第3章　水質

第3章　水質

水質分野では、生活排水や工場排水の水質調査、大連湾等沿岸海域の水質・底質・生物調査を実施し、既往検討成果とあわせて水質汚濁の現状を把握し、汚濁機構について検討を行った。また、大連湾等の将来水質予測を行ない、それらの結果をもとに大連市環境モデル地区の水環境の改善に今後有効と考えられる対策案を検討し、その実施計画案を策定した。調査対象地域は大連湾・南部沿岸海域とそれに関連する流域である。

調査全体フローシートを図VII-3-1に示す。以下、調査成果の概要をとりまとめる。

3.1　水質汚濁の現状について

本調査において実施した水質・底質・生物観測結果ならびに既往調査結果等をもとに，大連湾や南部沿岸海域等の水質汚濁状況を把握した。その結果、以下のようなことが明らかとなった。

① 大連市の市街地を流下する河川は，いずれも流域面積が小さく6～8月の雨期を除きほとんど水が流れない状況になっている。水質汚濁状況については、合流式下水管の越流化や分流化により、馬欄河等一部の河川の水質は改善されているものの、多くの河川では生活排水や工場排水が未処理のまま流入するため水質汚濁は著しい。

② 大連湾等の沿岸海域では、その利用目的に応じた水域区分（功能区）ごとに水質環境基準の類型指定がなされているが、日本の場合と異なり、有害物質等の健康被害項目に対しても類型別に適用されている。海水の水質環境基準を表 VII-3-1、大連湾の水域功能区分図を図VII-3-2に示す。

③ 大連湾では、臭水套や甜水套といった閉鎖性の強い水域での水質汚濁が著しく、無機態窒素は2mg/l以上の値を示し、環境基準値（第4類：0.30 mg/l）をはるかに越えている。

④ また、臭水套水域では湾奥部ほど水質汚濁が著しく、総窒素・総リン濃度は富栄養化限界値をはるかに越えていること、春～夏季にかけてCOD濃度が増加し、藻類増殖に伴う有機物内部生産が顕著にみられる。

⑤ 南部沿岸は、大連湾ほど汚濁は進行していないが、馬欄河河口部から星海湾沿岸部にかけてCODや総窒素、総リン濃度が比較的高くなっている。

⑥ 有害物質については、各水域とも環境基準第1類の値を満たしており、とくに砒素や水銀は近年減少傾向にある。

図 VII-3-1　調査全体フローシート

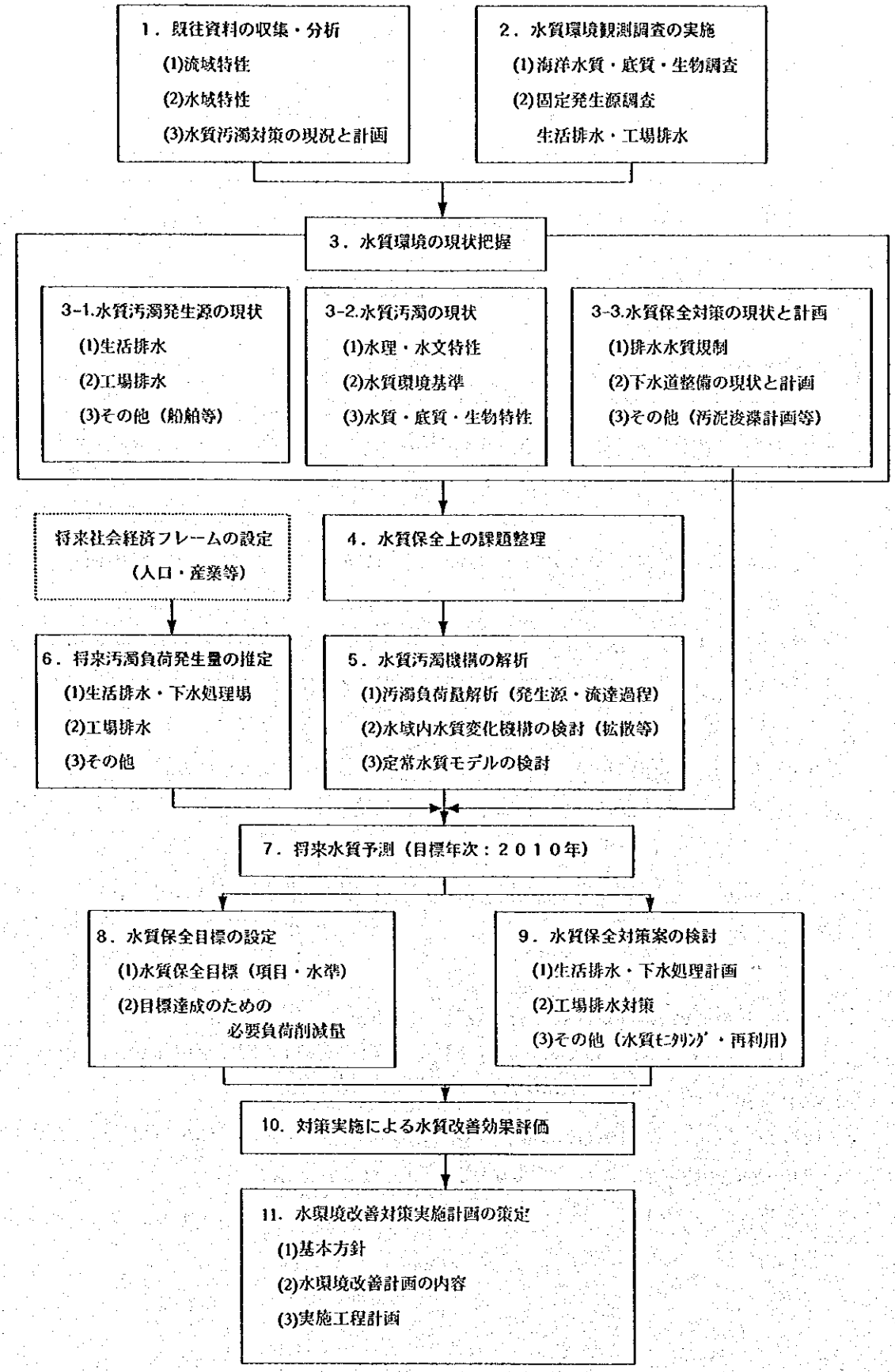


表 VII-3-1　海水水質環境基準（GB3097－1997）

項　目	第1類	第2類	第3類	第4類
色・臭・味	海水は異色・異臭・異味がないこと			海水は人に不快感を与える異色・異臭・異味がないこと
浮遊物	海面に油膜や浮泥，その他浮遊物がないこと			水面に顕著な油膜や浮泥，その他浮遊物がないこと
pH	7.8～8.5（と同時にその海域の正常な変動範囲で0.2を越えてはならない）		6.8～8.8（と同時にその海域の正常な変動範囲で0.5を越えてはならない）	
水温	人為的な海水水温の上昇は夏季で1℃，その他の季節では2℃を越えてはならない。		人為的な海水水温の上昇は4℃を越えてはならない。	
SS（mg/l）	人為的造成による増加量が10以下		人為的造成による増加量が100以下	人為的造成による増加量が150以下
COD_{Mn}（mg/l）	2以下	3以下	4以下	5以下
BOD_5（mg/l）	1以下	3以下	4以下	5以下
DO（mg/l）	6以上	5以上	4以上	3以上
大腸菌（個/l）	10000以下（生食用貝類の養殖の場合は700以下）			－
糞便性大腸菌（個/l）	2000以下（生食用貝類の養殖の場合は140以下）			－
病原体	生食用貝類の養殖場の水に病原体が含まれてはならない			
石油類（mg/l）	0.05以下		0.30以下	0.50以下
無機態窒素（mg/l）	0.20以下	0.30以下	0.40以下	0.50以下
非イオン態窒素（mg/l）	0.020以下			
リン酸態リン（mg/l）	0.015以下	0.030以下		0.045以下
総水銀（mg/l）	0.00005以下	0.0002以下		0.0005以下
カドミウム（mg/l）	0.001以下	0.005以下	0.010以下	
鉛（mg/l）	0.001以下	0.005以下	0.010以下	0.050以下
六価クロム（mg/l）	0.005以下	0.010以下	0.020以下	0.050以下
総クロム（mg/l）	0.05以下	0.10以下	0.20以下	0.50以下
砒素（mg/l）	0.020以下	0.030以下	0.050以下	
銅（mg/l）	0.005以下	0.010以下	0.050以下	
亜鉛（mg/l）	0.020以下	0.050以下	0.10以下	0.50以下
セレン（mg/l）	0.010以下	0.020以下		0.050以下
ニッケル（mg/l）	0.005以下	0.010以下	0.020以下	0.050以下
シアン化合物（mg/l）	0.005以下		0.10以下	0.20以下
硫化物（-Smg/l）	0.02以下	0.05以下	0.10以下	0.25以下
揮発性フェノール（mg/l）	0.005以下		0.010以下	0.050以下
ヘキサクロロシクロヘキサン（mg/l）	0.001以下	0.002以下	0.003以下	0.005以下
DDT（mg/l）	0.00005以下	0.0001以下		
マラソン（mg/l）	0.0005以下	0.001以下		
パラチオン（mg/l）	0.0005以下	0.001以下		
ペンタクロロフェノール（mg/l）	0.0025以下			
界面活性剤（LASmg/l）	0.03以下	0.10以下		
放射性核種（Bq/l）　^{60}Co	0.03以下			
放射性核種（Bq/l）　^{90}Sr	4以下			
放射性核種（Bq/l）　^{106}Rn	0.2以下			
放射性核種（Bq/l）　^{134}Cs	0.6以下			
放射性核種（Bq/l）　^{137}Cs	0.7以下			

第1類：海洋漁業水域、海上自然保護区、稀少で絶滅の危機に瀕している海洋生物保護区に適用
第2類：水産物養殖区、海水浴場、人体に海水が直接接触する海上スポーツあるいはレクリエーション地区、及び食品工業用水区に適用
第3類：一般工業用水区、海浜景勝観光区に適用
第4類：港湾水域、海洋開発作業区に適用

