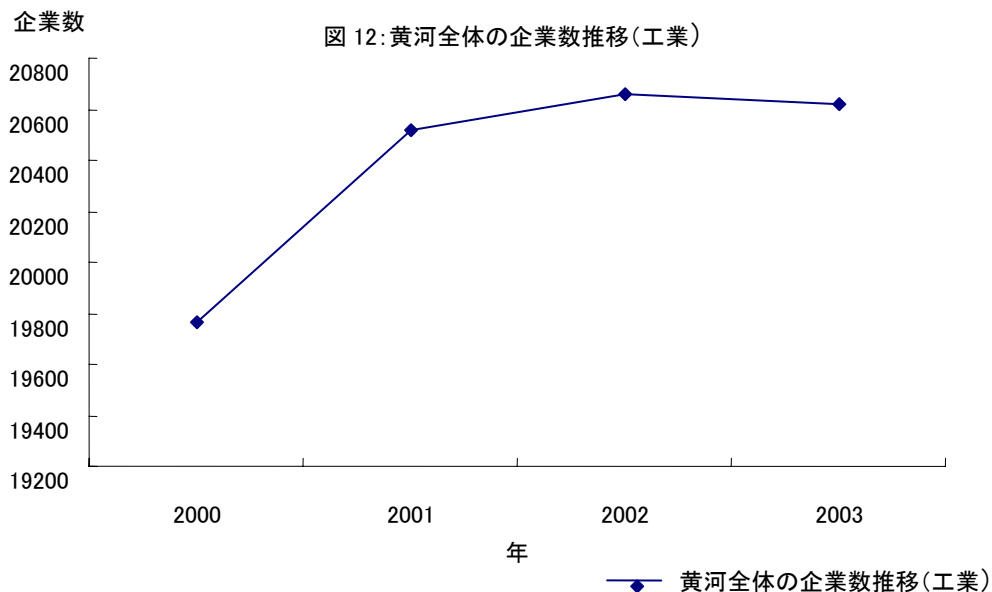
白銀市四竜鎮金山村の中心の小学校ではクラスの28人の男子児童のうち、20人の男子に白髪があり、いつも腹痛と頭痛に悩まされている。

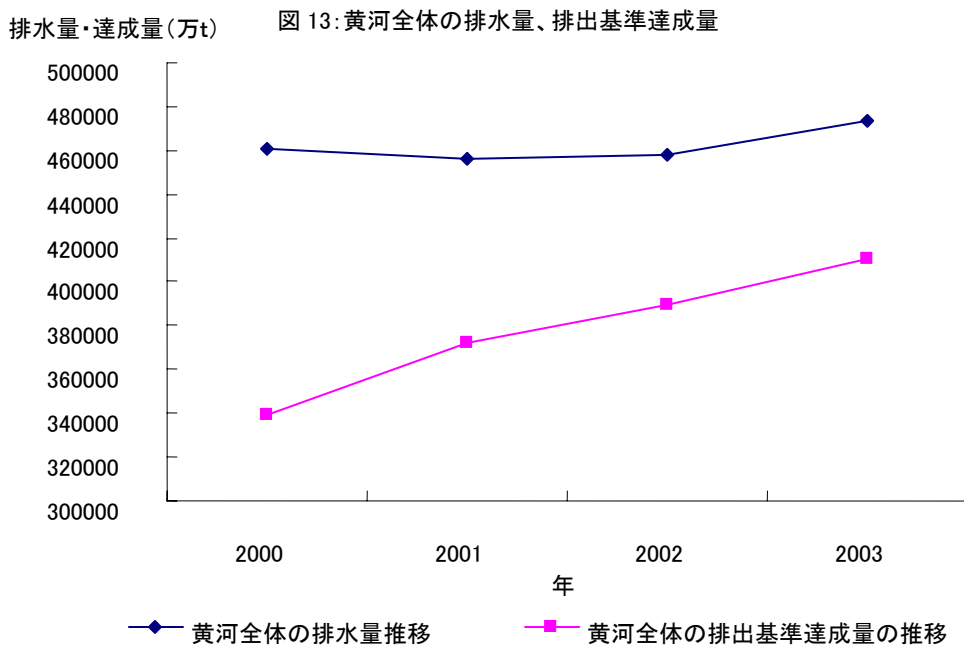
黄河の水質汚染の原因として工業廃水と生活廃水の二つが考えられる。これから、工業廃水と生活廃水の二つの現状を見ていく。