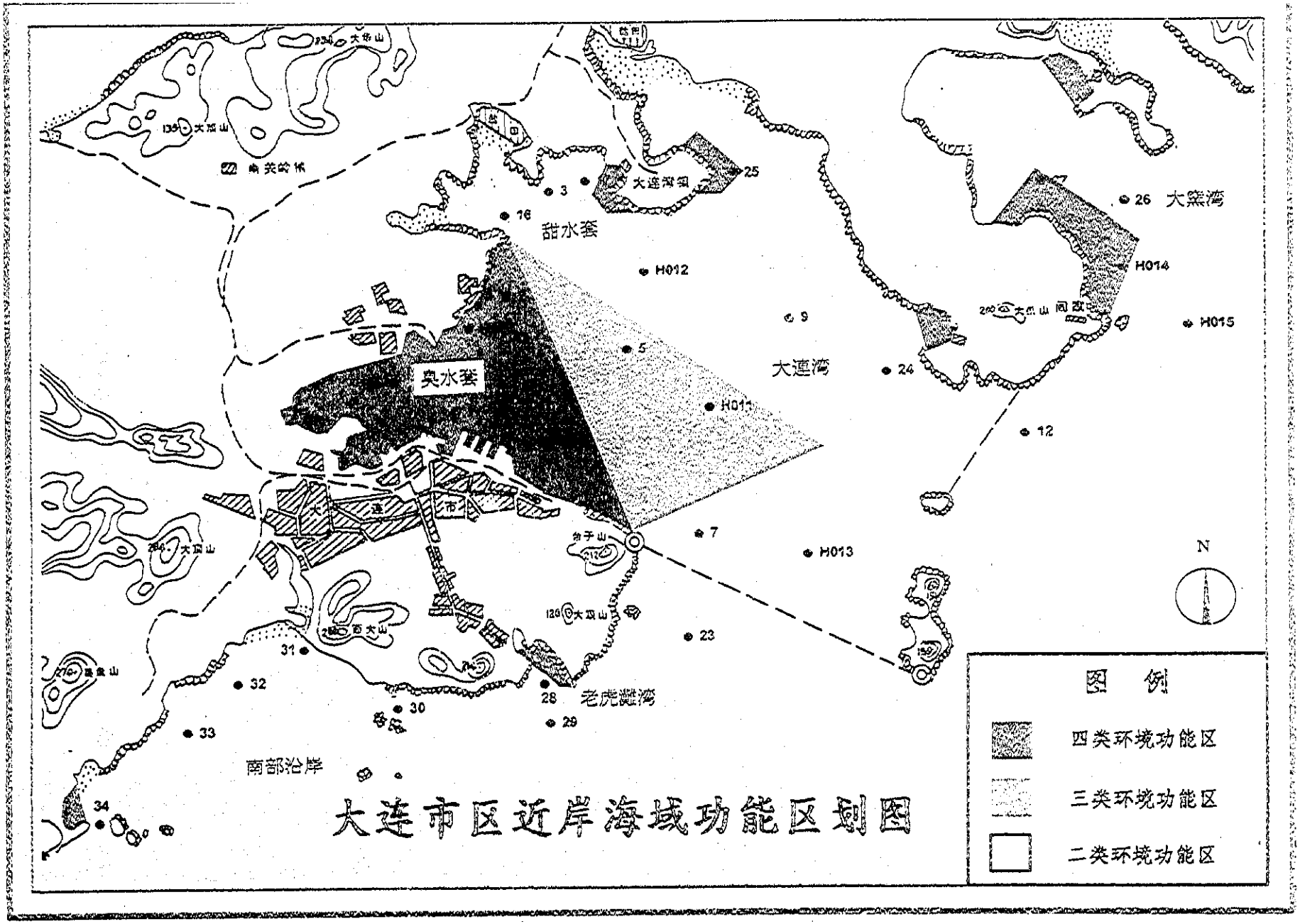


图 VII-3-2　大連市区近岸海域功能区分图

⑦ 底質の状況について本調査で実施した調査結果をみると、重金属は大連湾臭水套水域で高い値を示す傾向にあり、中国の文献資料「全国近岸海域資源調査」に示されている基準値を上回る項目が多い。

⑧ 生物に関しては、大連湾において近年ほぼ毎年のように赤潮が発生し、富栄養化が進行している。赤潮の発生時期は夏季が最も多く、春季、秋季の順で発生頻度が低くなる傾向にある。冬季はほとんど発生しない。

⑨ 赤潮の原因藻類は、夏季はラフィド藻類の *Heterosigma akashiwo*、春季・秋季は硅藻類である。

⑩ 本調査で実施した底生生物や付着生物調査結果と水質調査結果より、大連湾の臭水套水域や馬櫚河河口部などにおいて耐汚染性の高い生物種が多く観測されること、また春～夏季にかけて生物生産量が大きくなることなどが明らかとなった。

3.2　水質汚濁機構について

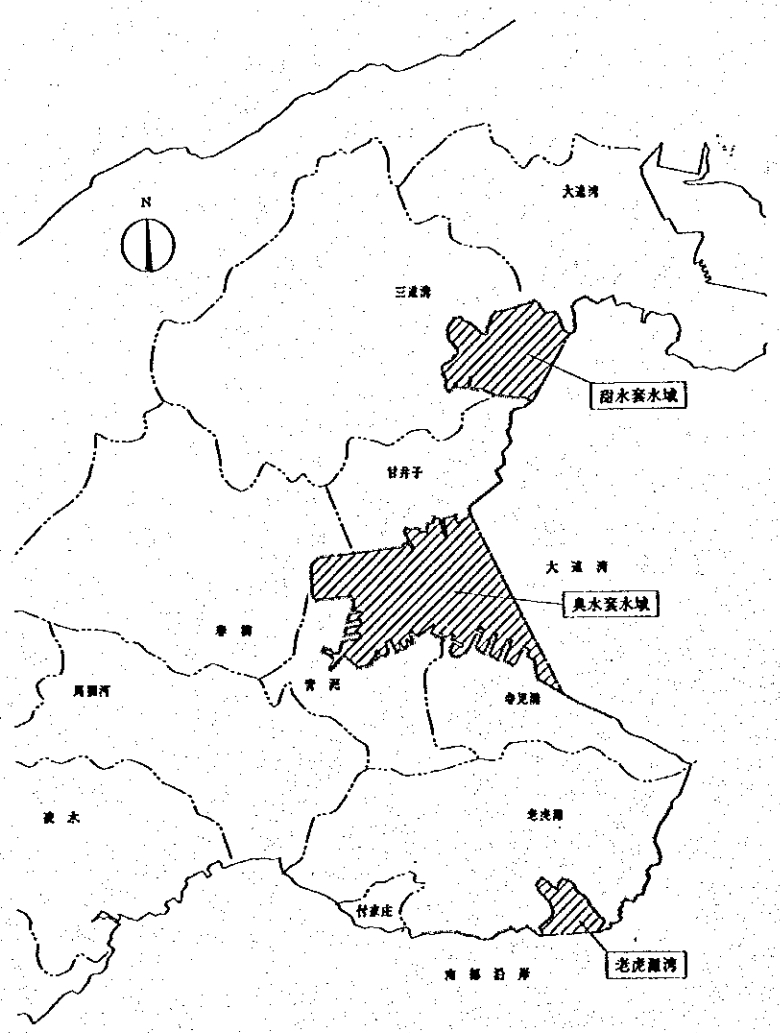
大連湾等の水質汚濁機構について、汚濁負荷の発生・流達・海域内水質変化という流れに沿って検討を行うとともに、将来予測に必要な水質拡散モデルを作成した。

具体的には、まず本調査で実施した生活排水および主要工場排水の水量・水質調査結果に基づき、対象流域内の発生源別汚濁負荷量の分布と構成を明らかにした。

つぎに、同じく本調査で実施した大連湾等流入排水路水量・水質調査結果に基づき流達負荷量および流達率を算定した。

そして、水質拡散モデルについては、大連湾の水理・水質観測データ等モデル作成に必要な資料の整備状況を勘案し、潮位・潮流などの時間的変化を考慮せずに平均化された一定の状態として取り扱う均衡モデル（定常水質モデル）を作成した。対象水域は閉鎖性が強くかつ水質汚濁の著しい臭水套、甜水套水域ならびに老虎灘湾である。（図 VII-3-3 参照）

図 VII-3-3　　水質拡散モデル検討対象水域



また、対象水質項目はCOD、SS、総窒素、総リンの4項目である。さらに、作成した水質モデルの現況同定計算を実施して現象再現性を検証した。

以上より、次のようなことが明らかとなった。

(1) 水質汚濁の著しい大連湾臭水套水域については、湾奥部で濃度レベルが高く、発生源との関係でみると、CODについては大連製鋼、SS・総窒素については大連化学などの工場排水が主要な汚濁源となっており、これらの工場排水対策の重要性が指摘される。また、総リンについては生活排水が主体を占め、ところによっては3次処理の導入を含めた下水道整備の重要性が指摘される。さらに、窒素・リンについては底泥からの溶出も水質汚濁の主要な原因になっている可能性がある。

(2) 一方、大連湾北部の甜水套水域では、湾内の養殖場や大連化学工業の廃砂場からの排水といった、工場や生活排水以外のものが水質汚濁の主要な原因と考えられる。

(3) 南部沿岸については、馬櫚河河口部や老虎灘湾での栄養塩濃度が高く富栄養化の進行が懸念されるが、それらの水域に関連する排水区では窒素・リンとも生活系＋営業系排水が発生源の主体を占めているため、富栄養化の進行防止のためには下水道整備の推進が重要な施策と判断される。（ただし、3次処理施設導入の必要性については検討の余地がある。その理由は、馬櫚河および老虎灘排水区では下水処理場の建設とともに処理水を沖合いに放流する計画となっているため、汚濁負荷が直接馬櫚河河口部や老虎灘湾に流入することを避けられるからである。）

3.3 将来水質予測

本調査では将来2010年を目標年次とし、将来人口計画値や経済成長率に基づき流域内の将来汚濁負荷発生量を推定し、その結果を主な入力条件として上記の均衡モデルを用いて水質予測計算を実施した。その結果を表 VII-3-2 に示す。これらより、将来における水質問題点として次のようなことが明らかとなった。

表 VII-3-2　現況と将来の水質計算結果の比較

(単位：mg/l)

水域名	類型	COD		SS		総窒素		総リン	
		現況	将来	現況	将来	現況	将来	現況	将来
臭水套水域 (ブロック平均)	4	○1.90	○2.54 (1.34)	○9.2	○13.5 (1.47)	×2.74	×4.38 (1.60)	○0.052	○0.065 (1.25)
甜水套水域	2	○1.09	○1.55 (1.42)	○5.6	○9.8 (1.75)	×1.52	×1.68 (1.11)	○0.030	×0.054 (1.80)
老虎灘湾	2	○1.06	○1.17 (1.10)	○4.7	○5.6 (1.19)	×0.64	×0.73 (1.14)	×0.031	×0.036 (1.16)

注）水質環境基準：○達成　×未達成、　( ) 内数値は現況濃度に対する比率

(1) 大連湾

1) 臭水套水域

・ COD・SSについてはブロック平均でみると環境基準（第4類）を満足しているが、湾最奥部のブロックの汚濁レベルは高く現況に対する濃度増加も著しい。とくにCODについては、採用した水質モデルには藻類増殖による内部生産が考慮されておらず、窒素・リンの濃度レベルから考えて夏季には環境基準を越えることも予想される。

・ 総窒素は現況に引き続き環境基準を遙かに越え、総リンはブロック平均で環境基準の第4類は越えないものの、両者の濃度レベルから考えて富栄養化の問題がさらに深刻化するものと予想される。

・ このような水質汚濁の原因として、COD については大連製鋼、SS・総窒素については大連化学といった工場排水、総リンについては生活系＋営業系排水が主要な汚濁源と考えられ、これらの工場排水対策ならびに春柳処理場での 3 次処理の導入を含めた下水道整備が水質保全上重要な対策と判断される。

2) 甜水套水域

・COD、SS については環境基準の第 2 類のみならず第 1 類の達成も可能となっているが、現況と比べ 40%以上の大きな増加を示す。

・総窒素・総リンの濃度レベルは現況に引き続き高く、環境基準を大きく越えており、臭水套水域と同様に富栄養化の問題がさらに深刻化するものと予想される。

・甜水套水域では流域での大幅な人口増加に加え、大連染料工場の転入および大連塩素酸カリウム工場からの負荷量増加（とくに SS）が、このような水質汚濁の進行の主な原因と考えられる。

(2) 南部沿岸

・南部沿岸地域全体としては、馬櫚河下水処理場建設の効果もあり、発生汚濁負荷量ベースでは現況とほぼ同じレベルに抑えられているが、老虎灘湾では将来水質予測結果から富栄養化がさらに進行するものと推定される。

・これらの主要な汚濁源は生活系＋営業系排水であり、馬櫚河および老虎灘排水区での下水道整備の推進が重要な対策と考えられる。（なお、3 次処理施設導入の必要性については、下水処理場の建設とともに処理水を沖合いに放流する計画となっているため、その効果・影響についての分析を踏まえ検討すべきと考えられる。）

3.4 水質保全目標の設定

中国の海水水質環境基準ならびに将来の水質予測結果や汚濁問題点を踏まえ、2010 年までに達成すべき水質保全目標（項目・水準）をつぎのような考え方に基づき設定した。

現在、大連市では大連湾とその周辺水域について国が定めた海水水質基準に基づき、各水域別にその利用目的を考慮して環境基準の類型指定（1998 年 7 月改定）がなされており、各類型の基準値達成に向けて下水道整備や排水規制等の施策が講じられることになる。

一方、このような水質環境基準の達成状況は、大連湾の臭水套や甜水套水域などでは基準値を大きく越えている項目がみられ、今後、大連市の社会経済の発展に伴い汚濁負荷量が増大し、基準値の達成がますます困難になることが予想される。とくに、大連湾の水質保全上の大きな課題である赤潮発生等富栄養化の抑制、すなわち窒素・リンの水質改善に対しては相当の困難が予想される。

そこで、将来 2010 年において、現在の排水処理レベルでは環境基準をはるかに越えると予測される項目については、まずは現状の水質レベルを維持することを目標とし、その後、本来の環境基準の達成に向けて努力することとする。中国基準にはないが富栄養化のために総窒素・総リンの目標値を決めた。

また、将来対策なしでも環境基準の達成が可能と予測される項目については、より快適な水環境の創造に向けてさらに上位の基準達成を目標とする。

なお、本調査で将来予測の対象としなかった他の水質項目および海域の水質保全目標については、1998 年 7 月に改定された海水水質環境基準により、それぞれの海域で指定された類型基準値の達成を目標とする。

以上のような考え方から、将来 2010 年までに達成すべき水質保全目標を表 VII-3-3 に示す。

表 VII-3-3　将来 2010 年における水質保全目標

水質項目	臭水套水域 （ブロック平均）	甜水套水域	老虎灘湾
COD	3mg/l 以下 （環境基準第 2 類）	2mg/l 以下 （環境基準第 1 類）	2mg/l 以下 （環境基準第 1 類）
SS	9mg/l 以下 （現況濃度レベル）	6mg/l 以下 （現況濃度レベル）	5mg/l 以下 （現況濃度レベル）
総窒素	2.7 mg/l 以下 （現況濃度レベル）	1.5 mg/l 以下 （現況濃度レベル）	0.3 mg/l 以下 （環境基準第 2 類相当）
総リン	0.05 mg/l 以下 （現況濃度レベル）	0.03 mg/l 以下 （環境基準第 2 類相当）	0.03 mg/l 以下 （環境基準第 2 類相当）
石油類	0.50 mg/l 以下 （環境基準第 4 類）	0.05mg/l 以下 （環境基準第 2 類）	0.05 mg/l 以下 （環境基準第 2 類）
大腸菌	10000 以下（生食用貝類の養殖の場合は 700 以下）		
病原体	生食用貝類の養殖場の水に病原体が含まれてはならない。		

注）上表以外の水質項目および海域の水質保全目標は、それぞれの海域で指定された類型の水質環境基準値（中国の基準 GB3097－1997）の達成を目標とする。

3.5　水質保全対策実施後の将来水質予測

ここでは、対策を講じない場合と対策を講じた場合の2010年の予測を推定した。下水道の整備計画区域は図のとおりである。改善対策としては中心 4 区における主要な汚濁発生源が生活排水（営業排水を含む）と工場排水であることから、(1)下水道整備による生活排水・工場排水の処理、(2)各事業所による工場排水の処理（下水道に放流する場合の前処理を含む）を実施した後の将来水質予測を行った。

対策実施前と後の将来水質予測計算結果を表 VII-3-4 に示す。なお、同表には 1997 年現況と対策なしの場合もあわせて示す。これらの結果をまとめると次のようになる。

(1) 臭水套水域では、下水道整備と工場排水処理対策の実施によりすべての項目について水質保全目標を達成する。SS と総窒素については大連化学工業をはじめとする工場排水処理対策の効果が大きく、とくに水質汚濁の著しい湾奥部（3 および 4 ブロック）での水質改善度が大きい。総リンについては春柳下水処理場での 3 次処理の導入による効果が大きく、その必要性は高い。

(2) 甜水套水域では、大連染料などの工場排水処理対策と三道溝下水道整備により COD と SS については水質保全目標を達成するが、総窒素・総リンについては下水道 3 次処理の導入によっても目標達成は困難である。従って、目標達成のためには、湾内にある養殖場の管理や沿岸に立地する大連化学工業の廃棄物処分場からの排水管理の強化など、生活系・工場系以外の汚濁源に対する対策をあわせて実施する必要がある。

(3) 老虎灘湾では、下水道整備によりすべての項目について水質保全目標を達成する。

表 VII-3-4　　2010 年将来水質予測結果のまとめ

水質項目	水　域　名		水質予測結果（mg/l）			
			保全目標	1997 年現況	将来対策なし	将来対策あり
COD	臭水套	1	-	1.5	1.6	1.4
		2	-	1.7	2.1	2.0
		3	-	2.0	2.5	2.0
		4	-	3.6	6.3	5.7
		平均	3.0	○1.9	○2.5	○2.3
	甜水套		2.0	○1.1	○1.6	○1.5
	老虎灘湾		2.0	○1.1	○1.2	○0.8
SS	臭水套	1	-	6.4	7.3	5.5
		2	-	8.1	12.1	6.4
		3	-	10.5	14.9	6.4
		4	-	17.3	29.4	9.7
		平均	9.0	×9.2	×13.5	○6.6
	甜水套		6.0	○5.6	× 9.8	○6.0
	老虎灘湾		5.0	○4.7	× 5.6	○2.9
総窒素	臭水套	1	-	2.10	2.41	1.94
		2	-	2.55	4.07	2.33
		3	-	2.84	4.31	2.33
		4	-	4.78	9.72	3.90
		平均	2.70	×2.74	×4.38	○2.42
	甜水套		1.50	×1.52	×1.68	×1.57
	老虎灘湾		0.30	×0.64	×0.73	○0.23
総リン	臭水套	1	-	0.035	0.038	0.022
		2	-	0.040	0.049	0.033
		3	-	0.073	0.085	0.033
		4	-	0.109	0.164	0.118
		平均	0.050	×0.052	×0.065	○0.040
	甜水套		0.030	○0.030	×0.054	×0.047
	老虎灘湾		0.030	×0.031	×0.036	○0.018

（○：目標達成、×：目標不達成）

3.6 水環境改善対策実施計画の策定

3.6.1 基本方針

水環境改善対策実施計画の策定にあたり、その基本方針は以下のとおりとする。

3.6.1.1 水質保全目標の達成

計画策定の全体的な基本方針は、将来 2010 年までに表 VII-3-3（前掲）に示した水質保全目標値を達成することとする。

3.6.1.2 水環境改善対策の実施

前項に示した水質保全目標を達成するための方策として、中心４区の主要な汚濁発生源が生活排水と工場排水であることから、(1)下水道整備による生活排水・工場排水の処理、(2)各企業における工場排水の処理を基本とし、その他の河川、海域での浄化・環境整備といったハード的対策や、水質モニタリング体制強化などのソフト的対策については補完的な対策として位置づけるものとする。各対策の実施方針は以下のとおりである。

(1) 下水道整備計画

1) 現在、大連市において進められている下水道整備計画を基本として図 VII-3-4 に示すように 10 処理区（8 下水処理場）に分けて計画する。

2) 1997 年現在、終末下水処理場を有する排水処理区は春柳処理区のみであり、下水処理率（水量比率）は 4%程度に過ぎないと推定される。これに対し、2010 年には中心４区の下水処理率を約 90%まで向上させることを目標とする。（大連市環境モデル都市計画案では 2005 年に 80%を目標としている。）

3) 下水管路の整備については、現在進められている既設管の載流式合流下水道への改善と汚水・雨水の分流化を引き続き推進し、汚水の河川への直接放流を規制することにより河川水質の浄化を図る。