3.7 黄河の水質汚染の現状

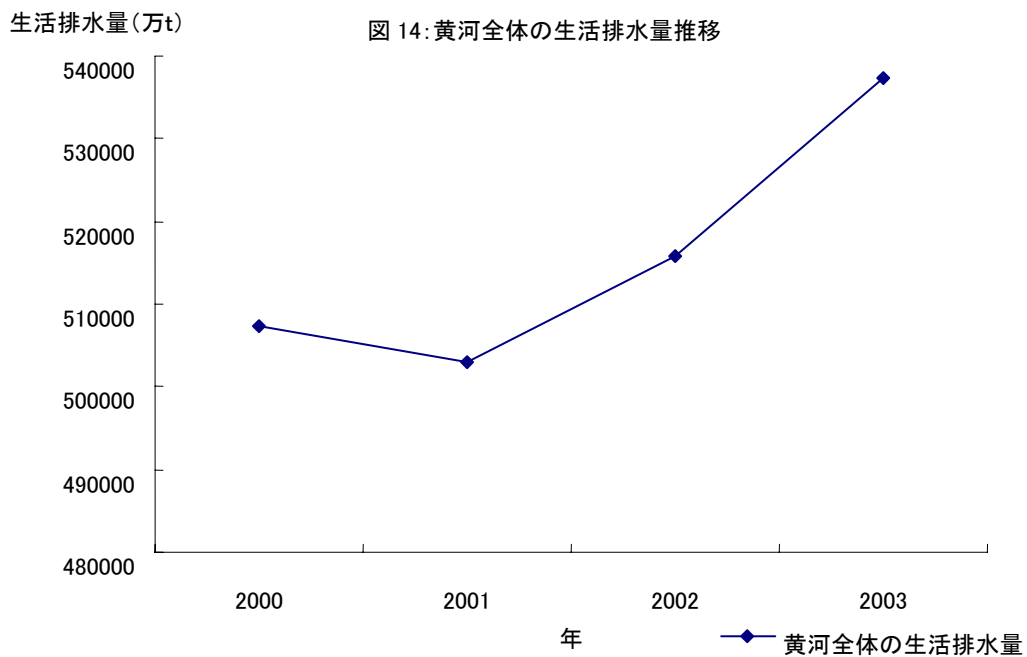
3.7.1 黄河の水質汚染の現状 企業部門

黄河全体の企業数推移は以下のようにになっている。2000年から2003年にかけて、工業の企業数が増えているのが分かる。



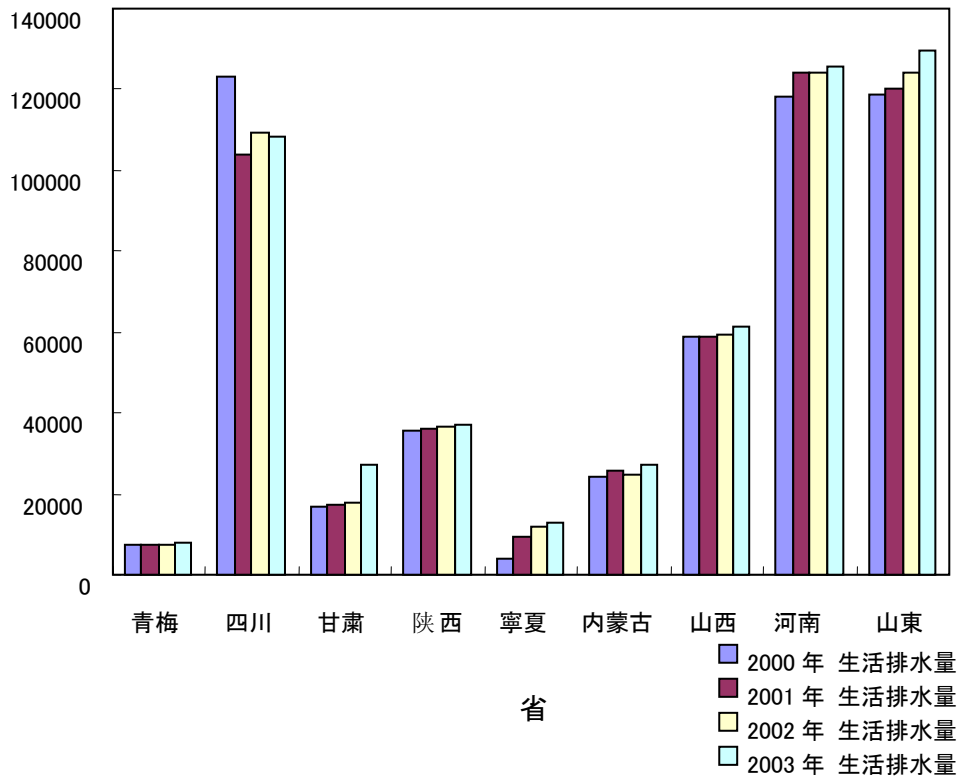


3.7.2 黄河の水質汚染の現状 生活部門



生活排水量(t)

图 15: 生活排水量



废水处理率 (%)

图 16: 都市生活废水处理率(%)

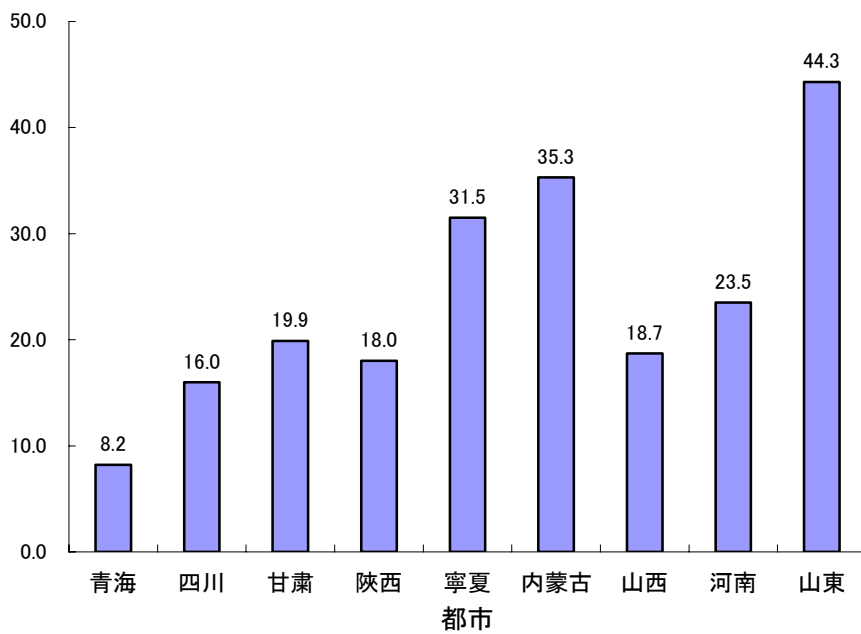


図 13 を見ると、企業による黄河全体の総排出量は横ばいであるのに対し、その排出基準達成量は増加しており、改善の兆しが見られる。しかしながら、図 14 で黄河全体の生活排水量を見てみると、年々増加していることが分かる。また、上流では四川省が、下流では河南省と山東省の生活廃水量が非常に多いことが分かる。かつ、図 16 を見ていただければ分かると思うが、黄河流域における都市の生活廃水処理率は非常に低いことが分かる（平均 24%）。

これから、工業廃水による水質汚染が改善されてきている理由、生活廃水による水質汚染が改善されていない理由を見ていく。

第4章：水質汚染改善にむけての取組みと問題点

4.1 工業廃水

工業廃水の改善の一番の理由は法規制にある。これよりその例を挙げる。

中華人民共和国水污染防治法（1996年改正）

（第22条）

企業は原材料の利用率が高く、汚染物質排出量の少ないクリーンプロダクション技術を採用するとともに、管理を強化し水質汚染物質の産出量を減少させなければならない。

- ・国は水環境を著しく汚染している古い技術と設備に対し、制度的に淘汰させる。
- ・国務院の経済総合主管部門は国務院の関連部門とともに、著しく水環境を汚染している技術の期限付き使用禁止リストと、同設備の生産および販売、輸入、使用の各禁止リストを公表する。
- ・生産者、販売者、輸入者、使用者は、国務院経済総合主管部門と国務院の関連部門が定めた期限内に、前項で規定したリスト内の設備についてそれぞれ生産、販売、輸入、使用を停止しなければならない。生産技術の利用者は、国務院経済総合主管部門と国務院の関連部門が定めた期限内に、前項で規定したリスト内の技術の使用を停止しなければならない。
- ・前2項により規定した淘汰すべき設備は、他人に譲渡し使用させてはならない。

（第23条）

国は、水質汚染防止措置をとっていない小型化学パルプ製造、染色、染料、製革、電気メッキ、精油、農薬およびその他深刻な水質汚染をもたらす工場の新設を禁じる。

（第24条）

深刻な水質汚染を引き起こした企業は、期限内に汚染を処理しなければならない。

- ・中央または省、自治区、直轄市の人民政府が直轄する企業の期限付き汚染処理については、省、自治区、直轄市の人民政府の環境保護部門が意見を出し、同級の人民政府に報告し決定することとする。市、県、あるいは県以下の人民政府が管轄する企業の期限付き汚染処理については、市、県の人民政府の環境保護部門が意見を出し、同級の人民政府に報告し決定することとする。汚染物質を排出している企業は期限内に処理を終えねばならない。

上記のように、中国では法体制が比較的整備されており、企業に関しては排出基準達成量を見る限りある程度遵守されているものと考えられる。

また、中国国家環境保護総局は安全な飲料水の確保を目的として、黄河沿岸地域の企業及び污水处理場に対する管理・監督を2004年度10月より強化しており、水質汚染による重大事故の発生を未然に防ぐため、水質汚染が発覚した場合には企業に対し汚染物の排出

を制限するよう命じる方針。毎月最低 3 回の観測を実施する。また、水質観測装置のオートメーション化を図り、汚染源の確定作業などを強化する。水質汚染が深刻な寧夏回族自治区、内モンゴル自治区における、化学工業、製紙、コークスなどの企業に対し重点的な監視作業を徹底する。

これらのように、法体制や国による取り組みによって工業廃水の水質汚染は改善されてきている。

4.2 生活廃水

生活廃水による水質汚染の改善があまり進んでいない原因を見ていく。

—原因①—

黄河流域都市の污水处理場の建設と運営が停滞している。

理由 1: 黄河流域内の圧倒的多数の地方政府が污水处理場を積極的に建設しようとしていないことである。

理由 2: 污水处理場の市場化構造の推進が遅いことである。黄河流域都市の污水处理費用の徴収は遅く、徴収地域も狭い。一部地域では全く徴収が行われていない。

理由 3: 都市の多くの污水处理場における管理ができていないことにある。実際の処理能力は設計時の要求を満たしておらず、排出されている水の水質は基準に達していない。一部の污水处理場は事実上は汚染物質排出場になっている。

—原因②—

施設の規模

⇒小規模の污水处理と収集能力は、日に日に増加する都市の污水处理に対応できていない。このため黄河沿岸には汚染物質の排水管、排水溝がすき間なくつくられており、大量の生活排水は直接黄河に排出されている。

—原因③—

費用面の問題

具体例：陝西省渭南市

陝西省渭南市は渭河の最下流に位置する都市で、渭河はここから黄河に入る。渭南市は 1.2 億元をかけて城東污水处理場を建設。しかし、運営維持費が不足しているため、1 カ月の試運転だけでその後ずっと運転を停止している。市街区では毎日 5 万トン近くの汚水が排出され、污水处理場に集められているが、依然として処理されることなく河川に排出されており、污水处理工場は全く役立っていない。

—原因④—

下水道が普及していない。これは污水处理場の建設と運営の停滞によるとも言える。

—原因⑤—

民の声が官に届かない。市民が不満に思っているにもかかわらず、実際に水質改善に乗り出す各省、

各自治体のトップにはその声は届かないという現状もある。

生活排水に関しては以上のような理由から汚染が改善されていないということが分かった。

4.3 中国の地方分権

環境問題の原因のおおもとは中国の地方分権にある。

中国はもともと中央集権体制だったが、国家の経済建設をするにあたり極端な資金不足に悩まされており、外国の先進的技術と資金を導入するために税制などで外国企業進出を優遇する輸出加工区を設定した。この輸出加工区の教訓を生かし、経済特別区を他の都市や地域にも拡大して経済の改革開放を進めていった。また、中央集権体制の時には企業活動を含む諸決定は計画経済のもと、すべて中央政府でなされていた。これは迅速かつ責任ある対応が出来ず、経済の活性化に大きな足かせとなった。このため、経済発展のためには地方分権を推奨するしかないとの認識のもと、中国政府は1980年から権限の地方委譲を行った。中国における分権の進展は、経済発展を促したものの、汚染問題を深刻化させた。持続的発展にとって有益とは言えない。経済発展と環境保護を効果的に統合するためには、中央・地方政府間の関係を管理し、公共行政をより統合的に実施することが必要である。

黄河の水質汚染を調べていく中で、工業排水は改善の兆しがあり、生活排水には改善の兆しがないことが分かった。しかし、ここで生活排水に着目するのではなく、我々は工業廃水、生活排水の全体の汚染に着目する。生活排水の改善には既存のインフラの改良・増加、污水处理施設の増加などが考えられるが、現在の中国には出来そうにない。そこで、我々は視点を變えて、黄河流域の水質汚染への取り組みを各自治体（各省）が独立して行っているということ、そこに何らかの不効率が発生しているのではないかと考える。各省が協力・交渉を進めることで、現状からの脱却を図ることができるのか、モデル分析で検討していきたい。

第5章：モデル分析

目的：「上流・中流・下流」の3主体が協力・交渉を行い、サイドペイメントを行うことによって、全ての経済主体の便益が増加することを示す。また、上流で廃水削減技術が普及することにより、中流・下流が技術普及前よりも大きな便益を得ることを示していきたい。

「サイドペイメント」とは

⇒各経済主体が協力して、汚染による被害の金銭的価値と汚染削減費用の和を最小化する。上流（中流）が費用を負担して汚染削減を行い、中・下流（下流）で再配分する。すなわち、汚染削減が実際に成された後の補助金である。