4) 海域の富栄養化抑制のため、窒素・リンの除去が必要な下水処理場には 3 次処理プロセスを導入し、処理水質の向上を図る。

これら下水道整備計画の内容をまとめて表 VII-3-5 に示す。

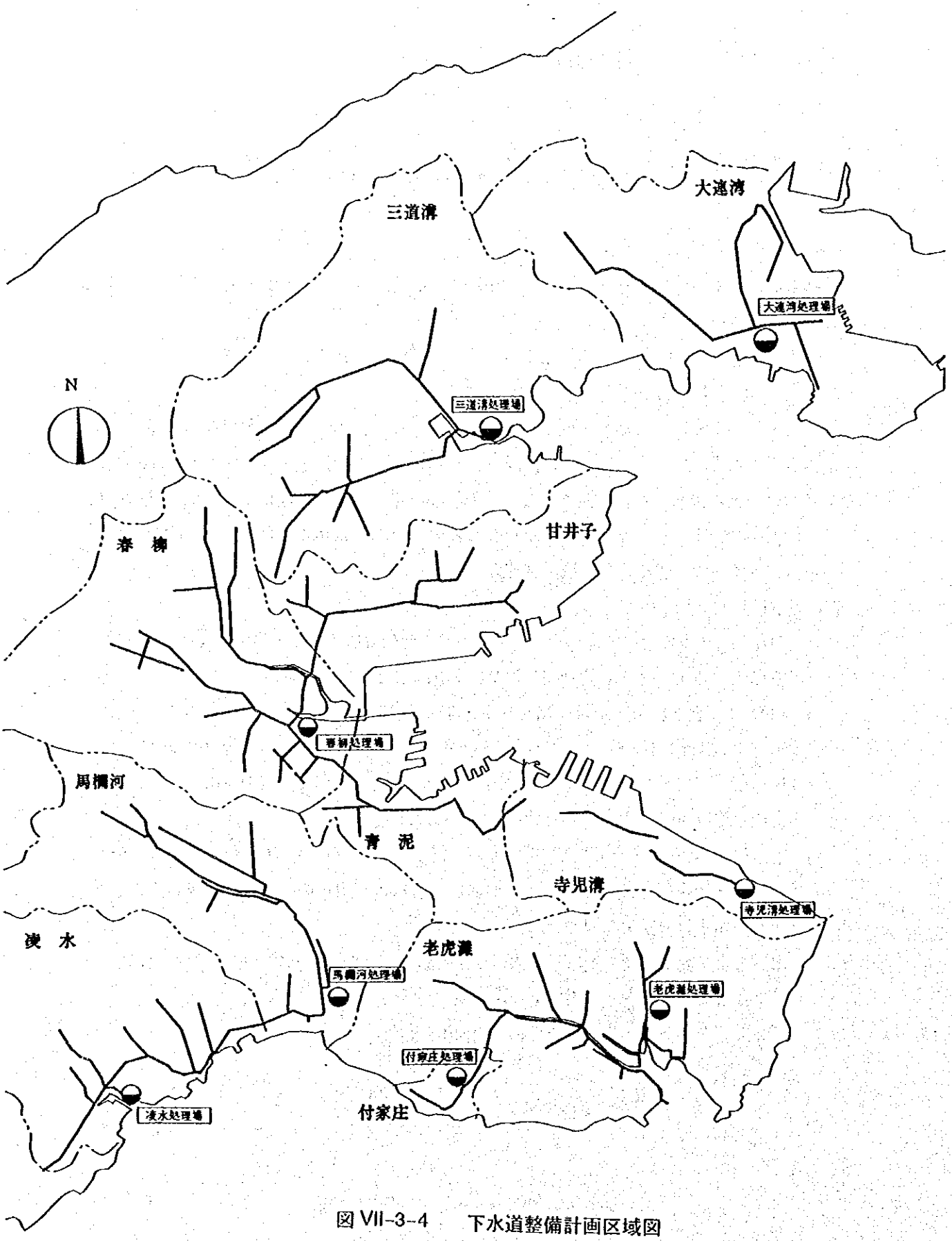


図 VII-3-4　　下水道整備計画区域図

表 VII-3-5　下水道整備計画

処理区域	処理場名	処理能力 (m³/日)	完成予定時期	処理プロセス	備　考
寺児溝	寺児溝（新設）	100,000	2008 年	標準活性汚泥法	
青　泥 春　柳 甘井子	春柳（第 1 期増設）	20,000	2000 年	A_2O 式 活性汚泥法	既設 60,000m³/日 下水処理水再利用 ：20,000m³/日
	春柳（第 2 期増設）	120,000	2006 年		
	春柳（第 3 期増設）	130,000	2010 年		
三道溝	三道溝（新設）	70,000	2010 年以降	標準活性汚泥法	
大連湾	大連湾（新設）	20,000	2010 年以降	標準活性汚泥法	
老虎灘	老虎灘（新設）	90,000	2002 年	標準活性汚泥法	処理水沖合放流
付家庄	付家庄（新設）	6,000	2008 年	標準活性汚泥法	処理水沖合放流
馬欄河	馬欄河（第 1 期新設）	120,000	2000 年	標準活性汚泥法	下水処理水再利用 ：40,000m³/日 処理水沖合放流
	馬欄河（第 2 期新設）	30,000	2010 年		
凌　水	凌　水	60,000	2005 年	標準活性汚泥法	処理水沖合放流

(2) 工場排水処理対策

1) 現在排水水質基準値を満足していない工場に対して、まずは基準値に適合させるような対策を先行的に実施する。その後、下水道整備とあわせて水質保全目標の達成に向けてさらなる排水水質の改善を図る。あわせて総量規制の強化により大連湾に流入する汚濁負荷総量の削減を図る。

2) 内陸部に立地する下水処理区域内の工場については、前処理設備の設置により下水道排除基準を満たした後、排水を下水道へ放流する。

3) 対策の内容については、当面は製造装置からの液漏れ防止や既存の排水処理設備の改善・効率的運用など、既存設備や排水管理体制の強化に重点を置くものとし、工場内の排水量収支などの実態調査を踏まえた上で、適切な排水処理設備の新設・増設を行うものとする。

工場排水処理計画の内容を対策実施対象工場ごとにまとめて表 VII-3-6 に示す。

表 VII-3-6　工場排水処理計画

工場名	改善項目	排水処理対策	実施時期 第1期 (2000年頃迄)	実施時期 第2期 (2010年迄)
大連化学工業公司	SS	原塩熔解装置廃水沈殿処理	○	
		同上装置増強		○
		最新硫安装置の設置		○
		No.56 排水口系総合加圧浮上装置		○
		No.57 排水口系総合加圧浮上装置		○
		発電所排水加圧浮上装置		○
	総窒素	塩安装置内部液漏洩防止対策	○	
		最新塩安装置の設置		○
大連松遼化工公司（農薬）	SS	沈殿処理後に加圧浮上装置設置	○	
		沈殿・加圧浮上装置増設		○
	pH	塩酸中和設備設置	○	
	ﾌｪﾉｰﾙ	ﾌｪﾉｰﾙ除去設備設置	○	
		ﾌｪﾉｰﾙ除去設備増設		○
	COD	COD 除去設備設置	○	
		COD 除去設備増設		○
大連製鋼工場	SS	圧延工程循環水漏洩防止対策	○	
		圧延工程排水加圧浮上処理		○
	総窒素	ｶﾞｽ発生炉更新（CP）汚水焼却処理	○	
		ｶﾞｽ発生炉増設（CP）汚水焼却処理		○
大連石油化工石油第7工場	総窒素	ｱﾝﾓﾆｱ態窒素除去装置の整備	○	
		生化塔へのｱﾝﾓﾆｱ態窒素除去技術導入	○	
		ｱﾝﾓﾆｱ態窒素除去装置の増設		○
		生化塔へのｱﾝﾓﾆｱ態窒素除去装置増設		○
遼寧省大連海洋漁業公司	SS	既設凝集沈殿処理設備の整備・改造	○	
		沈殿・加圧浮上装置増設		○
	総窒素	既設凝集沈殿処理設備の整備・改造	○	
		ｱﾝﾓﾆｱ態窒素除去装置導入		○
大連塩素酸ｶﾘｳﾑ工場	SS	集塵機廃水の加圧浮上処理	○	
		No.91 排水口系総合加圧浮上装置		○
大連染料工場	SS	大連化学廃砂場への廃棄	○	
		沈殿・加圧浮上装置導入		○
	総窒素	ｱﾝﾓﾆｱ態窒素除去装置導入		○

（注）CP：クリーナープロダクション

(3) その他の対策

その他に実施すべき対策を、ハード・ソフトに分けて以下に列記する。（具体的な内容については本編を参照のこと。）

1) ハード的対策

・排水の循環再利用（下水処理水の再利用）

・河川環境改善対策（河道整備・河川堆積物の除去、河道内水面の保持）

・大連湾臭水套水域の底泥浚渫

・大連湾甜水套水域の水質浄化対策の実施

2) ソフト的対策

・洗剤の無リン化規制

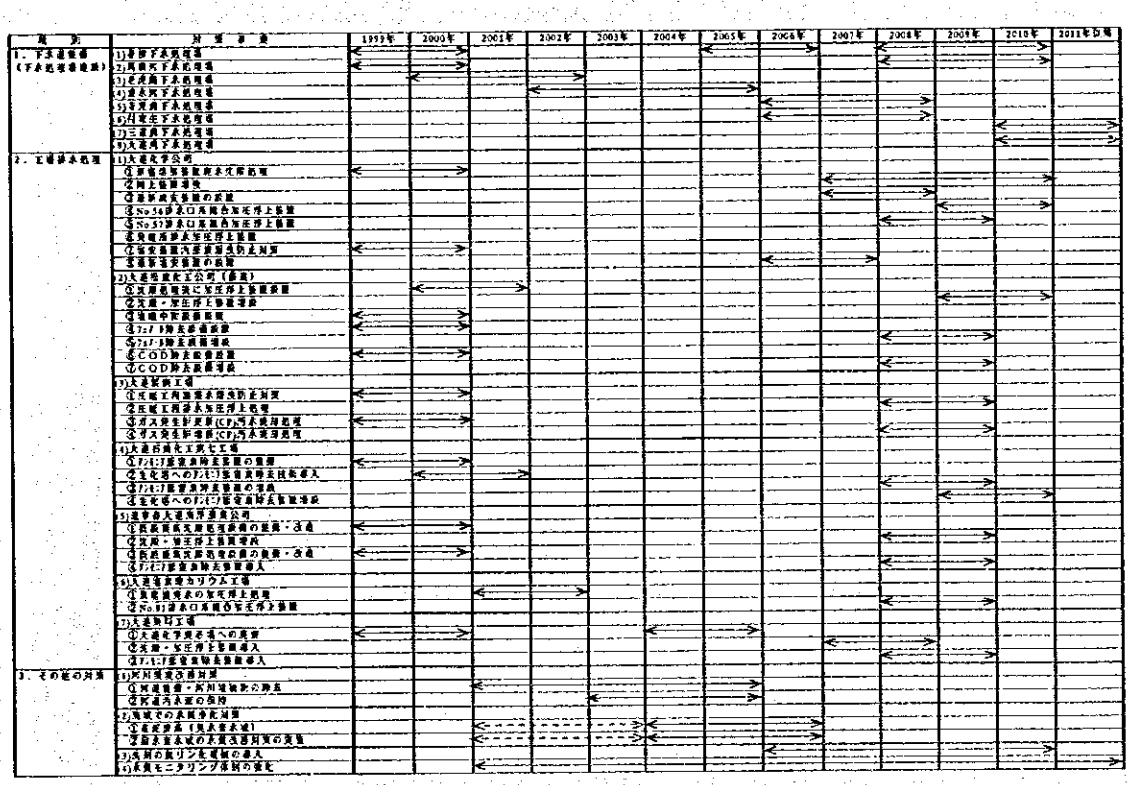
・水質モニタリング体制の強化（排水・海域）

・水質汚濁機構・対策技術に関する調査研究

3.6.2 実施工程計画

これまでにまとめた各水環境改善対策の実施工程計画を図 VII-3-5 に示す。

図 VII-3-5　水質改善対策実施工程計画（案）



第４章　固定発生源

第4章　固定発生源

大連市環保局が保有する資料・データを基にし、クロスチェックを目的として、大気については特定大規模工場および市内に点在する民生用ボイラーの排煙ガス濃度の測定を行い、水質については工場排水の測定を行い、大気および水汚染の発生源の現況を把握した。さらに、地区別産業別就業人口・燃料使用量の予測値、モデル地区の2次産業のGDPおよびエネルギー使用量の伸び率などを基に、汚染発生量の将来予測を行った。汚染発生量削減対策としては、1)工場移転計画、2)クリナープロダクション、3)省エネルギー、4)排ガス・排水処理設備の設置などに関する各種対策案と実施計画を提言した。大気汚染対策には都市ガス・供熱設備の普及による面源排出量削減、供熱ボイラーの集中化、石炭の硫黄含有率の引き下げなどについても提言した。なお、各汚染物質別の1)現状発生量、2)目標年度2010年における対策を実施しない場合の汚染発生量予測、3)対策を実施した場合の汚染発生量予測の関するデータは、大気質シミュレーションモデル構築と将来汚染予測、および大連湾水質汚染機構解析・将来汚染予測の検討に供した。

4.1　汚染物質排出量の現状

4.1.1　大気汚染物質

大気汚染物質としてSO_2、NOx、TSP及び温暖化ガスとしてCO_2を選定して排出量を算定し、併せてクロスチェックを目的として特定大規模工場の排煙ガス濃度の測定を行った。

(1) 排煙測定結果は、オーダー的にはデータベースと一致している。しかし、石炭ボイラーの排煙測定結果において酸素濃度が極めて高いことから大量の過剰空気を用いて運転されており、結果的に汚染物質の濃度は低くなっているものと思われる。

(2) 1997年度における大気汚染物質排出量の算定結果は表Ⅶ-4.1.1-1の通りであり、点源と面源の合計SO_2、NOx、TSP、CO_2量は、概算各8万トン、6万トン、7万トン、13百万トンとなっている。この表で点源はボイラー能力1トン／時以上、又は同等の能力の加熱炉を有する事業所を意味し、面源は能力1トン／時以下で地域区分として表示されている。

表Ⅶ-4.1.1-1　　1997 年度大気汚染物質排出量

(ton)

汚染物質	点源	面源	合計
SO_2	76,969	6,329	83,298
NOx	57,306	4,181	61,487
TSP	47,086	19,428	66,514
CO_2	12,400,453	686,294	13,086,747

(出典)　環保局調査

これらの排出量における上位会社は表Ⅶ-4.1.1-2 の通りであり、SO_2、NOx、TSP については、上位 3 社のシェアが極めて高いことを示している。即ち、SO_2 に関しては華能発電所、大連化学、大連熱電公司 3 社で 54.2%、NOx についても同様 3 社で 53.5, TSP については大連セメント、大連製鋼、大連化学の 3 社が 23.6%を占めている。

ただし、華能発電所については煙突が高いことと、立地が 4 区の北東部に隣接することから着地濃度においては寄与度は少ない。

上記によれば、SO_2 に関しては、大連化学、大連製鋼などの大容量のボイラー対策が必要であることを示している。また、NOx については大連化学の硝酸プラントによる寄与濃度が極めて高いことからその対策、並びに大連製鋼と大連ガス二廠（移転の計画がある）の対策を、TSP に関しては大連セメント、大連製鋼、大連ガス二廠への対策が重要であることを示している。TSP 排出量については華能発電所、大連化学、大連熱電公司、春海熱電所などの発電施設には集塵設備が装着されているために排出量は総体的に少なく着地濃度も低くなっている。また、大連セメント及び大連製鋼の排出量の多くは石炭の燃焼によるものではなくプロセス設備からの排出によるものである。大連セメント、大連製鋼及び大連ガス二廠の 3 社が圧倒的に着地濃度が高いので早急な対策が必要である。

表Ⅶ-4.1.1-2　　大気汚染物上位排出会社

事業所	煙突高さ (m)	総排出量 (t)			最大着地濃度 (mg/1000Nm3)		
		SO_2	NOx	TSP	SO_2	NOx	TSP
華能発電所	240	24,023	17,737	834	1.43	0.87	0.04
大連化学	30-80	12,123	9,150	1,998	24.56	20.2	3.74
大連熱電公司	130	9,031	6,001	1,411	1.50	0.78	0.18
春海熱電所	135	3,864	1,103	575	1.40	0.30	0.16
大連製鋼	35-50	1,928	1,712	4,495	22.22	21.91	47.48
大連セメント	35-50	554	1,544	9,218	7.35	12.30	837.43
大連ガス二廠	63	83	535	837	5.19	24.35	42.10
(総合計)		83,298	61,488	66,514			
各上位 3 社合計		45,177	32,888	15,711			
各上位 3 社ｼｪｱ-		54.2%	53.5%	23.6%			

(出典)　環保局調査

4.1.2　水質

水質については、生活項目としてCOD、BOD、SSをとり、また富栄養化項目として全窒素、全燐をとりあげた。健康項目については水質調査で述べる様に規制値以下である。

(1) 20工場の工場排水（海水を含む）の測定結果

工場の工場排水の測定結果で、排水基準の適合状況は、表Ⅶ-4.1.2-1の通り多くの工場が不適格であつた。各数値の分母は各工場の測定個所の数を示し、分子は適合した箇所の数を示す。多くの工場は排水処理設備を有するが、処理設備の稼働率が低く２次処理設備は全体の1%にも満たない。

今回の現地調査においては、工場出口排水口での汚濁負荷量がようやく把握できた状態であり、上流側工場内のどこに主要な汚染源があり、工場内での汚染寄与率はどの程度かと言うような情報については、全く把握できなかった。

また現場の汚染管理も殆ど行われていないような状態で、装置からの液漏れがそのまま放置されている模様である。

表Ⅶ-4.1.2-1 海域排出工場の排水基準適合状況（1997）

事業所	pH	COD	SS	ｱﾝﾓﾆｱ態窒素	燐酸塩
大連染料工場	0/3	0/3	3/3	0/3	1/3
大連石炭ｶﾞｽ第二ｶﾞｽ工場	0/3	3/3	0/3	3/3	2/3
大連製薬工場	0/2	2/2	1/2	1/2	2/2
大連石油化工石油第七工場	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
大連化学工業公司	1/6	0/6	1/6	2/6	0/6
大連製鋼工場	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
遼寧省大連海洋漁業公司	0/2	0/2	2/2	1/2	2/2
大連電鍍工場	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
大連松遼化工（農薬）	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1
大連塩素酸カリ工場	0/2	0/2	1/2	0/2	0/2

（注）表中の数字は、基準超過排水口数/総排水口数を示す。（作成）調査団

(2) 工場排水汚染物質

・主要排水会社の排出量は表Ⅶ-4.1.2-2の通りであり、CODでは大連製鋼及び大連石油第七工場、SSでは大連化学、総窒素では大連化学が圧倒的に排出量が多く、緊急な対策が必要である。

表Ⅶ-4.1.2-2　排水汚染上位排出量（1997）

工場	排水量			COD	SS	総窒素	総リン	アンモニア態窒素
(種類)	淡水量	海水量	合計	負荷量	負荷量	負荷量	負荷量	負荷量
(単位)	(m³/日)	(m³/日)	(m³/日)	(kg/日)	(kg/日)	(kg/日)	(kg/日)	(kg/日)
大連船舶工業（集団）	2,211	5,610	7,821	262.4	275.7	39.1	1.8	36.0
大連化学工業公司	12,387	297,278	309,665	1,833.5	42,163.6	16,499.0	34.2	12,056.1
大連松遼化工（農薬工場）	82	1,000	1,082	224.0	416.0	0.0	0.0	1.2
大連ガラス工場	588	0	588	0.0	34.5	0.0	0.0	0.0
大連製鋼工場	91,052	0	91,052	4,609.3	15,478.8	6,323.8	34.7	868.1
大連電鍍工場	364	0	364	7.6	58.2	8.0	0.2	2.7
大連醸酒工場	2,611	0	2,611	1,958.3	2,459.6	0.0	0.0	12.0
大連セメント工場	1,978	0	1,978	150.1	0.0	0.0	0.0	9.1
大連企栄鋳鉄管工場	84	20	104	6.8	0.0	0.0	0.0	0.5
大連石油第七工場	7,835	188,029	195,864	4,203.3	1,175.2	3,255.2	5.0	1,461.8
大連海洋漁業公司	4,811	726	5,537	719.8	2,405.9	428.9	46.5	234.1
大連有機合成工場	1,370	0	1,370	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
大連塩素酸カリ工場	25,259	0	25,259	301.2	7,766.0	112.5	2.9	67.6
華能発電所	86	10,712	10,798	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
石炭ガス第一工場	1,096	0	1,096	274	241	142.5	4.0	0
石炭ガス第二工場	1,092	0	1,092	270	84	182.1	2.5	0
大連製薬	6,440	0	6,440	3,426.4	8,832.4	415.2	49.7	0
大連染料工場	5,542	51,058	56,600	2,296.0	17,726.0	865.7	108.5	260.4
海域への排出量合計	164,888	554,433	719,321	20,544	99,117	28,272	290	15,013

（出典）環保局

(3) 排水先

主要工場の排水先及び総排水量は下表のとおりで、海岸に立地する工場からの排水が量的には圧倒的に多い。

排水先	工場名称	排水量
海域	大連染料工場、遼寧省大連海洋漁業公司、大連化学工業公司、華能発電所、大連塩素酸カリ工場、大連製鋼工場、大連油脂工業総工場、大連石油第七工場	270,750 千 ton/y
河川・水路	大連製薬工場、鉄道部大連汽車車輌工場、大連セメント工場、大連重型機器工場、大連ガラス工場、大連起重機器工場、大連醸酒工場、大連発電所、大連メッキ工場、大連刃物工場	7,070 千 ton/y

4.2 固定発生源の将来予測と対策

以下に、将来予測の前提条件、削減対策、対策を講じなかった場合と対策を講じた場合との比較を述べる。

4.2.1 大気

(1) 大気の将来予測量計算の前提条件

1) モデル4地区における石炭消費量の予測

中国側より入手した1995、1997及び2010年度における大連全体の石炭消費量の予測値を基にして、モデル4地区における石炭消費量を以下により算定した。

前提条件として、モデル4地区における一次エネルギー供給の太宗は目標年度の2010年までは従来通り石炭であり液体燃料、LPG等のシェアは従来の延長線上に外挿されるものとし、天然ガス、原子力エネルギー等の新エネルギー源の導入は考慮していない。又エネルギー用途以外の原材料用の石炭消費量も算定されていない。

① モデル4地区別産業別就業人口予測

中国側の年次別（1995~2010）及び産業別就業人口予測資料による。（都市計画表）

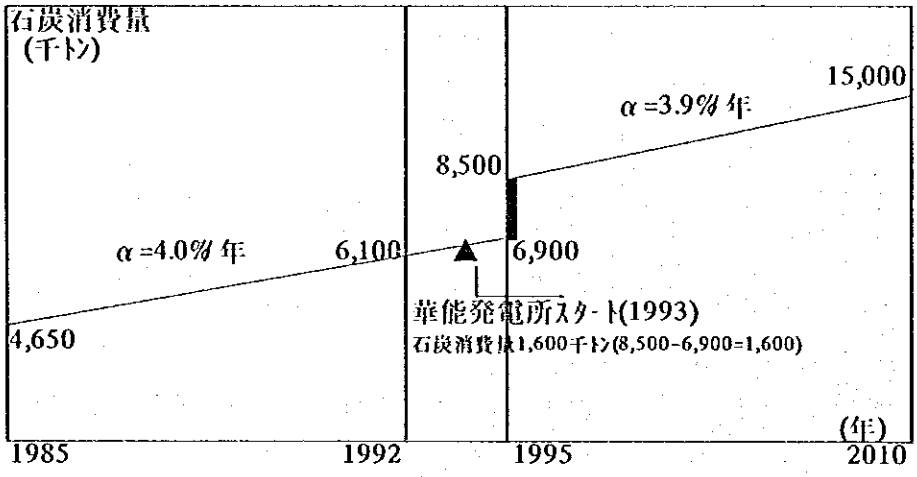
② モデル4地区別産業別石炭消費量予測

地区別産業の特徴を加味する為に、1997年度における地区別産業別就業人口1人当たり石炭消費量を算出して、これに中国側で作成したモデル4区別、年次別の就業人口予測数をかけて年次別の石炭消費量を算出した。

③ モデル4地区別産業別石炭消費予測量の修正

中国側から入手した図Ⅶ-4.2.1-1 による大連地区の石炭消費量の実績値及び計画値は1995年度で8,500千トン、2000年度で約15,000千トンであり、伸び率は1995-2010で3.9%／年となっている。中国におけるGDPに対するエネルギー弾性値は約0.5前後といわれており、今後2010年迄の平均GDP成長率を約8.0%と想定すれば、石炭の平均年間伸び率3.9%は妥当な数値であると判断される。尚、モデル4地区の大連市全体に対する石炭消費量は多くの経済的な諸指標が示している約60%あると仮定した。②で得られた石炭消費量を③の数値により修正したのが表Ⅶ-4.2.1-1 であり、修正値は2010年で約8%減少している。

図Ⅶ-4.2.1-1　大連市全体の石炭消費量予測方法図解



表Ⅶ-4.2.1-1　モデル４区別石炭消費量予測（点源）　(ton)