それでは、以下の順序でモデル分析を進めていく。

- ① 交渉の効果
- ② 政府の介入
- ③ 結論

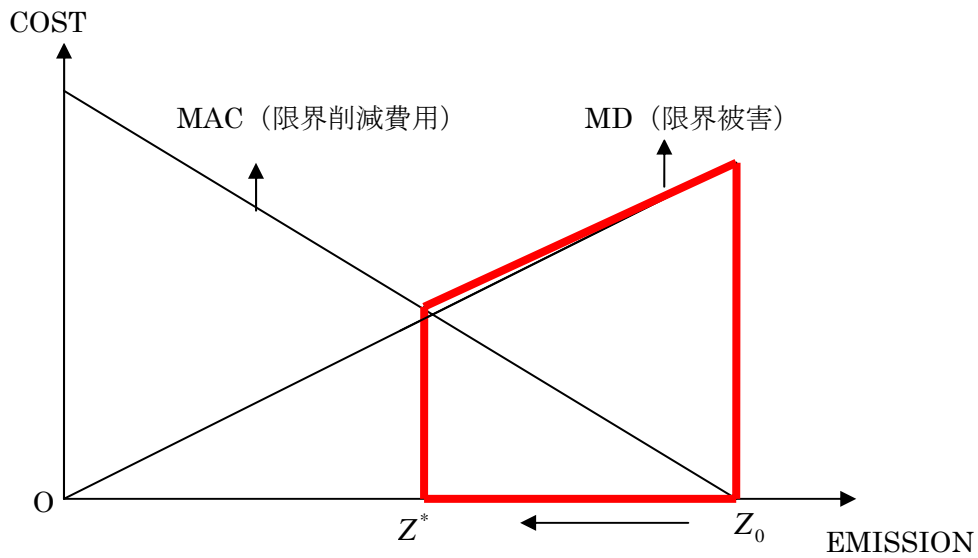
<交渉の効果>

交渉を考える際に重要なことは、経済主体間の便益・費用の関係を明確にしておくことである。図16を用いて説明したい。

横軸に廃水量（EMISSION）、縦軸に費用（COST）をとる。現状の廃水量を Z_0 とすると、MAC（限界削減費用）は Z_0 から追加的に廃水を削減するために、上流の経済主体が負担する費用を表している。MACが左上がりであるのは、少量の廃水を減少させる費用は安く済むが、かなりの削減を行った後に、さらに削減することの費用は高くつくことを意味する。また、MD（限界被害）は、 Z_0 から追加的に廃水を削減することで、中・下流の経済主体の損害がどれだけ減少するか（どれだけ便益が得られるか）を表している。

社会的に最適な廃水量の水準は Z^* である。 Z^* よりも多く削減すると、追加的な費用のほうが便益を上回るので、社会的には損失になる。逆に Z^* より廃水量が少ない場合は、さらに廃水削減を行うことで得られる便益が費用を上回るので、追加的な廃水削減が社会的な便益をもたらす。したがって、 Z^* まで廃水削減を行うことが社会的最適であり、 Z^* において、 $MD=MAC$ が成り立つ。社会的に最適な廃水量を実現することで回避される被害（便益）は、図の赤線で囲まれた四角形の面積に相当する。

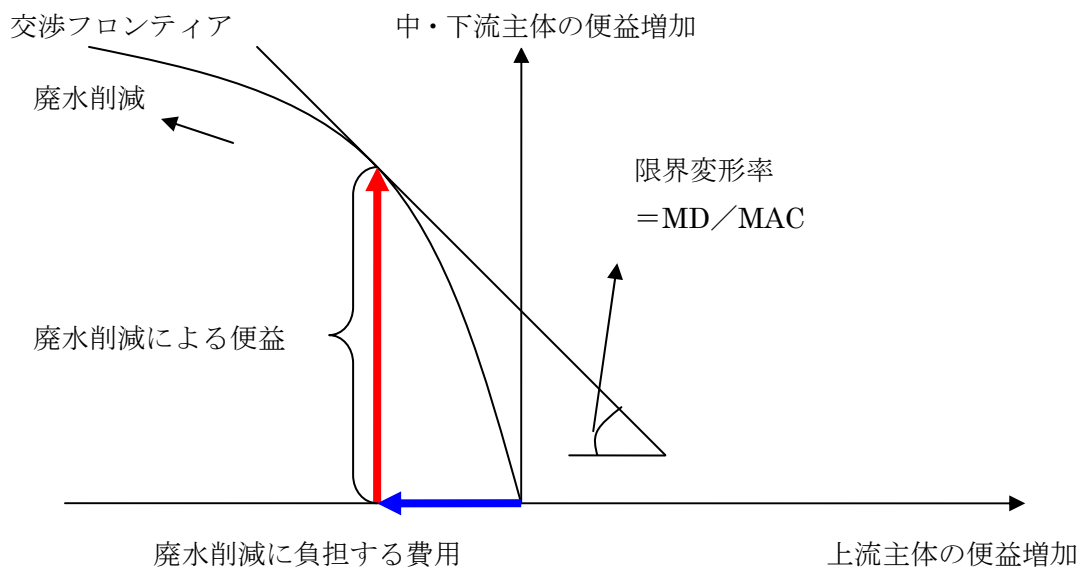
図 16：経済主体間の便益・費用の関係



次に、図 16 を、交渉を考える上で使いやすい形に書き直すことにする。それが、図 17 である。ここで描かれる曲線を「交渉フロンティア」と呼ぶことにする。交渉フロンティアは、上流主体が費用を負担して廃水削減を行うことによって得られる、中・下流の便益を表している。横軸は上流主体の便益増加、縦軸は中・下流主体の便益増加を表している。原点から左上に向かうほど廃水が削減される。