年次	産業	甘井子区	中山区	西崗区	沙河口区	合計
1997	1次産業	16,785	150	5,658	7,532	30,125
	2次産業	1,372,060	105,849	40,672	387,171	1,905,752
	3次産業	1,732,634	402,296	100,411	790,239	3,025,580
	合計	3,090,894	615,716	160,890	1,386,487	4,961,457
2000	1次産業	13,292	155	5,869	8,205	27,521
	2次産業	1,372,914	90,820	34,846	335,141	1,833,721
	3次産業	2,317,894	425,491	106,029	854,225	3,703,639
	合計	3,704,100	516,466	146,744	1,197,571	5,564,881
2005	1次産業	13,553	126	4,696	6,840	25,215
	2次産業	1,457,073	73,024	28,709	283,020	1,841,826
	3次産業	3,308,759	461,733	118,464	982,043	4,870,999
	合計	4,779,385	534,883	151,869	1,271,903	6,738,040
2010	1次産業	13,459	100	3,659	5,554	22,772
	2次産業	1,506,103	57,186	23,037	232,779	1,819,105
	3次産業	4,600,153	488,008	128,909	1,099,573	6,316,643
	合計	6,119,715	545,294	155,605	1,337,906	8,158,520

(注) 上表は計算上の予測値であり、個別企業の実績値を反映させると合計値は若干ずれた数値になる。

(2) 大気汚染物質削減の対策

大気汚染物質削減対策として下記のケースを設定した。対策の中には第３次産業への移行は考慮されているが、第２次産業内の構造変化については資料が入手出来ず検討されていない。尚、主要なエネルギー源は石炭としている。

削減対策：1)工場移転計画、2)クリナープロダクション、3)省エネルギー、4)都市ガス・供熱設備の普及による面源排出量削減、5)供熱ボイラーの集中化、6)排煙脱硫/脱硝/集塵設備の設置、7)石炭の硫黄含有率の引き下げ

以下に各項目別対策について説明する。

尚、後述するＸ及びＺケースの意味は次の通りである。

Ｘ：　現状を石炭消費量予測により単純に延長して将来を推定したもので、産業構造転換以外に、現状以上の特段の環境対策をとらないケース（Do-Nothing ケース）。

Ｚ：　最大限の環境対策（表Ⅶ-4.2.1-2 参照）を官民協同で講じた理想的なケース（Best ケース）。但し、DSM 及び IGCC については考慮に入れていない。

1)　工場移転

中心４区には、多くの旧式の工場が存在しており、環境汚染の大きな源泉になっている。大連市では 1972 年から工場移転を開始し、1995 年に大連市は正式に工場移転政策を決定した。移転した工場は 1995 年 15 工場、1996 年 21 工場、1997 年 20 工場と移転が進んでおり、今回調査対象である大連都市ガス、大連染料、大連製薬も移転対象工場である。これら工場は移転と同時にプロセスの改善が図られている。

2)　クリーナープロダクション（CP）の実施

工場移転が不適格な工場は、プロセスの変更を含む近代化（クリーナープロダクション）をすすめる予定である。今回 CP 対象になったのは大連化学、大連製鋼、大連セメント、大連染料、大連製薬、都市ガス、春海熱電所で設備改善計画に伴う大気汚染物質排出量の削減効果は工場別に反映させている。なお大連化学は、石炭ベースによるアンモニア生産を中止して重油分解によるアンモニア生産に切替、かつ SO_2 及び NOx の最大発生源であった発電用ボイラー計画を見直し中である。大連製鋼は、電気炉の大型化と連続鋳造及び石炭ガス発生炉改造、大連セメントは設備の集塵機の増設、春海熱電所は循環式流動床ボイラー増設による脱硫と周辺地域の小型供熱ボイラーの撤去、大連製薬・大連染料・大連都市ガスはプロセス改善と工場移転がおこなわれる。

3)　省エネルギー係数（点源）

省エネルギーは、投資額が少なくて燃料の節約と大気汚染物削減に役立つので極めて効果的である。今回の予測では日本における省エネルギーの実績値（1973-1995）を基にしてモデル４区の点源に係る省エネルギー対策の目標値を設定した。

表Ⅶ-4.2.1-2　大気汚染物質発生量将来予測の前提条件及び公害対策設備稼働開始予定年度

No.	前提条件	1997	1998(Z)	1999(Z)	2000(Z)	2001(Z)	2002(Z)	2003(Z)	2004(Z)	2005(Z)	2006(Z)	2007(Z)	2008(Z)	2009(Z)	2010(Z)	備考
1	省ｴﾈﾙｷﾞｰ係数(点源)															日本における実績値に基づき省ｴﾈﾙｷﾞｰ係数を設定した。
1.1	ｹｰｽ X (Do-Nothing case)															X：省ｴﾈﾙｷﾞｰ技術は現状維持で進歩がないｹｰｽ。
1.2	ｹｰｽ Z (Best case)															Z：省ｴﾈﾙｷﾞｰ技術の進歩は日本で実現したｹｰｽ。
2	石炭消費量政策的削減(面源)															X：面源民生暖房用石炭消費量(1ﾄﾝ以下の暖房用ﾎﾞｲﾗｰ)の削減を
2.1	ｹｰｽ X															政策的に誘導しないｹｰｽ。
2.2	ｹｰｽ Z															Z：面源民生暖房用石炭消費量の削減を政策的に誘導するｹｰｽ。
3	硫黄含有量上限値設定															大連市の条例により使用石炭の硫黄含有量上限値を1.0%以下又は0.7%
3.1	1.0%以下															以下に規定するもの。但し、脱硫装置(排煙及び炉内脱硫)設置後は硫黄
3.2	0.7%以下															含有量3.0%の石炭を使用する。
4	企業移転															公害発生源の主要企業を大連市都心部から周辺地域へ移転するもの。
4.1	大連ｶﾞｽ第１工場															・1999年1月移転を完了し営業運転開始。
4.2	大連ｶﾞｽ第２工場															・2001年迄に移転完了の予定。
4.3	大連染料															・既に移転工事を開始しており2002年迄に完了の予定。
4.4	大連製薬															・2002年迄に移転完了の予定。
4.5	大連ｶﾞﾗｽ															・2005年迄に移転完了の予定。
5	CP実施															ｸﾘｰﾅｰ･ﾌﾟﾛﾀﾞｸｼｮﾝ 実施対象企業の大気汚染物質削減効果はCP報告書参照。
5.1	大連製鋼															上記４ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄに加えて、都市ｶﾞｽ、春海熱電所、華能発電所、環境
5.2	大連ｾﾒﾝﾄ															ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞｼｽﾃﾑを優先ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄとして追加の予定。
5.3	大連化学															
5.4	大連染料															
6	供熱ﾎﾞｲﾗｰ															熱効率は普及率の向上により15%、集中化率の向上により更に15%改善
6.1	普及率(%)	85			90					95					100	されるものとした。普及率、集中率の改善業務は毎年実施する。
6.2	集中化(%)	30			45					50					55	
7	排煙脱硫/脱硝設備															
7.1	華能発電所														SS/N	・(新設)排煙脱硫脱硝設備(排煙脱硫率：95%、排煙脱硝率：80%)
7.2	大連熱電所															
7.2.1	北海頭									SS/N					N	・(新設)排煙脱硫脱硝設備(排煙脱硫率：95%、排煙脱硝率：80%)
7.2.2	春海				S										N	・(新設)流動床ﾎﾞｲﾗｰ(炉内脱硫率80%、排煙脱硝率：80%)
7.2.3	台山								S						N	・(新設)流動床ﾎﾞｲﾗｰ(炉内脱硫率80%、排煙脱硝率：80%)
7.3	大連発電総廠															
7.3.1	第一															・重油専焼ﾎﾞｲﾗｰ(脱硫/脱硝設備設置なし)
7.3.2	第三															・重油専焼ﾎﾞｲﾗｰ(脱硫/脱硝設備設置なし)
7.4	春海熱電所				S										N	・(既設)流動床ﾎﾞｲﾗｰ(拡設)流動床ﾎﾞｲﾗｰ(炉内脱硫率80%、排煙脱硝率：80%)
7.5	大連化学												SS/N			・(既設)固定床ﾎﾞｲﾗｰ(増設)排煙脱硫脱硝設備(排煙脱硫率:95%,排煙脱硝率:80%)
7.6	大連染料						S								N	・(既設)固定床ﾎﾞｲﾗｰ(新設)流動床ﾎﾞｲﾗｰ(炉内脱硫率80%、排煙脱硝率：80%)
8	集塵効率改善															・集塵効率：石炭消費量＝η
8.1	既存中小設備	T														η≦10,000ﾄﾝ/年50%,10,000ﾄﾝ/年＜η≦50,000ﾄﾝ/年80%,50,000ﾄﾝ/年＜η95%,
8.2	発電/熱電及び大規模設備				T											・発電所99%,熱電所95%(2005年迄),99%(2010以降)
9	直接脱硫設備															重油,軽油の直接脱硫
9.1	大連石化第七工場															・重油,軽油の直接脱硫設備の設置は2010年以降。

(注)　(1) 脱硫装置設置後は硫黄含有量3.0%の石炭を使用すると仮定した。
　　(2) 公害対策設備稼働開始予定年度　S: 炉内脱硫、SS: 排煙脱硝、N: 排煙脱硝、T:集塵強化

4) 面源用石炭消費量削減のための都市ガス及び熱供給の普及率向上

1997年度におけるモデル4区の面源での石炭消費量は約400,000トンと算定されている。その約65%は暖房用に使われている。大連市ではこれらの石炭を都市ガスに変換していく予定である。また暖房用の石炭は熱供給の普及率を高める結果として、面発生源における石炭の将来消費量を最低におさえることを意図している。

5) 供熱ボイラーの集中化

現在供熱ボイラーには小型のものが数多く残っている。これら小型分散型ボイラーを大型ボイラーに集約することにより熱効率の向上による石炭消費量削減、大気汚染並びに固形廃棄物の減少、脱硫効果向上によるSO_2排出量の削減が期待出来る。今回クリーナープロダクションで検討した春海熱電所と分散ボイラーの比較は下記の通りである。

	ボイラー効率(%)	未燃焼ロス(%)	除塵効率(%)	脱硫効率(%)
春海熱電所	90	3	99	80
分散ボイラー	70	16	95	0

6) 排煙脱硫/脱硝/集塵設備の設置

これは、上記省エネルギー、クリーナープロダクションと違い末端処理設備であり、環境改善のためにコストがかかることになる。現在、中国では大型火力発電所では硫黄分の低い石炭を使用することでSO_2の発生量を抑えている。しかし、硫黄分の少ない石炭は供給量に制限があり、大型火力発電所のように大型ボイラーの場合は、規模の効果により脱硫・脱硝コストが少なくてすむことから、硫黄分の高い石炭を消費し脱硫設備を設置することが石炭の販売政策からみて合理的である。

7) 石炭の硫黄含有率の引き下げ

前述のように、大型ボイラーに脱硫設備を設置し硫黄分の高い石炭を消費し、小型のボイラーでは硫黄分の低い石炭を消費することが大気汚染物質の地上濃度の減少に極めて効果的である。制度的に消費量の少ない燃焼設備における石炭中の硫黄分を 1%から0.7%に漸次削減していくことが望ましい。

8) 上記は個別企業を対象にした対策であるが、個別企業だけではなく、個別産業、さらには業種を超えた総合的な対策が必要である。その一つは、小型セメント工場など旧式で小型の工場を廃止し、大型の効率的工場に転換することである。国際的競争に対応するためにも重要である。また大連市には大連製鋼のように、石炭ガス発生炉を有し自家消費をしている工場があるが、これは大気汚染だけではなく水質汚染もひきおこすので都市ガスに切り替えることが望ましい。またセメント工場では他の産業からでる廃棄物を原料として使用することが出来る。