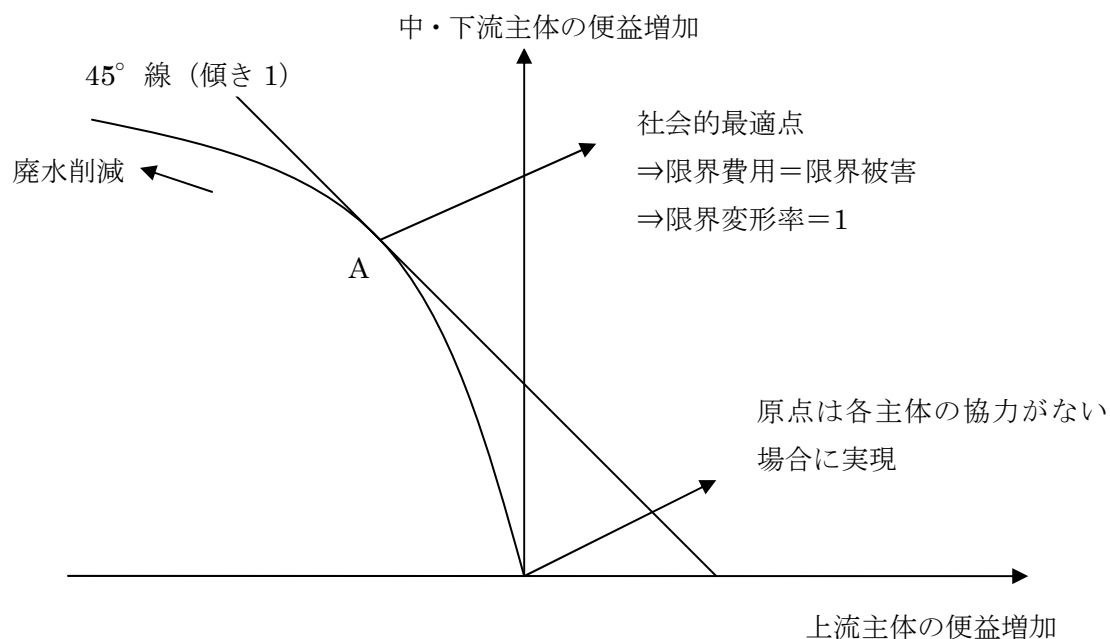
交渉フロンティアの接線の傾きは限界変形率であり、 MD/MAC の値を表す。廃水削減が行われると MD が減少し、 MAC が上昇することから、 MD/MAC は減少することになる。すなわち、交渉フロンティアの傾きが緩やかになることを意味する。

図 17：交渉フロンティア①



下図 18 では、現状の廃水量を示す点と、社会的最適な廃水量を示す点を表した。まず、現状の廃水量では各経済主体に追加的な便益も費用も発生しないので、原点を表すことになる。次に、社会的最適な点であるが、社会的最適な廃水量では $MD=MAC$ が成り立つ。したがって、限界変形率=1 となる A 点が社会的最適点である。

図 18：現状の廃水量と社会的最適な廃水量



廃水削減技術が向上することについて考えたい。図 19 によって、技術の向上の効果が表されている。

廃水削減技術が向上することはすなわち、追加的に廃水削減を行うことの費用が減少することを意味し、MAC の傾きが緩やかになる。すると、社会的に最適な廃水量は Z^* から Z^{**} へ減少する。社会的に最適な廃水量が減少したことによって、中・下流が得る便益の大きさが赤線で囲まれた四角形の面積の大きさだけ追加的に上昇することが分かる。

図 19：削減技術の向上の効果

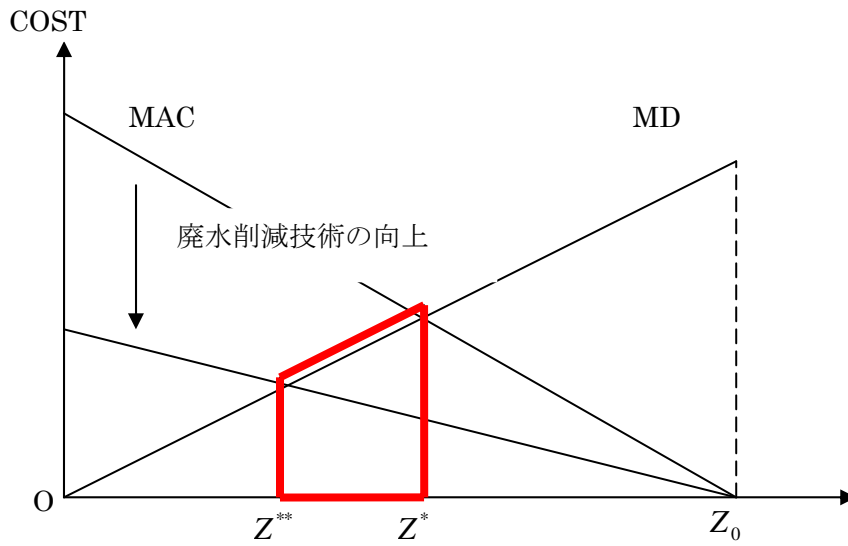
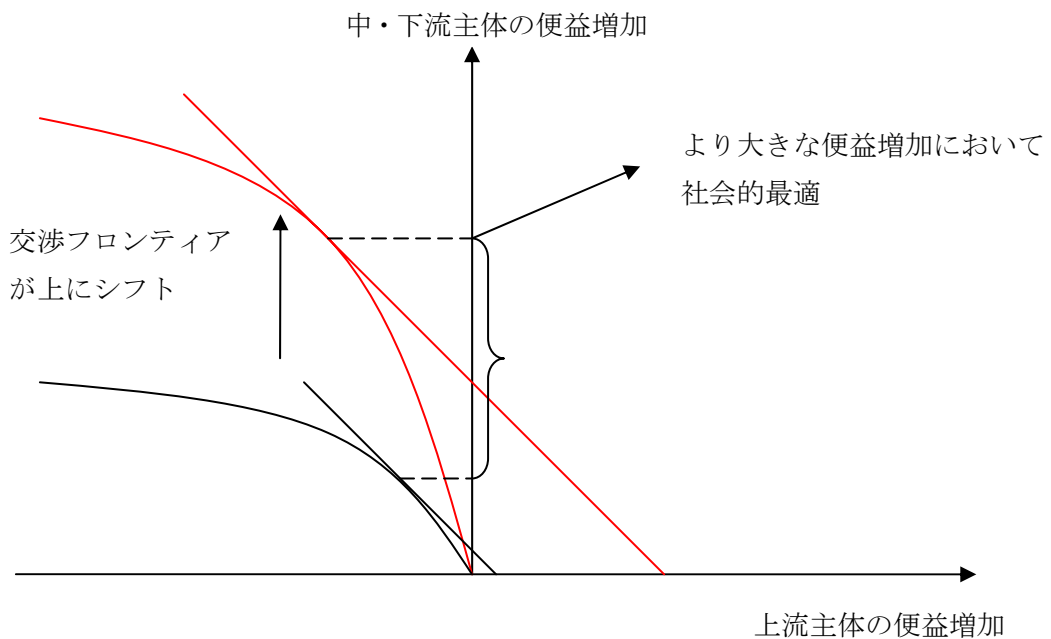


図 20 では、廃水削減技術の向上がもたらす効果を交渉フロンティアで表している。図 20 で考察したように、廃水削減技術が向上したことにより、社会的最適な廃水量において中・下流が得る便益が上昇する。したがって、廃水削減技術の向上は、交渉フロンティアが上方にシフトすることを意味する。

図 20：交渉フロンティア②

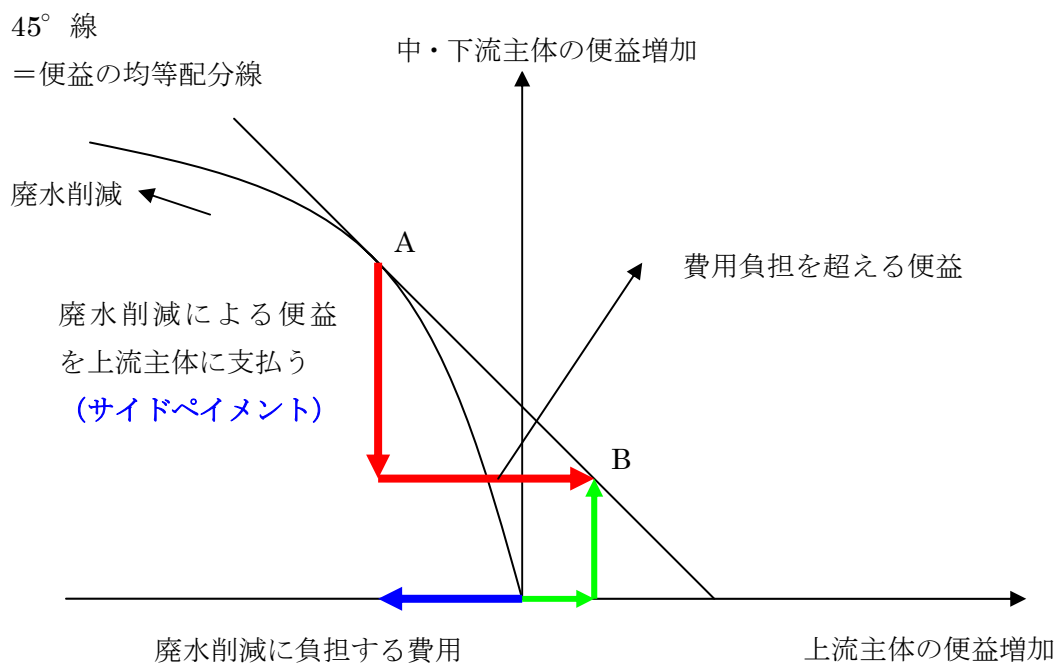


ここから、交渉フロンティアを用いてサイドペイメントの役割を示したい。
交渉をすることで、上流主体と中・下流主体は汚染による被害の金銭的価値と汚染削減費用の和を最小化するように行動する。言い換えると、経済主体間が得る純便益が最大になるように行動する。そして、上流主体が費用を負担して廃水を削減することで中・下流が便益を得た後、その便益をサイドペイメント（補助金）という形で上流主体に再配分することで、上流も負担した費用以上の便益を得られるのである。そのことを図6で示す。

交渉の結果、上流主体が費用負担をして原点から A 点に廃水量が移動する。A 点（社会的最適点）における限界変形率は 1 であり、A 点における接線は 45° 線である。上流が受け取る便益と中・下流が受け渡す便益の大きさが等しくならなければならないので、便益の再配分は 45° 線上で行われなければならない。

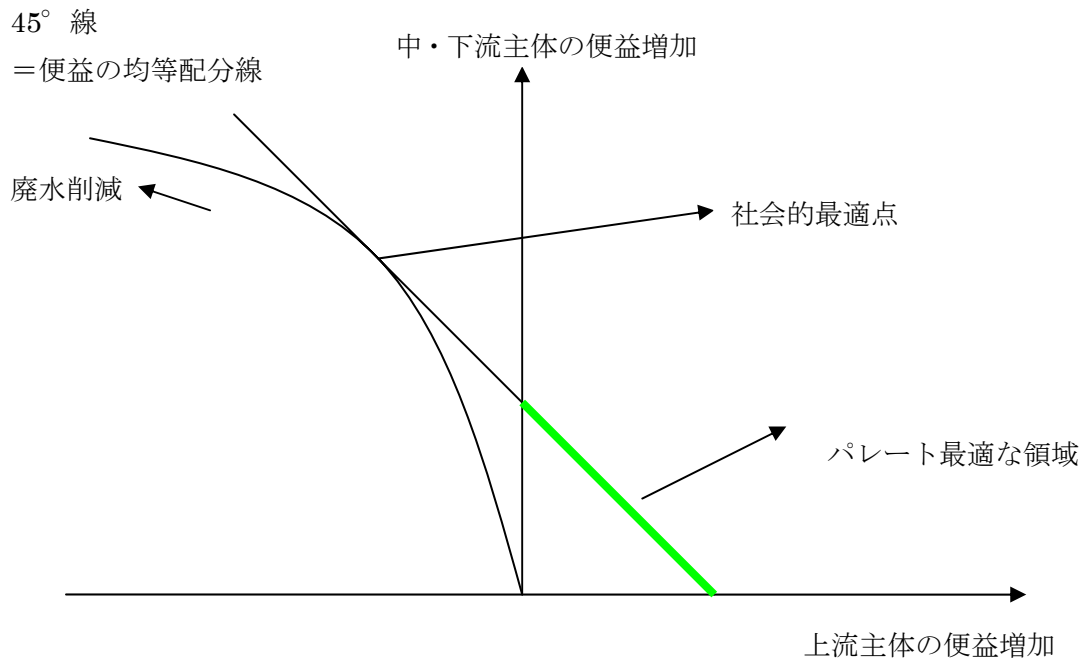
このとき、B 点へシフトするような便益の再配分を考えてみる。緑の矢印で示されるように、B 点においては上流主体および中・下流主体の便益増加が共に正であり、パレート改善が成されている。上流主体は負担した費用（青矢印）以上に便益（赤矢印）を得ていることが分かる。また、中・下流主体も便益を全て上流主体に配分せずに済み、結果として便益を得ることが分かる。