尚、2010年以降、より厳しい環境基準を達成しようとする場合には、燃料の相当部分を石炭から天然ガスや原子力にかえることを検討する必要がある。その際に世界で発展してきた石炭ガス化と発電・化学・都市ガスの組み合わせや、コジェネレーションの最大限の適用などによる新しい都市ネルギーシステムの構築も一つの候補になると考え

る。先進国で十数年前から研究されてきた技術であり、欧米では、「Integrated Gasification Combined Cycle」（IGCC：統合型ガス化コンバインド・サイクル技術）と言われているものもその一つである。各種の化学製品に関する連産技術の集大成を目的とするものであり、これらの技術は大連市モデル地区が直面している集中熱供給合理化プログラム、大規模熱電所の大気汚染問題を始めとする将来の大連市における発電供熱事業の内容、都市ガス生産の集中化、大連化学の体質改善などに大きく寄与するものと考えられる。

(3) 将来予測のケース・スタディー

汚染物質発生量の算定及び 将来予測の前提条件に基づき石炭消費量及び大気汚染物質を削減シナリオ別に分類して排出量の予測計算を行った結果を表Ⅶ-4.2.1-3 並びに表Ⅶ-4.2.1-4 及び表Ⅶ-4.2.1-5 に示している。これらの表から最善のシナリオを講じたケース（Best ケース）、及び何ら特別の対策をとらず成り行きに任せたケース（Do-Nothing ケース）に関する大気汚染物質の排出量を示したものが図Ⅶ-4.2.1-2(1)及び(2)である。SO_2 を例にとると、1997 年 8.3 万トンだったものが、対策を講じない場合は 2010 年に 13.4 万トンになると予想されるが対策を講じる事により 4.1 万トンに抑えられる。石炭消費量は、2010 年の Best ケースで約 1.5 百万トンの節約になっている。

表Ⅶ-4.2.1-3　対策を講じた場合と講じない場合の石炭消費量予測

年次	Do-Nothing(X)　(ton)	Best (ton)
1997	5,350,000	5,350,000
2000	6,000,625	5,615,739
2005	7,256,796	6,178,841
2010	8,764,353	7,231,903

表Ⅶ-4.2.1-4　対策を講じない場合と講じた場合の大気汚染物質排出量（ton）

年次	Do-Nothing (X)				Best (Z)			
	①SO2(X)	②NOx(X)	③TSP(X)	④CO2(X)	⑤SO2(Z)	⑥NOx(Z)	⑦TSP(Z)	⑧CO2(Z)
1997	83,298	61,488	66,514	13,086,747	83,298	61,488	66,514	13,086,747
2000	92,110	67,093	69,046	14,775,837	84,506	65,517	62,587	13,892,328
2005	109,633	82,554	76,463	17,897,706	81,491	71,508	44,310	15,280,166
2010	134,296	100,817	83,150	21,812,246	40,515	36,671	41,275	17,612,314

表 VII-4.2.1-5　大気汚染物質排出量及び石炭消費量予測

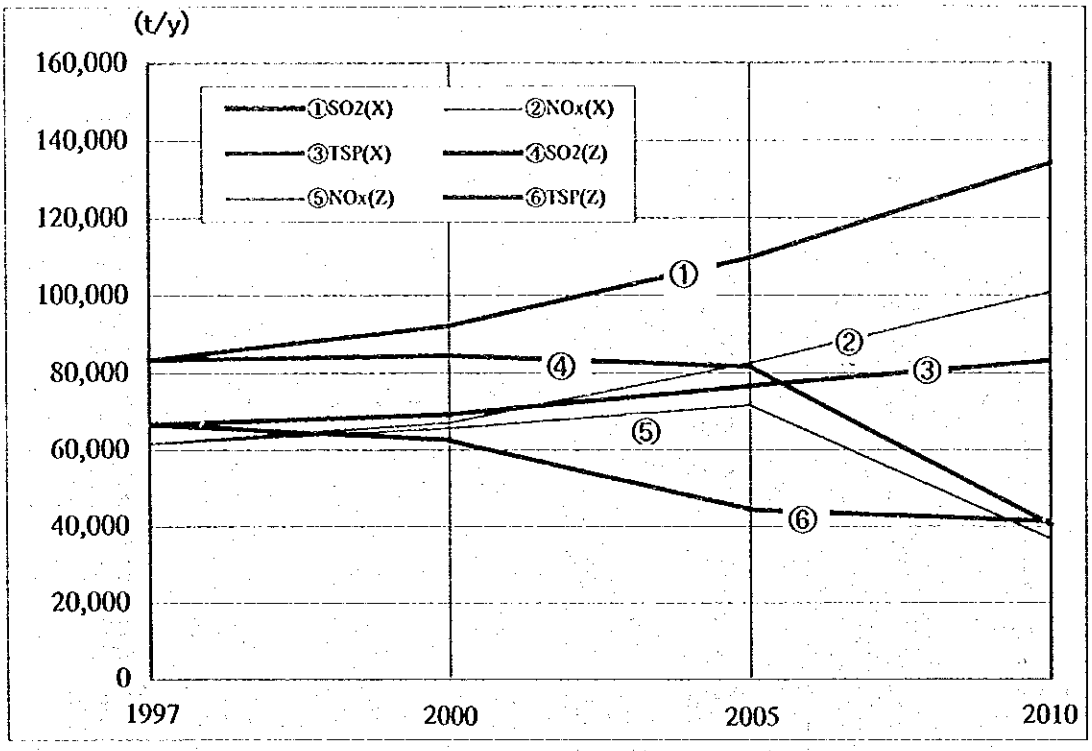
(ton)

汚染物質	点/面源別	区別	1997	2000(X)	2000(Z)	2005(X)	2005(Z)	2010(X)	2010(Z)
SOx	点源	甘井子区	46,677	54,548	51,144	69,526	60,163	90,692	21,524
		中山区	7,821	7,643	5,826	7,357	5,752	7,677	5,803
		西崗区	2,320	2,195	2,068	2,242	2,166	2,295	2,078
		沙河口区	20,151	20,474	19,893	21,622	10,492	22,857	9,508
		(小計)	76,969	84,860	78,930	100,747	78,574	123,522	38,914
	面源	甘井子区	1,970	2,614	2,010	3,699	920	5,110	469
		中山区	1,388	1,456	1,120	1,567	603	1,645	329
		西崗区	166	174	134	193	74	208	42
		沙河口区	2,805	3,007	2,312	3,428	1,320	3,812	762
		(小計)	6,329	7,251	5,576	8,886	2,917	10,774	1,601
	(計)	甘井子区	48,647	57,162	53,154	73,225	61,084	95,802	21,993
		中山区	9,209	9,098	6,946	8,924	6,355	9,322	6,132
		西崗区	2,486	2,369	2,201	2,434	2,240	2,503	2,120
		沙河口区	22,956	23,481	22,205	25,050	11,812	26,669	10,270
		(小計)	83,298	92,110	84,506	109,633	81,491	134,296	40,515
NOx	点源	甘井子区	38,088	44,350	41,657	57,014	49,186	72,024	23,368
		中山区	3,757	5,535	5,494	5,229	5,499	5,443	3,479
		西崗区	1,911	1,585	1,586	1,325	1,783	1,672	1,812
		沙河口区	13,551	13,683	13,177	13,480	12,762	15,203	6,468
		(小計)	57,306	65,152	61,914	77,048	69,230	94,341	35,127
	面源	甘井子区	870	1,155	907	1,634	700	2,256	578
		中山区	1,177	14	947	1,302	547	1,366	335
		西崗区	140	372	104	148	60	160	37
		沙河口区	1,994	400	1,646	2,422	971	2,693	594
		(小計)	4,181	1,941	3,603	5,506	2,278	6,476	1,544
	(計)	甘井子区	38,958	45,505	42,564	58,648	49,886	74,281	23,947
		中山区	4,934	5,549	6,441	6,531	6,046	6,810	3,814
		西崗区	2,051	1,957	1,690	1,473	1,844	1,831	1,848
		沙河口区	15,545	14,083	14,823	15,902	13,733	17,896	7,062
		(小計)	61,488	67,093	65,517	82,554	71,508	100,817	36,671
TSP	点源	甘井子区	24,505	24,852	26,321	27,407	14,400	29,337	15,497
		中山区	5,859	6,154	5,584	6,278	6,330	6,449	6,768
		西崗区	3,793	3,456	3,123	3,576	3,517	3,663	3,804
		沙河口区	12,930	12,855	10,850	13,320	10,099	13,255	9,117
		(小計)	47,086	47,317	45,877	50,581	34,346	52,705	35,186
	面源	甘井子区	4,090	5,427	4,173	7,680	2,957	10,608	2,122
		中山区	5,421	5,687	4,373	6,120	2,356	6,424	1,285
		西崗区	599	628	483	695	268	752	150
		沙河口区	9,317	9,988	7,681	11,386	4,384	12,662	2,532
		(小計)	19,428	21,730	16,710	25,881	9,964	30,446	6,089
	(計)	甘井子区	28,595	30,279	30,494	35,087	17,357	39,946	17,619
		中山区	11,280	11,841	9,957	12,399	8,686	12,873	8,053
		西崗区	4,392	4,084	3,606	4,271	3,784	4,415	3,954
		沙河口区	22,247	22,843	18,530	24,706	14,483	25,917	11,650
		(小計)	66,514	69,046	62,587	76,463	44,310	83,150	41,275
CO2	点源	甘井子区	8,409,158	10,007,150	9,365,799	12,879,540	11,068,716	16,470,324	13,255,836
		中山区	842,663	852,880	838,612	799,913	833,803	830,236	906,432
		西崗区	277,802	264,818	262,596	267,564	285,009	268,485	318,680
		沙河口区	2,870,830	2,888,701	2,785,819	3,051,378	2,578,690	3,193,242	2,664,053
		(小計)	12,400,453	14,013,549	13,252,826	16,998,395	14,766,218	20,762,287	17,145,001
	面源	甘井子区	134,971	179,107	154,527	253,476	160,864	350,115	183,714
		中山区	201,187	209,954	180,733	224,267	140,537	234,287	119,967
		西崗区	31,240	32,190	28,365	34,405	23,134	36,265	20,415
		沙河口区	318,896	341,037	275,877	387,163	189,413	429,292	143,217
		(小計)	686,294	762,288	639,502	899,311	513,948	1,049,959	467,313
	(計)	甘井子区	8,544,129	10,186,257	9,520,326	13,133,016	11,229,580	16,820,439	13,439,550
		中山区	1,043,850	1,062,834	1,019,345	1,024,180	974,340	1,064,523	1,026,399
		西崗区	309,042	297,008	290,961	301,969	308,143	304,750	339,095
		沙河口区	3,189,726	3,229,738	3,061,696	3,438,541	2,768,103	3,622,534	2,807,270
		(小計)	13,086,747	14,775,837	13,892,328	17,897,706	15,280,166	21,812,246	17,612,314
石炭消費量	点源	甘井子区	3,121,479	3,704,931	3,468,300	4,826,376	4,125,098	6,153,301	5,120,703
		中山区	508,295	516,603	512,786	488,768	513,959	509,063	558,489
		西崗区	146,741	146,757	147,098	151,896	166,188	155,609	190,780
		沙河口区	1,184,942	1,197,741	1,153,353	1,272,128	1,174,309	1,337,463	1,240,147
		(小計)	4,961,457	5,566,032	5,281,537	6,739,168	5,979,554	8,155,436	7,110,119
	面源	甘井子区	81,790	108,535	83,464	153,602	59,137	212,163	42,433
		中山区	108,421	113,734	87,461	122,407	47,127	128,479	25,696
		西崗区	11,987	12,562	9,660	13,905	5,353	15,032	3,006
		沙河口区	186,345	199,762	153,617	227,714	87,670	253,243	50,649
		(小計)	388,543	434,593	334,202	517,628	199,287	608,917	121,784
	(計)	甘井子区	3,203,269	3,813,466	3,551,764	4,979,978	4,184,235	6,365,464	5,163,136
		中山区	616,716	630,337	600,247	611,175	561,086	637,542	584,185
		西崗区	158,728	159,319	156,758	165,801	171,541	170,641	193,786
		沙河口区	1,371,287	1,397,503	1,306,970	1,499,842	1,261,979	1,590,706	1,290,796
		(小計)	5,350,000	6,000,625	5,615,739	7,256,796	6,178,841	8,764,353	7,231,903