図 21：サイドペイメント



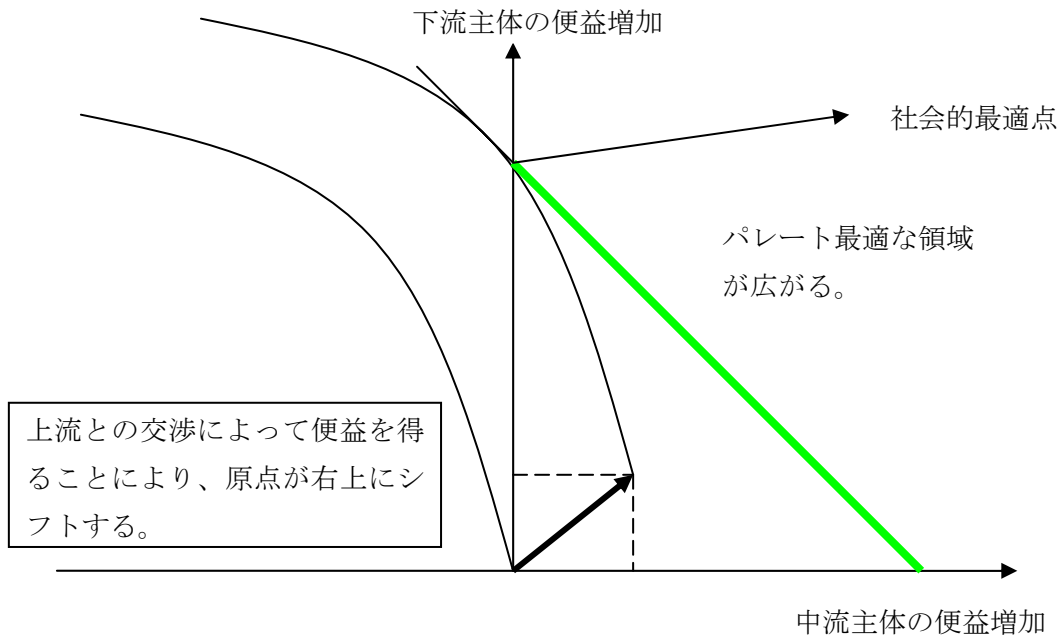
これまでの議論をまとめると、図 22 で示すように、上流と中・下流の経済主体が交渉・提携して互いの便益を増やす（パレート改善）ことができるのである。

図 22 : パレート最適性



また、これまでの議論は中流・下流の交渉においても同様であるが、上流が排水を削減することにより高い便益を得ることができることを付け加えておきたい。

図 23 : 上流が排水削減を行う場合



以上、交渉によって、①上・中・下流の経済主体の便益が全て増加する可能性があること②サイドペイメントを用いることで、より安い費用で上流主体が排水削減を実行可能なことの二点を示した。では、交渉が実際に黄河で行うことが可能であるか検討してみたい。

黄河の現状を踏まえると、

- ① 上流（四川省）は、廃水量が多いわりに（都市）廃水処理率が低く、限界削減費用の傾きが急であると考えられる。すなわち、社会的に最適な廃水量が多く、交渉フロンティアが小さい。⇒廃水削減技術を普及させ、交渉フロンティアを拡大することで、交渉が成功しやすくなる。
- ② 中流は、現状の廃水量そのものが上流に比べると相対的に少ない。しかし、（都市）廃水処理率が小さい省、大きい省が混在しており、政府に何らかのペナルティを与えられた場合には交渉に応じる用意があると思われる。

しかし、現状の中国では地方分権化が進み、独立して水管理を行っている。つまり、各省が協力することによって水質汚染を改善しようとする動きは見られない（年々の廃水量に変化があまり見られないことにも表れている）。そこで、政府が介入することによって、交渉を進めるようなインセンティブを与えることを考えてみたい。

<政府の介入>

交渉を促進するためのインセンティブを与えるような政策手段のあり方を考えてみたい。河川を利用する主体に対して交渉を促進するインセンティブを与えるには、政府による何らかの規制や枠組み設計をする必要がある。以下では、考えうる政策手段を挙げてみたい。

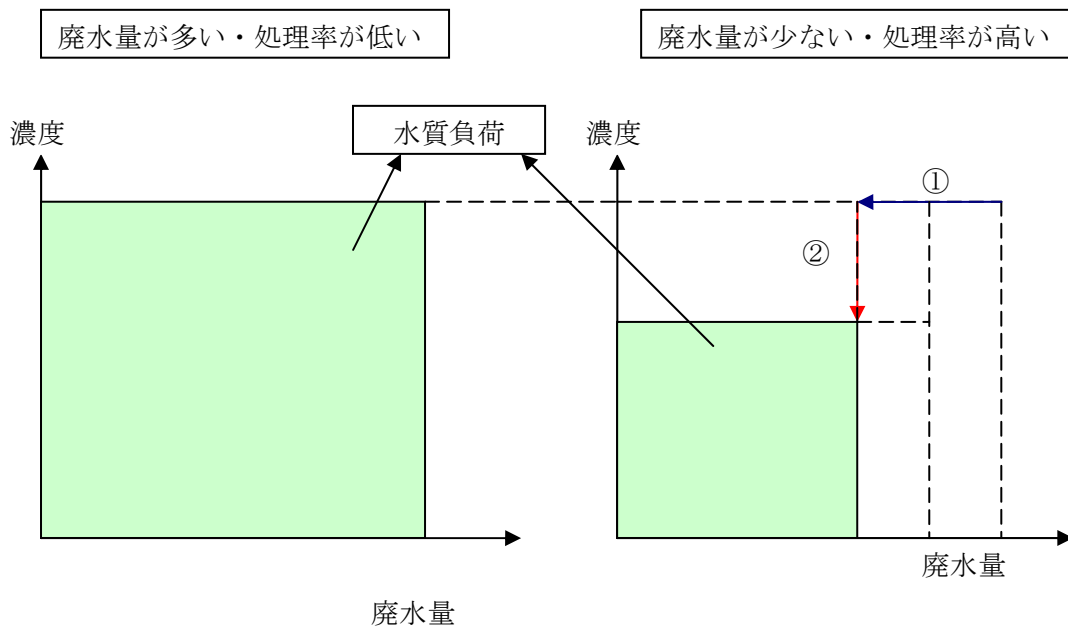
- ① 法整備：法律によって、各省が廃水量削減に向けて自主的な協力を行うきっかけを作ることができる。しかし、義務付けるだけでは費用負担が発生せず、むしろ交渉費用が過大になってしまい互いに損失を被るケースも考えられることから、自主的な合意形成を促すことは困難である。しかし、交渉費用を政府が負担する制度を設計した場合、各省が協力しようとするインセンティブが増加する。また、それだけでなく、交渉における各主体の情報の非対称性を解消するために、限界削減費用・限界費用の算出を第3者が行うような法整備も必要であると考えられる。
- ② 直接規制（水量）：廃水量削減の努力が見られない場合は、使用可能な水量にキャップをかけることで、廃水量も抑えることができる。しかし、社会的に最適な廃水量を政府が正確に把握することは現実的には難しく、過少・過大にキャップをかけてしまうような失敗が発生することも考えられる。
- ③ 間接規制（一律課税）：制度的にピグー税のような一律の課税を課すことで、各省の廃

水量を社会的に最適な量に調節するのは困難であると考えられる。なぜならば、省ごとに廃水処理率に差異があるため、限界削減費用曲線の形状が異なっている。また、限界被害を実際に把握することが困難であるからである。

- ④ 間接規制（汚染物質課税）：各省ごとにモニタリングを行い、各省が追加的に与えた水質付加に応じて課税をする。汚染物質の程度については、（水が各省を通過したことによって増加した濃度の上昇）×（廃水量）によって得られると考えられる。両方の指標は観察可能である。この場合、処理率が大きく廃水量の少ない省では、税による損失が少ない。対称的に、廃水量が多く処理率が低い省では、税による損失が大きくなる。すなわち、自己の削減努力が反映するような課税になっている。

汚染物質課税は、図 24 における四角形の面積に比例する課税を意味する。

図 24：汚染物質課税



1. 青い矢印は「廃水削減努力効果」を表し、廃水の量のみを減らす。
2. 赤い矢印は「削減技術効果（処理率の変化）」を表し、濃度が低下する。

仮に、上流主体が〈水質負荷〉の大きい主体であるとする。上流主体は、課税による損失を避け、自身の厚生を最大化する点まで廃水削減を行うことになる。しかし、この場合は各主体が単独で合理的に行動してしまい、交渉を自主的に進めようとするインセンティブを与えられない。

- ⑤ 環境水準および拡散規範の設定：拡散規範は、各省の境における水質基準を規定するものである。拡散規範を設定する場合、各主体が個別に動いて達成するのは難しいと考えられる。なぜならば、あくまでも規範であり罰則がなく、各主体に費用負担などの損失が発生しないからである。また、上流主体は、サイドペイメントがなければ下流主体が負担する費用を内部化しないだろう。しかし、主体間で規範に同意した場合に限り、下流の省が主体となって、交渉を行いサイドペイメントを補償することによって、上流主体に廃水削減するメリットが生まれると考えられる。

したがって我々は、法整備・拡散規範の設定を組み合わせることによって、省ごとの交渉を促進し、社会全体の厚生を引き上げることができると考える。

<結論>

第3章で見たように、現在の黄河水系は、上流（特に四川省）での廃水量が過大であり、中流・下流に対して、連鎖的に被害が及んでいる。しかし、中流・下流における水質汚染は上流の影響だけではない。やはり、主な理由は中流・下流域での排水量が多いからである。その最たる理由が各省による独立した行動であった。各省が独立に行動した結果、各省の廃水削減努力は以前低いままである。しかし、モデル分析により、各省が協力し、交渉を進めることによって、黄河水系全体の厚生が増加する可能性は十分にあることが分かった。では、各省の協力や交渉を進めていくためには何をすればいいのだろうか？我々水パートは、そのためには政府が介入し、交渉を進めるようなインセンティブを与えることが重要であると考えた。とりわけ、各省の削減努力が繁栄されるような〈水質課税〉と〈交渉費用を優遇するよう法制度の整備〉を行うことによって、各省が税金徴収による費用負担を抑えようと合理的に行動し、交渉が進展するのではないかと考えられる。

【参考文献】

- 『水の警鐘』 水曜社 渡辺 斉著
- 『ウォーター・マネー 石油から水へ 世界覇権戦争』 光文社 浜田 和幸著
- 『水資源の世界誌』 日本経済評論社 旗手 勲著
- 『環境年表 2002/2003』 オーム社 茅 陽一編
- 『水の環境戦略』 岩波新書 中西 準子著
- 『東南・東アジアの水ー建築・都市の水利用環境と文化ー』 (株)丸善 日本建築学会著
- 『中国で環境問題に取り組む』 岩波新書 定方 正毅著
- 『環境年表 2002/2003』 オーム社
- 『中国経済ハンドブック 2004』 全日出版株式会社 史念著
- 『中国経済 大予測』 日本経済新聞社 門倉貴史著
- 総務省統計局 <http://www.stat.go.jp/data/sekai/02.htm>
- 中国ビジネスサポート <http://www.chinavi.jp/kokudo.html>
- 中国情報局 <http://www.searchina.ne.jp/>
- 黄河水利委員会 http://www.spf.org/sicff-j/nansui/c_web/huang.html
- 人民網日文版
http://www.j.peopledaily.com.cn/2005/08/24/jp20050824_52948.html
- 黄河断流の原因と対策
<http://www-cger.nies.go.jp/lugec/Survey99/Report99Survey.htm>
- JICA http://www.jica.go.jp/jicapark/frontier/0302/02_a.html
- ウィキペディア <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%BB%84%E6%B2%B3>
- 中国環境状況公報 1999
<http://www5a.biglobe.ne.jp/~kitagak/newsformerly.htm>
- 産経新聞 2005年6月25日
<http://news.goo.ne.jp/news/sankei/kokusai/20050625/m20050625000.html>
- 中小企業基盤整備機構
<http://www.smri.go.jp/keiei/kokurepo/kaigai/backnumber/005217.html>
- 日経BP2005年4月22日
<http://nikkeibp.jp/wcs/leaf/CID/onair/jp/eco/371699>
- 日経BP2005年7月12日
http://nikkeibp.jp/wcs/leaf/CID/onair/jp/jp_print/385603
- 中国の環境問題
<http://ww.meti.go.jp/report/tsuhaku2005/2005honbun/html/H2137000.html>
- 中国最新情報
<http://66.102.7.104/search>

中国新聞社

<http://chinanews-jp.com/>

中華人民共和国水污染防治法

http://www.zhb.gov.cn/japan/env_info/3_2_1_04.htm