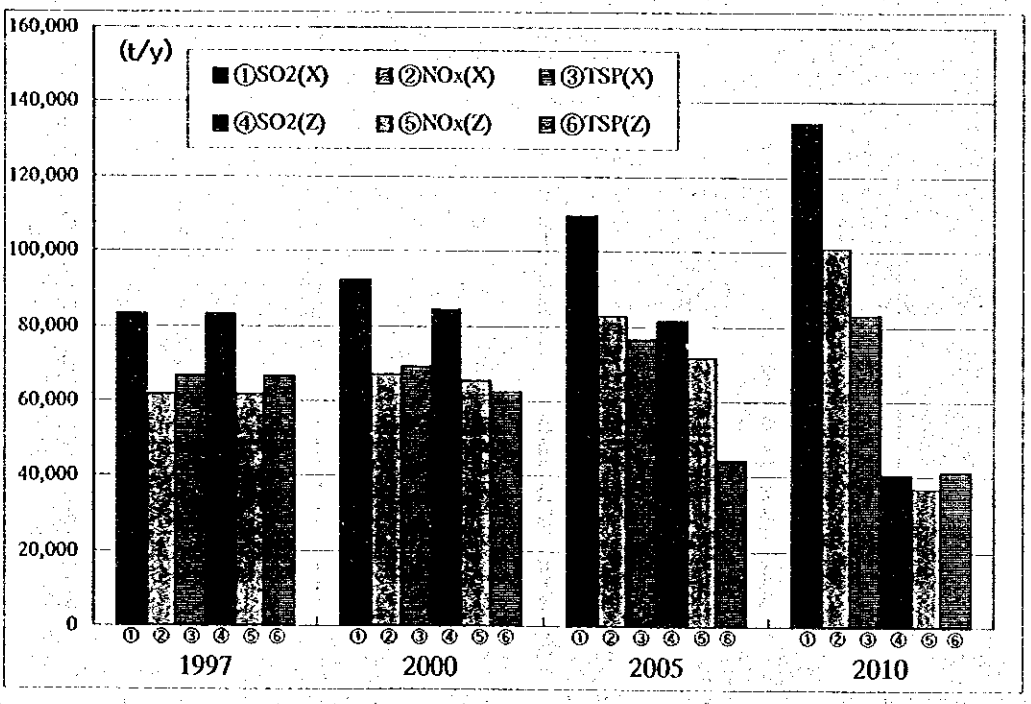
(注)石炭は原材料用の使用量を除く

0-1表)

図Ⅳ-4.2.1-2(1)　対策別大気汚染物質排出量図



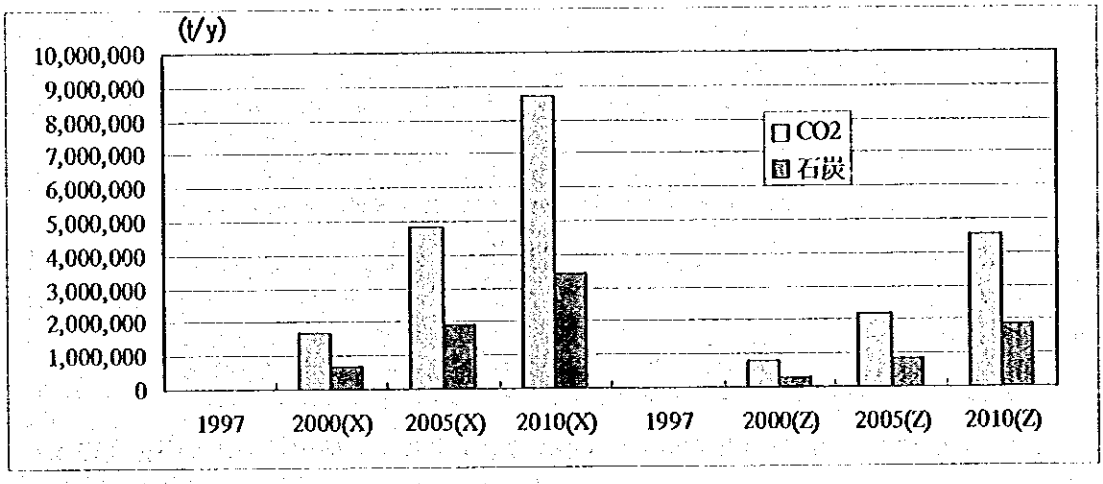
図Ⅳ-4.2.1-2(2)　対策別大気汚染物質排出量



1) 石炭及びCO_2の1997年対比の変動量

図Ⅶ-4.2.1-3は石炭及びCO_2について1997年対比の年次別変動量を示したものである。特段の環境対策を実施しないケースXは着実に増加しているのに対し理想的な環境対策を実施するケースZについては増加量の大幅な減少がみられる。

図Ⅶ-4.2.1-3　年次別石炭消費量及びCO_2排出変化量（1997年対比）

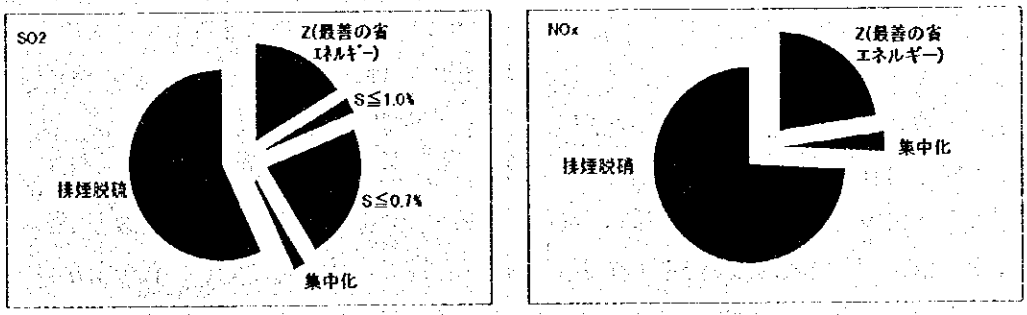


（作成）調査団

2)　個別対策別大気汚染物質削減効果

図Ⅶ-4.2.1-2(1)及び(2)のグラフは大気汚染物質の排出量抑制対策を1)省エネルギー、2)低硫黄炭の利用、3)供熱ボイラーの集中化、企業移転及びクリーナープロダクション技術の採用、4)排煙脱硫／脱硝装置の設置並びに集塵効率の強化の順番に逐次実施した場合の削減効果の状況を示したものである。個別対策別に大気汚染物質の削減効果を測定するために、目標年度である2010年ベースで算定したものが図Ⅶ-4.2.1-4である。

図Ⅶ-4.2.1-4　個別対策別大気汚染物質の削減効果（2010年ベース）



（作成）調査団

これらの図表より一般的にみても大気汚染物質の削減対策は、SO_2 については大規模燃焼設備に対する排煙脱硫設備の設置、低硫黄石炭利用及び省エネルギーの効果が極めて大きく、1997 年度より取り組み始めた省エネルギー活動が顕著な効果を出すに至っていること、並びに NOx についも大規模燃焼設備に対する排煙脱硝設備の設置及び省エネルギー効果が極めて大きいことが分かる。

4.2.2 工場排水

(1) 将来の水質汚濁負荷量の予測の前提

直接海域に排出している工場から発生する 2010 年における排水の汚濁負荷量を、次の前提条件に基づき算出した。

1) 将来の各工場の排水量を現在の使用量の割合で海水と淡水に配分する。
2) 淡水は工程排水が大半であるので、排水量は第 2 次産業の GDP の伸びに比例すものと仮定する。
3) 海水は一部の例外を除き冷却水として利用されるので、その排水量はエネルギー使用量の伸びに比例するものと仮定する。
4) モデル地区における第 2 次産業の GDP 及びエネルギー使用量の伸び率を表Ⅶ-4.2.2-1 の通りと仮定する。

表Ⅶ-4.2.2-1　モデル地区第 2 次産業の GDP 及びエネルギー使用量の伸び率

区名	GDP の伸び率	エネルギー使用量の伸び率
甘井子区	4.466	1.098
沙河口区	2.221	0.601
西崗区	2.078	0.566
中山区	1.981	0.540

(2) 排水対策

総合的な水質環境対策の結果をまとめたものが表Ⅶ-4.2.2-2 である。表Ⅶ-4.2.2-3 は 1997 年工場排水汚染物負荷実績値を示し、表Ⅶ-4.2.2-4 は 2010 年における工場排水汚染物の負荷予測値を示している。総合的な水質環境対策は、表Ⅶ-4.2.2-5 に水質汚濁物質削減対策、及び表Ⅶ-4.2.2-6 には水質処理設備設置計画（例）が記載されている。

主要な削減対策として、総窒素に対しては、大連化学の塩安装置内部漏洩防止、大連製鋼ガス発生炉汚水処理、大連石油第 7 工場アンモニア態窒素除去装置設置などが考えられるが、COD 及び SS については既存技術が確立されており業態に応じて各企業が自主的に削減努力を行うべきである。

表Ⅶ-4.2.2-2　2010年の予測汚濁負荷量及び削減効果

算定条件	COD (ton/年)	SS (ton/年)	総窒素 (ton/年)
現状（1997年）	6,049	32,835	10,049
2010年の未対策時の負荷量	26,029	143,366	43,384
2000年迄の改善対策効果	65	17,032	3,395
2010年迄の改善対策効果	225	83,033	22,040
対策完了時の負荷量	25,739	43,301	17,949

4.3　工場からの大気及び工場排水汚染発生源対策の検討

環境管理近代化の中に、工場対策を総合的に記述した。以下に大気及び水質の改善の行政面を含めた基本的な対策項目を記載した。

計画作成の基本的な方針は以下の通りである。

- ソフトからハードへ
  設備投資が比較的に少ない管理面の対策（ソフト）から着手し、多くの資金を必要とする設備対策（ハード）は後回しにする。
- 重点計画の設定
  他の計画を遅らせても予定通り必ず実施する重点計画の設定。
- 長期計画の選定
  短期的に集中的に努力しても効果があがり難い計画は長期計画とする。
- 重点的研究開発課題の設定
  大連市が遠大な長期的視野にたち積極的に取り組む研究開発課題を設定し、大連市を中国における総合的な環境対策のメッカとする。

汚染源対策作成上の主要項目の分類は次の通りであり、最終報告書における対策項目を以下に記載する。

- 大気・水質監視システム
- 制度的規制
- 環境対策技術（重点的研究開発体制の強化）
- 財務的支援対策